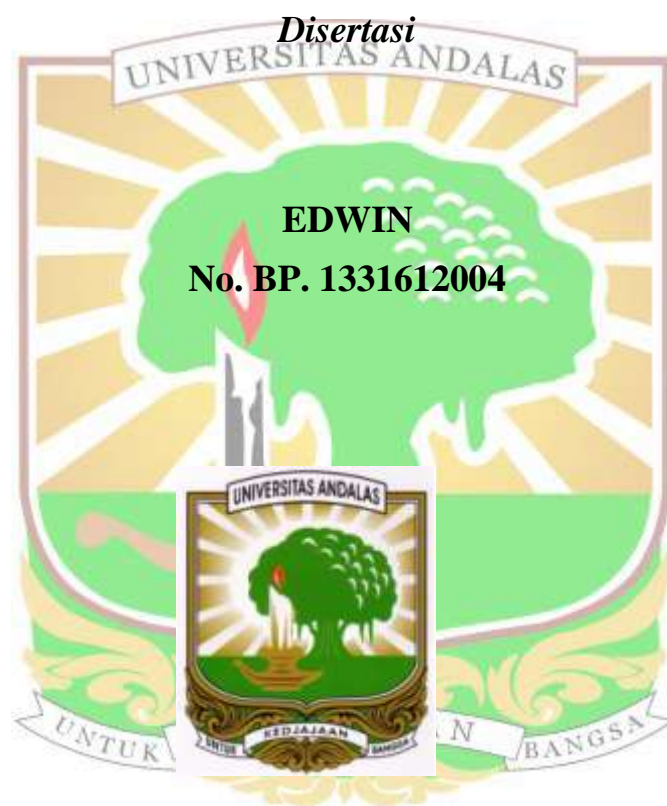


**OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN
PADA BATAS TOLERANSI EROSI DAN HUBUNGANNYA
DENGAN PENDAPATAN PETANI
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI
SUMPUR SINGKARAK**

Disertasi



EDWIN

No. BP. 1331612004

**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS**

2021

**OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN
PADA BATAS TOLERANSI EROSI DAN HUBUNGANNYA
DENGAN PENDAPATAN PETANI
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI
SUMPUR SINGKARAK**



**PROGRAM STUDI ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS**

2021

HALAMAN PERSETUJUAN

Judul Tesis : OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN
PERTANIAN PADA BATAS TOLERANSI
EROSI DAN HUBUNGANNYA DENGAN
PENDAPATAN PETANI DI SUB DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) SUMPUR
SINGKARAK

Nama Mahasiswa : Edwin
Nomor Pokok : 1031212202
Program Studi : Ilmu Pertanian

Disertasi ini telah diuji dan dipertahankan di depan sidang panitia ujian akhir Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Universitas Andalas dan dinyatakan lulus pada tanggal 25 Juni 2020.



Menyetujui,

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Yulnafatmawita, M.Sc
Ketua

Prof. Dr. Ir. Amrizal Saidi, MS
Anggota

Prof. Dr. Ir. Aprisal, M.Si
Anggota

2. Koordinator Program Studi

3. Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas

Prof. Dr. Ir. Irfan Suliansyah, MS
NIP. 196305131987021001

Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si
NIP. 196406081989031001

HALAMAN PERSETUJUAN

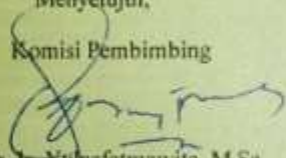
Judul Tesis : OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN
PERTANIAN PADA BATAS TOLERANSI
EROSI DAN HUBUNGANNYA DENGAN
PENDAPATAN PETANI DI SUB DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) SUMPUR
SINGKARAK

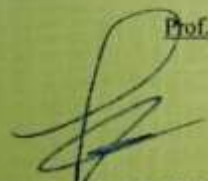
Nama Mahasiswa : Edwin
Nomor Pokok : 1031212202
Program Studi : Ilmu Pertanian


Disertasi ini telah diuji dan dipertahankan di depan sidang panitia ujian akhir Doktor Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Universitas Andalas dan dinyatakan lulus pada tanggal 25 Juni 2020.

Menyetujui,

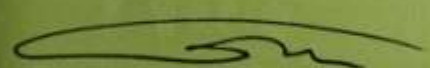
1. Komisi Pembimbing


Prof. Dr. Ir. Yulhafatmawita, M.Sc
Ketua



Prof. Dr. Ir. Amirzal Saidi, MS
Anggota


Prof. Dr. Ir. Aprisal, M.Si
Anggota

2. Koordinator Program Studi


Prof. Dr. Ir. Irfan Suliansyah, MS
NIP. 196305131987021021

3. Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas


Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si
NIP. 196406081989031001

HALAMAN PENGHARGAAN

"Apabila manusia itu meninggal dunia maka terputuslah segala amalnya kecuali tiga: yaitu sedekah jariyah, ilmu yang bermanfaat atau anak sholeh yang mendoakan kepadanya."
(HR Muslim).

Semoga Disertasi ini menjadi Ilmu yang bermanfaat bagi umat.

*Terima kasih ku
pada guru, dosen dan pemberi inspirasi ilmuku.*

*Terima kasih ku pada
Almahum ayahku Anas Doeroek
dan Ibuku Agustina,*

*Istriku yang tercinta Ir. Nelsis Vendra,
anakku yang kusayangi*

Hadi wieno Pratama, ST dan dr. Fadlan Wieno Putra.

Menantuku drg Rihatul jannah dan cucuku Muhammad Rayyan Al Hadi

Ucapan terimakasih

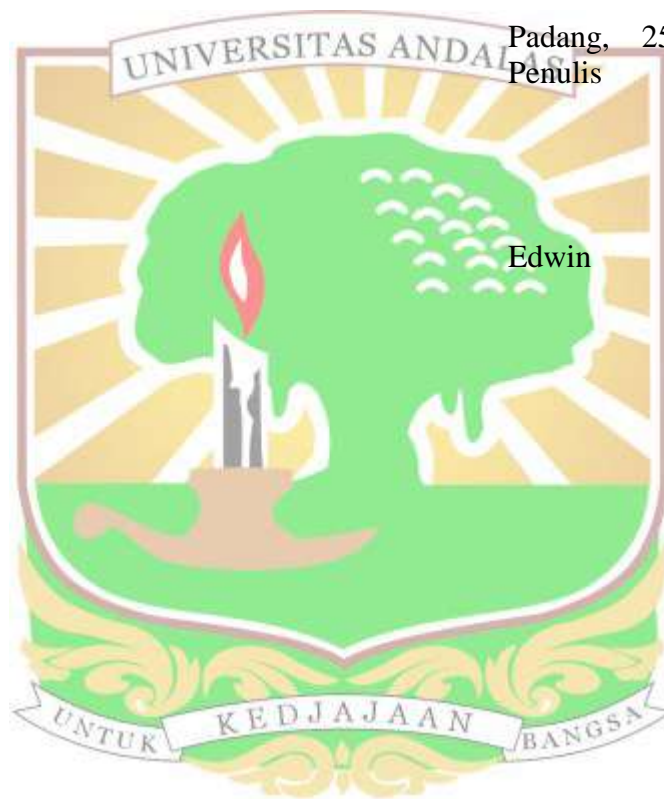
Ucapan terima kasihku kepada keluarga dan karib kerabatku.

Atas pencapaiuan yang kuperoleh



PERNYATAAN

Dengan ini saya, nama: Edwin, yang beralamat di Jl. Ahmad Karim No. 5 RT 007. Kelurahan Koto Panjang, Padang Panjang (kode 27122), menyatakan bahwa dalam disertasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicantumkan dalam naskah dan disebutkan dalam daftar kepustakaan.



**OPTIMASI PENGGUNAAN LAHAN PERTANIAN
PADA BATAS TOLERANSI EROSI DAN HUBUNGANNYA DENGAN
PENDAPATAN PETANI
DI SUB DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) SUMPUR SINGKARAK**

ABSTRAK

Penelitian optimasi penggunaan lahan ini di latar belakang oleh permasalahan kerusakan sub DAS Sumpur Singkarak akibat aktivitas masyarakat petani. Tujuan penelitian untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal untuk menekan kerusakan DAS dengan mengurangi erosi pada batas toleransi dan memperhatikan pendapatan petani. Untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal perlu dilakukan analisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2004-2019, evaluasi kesesuaian lahan, evaluasi sosial ekonomi. Metode digunakan untuk analisis perubahan penggunaan lahan adalah interpretasi visual citra. Metode matching untuk mengevaluasi karakteristik lahan dengan komoditi biasa ditanam petani untuk evaluasi kesesuaian lahan. Evaluasi sosial ekonomi gunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survey di 12 Nagari/Desa dengan menggunakan data sekunder dan primer. Pendapatan masyarakat dievaluasi dengan B/C Ratio dan NPV. Evaluasi kondisi DAS dengan model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) yang telah terkalibrasi dan tervalidasi. Optimasi menggunakan Multi Citeria Spatial Analysis (MCSA).

Hasil penelitian adalah sebagai berikut ; Pertama, terjadi perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak dari tahun 2004-2019, dimana lahan kebun campuran bertambah 557 Ha (3,60 %), lahan sawah berkurang 3.032 ha (19,59 %) dan tegalan/ladang bertambah 2.329 ha (15,05 %). Kawasan hutan lindung (58 ha) dan kawasan KSA/KPA (997 ha) telah mulai digarap masyarakat untuk keperluan budidaya. Kedua, evaluasi lahan terhadap komoditi yang biasa ditanam petani, ternyata satuan lahan 1 yang dominan sesuai (S) dan satuan lahan lainnya (2,3,4,5,6, dan 7) dominan tidak sesuai (N). Ketiga, ketersediaan lahan termasuk kelas sangat rendah - sedang, dimana 61,90 % petani memiliki luas lahan pertanian 0 s/d 0,5 Ha. Angka kemiskinan dari 6 Nagari, ternyata 3 Nagari termasuk dalam kelas buruk sampai sangat buruk, 2 Nagari yang termasuk kelas baik. Ada peraturan nagari dan norma/nilai di 7 nagari dan hanya 5 nagari/kelurahan yang belum ada aturan, namun penerapan hanya sebahagian masyarakat yang mematuhi. Keempat, model SWAT dapat digunakan untuk simulasi skenario optimasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Hasil simulasi aliran permukaan mencapai 24.8 mm/tahun dan erosi mencapai 9,17 ton/ha/tahun (diatas batas ambang kritis). Kelima, hasil optimalisasi penggunaan lahan, skenario kombinasi komoditi kakao di lahan kebun campuran dan komoditi terung di lahan kering/tegalan (skenario 9) sangat optimum (peringkat satu) diterapkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Peringkat ke 2 pada komoditi pisang dan terung. Kondisi skenario menggambarkan komoditi yang masih di bawah ambang batas erosi tertinggi (6 komoditi) dan nilai usaha taninya tinggi dapat dikembangkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Keenam, model optimasi MCSA dengan dikombinasikan dengan Model SWAT dapat dijadikan model pengambilan keputusan untuk menekan degradasi lahan akibat aliran permukaan dan erosi, serta dapat dijadikan model untuk peningkatan ekonomi masyarakat.

Kata kunci :Perubahan penggunaan lahan, kesesuaian lahan, evaluasi sosial ekonomi, model SWAT, Model MCSA.

OPTIMIZATION OF AGRICULTURAL LAND USE IN THE EROSION TOLERANCE LIMITS AND ITS RELATIONSHIP WITH FARMERS REVENUE IN THE SUB WATERSHED SUMPUR SINGKARAK

ABSTRACT

This research on land use optimization is motivated by the problem of damage to the Sumpur Singkarak watershed due to the activities of the farming community. The research objective is to obtain optimal land use to reduce watershed damage by reducing erosion at the tolerance level and paying attention to farmers' incomes. To get optimal land use, it is necessary to analyze changes in land use from 2004-2019, evaluation of land suitability, socio-economic evaluation. The method used for the analysis of land use change is visual interpretation of images. A matching method for evaluating land characteristics with ordinary commodities planted by farmers to evaluate land suitability. Socio-economic evaluation uses a quantitative approach with survey methods in 12 Nagari / villages using secondary and primary data. Community income is evaluated by B / C Ratio and NPV. Evaluate the watershed condition evaluation with a calibrated and validated Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. Optimization uses Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA).

The results of the study are as follows; First, there was a change in land use in the Sub-watershed Sumpur Singkarak from 2004-2019, where mixed garden land increased by 557 Ha (3.60%), paddy field decreased by 3,032 ha (19.59%) and fields / fields increased by 2,329 ha (15.05%). Protected forest area (58 ha) and KSA / KPA (997 ha) have started to be cultivated by the community for cultivation purposes. Second, the evaluation of land for commodities commonly planted by farmers, it turns out that the dominant land unit 1 is suitable (S) and other land units (2,3,4,5,6, and 7) are dominantly not suitable (N). Third, land availability is very low - medium class, where 61.90% of farmers have agricultural land area of 0 to 0.5 Ha. The poverty rate from 6 Nagari, it turns out that 3 Nagari are in the bad to very bad class, 2 Nagari are in the good class. There are nagari regulations and norms / values in 7 nagari and only 5 nagari / kelurahan that do not yet have rules, but only a part of the community adheres to the application. Fourth, the SWAT model can be used to simulate land use optimization scenarios in the Sumpur Singkarak watershed. The results of surface flow simulations reached 24.8 mm / year and erosion reached 9.17 tons / ha / year (above the critical threshold). Fifth, the results of land use optimization, the combined scenario of cocoa commodity in mixed garden land and eggplant commodity in dry land / dry land (scenario 9) is very optimum (rank one) applied in the Sumpur Singkarak watershed. Second in the commodity Banana and Eggplant. The scenario condition illustrates that the commodity is still below the highest erosion threshold (6 commodities) and the value of its farming business can be developed in the Sumpur Singkarak watershed. Sixth, the MCSA optimization model combined with the SWAT Model can be used as a decision-making model to reduce land degradation due to surface runoff and erosion, and can be used as a model for improving the community's economy.

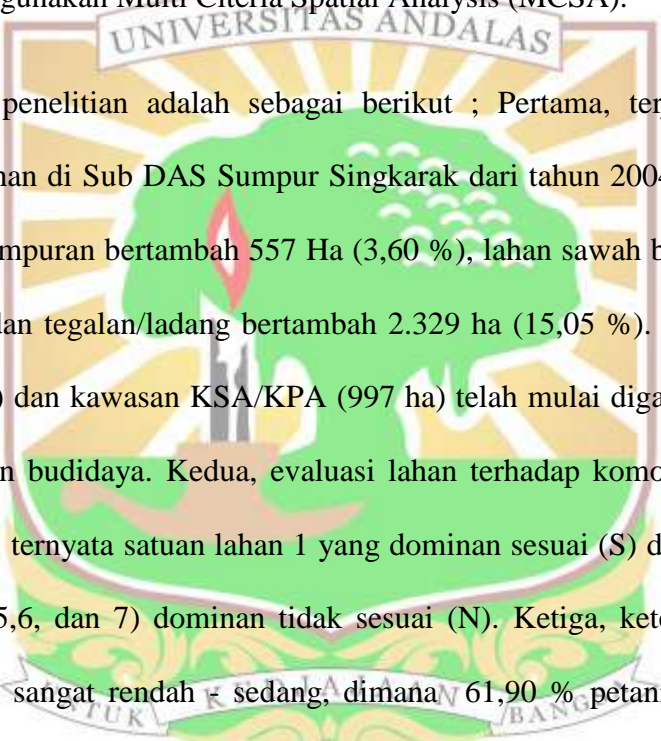
Key word : Land use change, land suitability, socio-economic evaluation, SWAT model, MCSA Model.

RINGKASAN

Sub DAS Sumpur Singkarak merupakan daerah aliran sungai yang tangkapan airnya berada di lereng Gunung Marapi. Sub DAS ini merupakan daerah yang kompleks dengan berbagai jenis penggunaan lahan antara lain adalah usaha tani hortikultura, tanaman pangan dan tanaman perkebunan terutama di Kabupaten Tanah Datar. Pemukiman terutama terdapat di Kota Padang Panjang. Usaha tani yang dilakukan oleh masyarakat tentunya menyebabkan kondisi Sub DAS Sumpur Singkarak ini mulai mengkhawatirkan. Masyarakat belum banyak menggunakan cara-cara konservasi dalam pengelolaan lahannya. Jika ini tidak dilakukan usaha-usaha konservasi maka bisa diprediksi lahan akan cepat terdegradasi, erosi, longsor, pengurangan dan pencemaran sumber air bagi masyarakat di daerah bawahan dan tentunya akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang lebih besar. Untuk mencegah semakin rusaknya Sub DAS Sumpur Singkarak ini, perlu dilakukan upaya agar masyarakat tetap berusaha tani, namun konservasi lahan usaha tani tetap dilakukan. Untuk mencari keseimbangan antara usaha tani masyarakat dengan upaya konservasi perlu dilakukan penelitian “Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian pada Batas Toleransi Erosi dan Hubungan dengan Pendapatan Petani di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumpur Singkarak”

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal untuk menekan kerusakan DAS dengan mengurangi erosi pada batas toleransi dan memperhatikan pendapatan petani. Untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimal perlu dilakukan analisis perubahan penggunaan lahan dari tahun 2004-2019, evaluasi kesesuaian lahan, evaluasi sosial ekonomi. Metode

digunakan untuk analisis perubahan penggunaan lahan adalah interpretasi visual citra. Metode matching untuk mengevaluasi karakteristik lahan dengan komoditi biasa ditanam petani untuk evaluasi kesesuaian lahan. Evaluasi sosial ekonomi gunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survey di 12 Nagari/Desa dengan menggunakan data sekunder dan primer. Pendapatan masyarakat dievaluasi dengan B/C Ratio dan NPV. Evaluasi kondisi DAS dengan model Soil and Water Assessment Tool (SWAT) yang telah terkalibrasi dan tervalidasi. Optimasi menggunakan Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA).



Hasil penelitian adalah sebagai berikut ; Pertama, terjadi perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak dari tahun 2004-2019, dimana lahan kebun campuran bertambah 557 Ha (3,60 %), lahan sawah berkurang 3.032 ha (19,59 %) dan tegalan/ladang bertambah 2.329 ha (15,05 %). Kawasan hutan lindung (58 ha) dan kawasan KSA/KPA (997 ha) telah mulai digarap masyarakat untuk keperluan budidaya. Kedua, evaluasi lahan terhadap komoditi yang biasa ditanam petani, ternyata satuan lahan 1 yang dominan sesuai (S) dan satuan lahan lainnya (2,3,4,5,6, dan 7) dominan tidak sesuai (N). Ketiga, ketersediaan lahan termasuk kelas sangat rendah & sedang, dimana 61,90 % petani memiliki luas lahan pertanian 0 s/d 0,5 Ha. Angka kemiskinan dari 6 Nagari, ternyata 3 Nagari termasuk dalam kelas buruk sampai sangat buruk, 2 Nagari yang termasuk kelas baik. Ada peraturan nagari dan norma/nilai di 7 nagari dan hanya 5 nagari/kelurahan yang belum ada aturan, namun penerapan hanya sebahagian masyarakat yang mematuhi. Keempat, model SWAT dapat digunakan untuk simulasi skenario optimasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Hasil simulasi aliran permukaan mencapai 24.8 mm/tahun dan erosi mencapai 9,17 ton/ha/tahun (diatas batas ambang kritis). Kelima, hasil optimalisasi

penggunaan lahan, skenario kombinasi komoditi kakao di lahan kebun campuran dan komoditi terung di lahan kering/tegalan (skenario 9) sangat optimum (peringkat satu) diterapkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Peringkat ke 2 pada komoditi pisang dan terung. Kondisi skenario menggambarkan komoditi yang masih di bawah ambang batas erosi tertinggi (6 komoditi) dan nilai usaha taninya tinggi dapat dikembangkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Keenam, model optimasi MCSA dengan dikombinasikan dengan Model SWAT dapat dijadikan model pengambilan keputusan untuk menekan degradasi lahan akibat aliran permukaan dan erosi, serta dapat dijadikan model untuk peningkatan ekonomi masyarakat.

Kata Kunci : Perubahan penggunaan lahan, kesesuaian lahan, evaluasi sosial ekonomi, model SWAT, Model MCSA



SUMMARY

The Sumpur Singkarak sub-watershed is a river basin whose water catchment is on the slopes of Mount Marapi. This sub-watershed is a complex area with various types of land use, including horticultural farming, food crops and plantation crops, especially in Tanah Datar Regency. Settlements are mainly found in the city of Padang Panjang. The farming efforts carried out by the community have certainly caused the condition of the Sumpur Singkarak sub-watershed to be alarming. The community has not used many conservation methods in managing their land. If conservation efforts are not carried out, it can be predicted that the land will be quickly degraded, erosion, landslides, reduction and pollution of water sources for communities in subordinate areas and of course will cause greater environmental damage. In order to prevent further damage to the Sumpur Singkarak sub-watershed, it is necessary to make efforts so that the community continues to cultivate farming, but the conservation of farming land is still being carried out. To find a balance between community farming and conservation efforts, it is necessary to carry out a study on "Optimization of Agricultural Land Use at Erosion Tolerance Boundaries and Relationship with Farmers' Income in the Sumpur Singkarak sub-watershed"

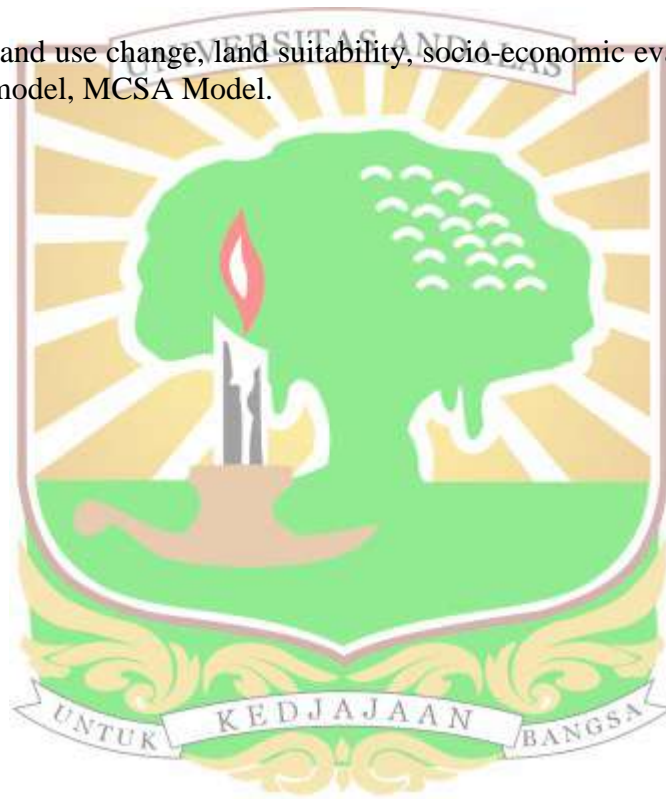
This research aims to obtain optimal land use to reduce watershed damage by reducing erosion at tolerance limits and paying attention to farmers' income. To obtain optimal land use, it is necessary to analyze land use changes from 2004-2019, evaluate land suitability, and evaluate socio-economics. The method used for land use change analysis is visual image interpretation. The matching method is used to evaluate the characteristics of land with common

commodities planted by farmers for evaluation of land suitability. The socio-economic evaluation uses a quantitative approach with survey methods in 12 Nagari / Desa using secondary and primary data. Community income is evaluated by B / C Ratio and NPV. Evaluation evaluation of watershed conditions with a calibrated and validated Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. Optimization using Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA).

The results of the study are as follows; First, there was a change in land use in the Sub-watershed Sumpur Singkarak from 2004-2019, where mixed garden land increased by 557 Ha (3.60%), paddy field decreased by 3,032 ha (19.59%) and fields / fields increased by 2,329 ha (15.05%). Protected forest area (58 ha) and KSA / KPA (997 ha) have started to be cultivated by the community for cultivation purposes. Second, the evaluation of land for commodities commonly planted by farmers, it turns out that the dominant land unit 1 is suitable (S) and other land units (2,3,4,5,6, and 7) are dominantly not suitable (N). Third, land availability is very low - medium class, where 61.90% of farmers have agricultural land area of 0 to 0.5 Ha. The poverty rate from 6 Nagari, it turns out that 3 Nagari are in the bad to very bad class, 2 Nagari are in the good class. There are nagari regulations and norms / values in 7 nagari and only 5 nagari / kelurahan that do not yet have rules, but only a part of the community adheres to the application. Fourth, the SWAT model can be used to simulate land use optimization scenarios in the Sumpur Singkarak watershed. The results of surface flow simulations reached 24.8 mm / year and erosion reached 9.17 tons / ha / year (above the critical threshold). Fifth, the results of land use optimization, the combined scenario of cocoa commodity in mixed garden land and eggplant commodity in dry land / dry land (scenario 9) is very optimum (rank one) applied

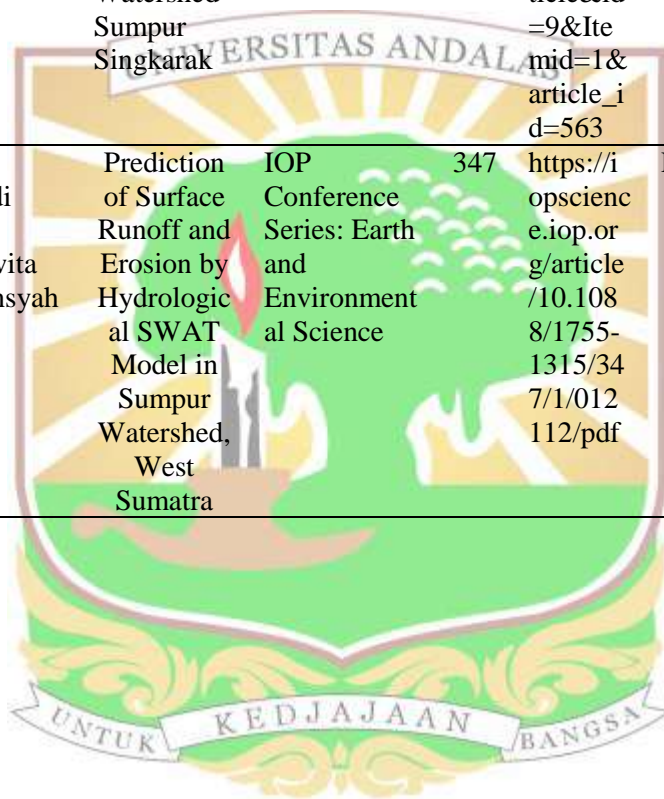
in the Sumpur Singkarak watershed. Second in the commodity Banana and Eggplant. The scenario condition illustrates that the commodity is still below the highest erosion threshold (6 commodities) and the value of its farming business can be developed in the Sumpur Singkarak watershed. Sixth, the MCSA optimization model combined with the SWAT Model can be used as a decision-making model to reduce land degradation due to surface runoff and erosion, and can be used as a model for improving the community's economy.

Key word : Land use change, land suitability, socio-economic evaluation, SWAT model, MCSA Model.



LUARAN PENELITIAN

No	Penulis	Judul Publikasi	Nama Jurnal	Vol	Website	Publish	Tahun
1	Edwin Amrizal Saidi Aprisal Yulnafatmawita Ita Carolita	Spatial and Temporal Analysis of Land Use Change for 11 years (2004-2014) in Sub-Watershed Sumpur Singkarak	International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology	5	http://ija-seit.insightsofscience.com/content/view=article&id=9&Itemid=1&article_id=563	Publish	2015
2	Edwin Amrizal Saidi Aprisal Yulnafatmawita Iwan Ridwansyah	Prediction of Surface Runoff and Erosion by Hydrological SWAT Model in Sumpur Watershed, West Sumatra	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	347	https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/347/1/012112/pdf	Publish	2019



KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga Disertasi ini dapat diselesaikan. Disertasi ini berjudul: Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian pada Batas Toleransi Erosi dan Hubungan dengan Pendapatan Petani di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumpur Singkarak, merupakan kewajiban bagi mahasiswa program S3/Doktor di Pemusatan Ilmu Tanah, Program Studi Ilmu-Ilmu Pertanian, Program Pascasarjana pada Universitas Andalas Padang dalam rangka menyelesaikan studi.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Yulnafatmawita, MSc selaku Ketua Komisi Pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam penyelesaian Disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. H. Aprisal, MSi selaku anggota pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam penyelesaian Disertasi ini.
3. Prof. DR. Ir. Amrizal Saidi, MS yang semula dari tahun 2014 – 2019 selaku Ketua Komisi Pembimbing, namun karena memasuki masa pensiun menjadi anggota pembimbing, yang telah membimbing dan mengarahkan kami dalam penyelesaian Disertasi ini.
4. Dr. Ir. Munzir Busniah, M.Si, Dekan Fakultas Pertanian Universitas Andalas yang telah banyak membantu untuk penyelesaian Disertasi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Irfan Suliansyah, MS, Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Andalas, yang selalu mengingatkan kami untuk segera menyelesaikan studi
6. Dr. Ir. Feri Arlius, M.Sc, penguji yang selalu mengarahkan dan mengingatkan kami untuk menyelesaikan disertasi ini.
7. Prof. Dr. Ir. Herviyanti, Ms, penguji yang sudah selalu mengarahkan dan mengingatkan kami untuk menyelesaikan disertasi ini.

8. Dr. Mahdi, SP, M.Sc, penguji yang sudah selalu mengarahkan dan mengingatkan kami untuk menyelesaikan disertasi ini.
9. Dr. Iwan Ridwansyah, M.Sc, peneliti di Pusat Penelitian Limnologi-LIPI, yang telah banyak memberikan wawasan dan kontribusi kepada kami tentang model SWAT dan Model MCSA yang digunakan dalam penelitian ini.
10. Dr. Ita Carolita, peneliti di Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN, yang telah memberikan wawasan dan kontribusi kepada kami tentang analisa spasial penginderaan jauh.
11. Rekan-rekan Dosen dan Staf Jurusan Budidaya Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Kampus III Dhamasraya yang telah banyak mendorong penyelesaian studi S3 ini.
12. Pemerintah Kota Padang Panjang, yang telah banyak memfasilitasi penelitian ini sampai selesai.
13. Pemerintah Kabupaten Tanah Datar, yang telah banyak memfasilitasi penelitian ini sampai selesai.
14. Rekan-rekan Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, yang telah banyak membantu.

Demikianlah disampaikan Disertasi ini dengan harapan ada manfaatnya bagi kepentingan kemajuan ilmu pengetahuan dan bermanfaat untuk masyarakat banyak. Kepada semua pihak yang ikut membantu dalam penyelesaian Disertasi ini, diucapkan terima kasih.

Padang, 25 Juni 2020

Edwin

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 26 November 1963 di Pekanbaru, sebagai anak pertama dari Ayah Anas Doeroek dan Ibu Agustina. Penulis menamatkan SD pada tahun 1975 dan SMP tahun 1979 di Pekanbaru serta SMA pada tahun 1982 di Padang. Penulis memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas tahun 1987 dan Spesialis 1 (S2) Jurusan Pengembangan Sumber Daya Air di Institut Teknologi Bandung Tahun 1995. Selanjutnya penulis memperoleh gelar Doktor pada Program S3 Studi Ilmu-Ilmu Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas pada bulan July Tahun 2020.

Penulis pernah bekerja sebagai Asisten Manajer di PT. Incasi Raya pada tahun 1988. Setelah itu dilanjutkan di Dinas Pertanian Provinsi Sumatera Barat sampai tahun 1991. Dari tahun 1991 sampai 2008 bekerja di Pemerintah Daerah Kota Padang Panjang sebagai Birokrasi yaitu pernah jadi Kepala Kantor Penanaman Modal, Kepala Dinas Pertanian, Kepala Bappeda, Kepala Badan Pengelola Keuangan dan Kepala Dinas Pendapatan dan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah. Selanjutnya pada tahun 2008-2013 berkarir sebagai Wakil Walikota Padang Panjang dan Walikota Padang Panjang. Tahun 2014 sampai sekarang bertugas sebagai dosen pada Jurusan Budidaya Perkebunan, Prodi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Andalas di Kampus III Dharmasraya Pulau Punjung.

Padang, 25 Juni 2020



Edwin

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR GAMBAR.....	xxiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxv
BAB I . PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	12
1.3 Kerangka Pemikiran.....	12
1.4 Hipotesis.....	14
1.5 Luaran Hasil Penelitian.....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	16
2.1 Daerah Aliran Sungai dan Pengelolaannya.....	16
2.2 Penggunaan Lahan (Land Use).....	18
2.3 Perubahan Penggunaan Lahan.....	19
2.4 Interpretasi Citra Penggunaan Lahan.....	22
2.5 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan/Tutupan Lahan dengan Menggunakan Sistim Informasi Geografis (SIG).....	24
2.6 Evaluasi Kesesuaian Lahan.....	26
2.6.1 Kelas Kesesuaian Lahan.....	28
2.6.2 Karakteristik Lahan.....	30
2.7 Evaluasi Sosial Ekonomi.....	38
2.7.1 Tekanan penduduk.....	39
2.7.2 Tingkat kesejahteraan penduduk.....	39
2.7.3 Persentase Kepala Keluarga (KK) Miskin.....	40
2.7.4 Keberadaan dan Penegakan Hukum.....	40
2.8 Erosi dan Aliran Permukaan.....	41
2.9 Model Pendugaan Erosi.....	45
2.9.1 Klasifikasi Model Pendugaan Erosi.....	49
2.9.2 Pemilihan Model.....	57
2.9.3 Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT).....	62
2.10 Optimasi Penggunaan Lahan.....	66
2.11 Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA).....	68
BAB III METODE PENELITIAN.....	73

3.1	Lokasi dan Jadwal Penelitian	73
3.2	Tahapan Penelitian	74
3.2.1	Tahap Analisis Perubahan Penggunaan Lahan.....	74
3.2.2	Tahap Evaluasi Kesesuaian Lahan	77
3.2.3	Tahap Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak.....	84
3.2.4	Setup Model SWAT untuk Analisis Aliran Permukaan dan Erosi.....	87
3.2.5	Tahap Optimasi Penggunaan Lahan.....	96
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		101
4.1	Analisis Perubahan Penggunaan Lahan.....	101
4.2	Evaluasi Kesesuaian Lahan	107
4.3	Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak.....	115
4.3.1	Kondisi Usaha Tani Masyarakat Sekitar Sub DAS Sumpur Singkarak Dilihat dari Responden Penelitian.....	115
4.3.2	Komoditi Unggulan Pertanian Hortikultura dan Perkebunan di Sub DAS Sumpur Singkarak	118
4.3.3	Kondisi Tekanan Penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak.	120
4.3.4	Kondisi Tingkat Kesejahteraan Penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak.	122
4.3.5	Kondisi Keberadaan dan Penegakan Hukum untuk pengelolaan Sub DAS Sumpur Singkarak.....	123
4.3.6	Analisa Usaha Tani Komoditi Setempat	124
4.4	Setup Aliran Permukaan dan Erosi dengan Menggunakan Model SWAT.	127
4.4.1	Automatic Watershed Delineation	127
4.4.2	Kalibrasi dan Validasi Debit	129
4.5	Optimasi Penggunaan Lahan.....	131
4.5.1	Skenario Penggunaan Lahan	135
4.5.2	Simulasi Model SWAT pada Skenario Penggunaan Lahan.....	137
4.5.3	Optimasi dengan MCSA.....	140
4.5.4	Analisis Potensi Ekonomi di Sub DAS Sumpur Singkarak	143
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		145
DAFTAR PUSTAKA		148
LAMPIRAN.....		159

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Hubungan antara kualitas dan karakteristik lahan yang dipakai pada metode evaluasi lahan.	31
2. Bentuk wilayah dan kelas lereng.....	32
3. Nilai dan Kriteria Bahan Kasar Tanah	35
4. Nilai dan Kriteria Kedalaman Tanah	35
5. Nilai dan Kriteria Kedalaman Gambut	36
6. Tingkat bahaya erosi	37
7. Kelas Bahaya Banjir.....	37
8. Kemasaman (pH) Tanah	38
9. Indek ketersediaan lahan/tekanan penduduk	39
10. Klasifikasi tingkat kesejahteraan penduduk berdasarkan % KK miskin	40
11. Klasifikasi keberadaan dan penegakan aturan	41
12. Besaran laju erosi yang dapat ditoleransikan menurut Thompson (1957).....	42
13. Kriteria Baku Kerusakan Tanah Lahan Kering Akibat Erosi (Nilai T)	42
14. Bahan dan data yang diperlukan untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak.....	77
15. Pengkelasan parameter karakteristik tanah untuk penyusunan peta satuan lahan (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, 2013)	82
16. Bahan dan data yang diperlukan untuk Evaluasi Sosial dan Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak.....	84
17. Indek ketersediaan lahan/tekanan penduduk	85
18. Klasifikasi tingkat kesejahteraan penduduk berdasarkan % KK miskin	86
19. Parameter Keberadaan Serta Penegakan Hukum.....	86
20. Bahan dan Data yang Diperlukan untuk Analisis Aliran Permukaan dan Erosi dengan Menggunakan Model SWAT di Sub DAS Sumpur Singkarak.	89
21. Kriteria statistik Nilai Nash Sutcliffe Efficiency (NSE).....	94
22. Bahan dan data yang diperlukan tahap Optimasi Penggunaan Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak.....	96
23. Luasan dan persentase Perubahan Penggunaan Lahan pada DAS Sumpur dari Tahun 2004 - 2019	103
24. Penggunaan Lahan pada Kawasan APL dan Hutan di Sub Das Sumpur Singkarak	105

25. Jenis Tanah di Sub Das Sumpur Singkarak.	108
26. Karakteristik Satuan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.....	110
27. Hasil Evaluasi Kesesuaian lahan di Sub-DAS Singkarak.....	111
28. Komoditi Unggulan Pertanian Holtikultura dan Kondisi Pendukungnya Berdasarkan Perangkingan dari Responden Penelitian di Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.....	118
29. Komoditi Unggulan Perkebunan dan Kondisi Pendukungnya Berdasarkan Peringkatan dari Responden Penelitian di Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.	119
30. Kondisi Tekanan Penduduk Pada Lahan Pertanian Hortikultura di Enam Nagari Sampel Sub DAS Sumpur Singkarak.....	120
31. Kondisi Tekanan Penduduk Pada Lahan Perkebunan di Enam Nagari Sampel Sub DAS Sumpur Singkarak.....	121
32. Tingkat Kesejahteraan Penduduk di Enam Nagari Pada Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.....	122
33. Keberadaan Ladasan Hukum/Aturan Pengelolaan Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak di 13 Nagari Sampel.....	123
34. Komoditi yang Biasa di Tanam Masyarakat di Kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak.....	125
35. Rekapitulasi Tingkat Kelayakan Usaha Tani Komoditi yang Diusahakan di Sub Das Sumpur Singkarak.	126
36. Nilai Akhir Parameter pada Kalibrasi Model SWAT untuk Debit Aliran.....	131
37. Dasar Penetapan Skenario Komoditi yang akan di Simulasikan untuk Optimasi Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.	137
38. Skenario Komoditi Terpilih untuk Penggunaan Lahan di Lahan Areal Penggunaan Lahan (APL)) di Sub DAS Sumpur Singkarak.	137
39. Hasil Simulasi Model SWAT pada Masing-Masing Skenario Penggunaan Lahan.....	138
40. Kriteria dan Parameter Analisis MCSA.....	140
41. Hasil Pembobotan Kriteria Hidrologi	141
42. Pembobotan Parameter Ekonomi.....	142
43. Hasil Kalkulasi Optimum Penggunaan Lahan	143
44. Hasil Analisis Potensi Ekonomi pada Skenario Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.....	144

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Kerangka Pemikiran Penelitian.....	14
2. Klasifikasi Model Hidrologi atau Model Pendugaan Erosi	50
3. Model geometri distribusi dan model lumped (I adalah input dan O adalah output).....	56
4. Tahapan Analisa Model	60
5. Multiple Criteria Spatial Analysis: Perspektif Input-Output (Malczewski, 1999)	71
6. Framework pada Multiple Criteria Spatial Analysis (MCSA) (Malczewski, 1999)	72
7. Peta lokasi penelitian di Sub DAS Sumpur Singkarak	73
8. Penampakan penggunaan lahan pada Citra Satelit yang telah diolah	75
9. Tahap Pengolahan Data & Analisis Perubahan Penggunaan Lahan	76
10. Metode evaluasi kesesuaian lahan dan arahan penggunaan lahan	79
11. Alur proses pengolahan data Model SWAT	88
12. Diagram alur kombinasi pemodelan hidrologi dan kalkulasi ekonomi	100
13. Optimalisasi penggunaan lahan di DAS Sumpur.....	100
14. Peta Penggunaan lahan DAS Sumpur Singkarak tahun 2004, 2006, 2008, 2009, 2011 dan 2014.....	102
15. Peta Penggunaan Lahan DAS Sumpur Singkarak Tahun 2019	103
16. Grafik Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak (2004-2019)	104
17. Grafik Penggunaan Lahan pada Kawasan Area Penggunaan Lain (APL) dan Kawasan Hutan.....	106
18. Peta Tanah di Sub DAS Sumpur Singkarak.....	107
19. Peta Lereng pada Sub DAS Sumpur Singkarak.....	109
20. Peta Satuan Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak.....	110
21. Jenis Usaha Tani di Sub DAS Sumpur Singkarak Berdasarkan Data Responden Penelitian.....	116
22. Persentase Luas Lahan Pertanian (Ha) Petani Responden di Sub DAS Sumpur Singkarak	117
23. Persentase Penerapan Aturan Pengelolaan Aliran DAS Sumpur Singkarak Delapan Nagari Yang Telah Memilikinya.	124
24. Pembentukan sub-DAS di Singkarak dengan Automatic Watershed Delinetion	127

25. Hasil Simulasi Model SWAT pada Keseimbangan Air di Sub DAS Sumpur Singkarak.	128
26. Potensi Erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak Berdasarkan Simulasi Penggunaan Lahan Tahun 2019.....	129
27. Hasil Validasi Model di Sub DAS Sumpur Singkarak	131
28. Distribusi Potensi Erosi Hasil Simulasi Model SWAT pada Masing-Masing Skenario Penggunaan Lahan.	139



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Tabel Model Pendugaan Erosi dan karakteristiknya (Bazzoffi, 2002)	159
2. Klasifikasi penutup lahan skala 1 : 50.000 atau 1:25.000.....	160
3. Klasifikasi Kesesuain Lahan	160
4. Karakteristik kelas drainase tanah untuk evaluasi lahan.....	160
5. Menentukan kelas tekstur di lapangan	161
6. Tabel Pengelompokan kelas tekstur.....	162
7. Segitiga Tekstur tanah.....	162
8. Perkiraan Nilai C.....	163
9. Prakiraan Nilai P untuk Berbagai Tindakan Konservasi	164
10. Peta Administrasi Sub DAS Sumpur Singkarak	166
11. Peta Rupa Bumi (RBI) Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.0000.....	166
12. Peta Kawasan Hutan Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.000	167
13. Peta Tanah Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.000	168
14. Peta Geologi Sub DAS Sumpur Singkarak Skala 1 : 50.000.....	170
15. Analisa Usaha Tani Komoditi yang diusahakan di Sub Das Sumpur Singkarak.....	171



BAB I . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk dunia yang saat ini telah mencapai 7,7 milyar dan diprediksi tahun 2050 mencapai 9,7 milyar dan tahun 2100 mencapai 13,3 milyar. Penduduk Indonesia tahun 2015 telah mencapai 255.5 juta dengan pertumbuhan 1,36 % (Badan Pusat Statistik Pusat, 2020 dan World Bank Group, 2015). Sejalan dengan pertumbuhan penduduk dunia, kebutuhan pangan juga semakin akan meningkat. Akibat dari tingginya tekanan penduduk dan kebutuhan ekonomi menimbulkan dampak terhadap daya dukung sumber daya lahan. Menurut World Bank Group, (2015), telah terjadi perubahan penggunaan lahan di Indonesia, dimana pada tahun 1990 luas lahan pertanian hanya 24,89 %, namun pada tahun 2012 telah terjadi peningkatan menjadi 31,18 % dari luas wilayah Indonesia. Perubahan ini juga terjadi pada luas hutan Indonesia, dimana pada tahun 1990 luas hutan 118, 5 juta ha turun menjadi 93 juta ha.

Menurut Lambin et al.,(2001, 2003) dalam Meiyappan, Dalton, O'Neill, & Jain, (2014), perubahan penggunaan lahan didorong oleh interaksi non-linier antara kondisi sosial ekonomi (misalnya penduduk, teknologi, dan ekonomi), karakteristik biofisik lahan (misalnya tanah, topografi, dan iklim), dan sejarah penggunaan lahan.

Menurut Farida et al (2004), Turkelboom et al (2008) dalam Nugroho et al, (2013) pertumbuhan penduduk yang cepat menimbulkan masalah serius untuk perubahan penggunaan lahan di daerah tangkapan Goseng. Peningkatan pertumbuhan penduduk setiap tahun selalu diikuti oleh meningkatnya permintaan

lahan, terutama kebutuhan untuk produksi, perumahan, pertanian dan lain-lain. Orang cenderung mengabaikan penggunaan lahan kemampuan dan kesesuaian yang menyebabkan degradasi lahan dan mempengaruhi neraca air. Penelitian yang dilakukan oleh Turkelboom et al,(2008), Wijesekara et al, (2010) dan Mawardi (2010) dalam Nugroho et al, (2013), menunjukkan bahwa perubahan lahan yang disebabkan oleh peningkatan urbanisasi, kegiatan pertanian dan perusakan hutan penyebab faktor perubahan neraca air.

Tekanan pertumbuhan populasi manusia memperluas area penggunaan lahan seperti pertanian dan permukiman ke habitat alamnya di semua bagian dunia untuk memenuhi permintaan makanan dan perumahan (Lambin et al, 2003;. Kabba dan Li, 2011 dalam Daye dan Healey, 2015). Perubahan penggunaan lahan ini telah menyebabkan deforestasi, memperburuk fragmentasi habitat hutan yang tersisa (FAO, 2003; Ellis-Cockcroft dan Cotter, 2014; Riutta et al, 2014 dalam Daye dan Healey, 2015).

Di Indonesia usaha pertanian masih didominasi oleh usahatani keluarga, yang berjumlah 25,579 juta rumah tangga pertanian atau sekitar 50 persen dari jumlah rumah tangga di perdesaan. Sektor pertanian masih menjadi penyerap tenaga kerja sekitar 39 juta orang, yang terbesar dari seluruh sektor perekonomian. Saat ini, persoalan ketersediaan lahan untuk pertanian pangan masih merupakan salah satu faktor pembatas utama peningkatan produksi pangan dan upaya peningkatan kesejahteraan petani. Pada kondisi seperti itu sangat wajar bila daya dukung lahan sawah dalam menyerap tenaga kerja menjadi terbatas. Skala usaha pertanian yang diusahakan sebagian besar masih menguasai lahan di

bawah 0,5 ha (petani gurem), yang proporsinya cenderung meningkat. (Kementerian Kehutanan, 2013)

Untuk memenuhi kebutuhan pangan penduduk Indonesia, maka Intensifikasi dan ekstensifikasi lahan terus dilakukan dalam rangka memacu produksi untuk memenuhi kebutuhan pangan dunia umumnya maupun Indonesia khususnya. Namun Intensifikasi dan ekstensifikasi tanpa memperhatikan kaidah konservasi tanah dan air akan merusak dan mempercepat terjadinya degradasi lahan. Seperti yang kita ketahui banyaknya terjadinya bencana alam seperti longsor, banjir bandang, penurunan kualitas air dan sedimentasi merupakan akibat dari usaha pertanian yang dilakukan tanpa memperhatikan usaha konservasi tanah dan air. Ditambahkan oleh Alansi (2009) dan Ananda & Herath (2003) kebutuhan manusia terhadap lahan yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, sementara luas dan daya dukung lahan terbatas merupakan faktor pendorong terjadinya alih fungsi lahan DAS (daerah aliran sungai) menjadi penggunaan lain. Sementara itu pengambilan keputusan suatu alokasi lahan DAS pada umumnya lebih mengutamakan kepentingan ekonomi yaitu meningkatkan produktivitas, sehingga menimbulkan berbagai persoalan lingkungan seperti banjir dan erosi.

Menurut Kementerian Kehutanan melaporkan bahwa, untuk periode 1997–2000 laju pengurangan hutan di dalam kawasan hutan mencapai angka \pm 2,84 juta ha/tahun atau \pm 8,5 juta ha selama 3 tahun. Sedangkan data berdasarkan citra SPOT Vegetation didapatkan angka pengurangan penutupan berhutan sebesar 1,08 juta ha/tahun (2000-2005), dan berdasarkan citra MODIS sebesar 0,72 juta ha/tahun (2000 - 2005). Pada periode 2003-2006

didapatkan angka deforestasi Indonesia sebesar 1,17 juta ha/tahun. Selanjutnya pada periode 2006-2009 terjadi penurunan deforestasi menjadi sebesar 0,83 juta ha/th. Untuk periode 2009-2012 terjadi penurunan angka deforestasi menjadi sebesar 0,45 juta ha/th. Akibat dari kerusakan lahan dan hutan, terdapat lahan kritis di Indonesia seluas 27,29 juta Ha (Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan, 2013)

Di Sumatera Barat Kondisi DAS rusak dilihat berdasarkan jumlah DAS prioritas I, terdapat 10 Sub DAS didalam 3 DAS yang luasannya sudah mencapai 1.302.514 Ha. Menurut (Amrizal Saidi, 2013), terdapat lahan kritis seluas 220.260 ha yang tersebar di hulu-hulu DAS Sumatera Barat. Diantaranya Sub DAS yang mulai rusak adalah Sub DAS Sumpur Singkarak yang merupakan salah satu sumber air dari DAS Ombilin dan Danau Singkarak Menurut Yulnafatmawita et al, (2009) Sub DAS Sumpur Singkarak luasnya adalah 15.478 Ha merupakan daerah aliran sungai yang terletak di Kabupaten Tanah Datar dan Kota Padang Panjang Sumatera Barat. Daerah ini di aliri oleh sebuah sungai yang bernama Sungai Aie Batanang dimana sumber airnya berasal dari daerah hulunya yaitu lereng Gunung Marapi dan bermuara di Danau Singkarak. Daerah Hulunya merupakan daerah hutan, lahan usaha pertanian dan pemukiman. Sementara diantara Hulu dan Hilir muara Danau adalah Pemukiman di Batipuh dan Padang Panjang.

Semakin meningkatnya jumlah penduduk akan mendorong naiknya produksi hasil pertanian dan jumlah pemukiman. Akibatnya tentu akan menekan

sumberdaya alam dan ekosistem, yang akhirnya akan mengancam kelestarian fungsi alam dan fungsi lahan.

Menurut Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar (2019), pada tahun 2018 pertumbuhan penduduk Kabupaten Tanah Datar mencapai 0,25 % dimana sebarannya di Kecamatan yang termasuk wilayah Sub DAS Sumpur Singkarak adalah ; X Koto 0,43 %, Batipuh 0,04 % dan Batipuh Selatan 0,19 %. Selanjutnya menurut Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang, (2019), pada tahun 2018 pertumbuhan penduduk Kecamatan Padang Panjang Timur mencapai 2,56 %. Dengan meningkatnya penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak ini tentunya akan mendorong masyarakat untuk meningkatkan ekonominya. Hal ini terbukti berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar, (2019) pertumbuhan ekonomi pada tahun 2018 Kabupaten Tanah Datar adalah 5,08 %, dimana sektor pertanian, kehutanan dan perikanan masih mendominasi di Kabupaten Tanah Datar dimana pada tahun 2018 serapan lapangan kerja sebesar 13.087 tenaga kerja dan kontribusinya terhadap Produk Domestik Regional Bruto mencapai 30,61 %. Hal ini menunjukkan bahwa kegiatan peningkatan produksi sektor pertanian melalui kegiatan intensifikasi, ekstensifikasi dan diversifikasi komoditi pertanian terus dilakukan.

Berkaitan dengan hal tersebut diatas, Sub DAS Sumpur Singkarak yang daerah tangkapan airnya berada di lereng Gunung Marapi merupakan daerah yang kompleks dengan berbagai jenis penggunaan lahan. Seperti disampaikan diatas lereng Gunung Marapi ini merupakan daerah yang subur dan sangat cocok ditanami dengan tanaman hortikultura dan tanaman perkebunan. Ditambah lagi dengan semakin pesatnya perkembangan pemukiman di sekitar Kota Padang

Panjang menyebabkan kondisi Sub DAS Sumpur Singkarak ini mulai mengkhawatirkan. Masyarakat belum banyak menggunakan cara-cara konservasi dalam pengelolaan lahannya. Jika ini tidak dilakukan usaha-usaha konservasi maka bisa diprediksi lahan akan cepat terdegradasi, erosi, longsor, pengurangan dan pencemaran sumber air bagi masyarakat di daerah bawahan dan tentunya akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang lebih besar.

Untuk meneliti dan mengelola lahan harus dilihat lahan sebagai satu kesatuan hidrologi, karena tumbuhan atau tanaman yang ada di lahan tersebut sangat bergantung pada ketersediaan dan pengelolaan air di lahan. Makanya untuk meneliti, merencanakan dan pengelolaan lahan sering dilakukan lahan sebagai satu kesatuan daerah aliran sungai (DAS). Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan

Pemerintah Indonesia melalui undang-undang dan peraturan yang terkait dengan pengelolaan lahan pada suatu DAS di Indonesia menginginkan adanya suatu pengelolaan DAS secara berkelanjutan yaitu pengalokasian lahan sesuai dengan peruntukannya dan daya dukungnya. Lahan bukan hanya diperuntukan untuk mengejar target produksi (ekonomi), akan tetapi juga harus memperhatikan lingkungan seperti resiko banjir dan erosi. Sehingga tiga pilar pembangunan yang berkelanjutan yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan bisa ditegakan. (Pemerintah Republik Indonesia, 2012). Untuk mengoptimalkan penggunaan lahan DAS sesuai dengan tuntutan Undang-undang dan peraturan

yang berlaku, diperlukan optimalisasi penggunaan lahan DAS. Optimalisasi sering dilakukan hanya melihat aspek ekonomi, sementara aspek fisik lingkungan dan sosial sering diabaikan.

Untuk itu optimalisasi penggunaan lahan DAS tentunya harus dilakukan secara menyeluruh dengan melihat aspek fisik lingkungan, ekonomi dan sosial. Untuk melakukan penelitian dari aspek fisik lingkungan, diantaranya yang sangat perlu diperhatikan adalah degradasi lahan akibat aliran permukaan, erosi dan sedimentasi. Banyak metode yang bisa dilakukan untuk meneliti aliran permukaan, erosi dan sedimentasi ini. Ada yang dilakukan secara langsung dilapangan dengan menggunakan plot erosi, ada juga dengan metode prediksi erosi dengan menggunakan model. Diantaranya model yang telah banyak digunakan adalah Soil and Water Assessment Tool (SWAT). Disamping aspek fisik lingkungan, untuk optimalisasi penggunaan lahan yang perlu diteliti adalah aspek sosial dan ekonomi. Orientasi masyarakat untuk berusaha tani tentunya adalah untuk mendapatkan produksi dan meningkatkan pendapatannya. Jika produksi dan pendapatan terganggu, akibat dari arahan penggunaan lahan, tentu masyarakat petani akan tetap melakukan usaha pertanian tanpa memperhatikan aspek lingkungan. Demikian juga kajian aspek sosial, dimana kebiasaan dan budaya masyarakat petani perlu diperhatikan guna tercapainya optimalisasi penggunaan lahan.

Berdasarkan hal tersebut diatas kami sebagai mahasiswa S3 (Doktor) pada Prodi Ilmu Pertanian telah melakukan penelitian dengan Judul “ Optimalisasi Penggunaan Lahan pada Batas Toleransi Erosi dan Hubungannya

dengan Pendapatan Petani di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumpur Singkarak

“

Penelitian ini mencoba untuk melihat aspek fisik lingkungan dan pendapatan masyarakat Sub DAS Sumpur Singkarak sebagai model untuk pengambilan keputusan. Dengan adanya model pengambilan keputusan ini diharapkan kondisi lingkungan di Sub DAS Sumpur Singkarak dapat di tekan sampai pada batas toleransi, sedangkan pendapatan masyarakat di kawasan DAS ini tetap dalam terjamin. Dan model ini pada akhirnya akan dapat sebagai pedoman dalam menata penggunaan lahan di kawasan ini

Sebagai perbandingan, ada beberapa penelitian yang berkaitan dengan optimasi penggunaan lahan dalam rangka menekan erosi pada batas toleransi dengan model SWAT dan hubungan nya dengan pendapatan petani di DAS antara lain adalah ;

1. Optimasi Perencanaan Penggunaan Lahan dengan Bantuan Sistem Informasi Geografis dan Soil and Water Assessment Tools (SWAT) Suatu studi kasus di DAS Cijalupang, Bandung Jawa Barat oleh Erna Suryani (penelitian S2 IPB) tahun 2005. Penelitian yang dilakukan Erna Suryani hanya meneliti optimasi penggunaan lahan dari aspek fisik hidrologi dan tidak melihat dari aspek sosial dan ekonomi. Metode Optimasi yang digunakan hanya berdasarkan skenario penggunaan lahan.
2. Optimalisasi Lahan Kehutanan dalam Rangka Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Kesejahteraan Sosial Ekonomi Masyarakat Desa Sekitar Hutan :Studi Kasus di Kabupaten Sumedang yang dilakukan oleh Rajati, Kusmana, Darusman, & Saefuddin, (2006). Penelitian ini di lahan kehutanan, bukan di kawasan daerah aliran sungai. Model yang digunakan untuk

memprediksi erosi hanya dengan model sederhana USLE (Universal Soil Loss Equation). Analisa ekonomi dan lingkungan dilakukan dengan menggunakan program system dinamis. Sedangkan model Analisis ekonomi dan lingkungan juga dilakukan dengan menggunakan program tujuan ganda untuk menganalisa seluruh kegiatan usahatani dari jenis-jenis tanaman yang direkomendasikan agar didapat kondisi optimum untuk manfaat maksimal dengan kerusakan lingkungan (erosi) minimal. Sementara pada disertasi ini menggunakan model Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA). Usaha tani dinilai dari pendapatan hasil produksi petani dan upah pengelolaan hutan pinus. Penelitian yang dilakukan pada disertasi ini, pendapatan petani dinilai berdasarkan analisa usaha tani menggunakan B/C Ratio dan NPV.

3. Kajian Sifat Fisika Tanah Sub Das Aia Batanang DAS Sumpur Kecamatan Batipuh Kabupaten Tanah Datar. Yulnafatmawita, Amrizal Saidi dan Al Asfhihani Elnita, Tahun 2009). Penelitian ini hanya kajian sifat fisika tanah di Sub DAS Sumpur.
4. Penelitian yang dilakukan oleh Ramlan, (2013) dengan judul Optimasi Alokasi Lahan Perkebunan Menggunakan Pendekatan Multi Kriteria Spasial Berbasis Metode Kontinyu. Penelitian ini mengkaji model evaluasi lahan untuk komoditi basis perkebunan menggunakan metode fuzzy set, mengkaji model alokasi lahan komoditi basis perkebunan berdasarkan potensi biofisik lahan, ketersediaan infrastruktur dan kondisi sosial ekonomi menggunakan metode compromise programming serta menyusun arahan dan strategi untuk mewujudkan alokasi ruang. Penelitian ini tidak mengkaji secara khusus tentang erosi dan pendapatan petani.

5. Penelitian yang dilakukan Lina, Su, Singh, & Ayantobo, (2017) dengan judul *Spatial Optimization of Agricultural Land Use Based on Cross-Entropy Methode*. Penelitian ini menggunakan model optimalisasi terintegrasi, dimana tanaman pertanian dikembangkan menyebar secara spasial agar dapat secara efisien memanfaatkan air pertanian dan sumber daya lahan secara bersamaan. Penelitian ini tidak meneliti erosi akibat penggunaan lahan dan tidak menganalisa pendapatan petani untuk optimasi.
6. Penelitian yang dilakukan Yao, Zhang, & Murray, (2017) dengan judul *Spatial Optimization for Land Use Allocation*, Penelitian menggunakan pendekatan optimasi spasial untuk mendukung perencanaan penggunaan lahan. Pendekatan optimasi spasial yang umum digunakan di bidang yang relevan, terutama berfokus pada kriteria spasial yang diperlukan oleh pembangunan berkelanjutan.
7. Penelitian yang dilakukan oleh Riadi, Barus, Widiatmaka, JP, & Pramudya, (2018) dengan judul *Spatial Modeling on Coastal Land Use/Land Cover Changes and its Impact on Farmers*. Penelitian adalah membuat model perubahan spasial dalam tutupan lahan / penggunaan lahan pesisir dan pengaruhnya terhadap produksi beras, produksi sawah ikan dan produksi tambak di habitat pesisir. Penelitian tidak dilakukan di kawasan DAS.
8. Penelitian yang dilakukan oleh Zenis, Supian, & Lesmana, (2018) dengan judul *Optimization of land use of agricultural farms in Sumedang regency by using linear programming models*. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh komposisi penggunaan lahan yang optimal untuk mendapatkan penghasilan maksimum. Metode optimasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Model Pemrograman Linier. Hasil analisis ini digunakan sebagai

pertimbangan dalam pengambilan keputusan tentang pola tanam oleh petani. Model optimasi tidak menganalisa dampak penggunaan lahan terhadap erosi.

9. Penelitian dengan judul *Using Spatial Multi-Criteria Decision Analysis to Develop New and Sustainable Direction for The Future Use of Agricultural Land in Denmark*. Penelitian ini sama--sama menggunakan analisis keputusan multi-kriteria spasial, tetapi model pada penelitian Schmidt, et al., (2019) ini yang menggambarkan jasa sewa yang diperoleh dari tanah dalam penggunaan pertanian di satu sisi dan jasa ekosistem yang dipilih di sisi lain. Model ini didasarkan pada dataset geografis yang luas. Ini termasuk peta jenis tanah, kadar karbon, sensitivitas terhadap kehilangan unsur hara, skor Nilai Alam Tinggi, dll., Yang dikombinasikan dengan kriteria lingkungan memfasilitasi peringkat semua bidang pertanian di Denmark. Selanjutnya, model ini mengidentifikasi calon lokasi yang cocok untuk perubahan penggunaan lahan. Pembobotan skenario dibedakan untuk jasa lingkungan. Hasilnya akan mendapatkan skenario yang paling baik, sebagai bahan untuk membuat keputusan dalam pengembangan perubahan lahan di pertanian Denmark. Berbeda dengan penelitian yang penulis lakukan, parameternya adalah komponen hidrologi dan ekonomi masyarakat petani untuk mendapatkan penggunaan lahan optimal.

Berdasarkan hal tersebut diatas Novelty atau kebaruan dari penelitian yang dilakukan oleh penulis adalah Optimasi penggunaan lahan dengan model Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA) menggunakan model hidrologi SWAT untuk pengambilan keputusan daerah dalam menekan kerusakan DAS dan meningkatkan pendapatan petani.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini telah memenuhi syarat untuk dijadikan penelitian disertasi dalam rangka pendidikan Doktor di Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah penelitian, maka tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menganalisa perubahan penggunaan lahan pada Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumpur Singkarak dari Tahun 2004-2019
2. Mengevaluasi kesesuaian lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak
3. Mengevaluasi kondisi sosial ekonomi masyarakat yang berada di Sub DAS Sumpur Singkarak serta pendapatan masyarakat melalui usaha tani komoditi yang biasa diusahakannya.
4. Mengevaluasi kondisi aliran permukaan dan erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak.
5. Untuk mendapatkan beberapa penggunaan lahan yang optimal dengan memperhatikan batas toleransi erosi dan pendapatan petani.
6. Mendapatkan model pengambilan keputusan untuk menekan degradasi lahan akibat aliran permukaan dan erosi, serta dapat dijadikan model untuk peningkatan ekonomi masyarakat.

1.3 Kerangka Pemikiran

Sebagai salah satu sumber air di Danau Singkarak dan DAS Ombilin, Sub Das Sumpur Singkarak memegang peranan penting untuk keberlanjutan

Sistem Hidrologi di kawasan ini. Dibagian hulu Sub Das ini, telah terjadi banyak kegiatan manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Aktivitas tersebut terutama antara lain adalah usaha pertanian. Eksploitasi lahan yang berlebihan telah menyebabkan terganggunya sistim hidrologi di kawasan ini. Ada upaya dari pemerintah untuk membina dan mengarahkan masyarakat petani di kawasan ini tetapi upaya ini masih belum optimal. Hal ini terjadi antara lain adalah akibat kebutuhan ekonomi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Disamping itu keterbatasan lahan juga menyebabkan masyarakat berupaya untuk membuka lahan baru, yang terkadang merupakan kawasan yang tidak dianjurkan untuk di budidayakan. Pengambil keputusan dalam hal ini pemerintah tentunya harus mencari solusi kebijakan untuk mengatasi kerusakan lingkungan terutama kerusakan yang disebabkan erosi. Namun sebaliknya pemerintah juga harus mencari solusi agar masyarakat petani yang ada di sekitar kawasan ini tetap dapat berusaha untuk memenuhi kehidupannya. Penelitian ini berupaya untuk membuat model pengambilan keputusan, dimana petani dapat berusaha pada kawasan ini, tetapi kondisi lingkungan DAS ini tetap terjaga. Model optimasi penggunaan lahan diharapkan menjadi salah satu solusi di kawasan ini.

Untuk membuat model optimasi diperlukan identifikasi, analisa menggunakan model SWAT, mengkalibrasi model untuk DAS ini, mengidentifikasi dan menganalisa pendapatan petani, dan pada akhir melakukan simulasi terhadap model, untuk mendapatkan pendapatan masyarakat tetap optimal tetapi kondisi erosi di kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak ini dalam batas toleransi.

4. Terjadi erosi melampaui batas toleransi pada kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak, akibat tidak melaksanakan konservasi tanah dan air dalam berusaha tani.
5. Belum optimal penggunaan lahan dalam menekan erosi (di bawah batas toleransi) dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat (pendapatan usaha tani).

1.5 Luaran Hasil Penelitian

Luaran hasil penelitian ini adalah sebagai berikut ;

1. Mendapatkan perubahan penggunaan lahan selama 15 tahun terakhir di Sub DAS Sumpur Singkarak
2. Mendapatkan hasil evaluasi kesesuaian lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.
3. Mendapatkan kondisi sosial ekonomi dari aspek tekanan penduduk, pendapatan masyarakat petani dan penegakan aturan di Sub DAS Sumpur Singkarak.
4. Mendapatkan model hidrologi SWAT yang telah dikalibrasi dan divalidasi dengan untuk memprediksi aliran permukaan dan erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak dengan nilai Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) ≥ 5 (memuaskan)
5. Mendapatkan penggunaan lahan yang optimal dengan model Multi Criteria Spasial Analysis (MCSA) dengan memperhatikan erosi yang dapat ditoleransi dan pendapatan masyarakat.
6. Mendapatkan model pengambilan keputusan dalam rangka pengelolaan Sub-DAS Sumpur Singkarak.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Daerah Aliran Sungai dan Pengelolaannya

Istilah Daerah Aliran Sungai (DAS) banyak digunakan oleh beberapa ahli dengan makna atau pengertian yang berbeda-beda, ada yang menyamakan dengan catchment area, watershed, atau drainage basin (Sudaryono, 2002). Pengertian DAS dikemukakan oleh (Asdak, 2010) adalah suatu wilayah daratan yang secara topografik dibatasi oleh punggung-punggung gunung yang menampung dan menyimpan air hujan untuk kemudian menyalurkannya ke laut melalui sungai utama. Kartodihardjo, et al, (2004) mendefinisikan DAS sebagai suatu hamparan wilayah yang dibatasi secara alamiah oleh punggung bukit yang menerima dan mengumpulkan air hujan, sedimen dan unsur hara serta mengalirkannya melalui sungai utama dan keluar pada satu titik outlet. Selanjutnya menurut Sinukaban (2007), Daerah Aliran Sungai adalah suatu wilayah yang dibatasi oleh batas-batas topografi sehingga setiap air hujan yang jatuh dalam DAS tersebut akan mengalir melalui titik tertentu (titik pengukuran sungai) dalam DAS tersebut. Dalam pengertian ini menggambarkan suatu wilayah yang mengalirkan air yang jatuh di atasnya beserta sedimen dan bahan terlarut melalui titik yang sama sepanjang suatu alur atau sungai. Selanjutnya defenisi ini ditegaskan oleh Pemerintah Republik Indonesia, (2012), Daerah Aliran Sungai yang selanjutnya disebut DAS adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

Pengelolaan DAS adalah upaya manusia dalam mengatur hubungan timbal balik antara sumberdaya alam dengan manusia di dalam DAS dan segala aktivitasnya, agar terwujud kelestarian dan keserasian ekosistem serta meningkatnya kemanfaatan sumberdaya alam bagi manusia secara berkelanjutan. Untuk memberikan landasan hukum bagi pelaksanaan Pengelolaan DAS dalam mengelola DAS yang dipertahankan dan dipulihkan daya dukungnya sesuai dengan tujuan yang diinginkan tersebut, maka Menteri Kehutanan Republik Indonesia, (2014) telah mengeluarkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. P. 60 /Menhut-II/2014 tentang Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai.

Pengelolaan DAS merupakan usaha untuk menggunakan semua sumberdaya (tanah, vegetasi, air dan sebagainya) pada DAS tersebut secara rasional untuk mendapatkan penggunaan lahan yang berkelanjutan demi tercapainya produksi maksimum atau optimum dalam waktu yang tidak terbatas dan untuk menekan bahaya kerusakan seminim mungkin sehingga didapat hasil air dalam jumlah, kualitas dan distribusi yang baik (Sinukaban, 2007). Pengelolaan suatu DAS dikatakan berhasil apabila terpenuhi beberapa hal berikut yaitu: (1) tercapainya kondisi hidrologis yang optimal, (2) meningkatnya produktivitas lahan yang diikuti oleh perbaikan kesejahteraan masyarakat, (3) terbentuknya kelembagaan masyarakat yang muncul dari bawah sesuai dengan sosial budaya masyarakat setempat dan (4) terwujudnya pembangunan yang berkelanjutan, berwawasan lingkungan dan berkeadilan.

2.2 Penggunaan Lahan (*Land Use*)

Menurut Arsyad (2010) penggunaan lahan adalah setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik materil maupun spiritual. Perubahan penggunaan lahan merupakan proses dinamis yang kompleks, yang saling berhubungan antara lingkungan alam dengan manusia yang memiliki dampak langsung terhadap tanah, air, atmosfer dan isu kepentingan lingkungan global lainnya. Banyak penulis membedakan istilah tutupan lahan (*land cover*) dan penggunaan lahan (*land-use*). Menurut Lambin et al. (2001) dalam (Dwiprabowo, Djaenudin, Alviya, & Wicaksono, 2014), tutupan lahan adalah atribut biofisik dari permukaan bumi pada suatu wilayah (seperti rumput, tanaman, bangunan) sedangkan penggunaan lahan adalah pemanfaatan lahan yang aktual oleh manusia (misalnya padang rumput untuk penggembalaan ternak, wilayah untuk perumahan). Sedangkan Dewi (2011) dalam (Dwiprabowo, Djaenudin, Alviya, & Wicaksono, 2014) menyatakan bahwa istilah tutupan lahan lebih mengacu pada tipe vegetasi yang ada pada lahan tertentu, sementara penggunaan lahan mengacu kepada aktivitas manusia pada lahan tersebut. Selanjutnya sistem penggunaan lahan adalah penggabungan keduanya termasuk siklus perubahan vegetasi dan aktivitas pengelolaan (penanaman, pemanenan).

Penggunaan lahan dapat dikelompokkan ke dalam dua golongan besar yaitu penggunaan lahan pertanian dan penggunaan lahan bukan pertanian. Penggunaan lahan pertanian dibedakan dalam garis besar penggunaan lahan berdasar atas penyediaan air dan komoditi yang diusahakan, dimanfaatkan atau yang terdapat diatas lahan tersebut. Berdasarkan hal ini dapat dikenal macam-

macam penggunaan lahan seperti tegalan, sawah, kebun, hutan produksi, hutan lindung, dan lain-lain. Sedangkan penggunaan lahan bukan pertanian dapat dibedakan ke dalam lahan kota atau desa (pemukiman), industri, rekreasi, pertambangan dan lain-lain.

Selanjutnya menurut Badan Standarisasi Nasional (2010), kelas penutupan lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tidak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dalam bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan, dan distribusi spasialnya. Sedangkan kategori daerah tidak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 2.

2.3 Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan merupakan proses dinamis yang kompleks, yang saling berhubungan antara lingkungan alam dengan manusia yang memiliki dampak langsung terhadap tanah, air, atmosfer dan isu kepentingan lingkungan global lainnya (Kooman, Stillwell, Bakema, & Scholten, 2007). Perubahan penggunaan lahan ini terjadi akibat kebutuhan masyarakat akan lahan semakin besar akibat pertumbuhan penduduk, dan berkembangnya kegiatan pembangunan. Berikut dibawah ini beberapa penelitian yang mengamati perubahan penggunaan lahan akibat pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan pembangunan ;

1. Yi, Chao-Fu, & Ke (2011), di Chongqing China yang mengamati perubahan penggunaan lahan selama 10 tahun (1999-2008); terjadi penurunan lahan pertanian di tanah yang subur dan peningkatan bangunan, akibat pertumbuhan ekonomi yang pesat.
2. Erener, Düzgün, & Yalciner, (2012) yang melakukan penelitian di Göcek Bay, Turkey yang mengamati perubahan lahan selama 4 tahun (2006-2009); terjadi peningkatan bangunan sebesar 135,72 % dan penurunan tutupan vegetasi sebesar 29,38 % akibat perpindahan penduduk.
3. Purwantoro (2012), yang melakukan penelitian di Kecamatan Umbulharjo Yogyakarta, terjadi penurunan lahan pertanian yang semula tahun 1987 luasnya 316,28 ha turun menjadi 139,90 ha pada tahun 1996.

Masalah penurunan ini sering terjadi adalah akibat terbatasnya lahan yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Hal ini mendorong masyarakat membuka lahan baru atau disebut dengan alih fungsi lahan yang tidak sesuai dengan fungsi lahannya. Terbatasnya lahan yang baik membuat petani-petani terpaksa harus membuka lahan pertanian di lahan marginal.

Demikian juga dengan Daerah Aliran Sungai (DAS) sebagai suatu ekosistem yang mempunyai sumber daya lahan berikut dengan sumberdaya airnya sering mempunyai banyak permasalahan dalam penggunaannya. Permasalahan itu diantaranya menurut Amrizal Saidi, (2013) adalah dalam hubungannya dengan aliran permukaan dan sedimentasi serta kerusakan lahan pada waktu pembukaan lahan dan pengelolaan berikutnya. Pembukaan lahan sering kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi. Kejadian ini sekarang juga banyak terjadi pada lahan marginal yang dilakukan petani karena tekanan penduduk

semakin padat sementara ketersediaan lahan semakin terbatas. Akibatnya terjadi erosi dan longsor pada daerah hulu sungai serta banjir dan sedimentasi di daerah hilir sungai. Selanjutnya akan terjadi kemunduran sifat fisik tanah, kesuburan tanah dan merosotnya kandungan C organik. Menurut Pawitan (2015), Perkembangan penggunaan lahan di sejumlah daerah aliran sungai-sungai di Indonesia dalam tiga dasawarsa terakhir ini telah memberi dampak berupa peningkatan frekuensi, debit, dan volume banjir yang telah menggenangi wilayah permukiman dan infrastruktur umum yang mengakibatkan kerusakan dan kerugian material dan non-material. Perubahan penggunaan lahan dengan pembangunan kota tentunya tidak terhindarkan, mulai dari penggundulan hutan yang digantikan dengan permukaan kedap berupa atap perumahan, jalan-jalan, tempat parkir, bandara, dan sebagainya. Dampaknya secara nyata telah meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir. Tercatat bahwa antara tahun 1981 dan 1999 telah terjadi peningkatan kawasan permukiman untuk Ciliwung Hulu sebesar 100% dengan dampak berupa peningkatan debit banjir di Katulampa sebesar 68%, dan di Depok 24%, sedangkan peningkatan volume banjir adalah 59% untuk Katulampa dan 15% untuk Depok.

Terjadinya penurunan daya dukung Daerah Aliran Sungai yang dicirikan dengan terjadinya banjir, tanah longsor, erosi, sedimentasi dan kekeringan, yang dapat mengakibatkan terganggunya perekonomian dan tata kehidupan masyarakat, maka pengamatan perubahan penggunaan lahan dalam rangka konservasi dan perencanaan arahan fungsi kawasan lahan pengelolaannya, perlu terus dilakukan. Pemerintah melalui . Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.

telah mengarahkan pengelolaan DAS dalam rangka mengantisipasi dampak negative perubahan lahan ini. Selanjutnya Pemerintah juga membuat arahan fungsi kawasan lahan di Indonesia yang telah diatur dalam Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Nasional.

Untuk mengamati perubahan penggunaan lahan dan arahan penggunaan lahan/kawasan secara cepat tidak bisa dilakukan secara manual dilapangan. Untuk itu perlu dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis yang mengamati secara spasial dan temporal, lebih cepat, tepat dan efisien.

2.4 Interpretasi Citra Penggunaan Lahan

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah atau gejala yang akan dikaji (Lillesand, Kiefer, & Chipman, 2008). Dengan demikian, maka dapat diketahui bahwa obyek-obyek di permukaan bumi dapat dilihat karakteristiknya sesuai dengan keperluan tanpa harus melakukan kontak langsung dengan obyek yang bersangkutan. Rekaman data penginderaan jauh berupa data digital dan data visual. Data visual dibedakan lagi dalam bentuk data citra dan data non citra. Data citra berupa gambaran mirip aslinya dibagi lagi dalam bentuk citra foto udara dan citra non foto. Citra foto dihasilkan dari hasil

sensor kamera yang direkam melalui satelit, balon, pesawat, drone, helikopter dan alat lainnya yang sejenis.

Citra hasil rekaman dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Interpretasi citra merupakan proses pengkajian citra melalui proses indentifikasi dan penilaian mengenai objek yang tergambar pada citra dan menterjemahkannya. Interpretasi citra melalui proses penalaran untuk mendeteksi, mengidentifikasi, dan menilai arti pentingnya obyek yang tergambar pada citra untuk diterjemahkan ke dalam ilmu disiplin tertentu seperti pertanian, kehutanan, hidrologi ekologi, geodesi, geologi, geografi, ekologi dan disiplin ilmu lainnya.

Intrepetasi Citra dapat dilakukan secara visual maupun digital. Prinsip pengenalan objek pada citra secara visual bergantung pada karakteristik atau atribut yang tergambar pada citra. Karakteristik objek pada citra digunakan sebagai unsur pengenalan objek yang disebut unsur-unsur intrepetasi yang meliputi ; rona atau warna (*tone/color*), bentuk (*shape*), ukuran (*size*), kekasaran (*texture*), pola (*pattern*), bayangan (*shadow*), situs (*site*), asosiasi (*association*) dan konvergensi bukti (Sutanto, 1999). Interpretasi citra satelit penggunaan lahan dilakukan melalui proses indentifikasi jenis penggunaan/tutupan lahan yang ada dalam suatu citra satelit yang diamati. Interpretasi dilakukan secara visual mengacu pada klasifikasi penutupan lahan Standar Nasional Indonesia 7645:2010. (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2010).

2.5 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan/Tutupan Lahan dengan Menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis (Puntodewo, Dewi, & Tarigan, 2003). Secara umum SIG bekerja berdasarkan integrasi 5 Komponen, yaitu: perangkat keras, perangkat lunak, data, manusia dan metode. Perangkat keras meliputi komputer, digitizer, scanner, plotter, printer, sedangkan perangkat lunak bias dipilih baik yang komersial maupun yang tersedia dengan bebas. Contoh perangkat lunak yang banyak dipakai adalah ARC/INFO, ArcView, IDRISI, ER Mapper, GRASS, MapInfo. Beberapa cara memasukkan data ke dalam SIG adalah melalui keyboard, digitizer, scanner, system penginderaan jauh, survei lapangan, GPS. Sumber daya manusia sebagai komponen SIG bukan hanya meliputi staf teknis, yaitu yang bertugas dalam hal pemasukan data maupun pemrosesan dan penganalisaan data, tetapi juga koordinator yang bertugas untuk mengontrol kualitas dari SIG. Adapun metode fungsional SIG meliputi pengambilan data, pemrosesan awal, pengelolaan data, manipulasi dan analisa data, dan pembuatan output akhir. SIG memerlukan informasi spasial untuk menentukan lokasi dalam sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya. Data spasial mempunyai dua bagian penting yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi atribut (non spasial). Informasi spasial contohnya adalah informasi lintang dan bujur, sedangkan informasi atribut

contonya adalah jenis vegetasi dan populasi. Data Spasial direpresentasikan dalam bentuk format vektor dan raster.

1. Format vektor, bumi kita direpresentasikan sebagai suatu mosaik dari garis (arc/line), polygon (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik/point (node yang mempunyai label), dan nodes (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis).

2. Format data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari system Penginderaan Jauh. Pada data raster, obyek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*). Pada data raster, resolusi (definisi visual) tergantung pada ukuran pixel-nya. Dengan kata lain, resolusi pixel menggambarkan ukuran sebenarnya di permukaan bumi yang diwakili oleh setiap pixel pada citra. Semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh satu sel, semakin tinggi resolusinya. Makin tinggi resolusinya, maka data spasial yang dihasilkan juga semakin teliti dan semakin tinggi biayanya.

data spasial berasal dari ; peta analog (contohnya peta topografi, peta tanah), data dari sistim penginderaan jauh (contohnya citra satelit dan foto udara),

data dari pengukuran lapangan (contohnya ; data atribut, data batas adminitrasi), dan data GPS.

Saat ini pemanfaatan SIG telah berkembang ke berbagai ilmu pengetahuan yang bisa diintegrasikan dengan informasi spasial. Diantaranya adalah untuk menganalisis perubahan penggunaan lahan/ tutupan lahan dengan menggunakan data spasial citra satelit. Keunggulan citra satelit dari citra lainnya adalah dapat menyediakan data spasial dengan berbagai tingkat ketajaman resolusi dan dimensi waktu yang panjang. Makanya Analisis perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan lebih tepat menggunakan data citra satelit.

Analisis perubahan penggunaan lahan/tutupan lahan dapat dilakukan dengan membuat matriks perubahan penggunaan lahan/ tutupan lahan berdasarkan hasil analisis SIG dari tahun yang diamati atau diteliti. Dari matriks perubahan tutupan lahan dapat diketahui perubahan yang terjadi dari setiap tahun penggunaan lahan/tutupan lahan dan berapa luasannya.

2.6 Evaluasi Kesesuaian Lahan

Evaluasi lahan merupakan bagian dari proses perencanaan tataguna tanah dengan cara membandingkan persyaratan yang diminta oleh tipe penggunaan lahan yang akan diterapkan, dengan sifat-sifat atau kualitas lahan yang dimiliki oleh lahan yang akan digunakan. Dengan demikian, akan diketahui potensi lahan atau kelas kesesuaian/kemampuan lahan untuk jenis penggunaan lahan tersebut (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007)

Klasifikasi kesesuaian atau kemampuan lahan adalah pengelompokan lahan berdasarkan kesesuaiannya atau kemampuannya untuk tujuan penggunaan

tertentu. Pengelompokan ini biasanya menggunakan satuan peta tanah (SPT), atau sering juga disebut satuan peta lahan (SPL) dari hasil survai tanah sebagai satuan evaluasi dan sebagai dasar untuk menentukan batas-batas penyebarannya.

Perbedaan kesesuaian lahan (land suitability) dan kemampuan lahan (land capability) menurut Hardjowigeno & Widiatmaka (2007) adalah ; kesesuaian lahan banyak digunakan oleh FAO (Food and Agriculture Organization), sedangkan kemampuan lahan banyak digunakan Soil Conservation Service, USDA (United States Departement of Agriculture). kesesuaian lahan berarti potensi lahan untuk jenis tanaman tertentu, sedangkan kemampuan lahan untuk penggunaan pertanian secara umum.

Ada beberapa metode evaluasi kesesuaian lahan dengan menggunakan pendekatan yang berbeda. Diantaranya adalah ;

- a. Metode kualitatif/deskriptif : Metode ini didasarkan pada analisis visual/pengukuran yang dilakukan langsung dilapangan dengan cara mendiskripsikan lahan. Metode ini bersifat subyektif dan tergantung pada kemampuan peneliti dalam analisis.
- b. Metode statistik: Metode ini didasarkan pada analisis statistik variabel penentu kualitas lahan yang disebut diagnostic land characteristic (variabel x) terhadap kualitas lahannya (variabel y).
- c. Metode matching : Metode ini didasarkan pada pencocokan antara kriteria kesesuaian lahan dengan data kualitas lahan.
- d. Metode pengharkatan (scoring) : Metode ini didasarkan pemberian nilai pada masing-masing satuan lahan sesuai dengan karakteristiknya.

Seiring dengan kemajuan teknologi komputer, metode evaluasi ini terus berkembang diantaranya, Wood & Dent (1983) dalam Hardjowigeno & Widiatmaka (2007), telah mengembangkan suatu sistim evaluasi lahan dengan komputer yang disebut LECS (Land Evaluation Computerized System), Rossiter & Van Wambeke (1997) mengembangkan sistem ALES (Automated Land Evaluation System) merupakan suatu perangkat lunak yang dapat diisi dengan batasan sifat tanah yang dikehendaki tanaman dan dapat dimodifikasi sesuai dengan kemajuan ilmu pengetahuan tentang evaluasi lahan. Terakhir Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat juga telah mengembangkan Software Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan (SPKL) Ver.2.0. yang bisa digunakan untuk melakukan evaluasi penggunaan lahan.

Djaenudin, et al, (2011) telah menyusun kriteria untuk penyusunan kesesuaian lahan yang dengan beberapa modifikasi disesuaikan dengan kondisi setempat atau referensi lainnya, dan dirancang untuk keperluan pemetaan tanah tingkat semi detil (skala peta 1:50.000). Untuk evaluasi lahan pada skala 1:100.000-1:250.000 dapat mengacu pada Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan Tingkat Tinjau (skala 1:250.000).

2.6.1 Kelas Kesesuaian Lahan

Menurut Djaenudin, et al (2011), struktur klasifikasi kesesuaian lahan dapat dibedakan menurut tingkatannya, yaitu tingkat Ordo, Kelas, Subkelas dan Unit.

1. Ordo yaitu pada tingkat ini kesesuaian lahan dibedakan antara lahan yang tergolong sesuai (S) dan lahan yang tergolong tidak sesuai (N).

2. Kelas yaitu pada tingkat ini pada ordo lahan yang tergolong sesuai (S) dibedakan antara lahan yang sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), dan sesuai marginal (S3). Sedangkan ordo lahan yang tidak sesuai (N) dapat dibedakan antara lahan tidak sesuai pada saat ini (N1) dan tidak sesuai permanen (N2).
3. Subkelas yaitu kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi subkelas berdasarkan karakteristik lahan yang merupakan faktor pembatas terberat. Bergantung pada peranan faktor pembatas pada masing-masing sub kelas, kemungkinan kelas kesesuaian lahan yang dihasilkan ini bisa di perbaiki dan bisa di tingkatkan kelasnya sesuai dengan masukan yang di perlukan.
4. Unit yaitu merupakan bagian dari subkelas yang dibedakan pada masing-masing berdasar sifat-sifat yang akan berpengaruh terhadap aspek produksi

Ditambahkan oleh Ritung Wahyunto, Agus, & Hidayat, (2007), kelas adalah keadaan tingkat kesesuaian dalam tingkat ordo. Berdasarkan tingkat detail data yang tersedia pada masing-masing skala pemetaan, kelas kesesuaian lahan dibedakan menjadi:

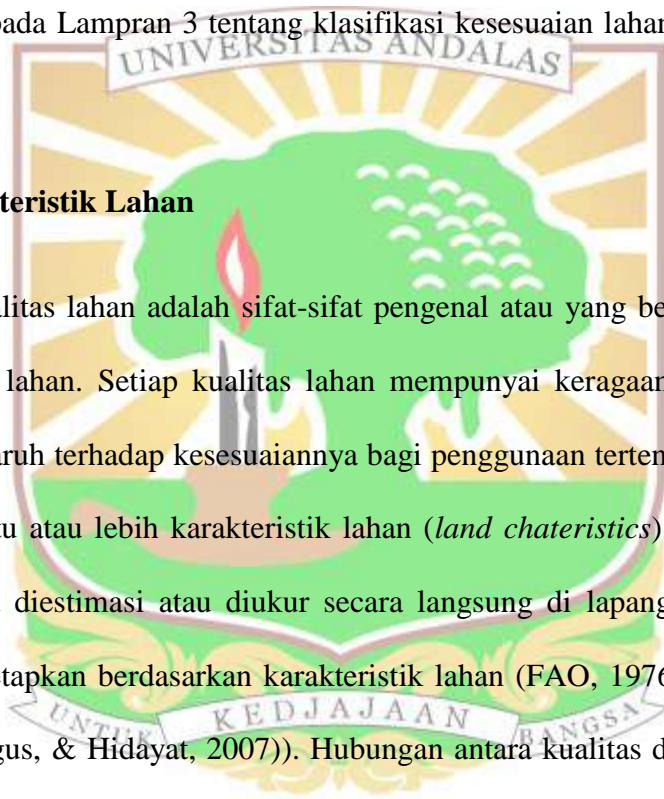
1. Untuk pemetaan tingkat semi detail (skala 1:25.000-1:50.000) pada tingkat kelas, lahan yang tergolong ordo sesuai (S) dibedakan ke dalam tiga kelas, yaitu: lahan sangat sesuai (S1), cukup sesuai (S2), dan sesuai marginal (S3). Sedangkan lahan yang tergolong ordo tidak sesuai (N) tidak dibedakan ke dalam kelas-kelas.
2. Untuk pemetaan tingkat tinjau (skala 1:100.000-1:250.000) pada tingkat kelas dibedakan atas Kelas sesuai (S), sesuai bersyarat (CS) dan tidak sesuai (N).

Selain tingkat kelas mulai dari ordo sampai unit juga dikenal istilah-istilah kesesuaian lahan bersyarat. Hal yang perlu di perhatikan mengenai kondisi

lahan dari suatu area yang diteliti mungkin tidak sesuai untuk penggunaan utama pada manajemen tertentu, tetapi setelah kondisinya diperbaiki akan menjadi sesuai. Kesesuaian lahan bersyarat ini merupakan fase dari ordo sesuai (S). Fase ini menunjukkan tingkat kesesuaian lahan setelah kondisi yang diperlukan dan dipenuhi (Djainudin, 2011). Sebagai contoh fase yang harus diperbaiki adalah drainase yang buruk, atau yang bukan merupakan hambatan untuk contoh tanaman yang mempunyai nilai pasaran atau ekonomis yang tinggi. Selengkapnya dapat dilihat pada Lampran 3 tentang klasifikasi kesesuaian lahan (Djaenudin, et al, 2011).

2.6.2 Karakteristik Lahan

Kualitas lahan adalah sifat-sifat pengenal atau yang bersifat kompleks dari sebidang lahan. Setiap kualitas lahan mempunyai keragaan (*performance*) yang berpengaruh terhadap kesesuaiannya bagi penggunaan tertentu dan biasanya terdiri atas satu atau lebih karakteristik lahan (*land chateristics*). Kualitas lahan ada yang bisa diestimasi atau diukur secara langsung di lapangan, tetapi pada umumnya ditetapkan berdasarkan karakteristik lahan (FAO, 1976 dalam Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, 2007)). Hubungan antara kualitas dan karakteristik lahan dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Hubungan antara kualitas dan karakteristik lahan yang dipakai pada metode evaluasi lahan.

No	Kualitas Lahan	Karakteristik Lahan
1	Temperatur (tc)	Temperatur rata-rata (°C)
2	Ketersediaan air (wa)	Curah hujan (mm), kelembaban (%), lamanya bulan kering (bln)
3	Ketersediaan oksigen (oa)	Drainase
4	Keadaan media perakaran (rc)	Tekstur, bahan kasar (%), kedalaman tanah (cm)
5	Gambut	Ketebalan (cm), ketebalan jika ada sisipan bahan mineral/pengkayaan, kematangan
6	Retensi hara (nr)	KTK liat (cmol/kg), kejenuhan basa (%), pH H ₂ O, C-Organik (%)
7	Toksitas (xc)	Salinitas (dS/m)
8	Sodisitas (xn)	Alkalinitas/ESP (%)
9	Bahaya sulfidik (xs)	Kedalaman sulfidik (cm)
10	Bahaya erosi (eh)	Lereng (%), bahaya erosi
11	Bahaya banjir (fh)	Genangan
12	Penyiapan lahan (lp)	Batuan dipermukaan (%), singkapan batuan (%)

Sumber : (FAO, 1976 dalam Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Untuk keperluan evaluasi kesesuaian lahan, karakteristik lahan dapat dikelompokkan menjadi tiga faktor utama yaitu ; topografi, tanah dan iklim yang merupakan unsur pembentuk satuan peta tanah (Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, 2007). Berikut di bawah ini penjelasan dan kriteria berkaitan dengan karakteristik lahan tersebut;

1. Topografi

Topografi yang dipertimbangkan dalam evaluasi kesesuaian lahan adalah bentuk wilayah (relief) atau lereng dan ketinggian tempat di atas permukaan laut. Relief erat hubungannya dengan faktor pengelolaan lahan dan bahaya erosi. Sedangkan faktor ketinggian tempat di atas permukaan laut berkaitan dengan persyaratan tumbuh tanaman yang berhubungan dengan temperatur udara dan radiasi matahari. Relief dan kelas lereng disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bentuk wilayah dan kelas lereng

No	Relief	Lereng (%)
1	Datar	< 3
2	Berombak/agak melandai	3 - 8
3	Bergelombang/melandai	8 - 15
4	Berbukit	15 - 30
5	Bergunung	30 - 40
6	Bergunung curam	40 - 60
7	Bergunung sangat curam	>60

Sumber : (FAO, 1976)

Ketinggian tempat diukur dari permukaan laut (dpl) sebagai titik nol. Dalam kaitannya dengan tanaman, secara umum sering dibedakan antara dataran rendah (<700 m dpl.) dan dataran tinggi (> 700 m dpl.). Namun dalam kesesuaian tanaman terhadap ketinggian tempat berkaitan erat dengan temperatur dan radiasi matahari. Semakin tinggi tempat di atas permukaan laut, maka temperatur semakin menurun. Demikian pula dengan radiasi matahari cenderung menurun dengan semakin tinggi dari permukaan laut. Ketinggian tempat dapat dikelaskan sesuai kebutuhan tanaman.

2. Iklim

a. Suhu Udara

Di tempat-tempat yang tidak tersedia data temperatur (stasiun iklim terbatas), maka temperatur udara dapat diduga berdasarkan ketinggian tempat (elevasi) dari atas permukaan laut. Pendugaan tersebut dengan menggunakan pendekatan rumus dari Braak (1928) dalam (Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, 2007). Berdasarkan hasil penelitiannya di Indonesia temperatur di dataran rendah (pantai) berkisar antara 25-27°C, dan rumus yang dapat digunakan (rumus Braak) adalah sebagai berikut:

$$26,3^{\circ}\text{C} - (0,01 \times \text{elevasi dalam meter} \times 0,6^{\circ}\text{C}) \dots \dots \dots \text{persamaan 1}$$

b. Curah Hujan

Data curah hujan diperoleh dari hasil pengukuran stasiun penakar hujan yang ditempatkan pada suatu lokasi yang dianggap dapat mewakili suatu wilayah tertentu. Pengukuran curah hujan dapat dilakukan secara manual dan otomatis. Secara manual biasanya dicatat besarnya jumlah curah hujan yang terjadi selama 1(satu) hari, yang kemudian dijumlahkan menjadi bulanan dan seterusnya tahunan. Sedangkan secara otomatis menggunakan alat-alat khusus yang dapat mencatat kejadian hujan setiap periode tertentu, misalnya setiap menit, setiap jam, dan seterusnya.

Untuk keperluan penilaian kesesuaian lahan biasanya dinyatakan dalam jumlah curah hujan tahunan, jumlah bulan kering dan jumlah bulan basah. Oldeman (1975) dalam Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, (2007) mengelompokkan wilayah berdasarkan jumlah bulan basah dan bulan kering berturut-turut. Bulan basah adalah bulan yang mempunyai curah hujan >200 mm, sedangkan bulan kering mempunyai curah hujan <100 mm. Kriteria ini lebih diperuntukkan bagi tanaman pangan, terutama untuk padi. Berdasarkan kriteria tersebut Oldeman (1975) dalam Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, (2007) membagi zone agroklimat kedalam 5 kelas utama (A, B, C, D dan E). Sedangkan Schmidt & Ferguson (1951) dalam Ritung, Wahyunto, Agus, & Hidayat, (2007) membuat klasifikasi iklim berdasarkan curah hujan yang berbeda, yakni bulan basah (>100 mm) dan bulan kering (<60 mm). Kriteria yang terakhir lebih bersifat umum untuk pertanian dan biasanya digunakan untuk penilaian tanaman tahunan.

3. Tanah

Faktor tanah dalam evaluasi kesesuaian lahan ditentukan oleh beberapa sifat atau karakteristik tanah di antaranya drainase tanah, tekstur, kedalaman tanah dan retensi hara (pH, KTK), serta beberapa sifat lainnya diantaranya alkalinitas, bahaya erosi, dan banjir/genangan (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011).

a. Drainase Tanah

Drainase tanah menunjukkan kecepatan meresapnya air dari tanah atau keadaan tanah yang menunjukkan lamanya dan seringnya jenuh air. Kelas drainase tanah disajikan pada Lampiran 4. Kelas drainase tanah yang sesuai untuk sebagian besar tanaman, terutama tanaman tahunan atau perkebunan berada pada kelas 3 dan 4. Drainase tanah kelas 1 dan 2 serta kelas 5, 6 dan 7 kurang sesuai untuk tanaman tahunan karena kelas 1 dan 2 sangat mudah meloloskan air, sedangkan kelas 5, 6 dan 7 sering jenuh air dan kekurangan oksigen.

b. Tekstur

Tekstur merupakan komposisi partikel tanah halus (diameter 2 mm) yaitu pasir, debu dan liat. Tekstur dapat ditentukan di lapangan seperti disajikan pada Lampiran 5 dan 6 atau berdasarkan data hasil analisis di laboratorium dan menggunakan segitiga tekstur seperti pada Lampiran 7 (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011).

c. Bahan kasar

Bahan kasar adalah merupakan modifier tekstur yang ditentukan oleh jumlah persentasi kerikil, kerakal, atau batuan pada setiap lapisan tanah (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011), dibedakan menjadi:

Tabel 3. Nilai dan Kriteria Bahan Kasar Tanah

No	Nilai	Kriteria
1	< 15 %	Sedikit
2	15 – 35 %	Sedang
3	35 – 60 %	Banyak
4	>60 %	Sangat banyak

d. Kedalaman Tanah

Kedalaman tanah sampai sejauh mana tanah dapat ditumbuhi akar, menyimpan cukup air dan hara, umumnya dibatasi adanya kerikil dan bahan induk atau lapisan keras yang lain, sehingga tidak lagi dapat ditembus akar tanaman (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007), dibedakan menjadi:

Tabel 4. Nilai dan Kriteria Kedalaman Tanah

No	Nilai	Kriteria
1	<20 cm	Sangat dangkal
2	20 – 50 cm	Dangkal
3	50 – 75 cm	Sedang
4	>75 cm	Dalam

e. Kedalaman Gambut

Kedalaman gambut adalah kedalaman tanah yang masih ditemui hasil pelapukan bahan organik seperti dedaunan, ranting kayu, dan semak dalam keadaan jenuh air dan dalam jangka waktu yang sangat lama. Kedalaman gambut ini dibedakan menjadi

:

Tabel 5. Nilai dan Kriteria Kedalaman Gambut

No	Nilai	Kriteria
1	<60 cm	Tipis
2	60 – 100 cm	Sedang
3	100 – 200 cm	Agak tebal
4	200 – 400 cm	Tebal
5	>400 cm	Sangat tebal

f. Alkalinitas

Alkalinitas secara umum menunjukkan konsentrasi basa atau bahan yang mampu menetralkan keasaman dalam air. Secara khusus, alkalinitas sering disebut sebagai besaran yang menunjukkan kapasitas pembufferan dari ion bikarbonat, dan sampai tahap tertentu ion karbonat dan hidroksida dalam air. Menggunakan nilai exchangeable sodium percentage atau ESP (%) yaitu dengan perhitungan

$$ESP = \frac{Na \text{ dapat ditukar} \times 100}{KTK \text{ Tanah}} \dots \dots \dots \text{persamaan 2}$$

Nilai ESP 15% sebanding dengan nilai sodium adsorption ratio atau SAR 13

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \dots \dots \dots \text{persamaan 3}$$

ESP = Na dapat tukar x 100KTK tanah
 Nilai ESP 15% adalah sebanding dengan nilai sodium adsorption ratio atau SAR 13.

g. Bahaya erosi

Tingkat bahaya erosi dapat diprediksi berdasarkan keadaan lapangan, yaitu dengan cara memperhatikan adanya erosi lembar permukaan (sheet erosion), erosi alur (reel erosion), dan erosi parit (gully erosion). Pendekatan lain untuk memprediksi tingkat bahaya erosi yang relatif lebih mudah dilakukan adalah dengan memperhatikan permukaan

tanah yang hilang (rata-rata) pertahun, dibandingkan tanah yang tidak tererosi yang dicirikan oleh masih adanya horizon A. Horizon A biasanya dicirikan oleh warna gelap karena relatif mengandung bahan organik yang cukup banyak. Tingkat bahaya erosi tersebut disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Tingkat bahaya erosi

No	Tingkat bahaya erosi	Ton/ha/tahun
1	Sangat ringan (sr)	< 0,15
2	Ringan (r)	0,15 - 0,9
3	Sedang (s)	0,9 - 1,8
4	Berat (b)	1,8 - 4,8
5	Sangat berat (sb)	> 4,8

h. Bahaya banjir/genangan

Bahaya banjir diberi simbol F_x, y . (dimana X adalah simbol kedalaman air genangan, dan Y adalah lamanya banjir). Kelas bahaya banjir tersebut disajikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Kelas Bahaya Banjir

Simbol	Kelas bahaya banjir	Kedalaman banjir (X) cm	Lama banjir (Y) Bulan dlm tahun
F0	Tidak ada	Dapat diabaikan	Dapat diabaikan
		<25	<1
F1	Ringan	25 - 50	<1
		50 - 150	<1
F2	Sedang	<25	1 - 3
		25 - 50	1 - 3
		50 - 150	1 - 3
F3	Agak berat	<25	3 - 6
		25 - 50	3 - 6
		50 - 150	3 - 6
F4	Berat	<25	>6
		25 - 50	>6
		50 - 150	>6
		>150	1 - 3
		>150	3 - 6
		>150	>6

Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

i. Kemasaman tanah

Ditentukan atas dasar pH tanah pada kedalaman 0-20 cm dan 20-50 cm (Tabel 8) (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Tabel 8. Tabel Kemasaman (pH) Tanah

No	Kelas	pH Tanah
1	Sangat masam	<4,5
2	Masam	4,5-5,5
3	Agak masam	5,6-6,5
4	Netral	6,6-7,5
5	Agak alkalis	7,6-8,5
6	Alkalis	>8,5

2.7 Evaluasi Sosial Ekonomi

Perilaku sosial dan kondisi ekonomi masyarakat secara sekuensial akan mempengaruhi kebutuhan dan keinginan, penentuan tujuan, penentuan alternatif-alternatif rencana, pembuatan keputusan, dan tindakan yang membentuk pola penggunaan lahan berupa masukan teknologi konservasi tanah dan air di dalam DAS. Sebaliknya kondisi alami yang ada di DAS juga dapat mempengaruhi perilaku (nilai-nilai) sosial dan kondisi ekonomi masyarakat.

Dalam rangka memberi acuan dalam melakukan monitoring dan evaluasi pengelolaan DAS dan dalam rangka meningkatkan efektifitas dan efisiensi untuk mendapatkan kinerja suatu DAS serta sebagai dasar dalam perencanaan DAS, Menteri Kehutanan Republik Indonesia telah menerbitkan Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indoneia Nomor : P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Monitoring dan evaluasi sosial ekonomi adalah salah satu kegiatan untuk memperoleh gambaran tentang pengaruh dan hubungan timbal balik antara faktor-faktor ekonomi dengan kondisi sumber daya

alam (tanah, air dan vegetasi) di dalam DAS/SubDAS, yang meliputi tekanan penduduk, tingkat kesejahteraan penduduk, dan keberadaan dan penegakan aturan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2014).

2.7.1 Tekanan penduduk

Tekanan penduduk didekati dengan indeks ketersediaan lahan (IKL) yang merupakan perbandingan antara luas lahan pertanian dengan jumlah keluarga petani di dalam DAS.

$$IKL = \frac{\text{luas lahan pertanian}}{\text{jumlah kk petani}} \dots \dots \dots \text{persamaan 2}$$

Tabel 9. Indek ketersediaan lahan/tekanan penduduk

No	Nilai	Kelas
1	IKL > 4,0	Sangat tinggi
2	2,0 < IKL ≤ 4,0	Tinggi
3	1,0 < IKL ≤ 2,0	Sedang
4	0,5 < IKL ≤ 1,0	Rendah
5	IKL ≤ 0,5	Sangat rendah

2.7.2 Tingkat kesejahteraan penduduk

Kriteria tingkat kesejahteraan penduduk didekati dengan persentase keluarga miskin (KK) atau rata-rata tingkat pendapatan penduduk per-kapita pertahun. Persentase keluarga miskin merupakan perbandingan antara jumlah keluarga miskin dengan jumlah total keluarga di DAS. Sedangkan tingkat rata-rata pendapatan per-kapita pertahun merupakan perbandingan antara total pendapatan setahun dengan jumlah penduduk.

Indikator tingkat pendapatan masyarakat/petani di DAS merupakan salah satu tolok ukur kesejahteraan dan cerminan dari pendapatan keluarga yang diperoleh dari hasil usaha tani dan hasil dari non-usaha tani serta hasil pemberian dari pihak lain ke keluarga petani (KK/th) di masing-masing desa yang ada di DAS.

2.7.3 Persentase Kepala Keluarga (KK) Miskin.

Persentase kepala keluarga miskin adalah perbandingan jumlah KK miskin dibandingkan dengan jumlah kk total. Klasifikasi tingkat kesejahteraan penduduk berdasarkan % KK miskin dapat dilihat pada Tabel 10.

$$\% \text{ KK miskin} = \text{TKP} = \frac{\text{jumlah kk miskin}}{\text{jumlah kk total}} \times 100 \% \dots \dots \dots \text{persamaan 3}$$

Tabel 10. Klasifikasi tingkat kesejahteraan penduduk berdasarkan % KK miskin

No	Nilai	Kelas
1	TKP ≤ 5	Sangat baik
2	5 < TKP ≤ 10	Baik
3	10 < TKP ≤ 20	Sedang
4	20 < TKP ≤ 30	Buruk
5	TKP > 30	Sangat buruk

2.7.4 Keberadaan dan Penegakan Hukum

Monitoring dan evaluasi keberadaan dan penegakan aturan dilakukan untuk mengetahui ada tidaknya norma masyarakat, baik formal maupun informal, yang berkaitan dengan konservasi tanah dan air dan tingkat pelaksanaan dari norma dimaksud dalam kehidupan

bermasyarakat. Adanya norma tersebut dan pelaksanaannya secara luas dalam kehidupan masyarakat diharapkan memberikan dampak yang baik dalam peningkatan daya dukung DAS. Data yang diperoleh merupakan data sekunder dari laporan instansi terkait. Perhitungan keberadaan dan penegakan aturan menggunakan klasifikasi nilai sebagaimana Tabel 11:

Tabel 11. Klasifikasi keberadaan dan penegakan aturan

No	Parameter	Nilai	Kelas
1	Ada tidaknya suatu aturan masyarakat di DAS yang berkaitan dengan konservasi	Ada, dipraktekkan luas	Sangat baik
2		Ada, dipraktekkan terbatas	Baik
3		Ada, tidak dipraktekkan	Sedang
4		Tidak ada peraturan	Buruk
5		Ada aturan tapi kontra konservasi	Sangat buruk

2.8 Erosi dan Aliran Permukaan

Erosi adalah peristiwa pindahnya atau terangkutnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh media alami. Pada kejadian erosi, tanah atau bagian-bagian tanah pada suatu tempat terkikis dan terangkut yang kemudian diendapkan di tempat lain. Pengikisan dan pengangkutan tanah tersebut terjadi oleh media Alami yaitu air dan angin (Arsyad, 2010). Selanjutnya menurut Asdak (2010) penyebab utama terjadinya erosi adalah terjadi secara alamiah dan aktivitas manusia. Erosi alamiah dapat terjadi karena proses pembentukan tanah dan proses ini terjadi untuk mempertahankan keseimbangan tanah secara alami. Sedangkan erosi karena faktor kegiatan manusia kebanyakan disebabkan oleh terkelupasnya lapisan tanah bagian atas akibat cara bercocok tanam atau penebangan hutan yang tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi serta akibat kegiatan pembangunan yang merusak keadaan fisik tanah.

Pada tanah yang diusahakan, tidak mungkin erosi ditekan sampai nol. Untuk itu Thompson (1957) dalam Arsyad (2010) telah membuat pedoman nilai batas erosi yang bisa ditoleransi seperti terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Besaran laju erosi yang dapat ditoleransikan menurut Thompson (1957)

No	Sifat tanah dan substratum	Erosi yang dapat ditoleransi Ton/ha/tahun
1	Tanah dangkal di atas batuan	1,12
2	Tanah dalam di atas batuan	2,24
3	Tanah dengan lapisan bawah padat diatas substrata yang tidak terkonsolidasi (tidak mengalami pelapukan)	4,48
4	Tanah dengan lapisan bawah berpermeabilitas lambat, di atas bahan yang tidak terkonsolidasi.	8,96
5	Tanah dengan lapisan bawah berpermeabilitas sedang, di atas bahan yang tidak terkonsolidasi	11,21
6	Tanah yang lapisan bawahnya permeabil (agak cepat), diatas bahan yang tidak terkonsolidasi	13,45

Sumber : Arsyad, (2010)

Sedangkan menurut Menteri Kehutanan Republik Indonesia, (2014), menyatakan bahwa kriteria baku kerusakan tanah lahan kering akibat erosi (nilai T) adalah seperti terlihat pada Tabel 13 dibawah ini.

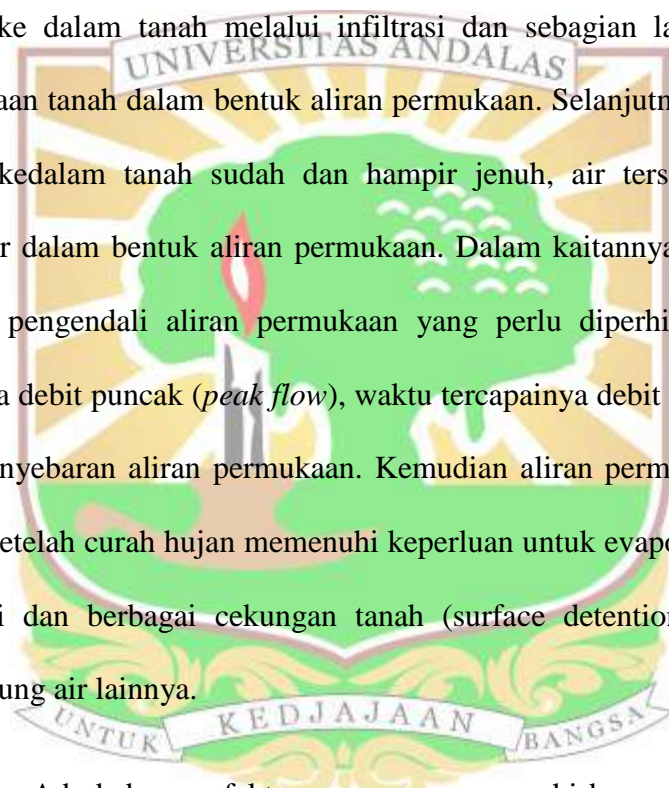
Tabel 13. Kriteria Baku Kerusakan Tanah Lahan Kering Akibat Erosi (Nilai T)

No	Tebal Tanah (cm)	Ambang Kritis Erosi	
		Ton/ha/th	mm/10 th
1	< 20	$0,1 < T \leq 1$	$0,2 < T \leq 1,3$
2	20 - < 50	$1 < T \leq 3$	$1,3 < T \leq 4,0$
3	50 - < 100	$3 < T \leq 7$	$4,0 < T \leq 9,0$
4	100 - 150	$7 < T \leq 9$	$9,0 < T \leq 12,0$
5	>150	$T > 9$	$T > 12,0$

(Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2014)

Lebih lanjut Arsyad, (2010), menyampaikan bahwa aliran permukaan (runoff) adalah air yang mengalir di atas permukaan tanah atau bumi yang menjadi penyebab penting terjadinya erosi. Dalam hal ini

pengertian aliran permukaan (*runoff*) adalah aliran air di atas permukaan tanah sebelum air itu sampai ke dalam saluran atau sungai, dan aliran air di dalam sungai. Aliran permukaan mempunyai sifat yang dinyatakan dalam jumlah, kecepatan, laju dan gejolak aliran permukaan. Lebih lanjut Asdak, (2010) menambahkan bahwa aliran permukaan adalah bagian dari curah hujan yang mengalir di atas permukaan tanah menuju ke sungai, danau dan lautan. Dalam prosesnya air hujan yang jatuh ke permukaan tanah sebagian masuk ke dalam tanah melalui infiltrasi dan sebagian lagi mengalir di permukaan tanah dalam bentuk aliran permukaan. Selanjutnya jika air yang masuk kedalam tanah sudah dan hampir jenuh, air tersebut juga akan mengalir dalam bentuk aliran permukaan. Dalam kaitannya untuk rancang bangun pengendali aliran permukaan yang perlu diperhitungkan adalah besarnya debit puncak (*peak flow*), waktu tercapainya debit puncak, volume serta penyebaran aliran permukaan. Kemudian aliran permukaan ini dapat terjadi setelah curah hujan memenuhi keperluan untuk evaporasi, intersepsi, infiltrasi dan berbagai cekungan tanah (*surface detentions*) dan bentuk penampung air lainnya.



Ada beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya erosi yaitu ; iklim, jenis tanah, topografi, vegetasi dan perlakuan konservasi. Faktor yang tidak bisa di ubah oleh manusia adalah iklim, jenis tanah dan topografi. Faktor vegetasi sering diperlakukan oleh manusia dalam pengolahan lahan dalam bentuk budidaya tanaman. Sedangkan faktor konservasi juga bisa diperlakukan dalam rangka memperkecil terjadinya kerusakan lahan melalui erosi. Namun demikian akibat dari perlakuan

pengelolaan lahan tidak memperhatikan kaidah-kaidah konservasi sering menimbulkan semakin cepatnya degradasi lahan melalui erosi.

Dalam proses hidrologi yang terjadi dalam suatu DAS secara langsung atau tidak langsung, akan mempengaruhi erosi, transport sedimen, deposisi sedimen di daerah hilir, dan mempengaruhi karakteristik fisik, biologi, dan kimia yang secara keseluruhan akan mempengaruhi kualitas perairan. Menurut hasil penelitian Syvitski et al (2014) DAS di daerah tropis ukuran kecil sampai menengah menghasilkan aliran permukaan yang tinggi sampai sangat tinggi. Sungai Cilulung, Cimuntur, Citanduy, dan Cojolang di Indonesia memberikan $1,5-1,8 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{y}$ atau m/y ; Sungai Purari dan Fly Rivers di PNG, dan Sungai Porong di Indonesia deliver $2.4-2.8 \text{ m}/\text{y}$; dan Sungai Brantas dan Sungai Solo di Indonesia memberikan lebih dari $4 \text{ m}/\text{y}$. Selanjutnya sungai ukuran besar seperti Magdalena ($0.94 \text{ m}/\text{y}$), Irrawaddy ($1.04 \text{ m}/\text{y}$), Amazon and Orinoco ($0.9-1.2 \text{ m}/\text{y}$). Biasanya, sungai yang lebih besar memiliki menghasilkan aliran permukaan lebih kecil karena sering mengintegrasikan campuran bermacam iklim (Syvitski, & Milliman, 2007). Lebih lanjut Syvitski, et al (2014), menyatakan bahwa dari hasil penelitian dengan menggunakan data 35 sungai tropis, menunjukkan bahwa ada hubungan peningkatan debit sungai dengan peningkatan luas DAS serta skala konsentrasi sedimen dengan hasil sedimen dan keduanya relatif rendah pada sungai besar.

Pengaruh daerah aliran sungai terhadap aliran permukaan dapat dilihat melalui sifat-sifat DAS (karakteristik DAS) itu sendiri seperti bentuk, ukuran DAS, elevasi/kemiringan dan susunan anak-anak

sungai/kerapatan drainase (Asdak, 2010). Semakin besar ukuran DAS, semakin besar aliran permukaan. Tetapi laju maupun volume aliran permukaan per satuan wilayah dalam DAS menurun apabila luas daerah tangkapan bertambah besar. Semakin besar kemiringan lereng suatu DAS, semakin cepat laju aliran permukaan, dengan demikian mempercepat respon DAS tersebut oleh adanya curah hujan. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju aliran permukaan dari pada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua DAS tersebut sama. Kerapatan drainase merupakan jumlah dari semua saluran sungai (km) dibagi luas DAS (km²). Semakin tinggi kerapatan daerah aliran, semakin besar kecepatan aliran permukaan untuk curah hujan yang sama.

Sistem hidrologi DAS dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik yang dapat dipengaruhi oleh manusia maupun yang tidak dapat dipengaruhi oleh manusia. Diantara faktor yang dapat dipengaruhi oleh manusia yaitu tata guna lahan dan panjang lereng (pembuatan teras). Oleh karena itu, dalam perencanaan pengelolaan DAS diperlukan kegiatan yang salah satu fokusnya ditujukan pada perubahan tata guna lahan serta pengaturan panjang lereng (Asdak, 2010).

2.9 Model Pendugaan Erosi

Model adalah representasi atau gambaran dari suatu keadaan (*states*), obyek (*objects*), dan kejadian (*events*). Representasi tersebut harus diungkapkan dalam bentuk yang sederhana, yaitu dengan mengeliminasi atau meminimalkan variabel lain yang rumit dan tidak terkait secara

langsung dengan model tersebut. Representasi tersebut dinyatakan dalam bentuk sederhana yang dapat dipergunakan untuk berbagai macam tujuan penelitian. Penyederhanaan dilakukan secara representatif terhadap perilaku proses yang relevan dari keadaan yang sebenarnya (Hidayat, 2001). Model hidrologi adalah sebuah sajian sederhana (*simple representation*) dari sebuah sistem hidrologi yang kompleks (Sri Harto, 1993).

Berbagai model simulasi hidrologi telah dikembangkan untuk menjelaskan proses mengubah input (dalam bentuk hujan) menjadi output (dalam bentuk aliran sungai) dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS. Model simulasi hidrologi pada dasarnya dirancang untuk menyederhanakan sistem hidrologi, sehingga perilaku dari beberapa komponen dalam sistem dapat diketahui.

Model hidrologi tangkapan telah dikembangkan untuk berbagai alasan dan memiliki berbagai bentuk. Namun, mereka pada umumnya dirancang untuk memenuhi salah satu dari dua tujuan utama. Salah satu tujuan dari pemodelan DAS adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik dari fenomena hidrologi yang beroperasi di DAS dan bagaimana perubahan dalam DAS dapat mempengaruhi fenomena ini. Tujuan lain dari pemodelan DAS atau untuk digunakan dalam peramalan. Disamping itu juga untuk mempelajari potensi dampak perubahan penggunaan lahan atau iklim. Penggunaannya model ini meningkat pesat baik dalam pemahaman ilmiah dan dukungan teknis serta sistem pengumpulan data dan teknologi computer yang telah menghasilkan berbagai tingkat kecanggihan (Chong-

yu, 2002). Selanjutnya Sri Harto, (1993) mengemukakan bahwa tujuan penggunaan suatu model dalam hidrologi, antara lain adalah;

- 1) Peramalan (*forecasting*) menunjukkan besaran maupun waktu kejadian yang dianalisis berdasarkan cara probalistik.
- 2) Perkiraan (*predicting*) yang mengandung pengertian besaran kejadian dan waktu hipotetik (*hypotetical future time*).
- 3) Sebagai alat deteksi dalam masalah pengendalian
- 4) Sebagai alat pengenalan (*identification*) dalam perencanaan
- 5) Ekstrapolasi data/informasi.
- 6) Perkiraan lingkungan akibat tingkat perilaku manusia yang berubah/meningkat
- 7) Penelitian dasar dalam proses hidrologi.

Pemodelan hidrologi suatu DAS merupakan salah satu cara yang paling efektif guna mempelajari dan memahami proses-proses yang terjadi dalam DAS dan juga memprediksikan respon DAS terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dalam DAS itu sendiri.

Pawitan (2000), menyatakan bahwa, pendekatan analisis sistem dalam kajian hidrologi DAS merupakan landasan teori yang sangat ampuh dalam mengintegrasikan informasi komponen-komponen suatu sistem DAS menjadi model-model hidrologi DAS. Hal ini telah dirasakan kebutuhan akan teknik pemodelan hidrologi yang mampu mengevaluasi dan menduga secara cepat dampak hidrologi dari perubahan dan tindakan pengelolaan tertentu yang terjadi di dalam suatu DAS. Model hidrologi demikian akan merupakan dasar bagi teknologi pengelolaan DAS yang rasional, efektif dan efisien, yaitu dengan kemampuan eksperimentasi dan simulasi dengan komputer.

Berbagai model simulasi hidrologi telah banyak dikembangkan di negara maju, untuk menerangkan proses perubahan masukan hujan menjadi keluaran berupa debit aliran sungai dengan mempertimbangkan karakteristik fisik DAS.

Model simulasi hidrologi pada dasarnya dibuat untuk menyederhanakan sistem hidrologi, sehingga perilaku sebagian komponen di dalam sistem dapat diketahui. Parameter yang diperlukan sebagai data masukannya pun lebih sederhana, mudah diukur dan cepat diperoleh hasil keluarannya. Model semacam ini diharapkan dapat digunakan untuk memecahkan masalah pada suatu DAS yang kurang lengkap atau tidak tersedia datanya, seperti halnya kebanyakan DAS di Indonesia.

Adapun tantangan penelitian hidrologi DAS di Indonesia saat ini adalah kebutuhan akan data dasar yang menyangkut identifikasi dan karakterisasi DAS serta kalibrasi parameter-parameter berbagai model yang ada, disamping kebutuhan evaluasi kelayakan model hidrologi yang ada terhadap kesesuaiannya dengan kondisi DAS di Indonesia. Pemilihan jenis model diperlukan untuk menentukan model yang paling sesuai dengan keadaan DAS.

Pendugaan erosi dari sebidang tanah adalah metode untuk memperkirakan laju erosi yang akan terjadi dari tanah yang dipergunakan dalam penggunaan lahan dan pengelolaan tertentu. Jika laju erosi yang akan terjadi telah dapat diperkirakan dan laju erosi yang masih dapat dibiarkan atau ditoleransikan sudah dapat ditetapkan, maka dapat ditentukan kebijakan penggunaan lahan dan tindakan konservasi tanah yang diperlukan

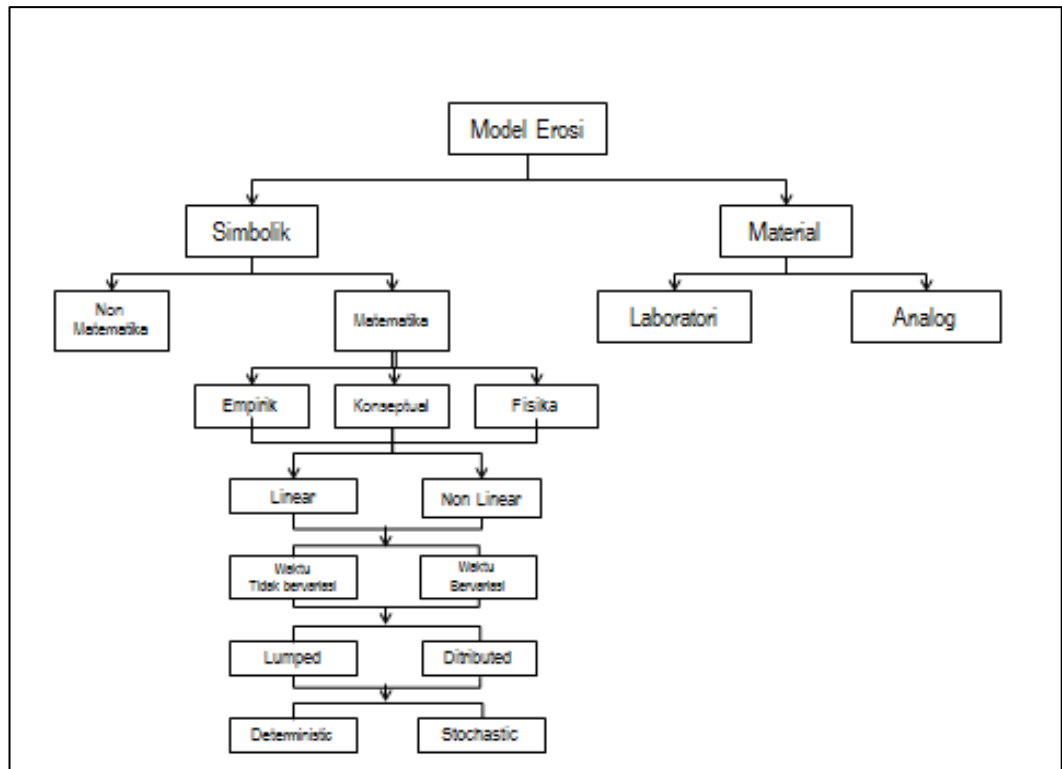
agar dapat ditekan merusakkan tanah dan tanah dapat dipergunakan secara produktif dan lestari.

Model pendugaan erosi ini bisa diaplikasikan untuk skala satuan petak tanah atau lahan sampai untuk skala yang lebih luas yaitu DAS yang tercakup dalam suatu kesatuan sistim hidrologi. Pengaplikasian ini tergantung kepada tujuan penelitian, model apa yang digunakan, parameter dan skala apa yang digunakan. Sedangkan model hidrologi harus digunakan dalam satu kesatuan hidrologi, baik itu dalam DAS maupun Sub DAS dengan menggunakan parameter yang mempengaruhi sistim hidrologi dan bisa diarahkan kepada salah satu parameter yang diteliti, termasuk diantaranya adalah erosi.

Pendugaan erosi merupakan alat bantu untuk mengambil keputusan dalam perencanaan konservasi tanah pada suatu areal (Arsyad, 2010). Dengan adanya alat atau model pendugaan erosi ini diharapkan perencana maupun pelaksana dapat menekan laju erosi pada penggunaan lahan di dalam suatu DAS.

2.9.1 Klasifikasi Model Pendugaan Erosi

Menurut Singh (1988) dalam Chong-yu, (2002), klasifikasi model pendugaan erosi bisa bervariasi dan terutama dibedakan atas 2 kelompok yaitu ; material dan simbolik (formal).



Sumber : (Chong-yu, 2002)

Gambar 2. Klasifikasi Model Hidrologi atau Model Pendugaan Erosi

Model material merupakan replikasi miniatur dari sistem alam yang di digunakan di laboratorium atau dianalogikan dengan sistem yang hampir mirip (kecil). Hal yang sama dikemukakan oleh Wainwright J (2004) dalam (Satriawan, 2013), dimana model material ini dinamakan dengan *hardware* model (model mini).

Sebuah model material adalah representasi dari sistem nyata atau replika untuk kemudahan bekerja atau pengamatan. Material (fisik) model dapat diklasifikasikan sebagai model ikon, model skala, atau "mirip" model dan model analog. Model skala merupakan sistem dalam pengurangan skala dan memiliki kemiripan fisik dengan sistem prototipe. Contoh di kelas ini mungkin termasuk DAS laboratorium, lysimeters, dan hidrolis Model dari spillway bendungan (Wainwright J, 2004). Model analog mengukur zat

fisik yang berbeda dari prototipe (yaitu menggunakan sistem fisik lain yang memiliki sifat yang mirip dengan zat-zat dari prototipe), seperti aliran arus listrik yang merupakan aliran air. Sebuah Model analog tidak secara fisik menyerupai prototipe namun tergantung pada hubungan antara model simbolik menggambarkan prototipe dan analog sistem (Chong-yu, 2002).

Model Material berguna dalam kasus-kasus berikut:

- a) Membantu peneliti dalam menggantikan fenomena yang tidak biasa terjadi di lapangan.
- b) Sebuah model material dapat lebih memudahkan penelitian dibandingkan dengan menggunakan kondisi yang digunakan asli di lapangan.

Model material ini jika tidak merubah skala, dapat melakukan percobaan berulang kali sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan model simbolik atau model formal/abstrak adalah bentuk simbolik yang logis, ideal, relatif sederhana sesuai dengan struktur aslinya. Model simbolik ini sangat beragam modelnya. Model ini terbagi dua yaitu model non matematika dan model matematika. Dalam tulisan ini kami akan fokus ke model matematika. Model matematika ini di bagi atas tiga klasifikasi yaitu;

a. Model empirik.

Model empirik disebut juga model kotak hitam atau model input output dilakukan tidak dalam arti fisik. Model ini berisi parameter yang mungkin memiliki sedikit langsung makna fisik dan dapat diperkirakan hanya dengan menggunakan pengukuran bersamaan input

dan output. Contohnya adalah stochastic model time series. Dalam banyak situasi, model empirik dapat menghasilkan jawaban yang akurat dalam pengambilan keputusan (Chong-yu, 2002).

Model ini didasarkan pada variable-variabel penting yang diperoleh dari penelitian dan pengamatan selama proses erosi terjadi. Model berbasis empirik menghubungkan langsung keluaran dari model (output) dengan input (misalnya penggunaan lahan, luas, dan lereng) dengan menggunakan model-model statistik (Satriawan, 2013). Model berbasis empirik umumnya membutuhkan lebih sedikit input dan perhitungan yang lebih sederhana dibanding model berbasis proses (ICRAF (International Centre for Research Agroforestry), 2001). Umumnya model berbasis empirik ini memprediksi rata-rata tahunan aliran permukaan dan erosi berdasarkan prediksi jangka panjang. Model ini tidak mempertimbangkan distribusi spasial dari input parameter dan interaksinya yang akan mempengaruhi output. Umumnya model-model erosi dibangun dari model empirik.

b. Model fisika.

Merupakan suatu model yang menggunakan hukum kekekalan massa dan energi. Persamaan differensial atau dikenal dengan persamaan kontinuitas digunakan dan diaplikasikan untuk erosi tanah pada segmen tanah pada lahan yang berlereng. Model ini dikenal juga sebagai model input-output dalam kondisi yang homogen (seragam). Dalam artian masukan sama dengan luaran dalam kondisi

homogen. Tetapi dalam kondisi tidak homogen, model ini tidak berlaku (Satriawan, 2013)

Menurut Chong-yu (2002), model fisika disebut juga model teoritis atau model kotak putih, memiliki struktur logis hampir sama dengan sistem nyata di lapangan dan sangat membantu untuk melihat perubahan. Model ini ditujukan untuk menjelaskan proses erosi dengan menggunakan persamaan fisika, namun kadang juga menggunakan persamaan empirik (ICRAF (International Centre for Research Agroforestry), 2001). Persamaan yang digunakan model fisik ini tergolong sulit dan mengandung parameter-parameter yang kadang sulit untuk diukur. Selain itu untuk kondisi tipe tanah berbeda, diperlukan persamaan yang berbeda. Namun demikian, hasil yang diperoleh oleh model fisik ini lebih baik dibandingkan dengan model USLE atau modifikasinya (Schmitz, 2000). Hal ini disebabkan model fisik dapat menjelaskan proses dari erosi.

c. Model konseptual.

Dirancang untuk mengetahui proses internal dalam sistim dan mekanisme fisik yang umumnya selalu berkaitan dengan hukum fisika dalam bentuk sederhana. Umumnya model ini tidak linear, bervariasi dalam waktu, dan parameternya harus diukur. Model ini mengabaikan aspek spasial dalam proses hujan dan aliran permukaan. Menurut Chong-yu (2002), model konseptual atau disebut juga model kotak abu-abu adalah penengah antara teoritis/fisik dan empirik model. Umumnya,

model konseptual mempertimbangkan hukum-hukum fisika, tetapi dalam bentuk yang sangat sederhana.

d. Ke tiga model matematika diatas yaitu empirik, fisika dan konseptual, mempunyai perbedaan sebagai berikut ;

1) Perbedaan antara linearitas dan non-linearitas dalam teori sistem dan dalam statistik regresi.

Model apakah fisik, konseptual atau empirik mungkin linear atau non-linear. Penggunaan linearitas istilah setidaknya memiliki dua makna. Sebuah model adalah linear dalam *Linear Theory System (LST)* jika prinsip superposisi berlaku: yaitu mengingat bahwa $y_1(t)$, $y_2(t)$ adalah output sesuai dengan input $x_1(t)$, $x_2(t)$, sebuah model LST jika output sesuai dengan input $x_1(t) + x_2(t)$ adalah $y_1(t) + y_2(t)$. Ini adalah cara di mana linearitas yang paling banyak digunakan dalam literatur. Namun, linearitas memiliki arti alternative ; model linear dalam arti statistik regresi (LSR) jika linear dalam parameter yang akan diestimasi, dan dalam pengertian ini bahwa itu digunakan oleh pemodel matematika di bidang lain selain hidrologi. Jadi jika input $x(t)$ dan output $y(t)$ yang terkait dengan persamaan $y = a + bx + cx^2$, model ini linear dalam arti statistik regresi, tetapi non-linear dalam pengertian teori sistem; sebaliknya adalah benar untuk $y = a + x/b$.

2) Perbedaan antara model waktu-invariant dan model waktu-variant

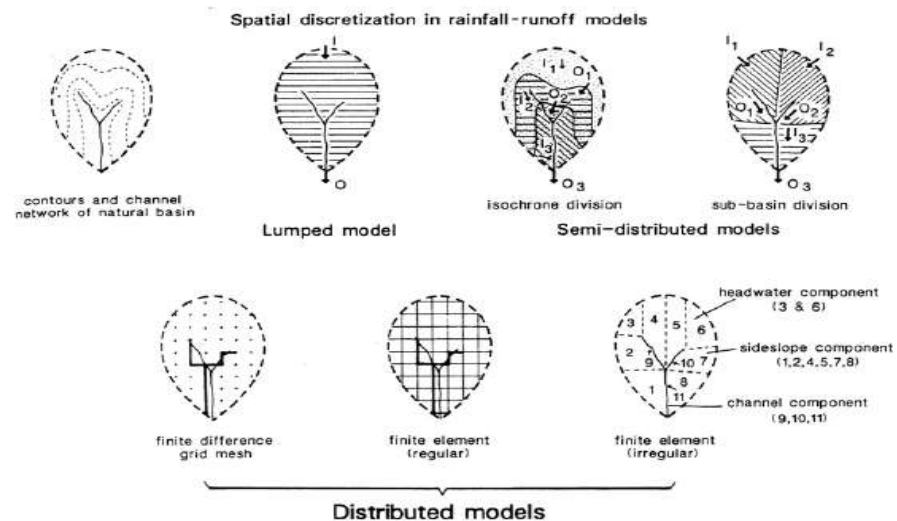
Suatu model adalah waktu-invariant jika hubungan input-output tidak berubah dengan waktu. Bentuk output hanya bergantung pada bentuk input, bukan pada waktu di mana input diterapkan. Model

tidak memiliki properti ini disebut waktu-varian. Kebanyakan sistem hidrologi adalah waktu-varian karena variasi aktivitas matahari selama hari dan variasi musiman sepanjang tahun. Untuk mempermudah, mereka diasumsikan waktu-invariant.

3) Perbedaan antara model disamakan (*lumped*) dan didistribusikan (*distributed*)

Variabel atau parameter disebut lumped apabila besaran yang diwakilinya tidak mempunyai variabilitas ruang, misalnya masukan yang berupa hujan rata-rata DAS adalah masukan yang bersifat lumped. Sebaliknya, variabel dan parameter yang *distributed* mengandung variabilitas ruang dan waktu.

Dalam hal diskritisasi spasial atau resolusi kita dapat mengidentifikasi dengan menaikkan skala dengan model lumped yang melingkupi seluruh DAS secara keseluruhan homogen. Sedangkan melalui model semi-distribusi, yang mencoba untuk menghitung kontribusi aliran dari wilayah yang terpisah atau sub-DAS yang diperlakukan sebagai homogen dalam sub DAS nya masing-masing, untuk sepenuhnya dalam bentuk model distribusi, di mana seluruh cekungan dibagi menjadi daerah satuan dasar seperti jaring grid dan arus diturunkan dari satu titik grid (node) yang lain sebagai air mengalir melalui cekungan (Gambar 3).



Sumber : (Chong-yu, 2002)

Gambar 3. Model geometri distribusi dan model lumped (I adalah input dan O adalah output

Becker dan Serban (1990) dalam Chong-yu, (2002) variabilitas spasial lebih lanjut dibedakan dari model ke model geometris didistribusikan, yang mengungkapkan variabilitas spasial dalam hal orientasi titik jaringan satu sama lain dan jarak mereka terpisah, dan model probabilitas didistribusikan menggambarkan variabilitas spasial tanpa mengacu pada konfigurasi geometris dari titik-titik dalam jaringan di mana variabel input seperti curah hujan diukur, atau yang parameter model yang akan diukur atau diperkirakan. Misalnya, model Stanford DAS (Crawford dan Linsley, (1966) dalam Chong-yu, (2002) adalah dari jenis ini. Hal ini diasumsikan bahwa kapasitas infiltrasi setiap saat bervariasi dari segmen. Karena kurangnya informasi yang lebih baik variasi ini dianggap linear.

4) Perbedaan antara model deterministik dan stokastik

Model Stokastik adalah suatu model matematik yang dapat menerima sembarang peubah, yaitu sebagai peubah acak (random variable) yang mempunyai sebaran acak. Model ini umumnya digunakan untuk menganalisa sifat fisik statistik output dari suatu sistem yang didasarkan pada urutan kejadian sebagai akibat perubahan waktu dan menghasilkan suatu set data dalam jangka panjang dengan sifat yang sama pula. Kumpulan data tersebut dapat dianalisa untuk memperoleh gambaran mengenai kemungkinan urutan kejadian yang akan terjadi di masa datang, misalnya frekuensi harapan dari debit air (Harsoyo, 2010).

Model Deterministik adalah suatu model matematik yang hanya dapat menerima peubah yang bebas dari variasi acak (random variation). Model ini didasarkan pada struktur sebenarnya dari sistem dan kaidah fisika yang mengatur perilaku sistem tersebut. (Harsoyo, 2010)

Pada Lampiran 1, dapat dilihat klasifikasi model pendugaan erosi dan karakteristiknya.

2.9.2 Pemilihan Model

Pemilihan model prediksi erosi harus dilakukan secara hati-hati dan sesuai atau harus mendekati kenyataan yang terjadi di lapangan. Untuk skala plot (petak erosi) dapat digunakan model USLE dengan ukuran petak sampai 1.000 m² dengan lereng yang mutlak seragam. Tarigan et al (2011) menyatakan bahwa USLE berfungsi baik untuk skala plot, sedangkan untuk

skala DAS dapat menjadi *over estimate*, salah satunya karena faktor filter sedimen tidak terakomodasi, namun USLE bermanfaat dalam hubungannya dengan *on-site effect* dari erosi. Dengan demikian USLE masih tergolong layak digunakan untuk perencanaan teknik konservasi untuk skala usahatani dimana *on-site effect* dari erosi menjadi pertimbangan utama. Model GUEST dapat diaplikasikan pada bentang lahan atau lanskap sampai DAS yang berukuran 150-200 ha. Beberapa contoh model erosi untuk skala DAS (>200 ha) yang merupakan pengembangan dari model USLE adalah SLEMSA, CALSITE, RUSLE, dan WEPP (Vadari, Subagyono, & Sutrisno, 2004). Menurut Dickinson dan Collin (1998) dalam (Rachman & Dariah, 2007), SLEMSA (“Soil Loss EstiMator for Southtern Africa”) menggunakan parameter yang sama dengan model USLE tetapi telah dimodifikasi dan diadaptasikan dengan kondisi daerah dan iklim di Zimbabwe (Afrika Selatan) khususnya pada suatu bentang lahan di dataran tinggi. Selanjutnya dilaporkan bahwa meskipun pendekatan model ini sudah lebih maju dari model USLE tetapi sangat spesifik lokasi sehingga belum dapat digunakan di daerah lain yang berbeda kondisinya.

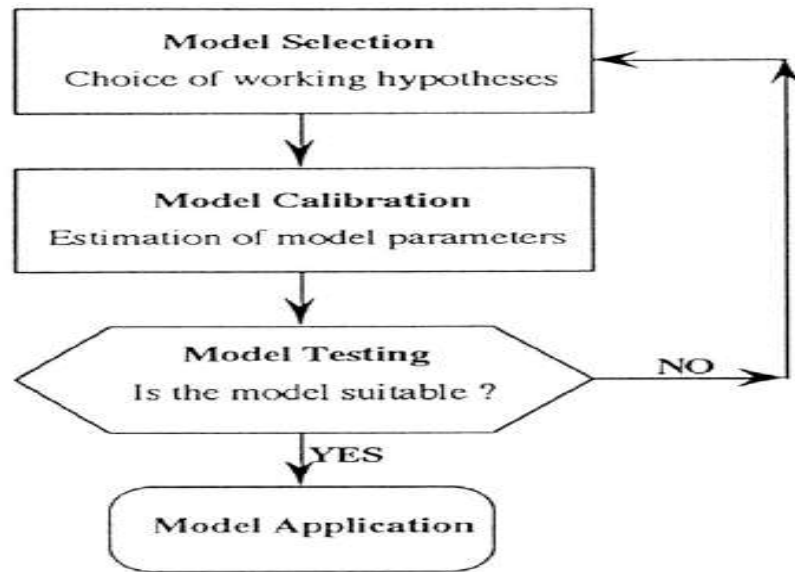
Balai Penelitian Tanah sejak tahun 2005 mengembangkan program DSS (Decision Support System) untuk konservasi tanah dan air. Program ini dibangun untuk dapat dijadikan sebagai alat bantu dalam membuat rekomendasi pengelolaan lahan dengan cara memilih tindakan konservasi tanah dan air yang tepat sesuai dengan kondisi biofisik lahannya. Saat ini sedang dikembangkan versi lanjutan dari SPLaSH yang menggunakan model erosi untuk skala DAS, sehingga bentuk program DSS

yang dihasilkan bisa diaplikasikan untuk skala yang lebih luas (Vadari, Dariah, & Rachman, 2009)

Disamping skala DAS yang perlu dilakukan dalam rangka pemilihan model adalah untuk tujuan apa model diperlukan. Karena masing-masing model dibuat atau dibangun mempunyai tujuan tertentu. Selanjutnya yang perlu di pertimbangkan adalah ketersediaan data. Model bisa berjalan dengan baik ketika data yang diperlukan untuk menjalankan model itu tersedia. Jika data tidak tersedia maka hasil yang diharapkan dari model itu tidak akan tercapai. Dan yang terakhir adalah biaya. Model yang perlu keakuratan tinggi tentu memerlukan biaya yang besar juga. Kemudian kalau kita ingin mengetahui model mana yang terbaik, jawabannya tentu tidak ada. Karena seperti disampaikan diatas masing-masing model mempunyai tujuan yang berbeda. Namun dibalik itu yang perlu di teliti adalah mana model yang yang efisien dan efektif untuk penelitian suatu DAS.

Menurut Arsyad (2010), secara ideal, metode prediksi erosi harus memenuhi persyaratan-persyaratan yang nampaknya bertentangan, yaitu: dapat diandalkan, secara universal dapat dipergunakan, mudah digunakan dengan data yang minimum, konprehensif dalam hal faktor-faktor yang digunakan, dan mempunyai kemampuan untuk mengikuti perubahan-perubahan tata guna lahan dan tindakan konservasi tanah.

Untuk lebih jelasnya alur pikeraan tahapan analisa model dapat dilihat pada gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Tahapan Analisa Model

Karena suatu model hidrologi merupakan suatu tools yang dapat merepresentasikan suatu proses hidrologi yang terjadi dalam suatu DAS, maka pada umumnya model yang relatif sederhana dan tidak memerlukan banyak parameter sebagai input modelnya akan lebih disukai oleh pengguna, tetapi hasil prediksinya mengalami deviasi yang cukup besar. Sebaliknya model yang lebih kompleks akan menghasilkan prediksi yang lebih baik, tetapi input parameter yang digunakannya relatif banyak, dengan demikian model seperti ini umumnya jarang dipakai oleh pengguna. Kesulitan dalam perolehan data-data yang diperlukan sebagai input parameter model masih menjadi kendala tersendiri di Indonesia. Selain ketersediaan data yang memang tidak ada atau kurang lengkap, keberadaan data-data tersebut masih tersebar di banyak instansi dan masih belum terintegrasi. Misalnya, Departemen Pekerjaan Umum dengan database sungainya, Badan Meteorologi dan Geofisika dengan database curah hujannya, LAPAN dengan database penginderaan jauh dan satelitnya, BPPT dengan database radarnya, dan seterusnya. Hal

ini yang menjadi salah satu sebab mengapa penggunaan model hidrologi di Indonesia sejauh ini masih dirasakan kurang punya kekuatan karena masih sulit untuk memperoleh dan mengintegrasikan data data parameter inputan modelnya dengan lengkap (Harsoyo, 2010)

Salah satu model yang ada di dalam Lampiran 1 adalah model SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Karakteristik model SWAT ini termasuk ; model dengan proses fisika, penyebaran parameternya *semi-distributed*, dengan *continues event*, cocok untuk skala DAS, kebutuhan datanya medium, tingkat kompleksitasnya medium sampai tinggi, integrasi dengan GIS tinggi dan tingkat kesulitan menengah. Model ini dipakai dalam penelitian ini dengan alasan sebagai berikut ;

- 1) SWAT merupakan model hidrologi berbasis fisika (physically based) yang membutuhkan informasi spesifik tentang iklim, sifat-sifat tanah, topografi, vegetasi dan praktek pengelolaan lahan yang terjadi di dalam DAS. SWAT dapat dimodelkan secara langsung proses-proses fisika yang terkait dengan pergerakan air, sedimen, pertumbuhan tanaman, siklus unsur hara dan lain sebagainya. SWAT memiliki rekam hidrologi, sedimen, dan kimia yang berlaku untuk skala DAS. SWAT adalah model yang menjanjikan untuk simulasi kontinyu DAS yang didominasi pertanian.
- 2) Lokasi daerah penelitian yaitu Sub DAS Sumpur Singkarak merupakan daerah pertanian, perkebunan, hutan, pemukiman dan industri serta merupakan sumber air bagi Danau Singkarak. Dampak dari kegiatan pertanian tentu akan mempengaruhi kualitas air Sub DAS Sumpur

Singkarak terutama hanyutnya hara makro seperti nitrogen, phosphor dan kalium. Menurut Neitsch S. et al (2005), SWAT dikembangkan untuk memprediksi dampak praktik pengelolaan lahan terhadap air, sedimen dan bahan kimia pertanian dalam DAS yang besar dan kompleks dengan bermacam-macam jenis tanah, penggunaan lahan dan kondisi pengelolaan dalam periode yang lama.

- 3) Model ini efektif untuk mengevaluasi isu-isu sumberdaya air dalam variasi besar aplikasi kualitas air di tingkat nasional dan internasional (Satriawan, 2013)
- 4) Dari hasil beberapa penelitian yang dilakukan di DAS daerah tropis seperti di Indonesia (Suryani, 2005) (Junaidi, 2009) (Anwar, 2012) (Yustika, 2013) (Junaidi & Tarigan, 2011) (Ridwansyah, 2010) (Latifah, 2013) (Mulyana, 2012), Tanzania (Africa) (Ndomba, Mtalo, & Killingtveit, 2008), Brazil (Amerika Latin) (Strauch & Volk, 2013), Mae Sa (Thailand) (Bannwarth, et al., 2014) , Lam Sonthi (Thailand) (Phomcha, Wirojanagud, Vangpaisal, & Thaveevouthti, 2012), San Francisco (Ecuador) (Plesca, et al., 2011); berdasarkan hasil kalibrasi dengan menggunakan nilai *Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) Index (NSI)* ternyata model SWAT didaerah tropis yang disampaikan diatas masih mempunyai performa model yang memuaskan ($0,50 < NSE < 0,65$) – sangat baik ($0,75 < NSE < 1,00$).

2.9.3 Model Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

SWAT merupakan model dengan waktu yang berkesinambungan (Continuous Model), yakni model produksi jangka panjang (long-term yield

model). Model SWAT mensimulasikan siklus hidrologis DAS dalam dua bagian utama, yaitu; fase lahan (land phase) dan fase penelusuran (routing phase). Fase lahan dari siklus hidrologi mengendalikan jumlah air, sedimen, hara dan pestisida kesaluran utama di dalam setiap sub-DAS. Sedangkan fase penelusuran dari siklus hidrologi mensimulasikan pergerakan air, sedimen, melalui jaringan saluran pada DAS ke titik outlet. Model ini juga dapat menghitung beban sedimen dan nutrien.

Pemodelan hidrologi ini dimaksudkan untuk mengkuantifikasi parameter input, proses dan output pada DAS Mendalam, sehingga dengan model ini dapat diketahui tingkat keberhasilan tindakan reboisasi yang sudah dilakukan dan melakukan skenario-skenario lanjutan dalam kaitannya dengan konservasi sumber daya air untuk mendapat hasil air (water yield) yang dikehendaki. Model hidrologi yang digunakan dalam analisa ini adalah SWAT (Soil and Water Assessment Tool). Model ini berskala daerah aliran sungai atau daerah tangkapan air yang dikembangkan oleh Dr. Jeff Arnold untuk USDA Agricultural Research Service (ARS). SWAT dikembangkan untuk memprediksi pengaruh praktik pengelolaan lahan terhadap air, sedimen dan produksi zat kimia dari lahan pertanian pada DAS yang besar dan kompleks dengan berbagai kondisi tanah, tata guna lahan dan pengelolaan selama kurun waktu yang panjang. Model ini didasarkan pada kondisi fisik, tidak menggunakan persamaan regresi untuk menjelaskan hubungan antara variabel input dan output. Untuk itu SWAT menggunakan data yang spesifik mengenai cuaca, karakteristik tanah, topografi, vegetasi, dan praktik pengelolaan lahan yang terjadi pada

DAS. Proses-proses fisik yang berkaitan dengan pergerakan air, pergerakan sedimen, pertumbuhan tanaman, siklus unsur hara, dsb. dimodelkan secara langsung oleh SWAT dengan menggunakan data input ini.

Kalibrasi dan Validasi model

SWAT adalah model hidrologi semi-distribusi dengan banyak parameter yang digunakan, sehingga tidak mungkin untuk mengkalibrasi semua parameter. Model dikalibrasi untuk mengoptimalkan parameter yang dipilih. Kalibrasi berfokus pada beberapa parameter terkait dengan proses infiltrasi, interflow dan parameter resesi aliran dasar, yaitu kelompok parameter; air tanah (*_.gw*), perutean (*_.rte*) dan manajemen (*_.mgt*).

Proses kalibrasi sangat diperlukan untuk mengukur tingkat keakuratan output yang dikeluarkan oleh model terhadap hasil observasi atau pengamatan lapangan. Kalibrasi model dilakukan dengan cara mengubah nilai parameter yang bersifat sensitif dan mempunyai pengaruh besar terhadap proses hidrologi yang diukur lalu dilakukan simulasi kembali untuk melihat perubahan output model yang terjadi. Proses kalibrasi dan validasi output debit hasil simulasi SWAT dengan debit hasil observasi di lapangan dilakukan secara trial and error dengan melihat beberapa parameter yang sensitif. Metode statistik yang digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi adalah model koefisien determinasi (R^2) dan model efisiensi Nash-Sutcliffe (NS) (Nash et.al 1970).

Dalam mengestimasi aliran permukaan (Q_{surf}), SWAT menggunakan dua buah metode, yaitu *SCS curve number* (CN) dan

infiltrasi *Green and Ampt*. Berdasarkan volume aliran permukaan dan puncaknya, dilakukan simulasi pada setiap HRU (*Hydrology Response Units*). SCS curve number merupakan fungsi dari permeabilitas tanah, tata guna lahan, dan kondisi air tanah. Metode SCS dikembangkan dari hasil pengamatan curah hujan selama bertahun-tahun dan melibatkan banyak daerah pertanian di Amerika Serikat. Metode ini berusaha mengkaitkan karakteristik DAS seperti tanah, vegetasi, dan tata guna lahan dengan bilangan kurva air larian CN (runoff curve number) yang menunjukkan potensi air larian untuk curah hujan tertentu (Ideawati, Limantara, & Andawayanti, 2015). Persamaan SCS curve number disajikan pada persamaan 4 dan 5 (Neitsch et al, 2005).

$$Q_{Surf} = \frac{(R_{day} - 0,2 S)^2}{(R_{day} + 0,8 S)}$$

.....persamaan 4

Keterangan:

R_{day} = Curah hujan per hari (mm)
 S = retention parameter (mm)

$$S = 25,4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right)$$

.....persamaan 5

Besarnya laju W_{seep} , dan Q_{gw} dihitung dengan persamaan 6 dan 7 (Neitsch et al, 2005)

$$W_{seep} = W_{perc,ly=n} + W_{crk,btm}$$

.....persamaan 6

Keterangan ;

W_{seep} = Total air yang berada di bawah tanah pada hari ke-i (mm)
 $W_{perc,ly=n}$ = Jumlah air perkolasi yang keluar dari lapisan terbawah (mm)
 $W_{crk,btm}$ = Jumlah air yang mengalir melewati lapisan yang lebih bawah dari muka tanah untuk mengalirkan aliran pada hari ke-i (mm)

$$Q_{gw} = 800 \cdot \mu \cdot \alpha_{gw} \cdot h_{wtbl} \dots \dots \dots \text{persamaan 7}$$

Q_{gw}	= Jumlah air yang kembali pada hari ke-i (mm)
μ	= Specific yield dari akuifer dangkal (m/m)
α_{gw}	= Konstanta resesi aliran mantap
h_{wtbl}	= Tinggi muka air pada watertable (m)

Data masukan model untuk setiap HRU Sub DAS dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu iklim, unit respon hidrologi (*Hydrologic Respon Unit/ HRU*) genangan/daerah basah, air bawah tanah dan saluran utama yang mendrainase Sub DAS. HRU merupakan kelompok lahan dalam Sub DAS yang memiliki kombinasi tanaman penutup, tanah dan pengolahan yang unik. Data yang dibutuhkan dalam model ini merupakan data harian.

2.10 Optimasi Penggunaan Lahan

Optimasi adalah suatu teknik analisis untuk menentukan keputusan optimal (maksimal atau minimal) untuk mencapai tujuan tertentu dengan dibatasi berbagai kendala. Seperti disampaikan di Bab sebelumnya permasalahan/kendala DAS antara lain adalah penggunaan lahan yang tidak sesuai dengan daya dukungnya, keterbatasan lahan, tekanan penduduk terhadap lahan, kemiskinan dan pendapatan masyarakat.

Teknik ini telah berkembang luas dan banyak digunakan dalam sistem manajemen secara umum. Kajian penatagunaan lahan dengan teknik optimasi telah banyak digunakan dalam hal produktivitas lahan dan pemanfaatan sumberdaya, seperti memaksimalkan produksi; penentuan pola tanam optimal; analisis target produksi dengan kendala fisik, biologi,

ekonomi, dan lingkungan; optimasi suplai air untuk lahan pertanian; dan sebagainya. Teknik optimasi ini belum banyak digunakan untuk perencanaan sistem tata guna lahan (tata ruang) kawasan daerah aliran sungai yang mengoptimalkan fungsi kawasan sebagai kawasan lindung dan budidaya dari segi ekologis, ekonomis, dan sosial. Kelangkaan lahan juga mendorong dikembangkannya teknik optimasi dalam rangka pemanfaatan lahan secara efisien dan optimal.

Kebutuhan lahan non pertanian perlu dipertimbangkan untuk optimasi lahan sektor pertanian sendiri. Kebutuhan lahan di luar sektor pertanian mempunyai karakteristik tersendiri dilihat dari segi kualitas lahan, lokasi, dan dukungan infrastrukturnya. Kebutuhan lahan untuk sektor pertanian juga relatif bervariasi antar sub-sektor (tanaman pangan, hortikultura, perkebunan, peternakan, dan perikanan) yang pada dasarnya juga membutuhkan kualifikasi lahan yang berbeda dari segi kualitas, pewayalahan, dan dukungan infrastruktur.

Dengan demikian dalam perancangan optimalisasi penggunaan lahan merupakan hal yang paling utama dan terpenting adalah pengklasifikasian lahan menurut jenis dan kualitas dikaitkan dengan kepentingan dan penggunaannya menurut sektor dan subsektor secara detail dan seksama. Optimalisasi pemanfaatan dengan sasaran maksimisasi manfaat ekonomi harus didasarkan pada klasifikasi lahan secara rinci dengan memperhatikan sejumlah aktivitas ekonomi (pertanian dan non pertanian). Kesemuanya ini dapat diwujudkan dalam bentuk rumusan Rencana Umum Tata Ruang pemanfaatan/penataan lahan. Infrastruktur

pendukung secara normatif tentunya harus dibangun berdasarkan pada perencanaan optimalisasi penataan lahan menurut kepentingan intersektoral dan dalam sektor pertanian sendiri.

Optimasi penggunaan lahan daerah aliran sungai (Land Use Optimization in Watershed Scale) menentukan variabel keputusan optimasi pola penggunaan lahan, yaitu tipe, lokasi, dan luasan penggunaan lahan yang didasarkan pada pola dan tipe penggunaan lahan aktual. Fungsi tujuan disusun berdasarkan sasaran-sasaran optimasi untuk memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan erosi. Salah satu teknik optimasi yang dapat digunakan adalah Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA) (Malczewski, 1999)

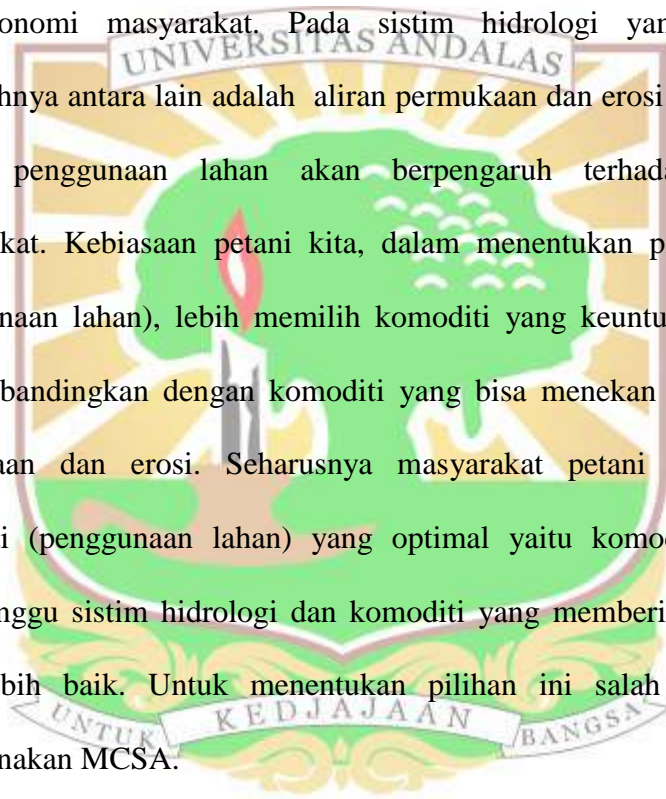
2.11 Multi Criteria Spatial Analysis (MCSA)

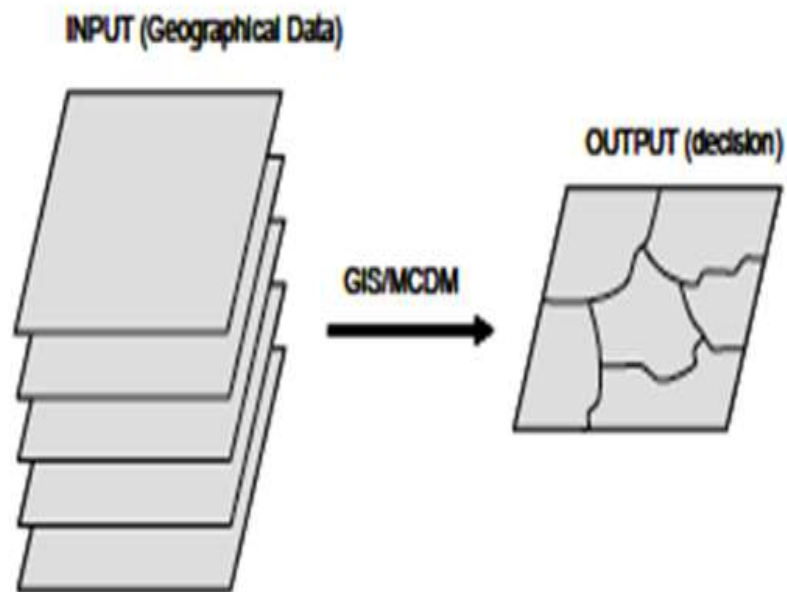
Multi-criteria Decision Analysis (MCDA) merupakan salah satu jenis Decision Support System (DSS) memberikan dukungan pada pengelolaan berdasarkan multidisiplin faktor, yang perlu dioptimalkan dalam memenuhi tujuan yang dievaluasi (Klapka & Piñeros, 2007). MCDA mempertimbangkan aliran pemikiran yang berbeda (Belton & T, 2002) et al., 2002, Figueira et al., 2011, Nijkamp et al., 1998, Hartog et al., 1989) dan mengusulkan sejumlah metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah pengambilan keputusan dalam bidang aplikasi seperti matematika, manajemen, teknologi informasi, psikologi, ilmu sosial dan ekonomi. Teknik MCDA dapat dikategorikan dengan cara pengelompokan alternatif atau skenario dalam kaitannya dengan berbagai jenis masalah. Kategori ini termasuk membuat pilihan tunggal atau

rekomendasi yang disebut sebagai pilihan; menetapkan urutan preferensi untuk alternatif, yang disebut peringkat; memisahkan alternatif dalam kelas atau kelompok, disebut sebagai penyortiran (Greene et al., 2011); uraian masalah keputusan sebagaimana disebutkan sebelumnya; yang mengembangkan desain baru atau alternatif untuk mengatasi masalah, dan memilih subset dari alternatif yang disebut portofolio (Belton et al., 2002). Deskripsi masalah keputusan dalam MCDA, membuat pilihan dan implementasi dipengaruhi oleh jumlah pembuat keputusan, tahap keputusan, jumlah tujuan, jumlah alternatif, dan adanya kendala, toleransi risiko, ketidakpastian, skala pengukuran dan unit. Salah satu jenis Decision Support System (DSS) adalah Multi Criteria Analysis (MCA).

Multi Criteria Analysis (MCA) adalah alat yang mendukung perbandingan opsi kebijakan yang berbeda berdasarkan serangkaian kriteria. Tools ini sangat efektif dalam mendukung penilaian dan pengambilan keputusan tentang masalah keberlanjutan yang kompleks karena mereka dapat mengintegrasikan keragaman kriteria dalam multidimensi dan dapat diadaptasi ke berbagai konteks. Prosedur dan hasil yang diperoleh dari MCA dapat diperbaiki dengan interaksi para pemangku kepentingan. Dengan makin berkembangnya teknologi Sistem Informasi Geografi (SIG) Analisis MCA dapat diintegrasikan dengan SIG sehingga menjadi pendekatan yang lebih komprehensif melalui Multi Criteria Decision Spatial Analysis (MCDSA), pendekatan yang dapat menganalisis berbagai kriteria dalam bentuk spatial sebagai masukan bagi pemangku kebijakan (Malczewski, 1999).

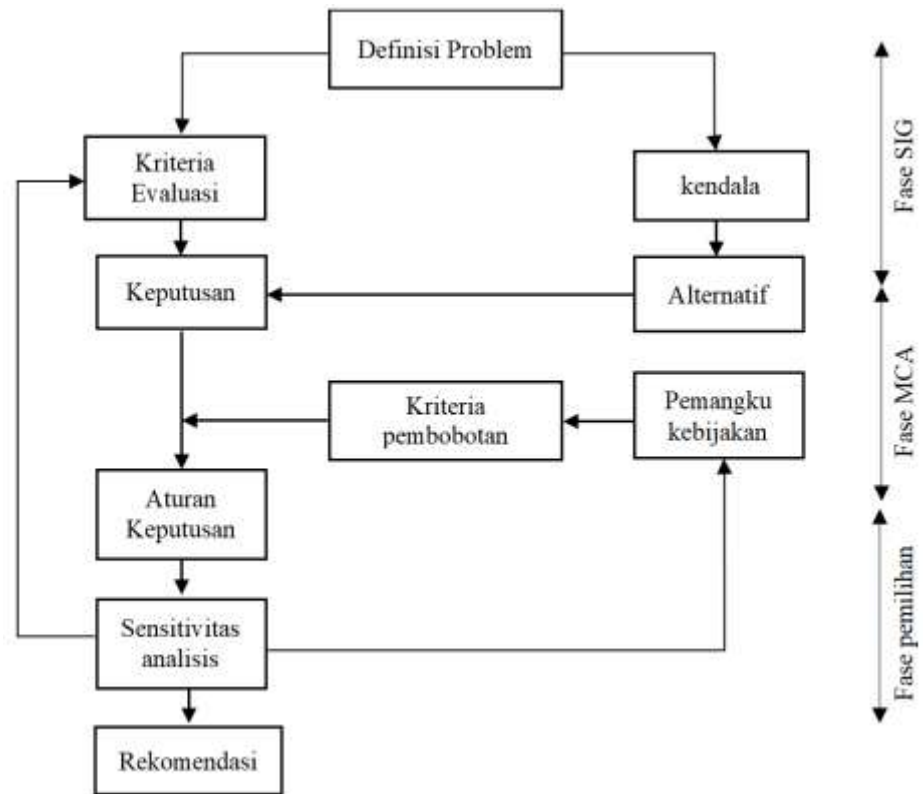
MCSA dapat dipahami dari suatu proses yang menggabungkan dan mengubah data geografis (input peta) menjadi keputusan yang dihasilkan (output peta). Prosedur MCSA menentukan hubungan antara peta input dan peta output. Gambar 5 memperlihatkan alur dalam MCSA yang menunjukkan kumpulan data spasial digunakan dalam suatu proses untuk mendapatkan luaran berupa keputusan terkait penataan ruang/spasial. Pilihan penggunaan lahan akan berpengaruh terhadap sistim hidrologi DAS dan ekonomi masyarakat. Pada sistim hidrologi yang akan besar pengaruhnya antara lain adalah aliran permukaan dan erosi. Demikian juga pilihan penggunaan lahan akan berpengaruh terhadap pendapatan masyarakat. Kebiasaan petani kita, dalam menentukan pilihan komoditi (penggunaan lahan), lebih memilih komoditi yang keuntungannya paling besar dibandingkan dengan komoditi yang bisa menekan besarnya aliran permukaan dan erosi. Seharusnya masyarakat petani dapat memilih komoditi (penggunaan lahan) yang optimal yaitu komoditi yang tidak mengganggu sistim hidrologi dan komoditi yang memberikan pendapatan yang lebih baik. Untuk menentukan pilihan ini salah satunya dapat menggunakan MCSA.





Gambar 5. Multiple Criteria Spatial Analysis: Perspektif Input-Output (Malczewski, 1999)

Tahapan analisis dengan Teknik MCSA menyajikan hierarki intelijen, desain, dan pilihan tiga tahap untuk mewakili proses pengambilan keputusan. Pada fase intelijen, data diperoleh, diproses, dan analisis untuk mendapatkan kendala dan alternatif sebagai penyelesaian masalah di DAS. Tahap desain biasanya melibatkan pemodelan formal/interaksi GIS untuk mengembangkan solusi menetapkan alternatif keputusan spasial. Integrasi teknik analisis keputusan dan fungsi GIS penting untuk mendukung fase desain. Tahap pilihan melibatkan pemilihan alternatif tertentu dari yang tersedia. Dalam fase ini, aturan keputusan digunakan untuk mengevaluasi dan memberi peringkat alternatif. Tiga tahap pengambilan keputusan tidak harus mengikuti jalur linear dari intelijen, ke desain, dan pilihan. Gambar 6 memperlihatkan diagram alur tahapan analisis MCSA.



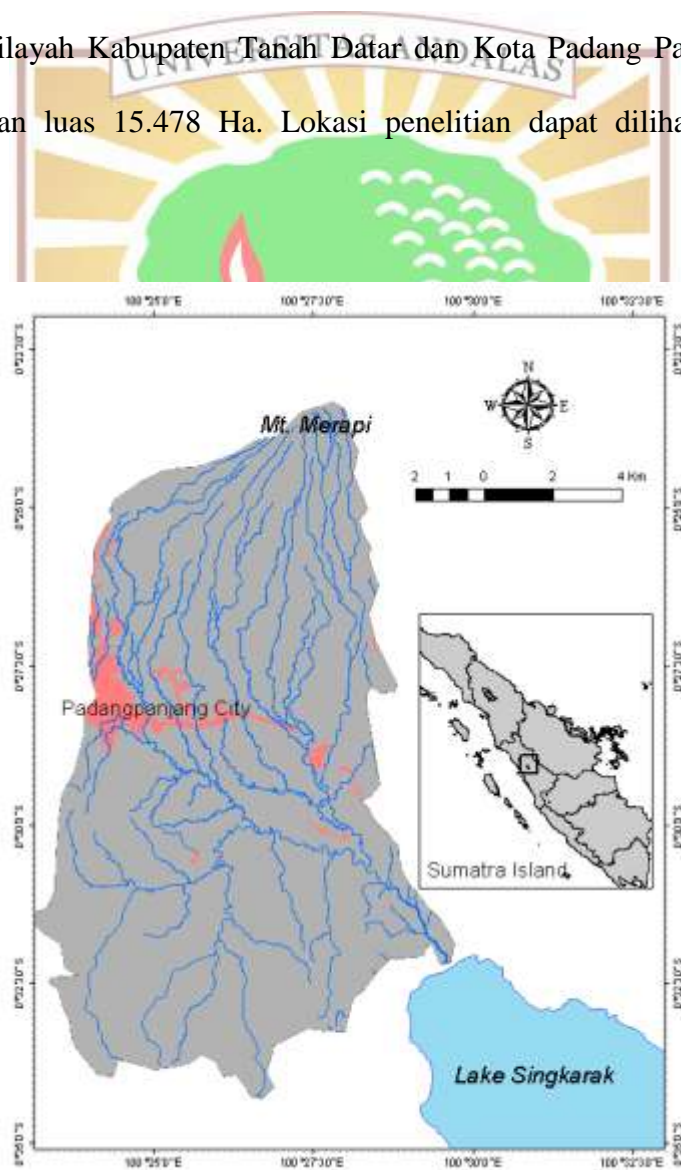
Gambar 6. Framework pada Multiple Criteria Spatial Analysis (MCSA) (Malczewski, 1999)



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Sub DAS Sumpur Singkarak yang merupakan bagian dari DAS Ombilin dari bulan Desember 2014 sampai dengan bulan Desember 2019. Secara geografis daerah penelitian terletak pada $0^{\circ}23'20''$ - $0^{\circ}34'18''$ LS dan $100^{\circ}26'42''$ - $100^{\circ}27'49''$ BT dan secara administrasi termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Tanah Datar dan Kota Padang Panjang di Sumatera Barat, dengan luas 15.478 Ha. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 7 dibawah ini.



Gambar 7. Peta lokasi penelitian di Sub DAS Sumpur Singkarak

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini direncanakan 6 tahapan dengan yaitu ; tahap pengolahan dan analisis perubahan penggunaan lahan, tahap evaluasi kesesuaian lahan, tahap evaluasi kondisi sosial ekonomi, tahap validasi dan analisis aliran permukaan dan erosi dengan model SWAT dan tahap optimasi penggunaan lahan.

3.2.1 Tahap Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Tahapan ini ditujukan untuk melihat perubahan penggunaan lahan dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2014 serta tahun 2019 di kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak pada koordinat $0^{\circ}23'20'' - 0^{\circ}34'18''$ LS dan $100^{\circ}26'42'' - 100^{\circ}27'49''$ BT.

Data yang digunakan adalah Citra Landsat 5 TM (tanggal pemotretan 4 Desember 2004 dan 10 July 2006), Landsat 7 TM (tanggal pemotretan 5 Januari 2009 dan 21 Desember 2011) dan Landsat TM 8 (tanggal pemotretan 29 September 2014) dalam bentuk raster serta Data raster Basemap ArcGIS (ArcGIS, 2019), Peta Rupa Bumi Tahun 2019 dari Badan Informasi Geospasial (Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia, 2019). Peta batas administrasi dalam bentuk vektor didapat dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar Tahun 2014 (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar, 2014) dan Badan Statisik Kota Padang Panjang Tahun 2014 (Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang, 2014). Sedangkan Peta kawasan Hutan dalam bentuk vektor didapat dari Peta Kawasan Hutan berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 35 Tahun 2013 (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013).

Pemrosesan citra satelit menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.1. Koreksi geometri pada citra satelit bertujuan untuk memperbaiki citra satelit agar sesuai dengan posisi koordinat aktual di bumi. Proses koreksi geometri dilakukan dengan membuat Ground Control Point (GCP) pada titik kontrol pada citra satelit dari titik yang sama di Bumi merujuk pada penampakan titik yang sama di lapangan seperti persimpangan jalan dan sungai.

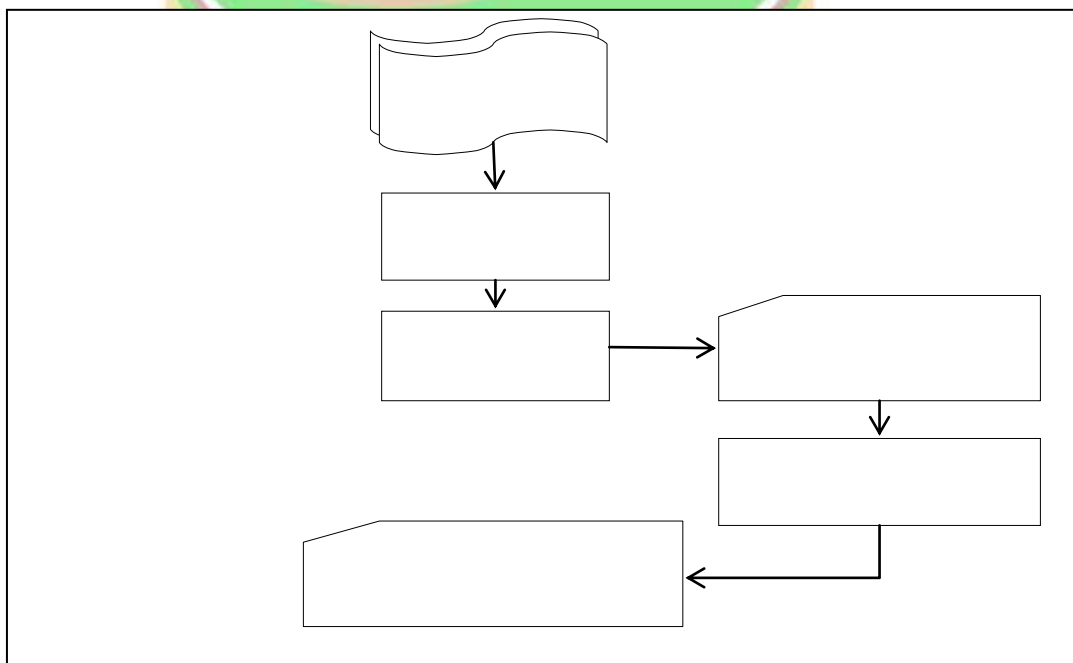
Selanjutnya setelah citra ter koreksi dilakukan analisis dan identifikasi objek menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10.1 (linsensi Space Agency dan National Aviation, Indonesia) (Pusat Teknologi dan Data Pengindraan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) , 2014). Beberapa poin untuk dipertimbangkan dalam proses interpretasi gambar seperti rona atau warna (nada / warna), bentuk (bentuk), ukuran (ukuran), kekasaran (tekstur), pola (pola), bayangan (shadow), situs (situs) ,asosiasi (asosiasi) dan konvergensi. Interpretasi dan klasifikasi citra dilakukan dengan cara manual dengan melihat visual dari citra. Klasifikasi yang digunakan 6 kelompok, yaitu; hutan, pertanian campuran, sawah, lahan kering, lahan terbuka, dan pemukiman. Penampakan penggunaan lahan pada citra dapat dilihat seperti gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Penampakan penggunaan lahan pada Citra Satelit yang telah diolah

Hasil analisis penggunaan lahan divalidasi melalui control lapangan dengan merujuk koordinat lokasi penampakan penggunaan lahan. Setelah itu dilakukan digitasi untuk mendapatkan peta penggunaan lahan pada citra satelit tahun 2004, 2006, 2008, 2009, 2011, 2014 dan 2018

Untuk mengetahui tingkat konsistensi antara kebijakan penggunaan lahan dengan kondisi aktual penggunaan lahan dilakukan pengujian melalui penyusunan tabel tabulasi silang antara beberapa komponen antara peta kawasan hutan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013) dengan hasil analisa penggunaan lahan. Kombinasi data tersebut akan menunjukkan kondisi aktual kesesuaian/ketidaksesuaian antara pola kebijakan penataan ruang hutan dan penggunaan lahan. Hasil analisis ini dapat menunjukkan secara spasial posisi lokasi penggunaan lahan yang tidak konsisten dengan kebijakan keruangannya. Dengan demikian, dapat hasil penelitian ini dapat memberikan masukan kepada pada pengambil kebijakan untuk mengatasi persoalan yang terjadi.



Gambar 9. Tahap Pengolahan Data & Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

3.2.2 Tahap Evaluasi Kesesuaian Lahan

Evaluasi lahan di lokasi penelitian yaitu di kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak dilakukan ditujukan untuk mendapatkan kondisi kesesuaian lahan untuk keperluan usaha pertanian bagi masyarakat.

Kegiatan penelitian ini dilakukan pengumpulan data, survey lapangan pengolahan data, analisis data dan evaluasi.

1) Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan pada tahapan evaluasi kesesuaian lahan Sub DAS Sumpur Singkarak seperti terlihat pada Tabel 15. dibawah ini.

Tabel 14. Bahan dan data yang diperlukan untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak

No	Bahan/data	Sumber Data	Keterangan
1	Digital Elevation Model (DEM) dalam bentuk raster.	(Badan Informasi Geospasial, 2018).	Resolusi 30 m
2	Peta rupa bumi dalam bentuk raster	(Badan Informasi Geospasial, 2018)	Skala 1 : 50.000
3	Data/Peta Satuan Lahan/Peta Tanah dalam bentuk raster dan vektor	(Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, 1990)	Skala 1 : 250.000
4	Peta administrasi	Bappeda; Provinsi Sumatera Barat, Kab. Tanah Datar, Kota Padang Panjang	Skala 1 : 50.000
5	Peta/Data penggunaan lahan terakhir	(ArcGIS, 2018), (Pusat Teknologi dan Data Pengindraan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), 2014)	Skala 1 : 50.000
6	Data Statistik Pertanian	Dinas Pertanian Kabupaten Tanah Datar dan Kota Padang panjang	10 tahun terakhir
9	Data Iklim ; temperature, curah hujan tahunan, bulan kering	(Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar, 2004 - 2014) dan (Stasiun Klimatologi Kelas II Padang Pariaman; Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 2004 - 2014)	10 tahun terakhir
10	Data Sifat Fisik dan Kimia Tanah	Survey dan pengambilan sampel tanah di lapangan	Metode stratified random dengan cara purposive sampling.

Alat yang diperlukan pada tahapan pengolahan dan analisis perubahan penggunaan adalah sebagai berikut ;

- (1) Alat survey tanah seperti ; Munsel, ring sampel tanah utuh, abney level, GPS, kamera, recording data.
- (2) Alat penunjang seperti ; cangkul, sekop, pisau,
- (3) Software ArcMap 10.1 yang dilengkapi Tools 3 D Analyst, Spatial Analyst dan ArcSWAT da SPKL ver 2.0

2) Metode

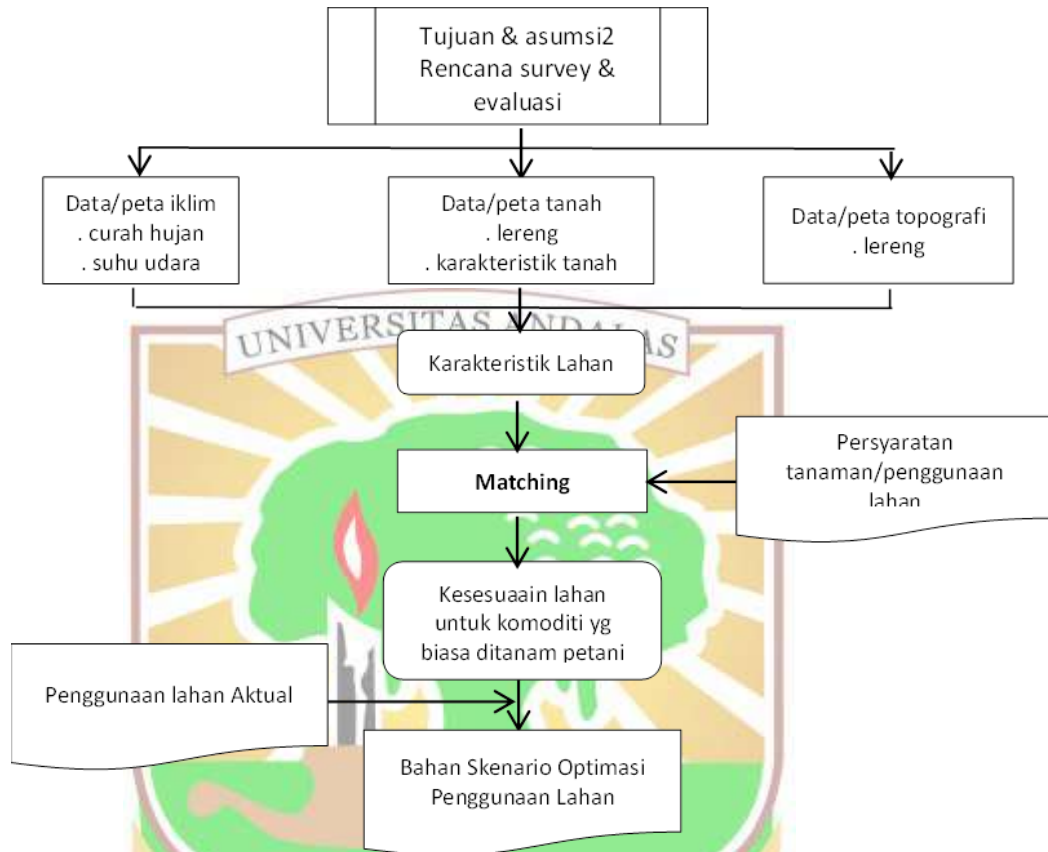
Penelitian ini menggunakan pendekatan evaluasi lahan secara fisik. Pendekatan ini menurut FAO (1976) dalam Djaenuddin, et al (2011), biasanya digunakan dalam inventarisasi sumber daya lahan baik untuk tujuan perencanaan makro, maupun untuk studi pengujian potensi produksi.

Komoditi yang akan dievaluasi kesesuaiannya adalah komoditi yang biasa ditanam oleh masyarakat petani di Sub DAS Sumpur. Untuk daerah atau wilayah yang telah ditetapkan peruntukannya oleh peraturan seperti hutan lindung, hutan konservasi dan pemukiman tidak akan dievaluasi kesesuaian lahannya.

Hasil dari kegiatan penelitian tahap kedua ini disajikan dalam bentuk laporan dan peta yang kemudian dijadikan subjek pada tahap ketiga untuk segera ditindak lanjuti dengan analisis aspek sosial dan ekonominya. Komoditi yang telah dievaluasi kesesuaiannya, sebaga bahan untuk penyusunan skenario optimasi penggunaan lahan pada tahapan penelitian ke lima. Langkah-langkah pelaksanaan evaluasi kesesuaian lahan Sub DAS Sumpur serperti terlihat pada Gambar 10 dibawah ini.

Sebelum pelaksanaan evaluasi kesesuaian lahan dilakukan penetapan tujuan penelitian. Adapun tujuan dari penelitian evaluasi kesesuaian lahan adalah sebagai dasar untuk mendapatkan arahan penggunaan lahan dengan melihat dari

aspek karakteristik lahan dan tanaman yang potensial. Disamping itu juga akan dilihat dari aspek sosial ekonomi yang akan diteliti secara khusus pada penelitian tahap ke 3 yaitu evaluasi sosial ekonomi.



Gambar 10. Metode evaluasi kesesuaian lahan dan arahan penggunaan lahan

Sebelum pelaksanaan evaluasi kesesuaian lahan dilakukan penetapan tujuan penelitian. Adapun tujuan dari penelitian evaluasi kesesuaian lahan adalah sebagai dasar untuk mendapatkan arahan penggunaan lahan dengan melihat dari aspek karakteristik lahan dan tanaman yang potensial. Disamping itu juga akan dilihat dari aspek sosial ekonomi yang akan diteliti secara khusus pada penelitian tahap ke 3 yaitu evaluasi sosial ekonomi.

Evaluasi kesesuaian lahan ini diteliti pada tingkatan semi detil yaitu pada skala pemetaan 1:50.000, dengan demikian penyajian hasil evaluasi kesesuaian

lahan dinyatakan dalam bentuk kelas/subkelas. Penilaian dilakukan dengan metode mencocokkan (*matching*) data tanah dan fisik lingkungan dengan tabel rating kesesuaian lahan yang telah disusun berdasarkan persyaratan penggunaan lahan mencakup persyaratan tumbuh/hidup komoditas pertanian yang direncanakan, pengelolaan dan konservasi. Pada proses *matching* hukum minimum dipakai untuk menentukan faktor pembatas yang akan menentukan kelas dan subkelas kesesuaian lahannya. Dalam penilaian kesesuaian lahan perlu ditetapkan dalam keadaan aktual (kesesuaian lahan aktual) atau keadaan potensial (kesesuaian lahan potensial). Keadaan potensial dicapai setelah dilaksanakan usaha-usaha perbaikan (Improvement = I) terhadap masing-masing faktor pembatas untuk mencapai keadaan potensial (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Penyusunan peta satuan lahan

Peta Satuan lahan skala 1:50.000 disusun dengan mengacu pada peta tanah tinjau skala 1:250.000 (sebagai background) dengan cara mendetilkkan unsur-unsur satuan lahan: landform, litologi, relief, dan elevasi (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, 2013).

- a) Penyusunan peta lereng dengan Arc GIS 10.1 dengan sumber data berasal Digital Elevation Model 30 x 30 (Badan Informasi Geospasial, 2018)
- b) Melakukan perbaikan (*smoothing*) deliniasi peta satuan lahan skala 1:250.000 dengan Arc GIS 10.1
- c) Deliniasi (penarikan batas zona) poligon satuan lahan dengan overlay peta kontur dan peta lereng, proses ini menghasilkan landform baru dengan pembatas punggung bukit. Proses ini sudah dilaksanakan secara manual untuk batas area penelitian. Sebenarnya dengan menggunakan model Arc SWAT, lokasi penelitian ini bias dideleniasi secara otomatis. Makanya terjadi perbedaaan luas area penelitian.

- d) Selanjutnya peta yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia yang berasal dari (Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia, 2019).
- e) Selanjutnya peta tanah, peta lereng dan peta penggunaan lahan hasil penelitian tahap 1 dilakukan overlay untuk mendapatkan peta satuan lahan.
- f) Peta satuan lahan dengan skala 1 : 50.000 sebagai bahan untuk identifikasi lahan.

Identifikasi karakteristik lahan

Peta satuan lahan skala 1:50.000 dijadikan peta dasar dalam identifikasi lahan di lapangan. Pengamatan biofisik lahan dan lingkungannya dilakukan secara transek yang mewakili beberapa satuan lahan, diantaranya:

- a) Pengamatan sifat morfologi tanah di lapang dilakukan dengan pembuatan minipit dengan kedalaman 60 cm (tebing tidak terganggu), antara lain kedalaman tanah, warna tanah, tekstur, struktur, konsistensi, drainase, pH tanah, sementasi (batuan/padas), konsentrasi bahan kasar atau fragmen batuan, dan perakaran tanaman.
- b) Pengambilan contoh tanah dilaksanakan pada setiap satuan lahan pada kedalaman 0-20 cm, 20-40 cm dan 40 - 60 cm
- c) Analisis tanah di laboratorium, terdiri dari sifat-sifat fisika dan kimia tanah berupa tekstur, kandungan bahan organik (C organik, N total dan C/N), reaksi tanah (pH), kandungan P dan K potensial, P dan K tersedia, retensi P, basa-basa dapat tukar (Ca, Mg, K dan Na), kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB), dan kejenuhan Al (Balai Penelitian Tanah, 2005) (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006) di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat di Sukarami.
- d) Pengkelasan karakteristik tanah disajikan pada Tabel 15. dibawah ini.

Tabel 15. Pengkelasan parameter karakteristik tanah untuk penyusunan peta satuan lahan (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, 2013)

Parameter	Kelas	Arti	Uraian
Kedalaman tanah	I	Sangat dangkal	< 25 cm dari permukaan tanah sampai batuan...
	II	Dangkal	25-50 cm
	III	Sedang	50-100 cm
	IV	Dalam	> 100 cm
Tekstur tanah	I	Kasar	Pasir (S), pasir berlempung (LS)
	II	Agak kasar	Lempung berpasir (SL)
	III	Sedang	Lempung berdebu (SiL), lempung (L), debu (Si)
	IV	Agak halus	Lempung berliat (CL), lempung liat berdebu (SiCL), lempung liat berpasir (SCL)
	V	Halus	Liat berat (hC), liat (C), liat berpasir (SC), liat berdebu (SiC)
Drainase tanah	I	-	Terhambat, sangat terhambat
	II	-	Agak terhambat
	III	-	Sedang
	IV	-	Baik
	V	-	Agak cepat, Cepat
pH tanah	I	Sangat masam	pH <4,5
	II	Masam	pH 4,5-5,4
	III	Agak masam	pH 5,5-6,5
	IV	Netral	pH 6,6-7,5
	V	Alkalis	pH >7,5
KTK tanah	I	Rendah	<16 (cmol(+)/kg)
	II	Sedang	16-24 (cmol(+)/kg)
	III	Tinggi	>24 (cmol(+)/kg)

- e) Data hasil analisis tanah digunakan untuk evaluasi kesesuaian lahan dan penyusunan peta arahan penggunaan lahan untuk komoditas pertanian.

Evaluasi lahan

Setelah data karakteristik lahan tersedia, maka proses selanjutnya adalah evaluasi lahan yang dilakukan dengan cara *matching* (mencocokkan) antara karakteristik lahan pada setiap satuan lahan dengan persyaratan tumbuh/penggunaan lahan. Proses evaluasi dilakukan dengan bantuan komputer dengan menggunakan program mediator yaitu SPKL 2.0 (Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan) yang berisi database kriteria syarat tumbuh tanaman. Evaluasi dengan cara komputer akan memberikan hasil yang sangat cepat dan dilakukan satu persatu pada setiap SPT untuk setiap tanaman (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, 2013). Data-data yang digunakan adalah data iklim, data sifat fisika dan kimia tanah. Tahapan penyusunan evaluasi lahan adalah sebagai berikut :

- a) Input data ke karakteristik lahan pada program SPKL 2.0
- b) Input data kriteria syarat tumbuh tanaman untuk komoditas yang belum ada dalam database SPKL 2.0
- c) Penilaian kesesuaian lahan

Verifikasi lapangan

Hasil penilaian evaluasi lahan baik berupa data tabular maupun peta kesesuaian lahan masing-masing penggunaan lahan pertanian perlu diverifikasi dan validasi di lapangan. Parameter-parameter tanah yang menjadi faktor pembatas dalam evaluasi lahan perlu diperhatikan seperti kondisi terrain (lereng, torehan, keadaan batuan di permukaan dan kemungkinan bahaya banjir); media perakaran (kedalaman efektif, tekstur, drainase, struktur tanah, density dan kemasakan tanah), dan beberapa sifat fisik tanah yaitu reaksi tanah, adanya bahaya sulfidik, dan kandungan bahan organik. Apabila terdapat ketidaksesuaian antara data yang ada dengan kenyataan di lapangan, maka data tersebut perlu dilakukan perbaikan.

Penyusunan peta

Untuk menyusun peta arahan penggunaan lahan pertanian diperlukan tiga jenis data utama yaitu : (1) data hasil evaluasi lahan, (2) peta kawasan, dan (3) data prioritas tanaman. Selain itu data penggunaan lahan saat ini diperlukan juga sebagai salah satu faktor pertimbangan dalam pewilayahan arahan penggunaan lahan pertanian. Data-data tersebut diperlukan untuk memperoleh pewilayahan komoditas pertanian yang sesuai secara fisik. Hasil penyusunan peta arahan

penggunaan lahan pertanian disajikan dalam bentuk peta yang dilengkapi dengan legenda dan naskah laporannya.

3.2.3 Tahap Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak

Kegiatan penelitian tahap Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak terdiri dari analisis ; tekanan penduduk, tingkat kesejahteraan penduduk, komoditi unggulan pertanian, keberadaan serta penegakan hukum dan analisis usaha tani.

1) Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan pada tahapan Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak dapat dilihat pada Table 17 di bawah ini.

Tabel 16. Bahan dan data yang diperlukan untuk Evaluasi Sosial dan Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak

No	Bahan/data	Sumber (Rencana)	Keterangan
1	Peta Sub DAS Sumpur	Hasil pengolahan citra penelitian tahap 1 dan Skala 1 : 50.000 ke 2	
2	Peta administrasi	Bappeda; Provinsi Sumatera Barat, Kab. Skala 1 : 50.000 Tanah Datar, Kota Padang Panjang	
3	Peta penggunaan lahan 2014	Hasil pengolahan citra penelitian tahap 1 dan Skala 1 : 50.000 ke 2	
4	Data luas lahan pertanian	Hasil pengolahan citra penelitian tahap 1, Dalam bentuk matrik BPS dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	
5	Data jumlah keluarga tani	BPS dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan
6	Data keluarga miskin dan total keluarga di Sub DAS	BPS dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan
7	Rata-rata pendapatan per kapita (pertanian dan non pertanian)	BPS dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan
8	Jumlah penduduk	BPS dan Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan
9	Data ada tidaknya norma masyarakat berkaitan dengan konservasi tanah dan air, baik formal maupun informal	Dinas Kehutanan atau Dinas Terkait.	Laporan
10	Data budidaya tanaman lokal	Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan/survey
11	Data permintaan komoditi lokal	Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan/survey
12	Data input usaha tani komoditi	Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Laporan/survey

2) Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, dimana jenis penelitian ini tergolong kedalam penelitian survei. Penelitian ini dilaksanakan di

Sub DAS Sumpur Singkarak, secara adminitrasi termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Tanah Datar dan Kota Padang Panjang, tepatnya pada 12 Nagari/Desa yang berada disepanjang aliran Sub DAS Sumpur Singkarak. Data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer, dimana teknik pengumpulan data yang digunakan adalah teknik dokumentasi dan teknik kuesioner. Jumlah responden penelitian yang digunakan sebanyak 32 orang yang berasal dari tokoh petani dan penyuluh pertanian nagari, sedangkan pemilihan responden digunakan teknik purposive sampling. Metode analisa data yang digunakan mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P. 61 /Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai.

Tekanan penduduk

Menggunakan Indeks Ketersediaan Lahan (IKL)

$$IKL = \frac{A}{P} \dots\dots\dots \text{persamaan 8}$$

A : luas lahan pertanian
B : jumlah KK petani

Tabel 17. Indeks ketersediaan lahan/tekanan penduduk

No	Nilai	Kelas
1	IKL > 4,0	Sangat tinggi
2	2,0 < IKL ≤ 4,0	Tinggi
3	1,0 < IKL ≤ 2,0	Sedang
4	0,5 < IKL ≤ 1,0	Rendah
5	IKL ≤ 0,5	Sangat rendah

Tingkat kesejahteraan penduduk (TKP)

Didekati dengan persentase keluarga miskin (KK), seperti yang terlihat di bawah ini:

$$\% \text{ KK miskin} = TKP = \frac{\text{jumlah kk miskin}}{\text{jumlah kk total}} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{persamaan 9.}$$

Tabel 18. Klasifikasi tingkat kesejahteraan penduduk berdasarkan % KK miskin

No	Nilai	Kelas
1	$TKP \leq 5$	Sangat baik
2	$5 < TKP \leq 10$	Baik
3	$10 < TKP \leq 20$	Sedang
4	$20 < TKP \leq 30$	Buruk
5	$TKP > 30$	Sangat buruk

Komoditi Unggulan Pertanian Hortikultura dan Perkebunan

Dianalisa dengan teknik deskriptif kualitatif, dimana seluruh informasi kondisi komoditi unggulannya didapatkan dari pengalihan informasi secara mendalam pada responden penelitian, melalui pedoman pertanyaan yang mengacu pada konsep 5 W + 1 H.

Keberadaan Serta Penegakan Hukum

Dianalisa dengan menggunakan metode deskriptif kualitatif, sedangkan untuk mengukurnya digunakan bantuan indikator penilaian sebagai berikut:

Tabel 19. Parameter Keberadaan Serta Penegakan Hukum

No	Parameter	Nilai	Kelas
1		Ada, dipraktekkan luas	Sangat baik
2	Ada tidaknya suatu aturan masyarakatdi DAS yang berkaitan	Ada, dipraktekkan terbatas	Baik
3	dengan konservasi	Ada, tidak dipraktekkan	Sedang
4		Tidak ada peraturan	Buruk
5		Ada aturan tapi kontra konservasi	Sangat buruk

Analisis Usaha Tani

Analisis Usaha Tani dilakukan dengan dua metode yaitu B/C Ratio dan dan Net Present Value (NPV). Benefit and Cost ratio (B/C ratio) adalah tingkat keuntungan atau pendapatan yang diperoleh dengan total keseluruhan biaya yang dikeluarkan. Pada dasarnya suatu usaha dikatakan layak dan memberikan manfaat positif pada

suatu usaha apabila nilai suatu B/C Ratio lebih besar dari nol (0) dan semakin besar suatu nilai B/C Ratio semakin besar pula manfaat positif yang akan diterima dalam suatu usaha tersebut (Rihardi, F, Budiarti, & Asiani, 2003). Analisis B/C Ratio dapat dihitung dengan rumus :

$$BC \text{ Ratio} = \frac{\text{Keuntungan}}{\text{Total Biaya Produksi}} \dots \dots \dots \text{persamaan 13}$$

Metode Net Present Value merupakan metode yang dilakukan dengan cara membandingkan nilai sekarang dari aliran kas masuk bersih (proceeds) dengan nilai sekarang dari biaya pengeluaran suatu investasi (outlays). Oleh karena itu, untuk melakukan perhitungan kelayakan investasi dengan metode NPV diperlukan data aliran kas keluar awal (initial cash outflow), aliran kas masuk bersih di masa yang akan datang (future net cash inflows), dan rate of return minimum yang diinginkan. Rumus yang digunakan adalah :

$$\sum_{t=0}^n \frac{At}{(1+k)^t} \dots \dots \dots \text{persamaan 14}$$

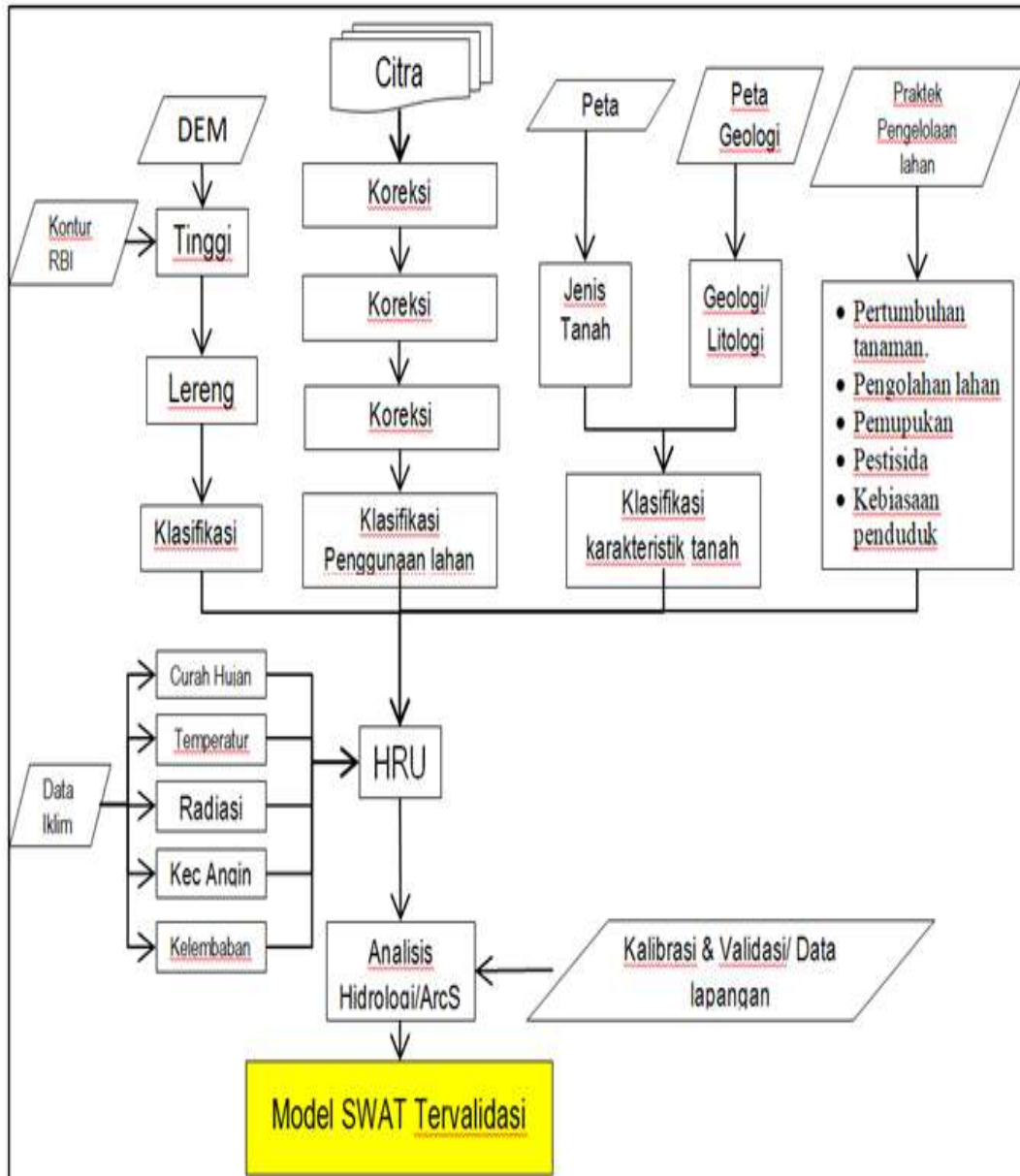
Keterangan ;

- | | |
|----|-----------------------------------------------------|
| k | = Discount rate yang digunakan |
| At | = Cash flow pada periode t 10 |
| n | = Periode yang terakhir dimana cash flow diharapkan |

3.2.4 Setup Model SWAT untuk Analisis Aliran Permukaan dan Erosi.

Pada tahap penelitian Setup Model SWAT untuk Analisis Aliran Permukaan dan Erosi, kegiatannya antara lain adalah ; pengumpulan data,

pengolahan data, input data, automatic watershed delination, kalibrasi, validasi dan model luaran. Alur kegiatan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Alur proses pengolahan data Model SWAT

1) Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada tahapan Setup Model SWAT dapat dilihat pada Tabel 20 di bawah ini.

Tabel 20. Bahan dan Data yang Diperlukan untuk Analisis Aliran Permukaan dan Erosi dengan Menggunakan Model SWAT di Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Bahan/data	Sumber (Rencana)	Keterangan
1	Digital Elevation Model (DEM) dalam bentuk raster.	(Badan Informasi Geospasial, 2018)	Resolusi < 30 m
2	Peta/Data penggunaan lahan(2004 dan 2019)	Hasil pengolahan citra penelitian tahap 1 dan lanjutan pengolahan tahun 2019.	Skala 1 : 50.000
3	Data/Peta Satuan Lahan/Peta Tanah dalam bentuk vektor atau raster	Hasil pengolahan penelitian tahap ke 2	Skala 1 : 50.000
4	Peta rupa bumi dalam bentuk raster	(Badan Informasi Geospasial, 2018)	Skala 1 : 50.000
5	Peta administrasi	(Badan Informasi Geospasial, 2018)	Skala 1 : 50.000
5	Data rata-rata hujan harian, suhu max/min harian dalam bentuk dbf,	(Stasiun Klimatologi Kelas II Padang Pariaman; Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 2004 - 2018)	Dalam bentuk format dbf
6	Data wheater generator	Pembangkitan data cuaca di website cuaca	Dalam bentuk format dbf
7	Data debit sungai harian	(Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar, 2004 - 2018)	Dalam bentuk tabel
8	Data informasi pengelolaan lahan pertanian.	Dinas Pertanian Kabupaten/Kota	Informasi kebiasaan pengelolaan
9	Posisi outlet, lokasi stasiun pengukur cuaca atau iklim Sub DAS Sumpur	Mencari way point GPS lapangan	Dalam bentuk koordinat lokasi.
10	Data Sifat Fisik dan Kimia Tanah	Survey dan pengambilan sampel tanah di lapangan	Metode stratified random dengan cara purposive sampling.

Alat yang digunakan pada tahapan tahapan Setup Model SWAT adalah sebagai berikut ;

- (1) Komputer laptop dengan prosesor Intel ® core ™ i7 RAM 64 GB
- (2) Sistem operasi Microsoft Windows 10 Ultimate copyright 2009
- (3) ArcMap (GIS dan SWAT) 10.1, Global Mapper 15, Map Source,
- (4) GPS

2) Metode

Delineasi

Untuk membatasi lokasi penelitian dan karakterisasi Sub DAS Sumpur Singkarak dilakukan delineasi dengan automatic watershed delineation (AWD) ArcSWAT 2012. Pada proses pembentukan sub DAS, model SWAT menggunakan data berupa DEM resolusi 30 x 30 m (Badan Informasi Geospasial, 2018), lokasi DAS dan outlet DAS. Pada penelitian ini ambang batas yang digunakan sebesar 250 Ha. Dengan metode threshold (ambang batas) dan ditentukan titik outletnya di Sub DAS Sumpur Singkarak maka diperoleh peta jaringan sungai. Nilai ambang batas inilah yang akan menentukan jumlah sungai yang terbentuk. Semakin besar nilai ambang batasnya maka akan semakin sedikit jumlah sungai yang terbentuk begitu juga sebaliknya.

Penggunaan Lahan (Land Use)

Untuk menjalankan SWAT diperlukan data dan peta penggunaan lahan dengan melakukan intepetasi Citra tahun 2014 dan 2019 melalui proses koreksi orthorektifikasi, koreksi geometerik, koreksi radiometerik. Selanjutnya dilakukan intepetasi citra dilakukan dengan metode visual. Klasifikasi penggunaan/penutupan lahan didasarkan pada SNI Nomor: 7645, 2010 (Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2010), Undang-Undang RI Nomor 41 Tahun 1999 dan Peraturan Pemerintah RI Nomor 26 Tahun 2008. Klasifikasi penutupan lahan skala semi detil (1 : 50.000) berdasarkan gabungan SNI dan Peraturan tersebut untuk tujuan penelitian dan kondisi Sub DAS Sumpur Singkarak adalah ; Sawah, ladang, perkebunan campuran, perkebunan kopi, hutan lindung, hutan konservasi

(suaka alam), lahan terbuka (lahan terbuka pada kaldera dan bekas lahar/lava) dan pemukiman.

Klasifikasi Lereng

Pada diagram alir yang ada pada gambar 11 terlihat bahwa dari data DEM dapat diekstraks informasi ketinggian. Ketinggian tersebut kemudian dikoreksi oleh kontur RBI. Dari data ketinggian yang telah terkoreksi dapat diperoleh data lereng. Kemudian dari data lereng tersebut dikelaskan menjadi beberapa kelas sehingga diperoleh data klasifikasi lereng Sub DAS Sumpur Singkarak. Klasifikasi tersebut dari 0% – 3%, 3 – 8%, 8 – 15%, 15 – 30%, 30 – 35% dan >45%.

Klasifikasi Karakteristik Tanah

Jenis tanah diperoleh dari peta/data jenis tanah Sub DAS Sumpur Singkarak. Sedangkan peta geologi menghasilkan data geologi/litologi Sub DAS Sumpur Singkarak. Data geologi/litologi ini dapat menghasilkan data bahan induk tanah hal ini terkait dengan permeabilitas tanah. Dari data jenis tanah dan data geologi/litologi tanah diperoleh klasifikasi karakteristik tanah Sub DAS Sumpur Singkarak. Klasifikasi tersebut terdiri dari kelas liat, lempung berliat, liat berdebu, lempung berdebu dan lempung berpasir.

Input Data Pengelolaan Lahan

Data pengelolaan lahan yang diperlukan terdiri dari ; pertumbuhan tanaman, pengolahan lahan, pemupukan, pestisida, kebiasaan petani/masyarakat.

Pembentukan HRU (Hydrological Response Unit)

Pembentukan HRU dilakukan dengan cara overlay peta lereng, peta penggunaan lahan dan peta karakteristik tanah. Setiap HRU yang terbentuk berisi informasi spesifik mengenai lahan tersebut yang mencakup penggunaan lahan, jenis tanah dan kemiringan lereng. Threshold direncanakan yaitu 5 % untuk penggunaan lahan, 5% jenis tanah dan 5% lereng dari luas Sub DAS. Artinya HRU yang terdiri dari luas penggunaan lahan, jenis tanah dan lereng yang lebih kecil dari threshold tersebut diabaikan oleh model dan nilainya diisi oleh HRU tetangganya.

Input Data Iklim

Input data iklim dilakukan untuk memodelkan data iklim yang terdiri dari temperatur, data curah hujan, data radiasi matahari dan kecepatan angin. Model hidrologi SWAT disimulasi selama 10 tahun lebih, dari tahun 2010 – 2018 dengan menggunakan input data hujan CHIRPS (Climate Hazard Group InfraRed Precipitation with Station)

Simulasi Model SWAT

Dengan menggunakan HRU Sub DAS Sumpur Singkarak dan data iklim dilakukan simulasi debit aliran berdasarkan model SWAT untuk menghasilkan debit model. Pembuatan HRU dan pemodelan SWAT untuk mendapatkan debit model ini dilakukan pada ArcGis 10.1 dengan interfacenya/Tools ArcWAT.

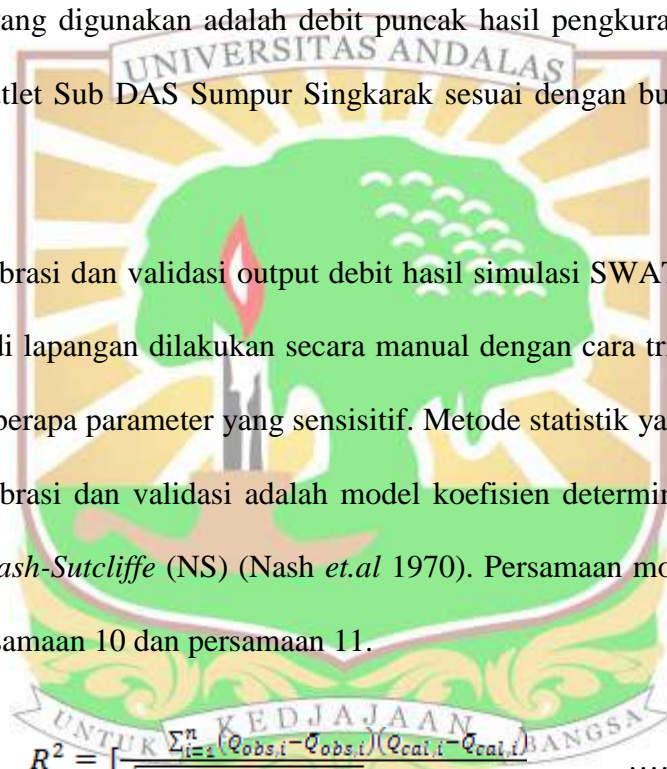
Simulasi untuk mendapatkan debit model ini dijalankan berdasarkan input data curah hujan dan temperatur harian beberapa tahun 2010 dan 2018. Dengan

curah hujan dan temperatur yang sama dilakukan simulasi debit kembali untuk masing-masing penggunaan lahan.

Kalibrasi dan Validasi Model

Kalibrasi dan validasi dilakukan dengan membandingkan debit model dan debit pengukuran lapangan tahun yang sama. Hal tersebut dilakukan untuk melihat seberapa akuratnya hasil yang diperoleh pada penelitian ini. Debit pengukuran lapangan yang digunakan adalah debit puncak hasil pengkuran tahun 2010 dan 2018 di outlet Sub DAS Sumpur Singkarak sesuai dengan bulan data iklim yang digunakan.

Proses kalibrasi dan validasi output debit hasil simulasi SWAT dengan debit hasil observasi di lapangan dilakukan secara manual dengan cara trial dan error dengan melihat beberapa parameter yang sensitif. Metode statistik yang digunakan dalam proses kalibrasi dan validasi adalah model koefisien determinasi (R^2) dan model efisiensi *Nash-Sutcliffe* (NS) (Nash *et.al* 1970). Persamaan model yang digunakan adalah persamaan 10 dan persamaan 11.



$$R^2 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})(Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2 \sum_{i=1}^n (Q_{cal,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2}} \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 10}$$

$$NS = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{cal,i})^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs,i} - \bar{Q}_{obs,i})^2} \right] \dots\dots\dots \text{persamaan 11}$$

Dimana $Q_{obs,i}$ adalah debit observasi ($m^3 s^{-1}$), $Q_{cal,i}$ adalah debit simulasi ($m^3 s^{-1}$), $\bar{Q}_{obs,i}$ adalah debit rata-rata observasi ($m^3 s^{-1}$), dan $\bar{Q}_{cal,i}$ adalah debit rata-rata simulasi ($m^3 s^{-1}$). Nilai R^2 berkisar antara 0 sampai dengan 1, apabila nilai R^2

semakin mendekati 1, berarti menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara data simulasi dengan data observasi. *Nash-Sutcliffe Efficiency* (NSE) merupakan suatu model *statistic* yang menunjukkan besar dari pengaruh hubungan data simulasi dan data observasi. Nilai NS berkisar antara 0 sampai dengan 1, yang mana nilai mendekati 1 menunjukkan bahwa performa dari suatu model yang baik (tabel 21). Model statistik NS ini paling banyak digunakan untuk menunjukkan performa dari suatu model karena dapat memberikan informasi yang lebih akurat mengenai nilai yang diberikan.

Tabel 21. Kriteria statistik Nilai Nash Sutcliffe Efficiency (NSE)

Kriteria	NSE
Sangat Baik	0,75<NSE<1,00
Baik	0,65<NSE<0,75
Memuaskan	0,50<NSE<0,65
Kurang memuaskan	NSE≤0,50

Sumber: (Moriassi, Arnold, MW, Bingner, Harmel, & Veith, 2007)

Analisis Debit Aliran Permukaan dan Erosi

Dalam mengestimasi aliran permukaan (*Qsurf*), SWAT menggunakan dua buah metode, yaitu *SCS curve number* (CN) dan infiltrasi *Green and Ampt*. Berdasarkan volume aliran permukaan dan puncaknya, dilakukan simulasi pada setiap HRU (*Hydrology Response Units*). *SCS curve number* merupakan fungsi dari permeabilitas tanah, tata guna lahan, dan kondisi air tanah. Persamaan *SCS curve number* disajikan pada persamaan 12 dan 13 (Neitsch et al, 2005).

$$Q_{surf} = \frac{(R_{day} - 0,2 S)^2}{(R_{day} + 0,8 S)} \dots\dots\dots \text{persamaan 12}$$

Keterangan:

$$\begin{aligned}
 R_{day} &= \text{Curah hujan per hari (mm)} \\
 S &= \text{retention parameter (mm)} \\
 S &= 25,4 \left(\frac{100}{CN} - 10 \right) \dots\dots\dots \text{persamaan} \\
 &13
 \end{aligned}$$

Besarnya laju W_{seep} , dan Q_{gw} dihitung dengan persamaan (14), dan (15) (Neitsch et al, 2005)

$$W_{seep} = W_{perc,ly=n} + W_{crk,btm} \dots\dots\dots \text{persamaan} \\
 14$$

Keterangan ;

W_{seep} = Total air yang berada di bawah tanah pada hari ke-i (mm)
 $W_{perc,ly=n}$ = Jumlah air perkolasi yang keluar dari lapisan terbawah (mm)
 $W_{crk,btm}$ = Jumlah air yang mengalir melewati lapisan yang lebih bawah dari muka tanah untuk mengalirkan aliran pada hari ke-i (mm)

$$Q_{gw} = 800 \cdot \mu \cdot \alpha_{gw} \cdot h_{wtbl} \dots\dots\dots \text{persamaan} \\
 15$$

Q_{gw} = Jumlah air yang kembali pada hari ke-i (mm)
 μ = Specific yield dari akuifer dangkal (m/m)
 α_{gw} = Konstanta resesi aliran mantap
 h_{wtbl} = Tinggi muka air pada watertable (m)

Berdasarkan hasil simulasi model SWAT yang diperoleh dilakukan analisis akumulasi aliran permukaan dan debitnya dengan HRU yang berbeda-beda dan data iklim yang tetap.

Erosi dihitung untuk masing-masing HRU dengan Modified Universal Soil Loss Equation (MUSLE) (Williams, 1975). MUSLE menggunakan jumlah aliran permukaan untuk simulasi erosi dan sedimen. Substitusi parameter tersebut memberikan keuntungan sebagai berikut : akurasi prediksi model menjadi meningkat, rasio pengiriman tidak dibutuhkan lagi, dan perkiraan hujan tunggal yang menghasilkan sedimen dapat dihitung.

3.2.5 Tahap Optimasi Penggunaan Lahan

Kegiatan penelitian tahap Optimasi Penggunaan Lahan (tahap 5) terdiri dari ; Penyusunan skenario penggunaan lahan, setup model hidrologi SWAT dan optimasi dengan MCSA.

1) Bahan dan Alat

Bahan yang diperlukan pada tahapan pengolahan dan analisis perubahan penggunaan dapat dilihat pada Tabel 23 di bawah ini.

Tabel 22. Bahan dan data yang diperlukan tahap Optimasi Penggunaan Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak

No	Data	Sumber	Keterangan
1	Digital elevation model	USGS	SRTM 30 x 30 m
2	Peta Tanah skala Tinjau Puslitanak 1:250.000		Vector (shapefile)
3	Data Meteorologi (subdaily and daily)	data BMKG dan CHIRPS	Table (.dbf and text)
4	SPOT 7	USGS	Raster
5	Karakteristik tanah	Survey lapangan dan analisis laboratorium	Tabel
6	Debit harian	Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar, 2004 - 2018	Table (.dbf and text)
7	Analisa Usaha Tani	Wawancara dilapangan dan dianalisa	Tabel

Alat yang diperlukan pada tahapan optimasi penggunaan lahan Sub DAS Sumpur Singkarak adalah sebagai berikut ;

- a) Komputer laptop dengan prosesor Intel ® core™ i7 RAM 64 GB
- b) Sistem operasi Microsoft Windows 10 Ultimate copyright 2009
- c) ArcMap (GIS dan SWAT) 10.1, Global Mapper 15, Map Source,

2) Metode

Metode yang digunakan adalah kombinasi pemodelan hidrologi dalam Multy Criteria Spatial Analysis (MCSA) untuk memberikan gambaran rekomendasi penggunaan lahan untuk pemangku kebijakan.

Skenario Penggunaan Lahan

Sebelum dijalankan pemodelan dan analisa MCSA disusun skenario penggunaan lahan dengan ketentuan sebagai berikut ;

- a) Penggunaan lahan mengacu kepada hasil analisa kesesuaian lahan hasil penelitian tahap ke 2.
- b) Lahan yang akan di skenariokan hanya kawasan Area Penggunaan Lain (APL), karena kawasan Hutan Lindung serta Kawasan Suaka Alam (KSA)/Kawasan Pelestarian Alam (KPA) tidak bisa digunakan untuk kawasan budidaya.
- c) Lahan sawah tidak diskenariokan karena nilai koefisien aliran permukaannya (C) nya hanya 0,01 dan sistim konservasinya sudah memadai.
- d) Lahan yang diskenariokan hanya lahan budidaya/lahan pertanian non sawah yang masuk dalam kawasan APL yaitu lahan tegalan/ladang dan kebun campuran.
- e) Komoditi yang diskenariokan hanya beberapa komoditi hortikultura dan perkebunan yang nilai koefisien C nya besar dan biasa di tanam oleh masyarakat di kawasan Sub DAS Sumpur singkarak yaitu wortel, kentang, terung, sawo, pisang, durian, kelapa, kakao dan kopi.
- f) Komoditi yang diskenariokan hanya komoditi yang hasil analisa usaha taninya besar B/C Ratio nya.

- g) Lahan yang diskenariokan adalah lahan yang merupakan kombinasi skenario dari komoditi yang terpilih pada lahan tegalan/ladang dan kebun campuran.

Setup Model Hidrologi SWAT

Simulasi hidrologi ini menggunakan data penggunaan lahan tahun 2018 yang merupakan hasil klasifikasi dari Citra Landsat 8 OLI dengan resolusi spasial 30 m. Database penggunaan lahan pada model SWAT yang terdiri dari data crops dan urban Kelas kemudian disesuaikan dengan penggunaan lahan di SubDAS Sumpur, untuk tanaman menggunakan crop database sedangkan untuk pemukiman menggunakan urban database.

Langkah selanjutnya untuk membentuk HRUs menggunakan tiga input data, yaitu; peta tutupan lahan, peta tanah, dan peta kemiringan lereng. Peta tanah yang digunakan dalam membentuk HRUs adalah Peta Tanah Semi detail dan karakteristiknya yang diterbitkan oleh Puslitanak, Klasifikasi kemiringan lereng dibagi dalam 5 kelas yaitu; 0% – 3%, 3 – 8%, 8 – 15%, 15 – 30%, 30 – 35% dan >45%.

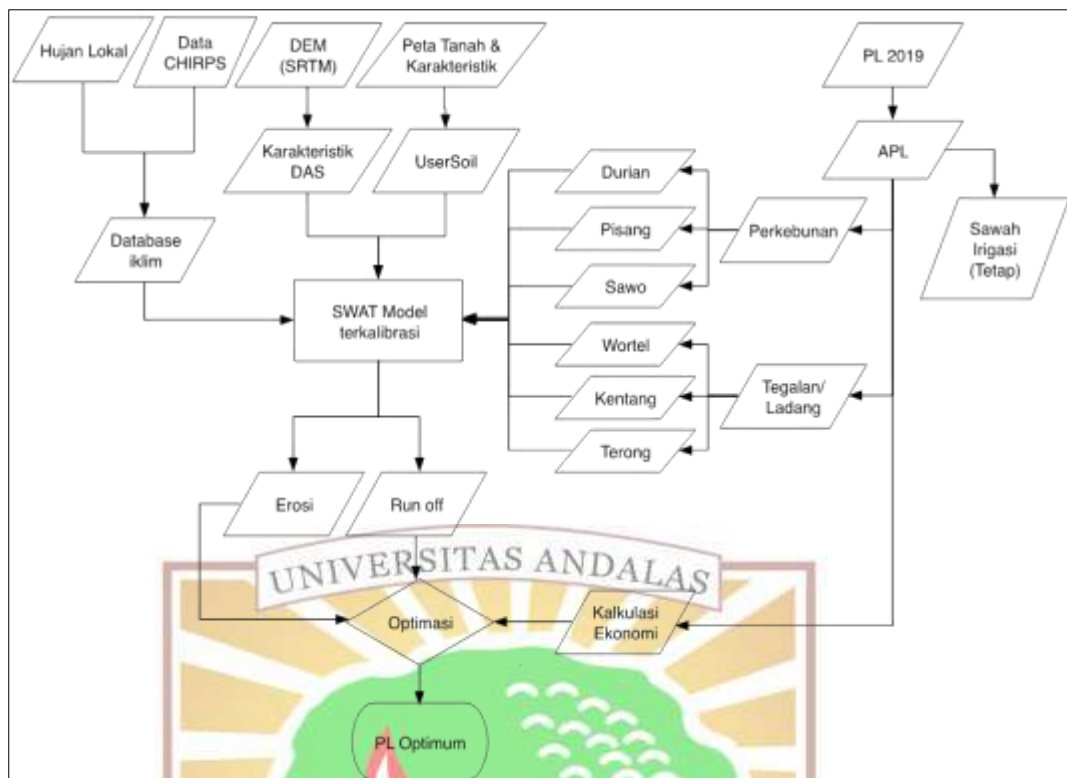
Model ini menggunakan `wgnstation.txt` sebagai generator iklim. Generator ini dikembangkan dari stasiun iklim dan mencatat data minimal 5 tahun. Model SWAT juga menggunakan curah hujan harian dan data suhu harian. Data hujan yang digunakan untuk simulasi adalah data global presipitasi dari CHIRPS yang dapat diunduh di

<https://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.UCSB/.CHIRPS/.v2p0/.dailyimproved/.global/.0p05> data hujan CHIRPS yang digunakan dalam penelitian ini mulai dari 1 Januari 2010 sampai dengan 31 Maret 2020. Data CHIRPS kemudian di kalibrasi dengan data hujan local pada stasiun pemantauan BMKG (Stasiun Klimatologi

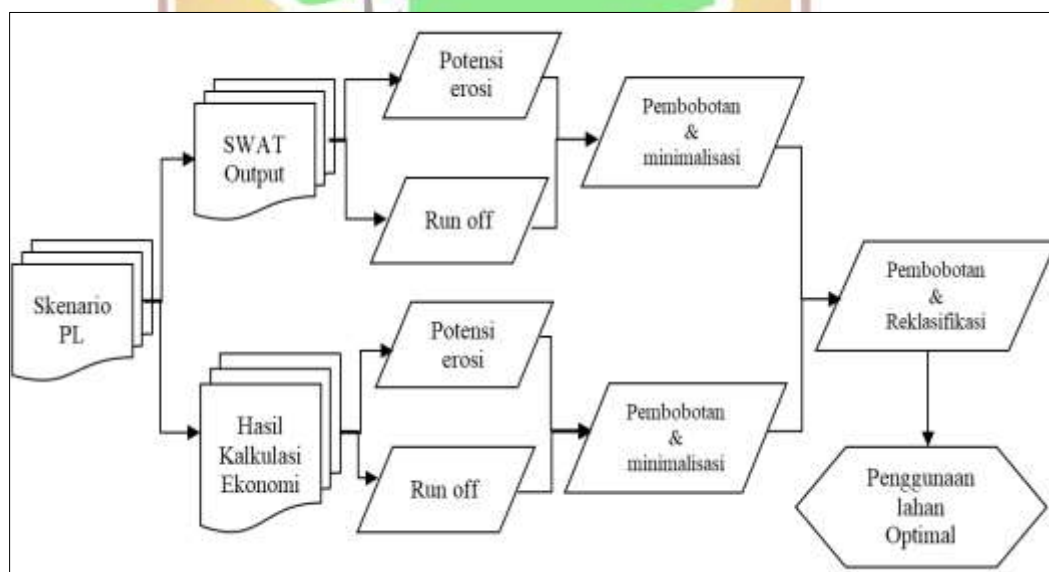
Kelas II Padang Pariaman; Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 2004 - 2014) dan Dinas PSDA Sumatera Barat (Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar, 2004 - 2014). Simulasi model SWAT dilakukan setelah proses HRU's definition dan perekaman semua data kedalam database SWAT. Luaran model kemudian dibanding dengan pemantauan data debit di Sungai Sumpur pada proses Kalibrasi dan validasi.

Optimasi Lahan dengan Multi Criteria Spasial Analysis (MCSA)

Hasil model SWAT yang telah terkalibrasi dan tervalidasi sebagai bahan untuk memproses model MCSA dan dapat memberikan gambaran rekomendasi penggunaan lahan untuk pemangku kebijakan. Output model hidrologi SWAT dan perhitungan potensi ekonomi dari produk perkebunan dan pertanian lahan kering dianalisis dengan menggunakan optimasi berdasarkan kriteria yang tidak hanya menguntungkan secara ekonomi tetapi juga tetap mengedepankan kelestarian lingkungan melalui parameter hidrologi yaitu besaran aliran permukaan dan erosi yang selalu menjadi kendala dalam pemilihan produk, dimana terjadi kesulitan pemilihan bila hanya berdasarkan potensi ekonomi saja, dengan simulasi model hidrologi SWAT didapatkan dampak dari pemilihan produk pertanian terhadap parameter hidrologi berupa aliran permukaan (mm/tahun) dan potensi erosi (tons/ha/tahun). Gambar 12 dan 13 memperlihatkan diagram alur pemodelan hidrologi SWAT yang dikombinasikan dengan kalkulasi ekonomi.



Gambar 12. Diagram alur kombinasi pemodelan hidrologi dan kalkulasi ekonomi

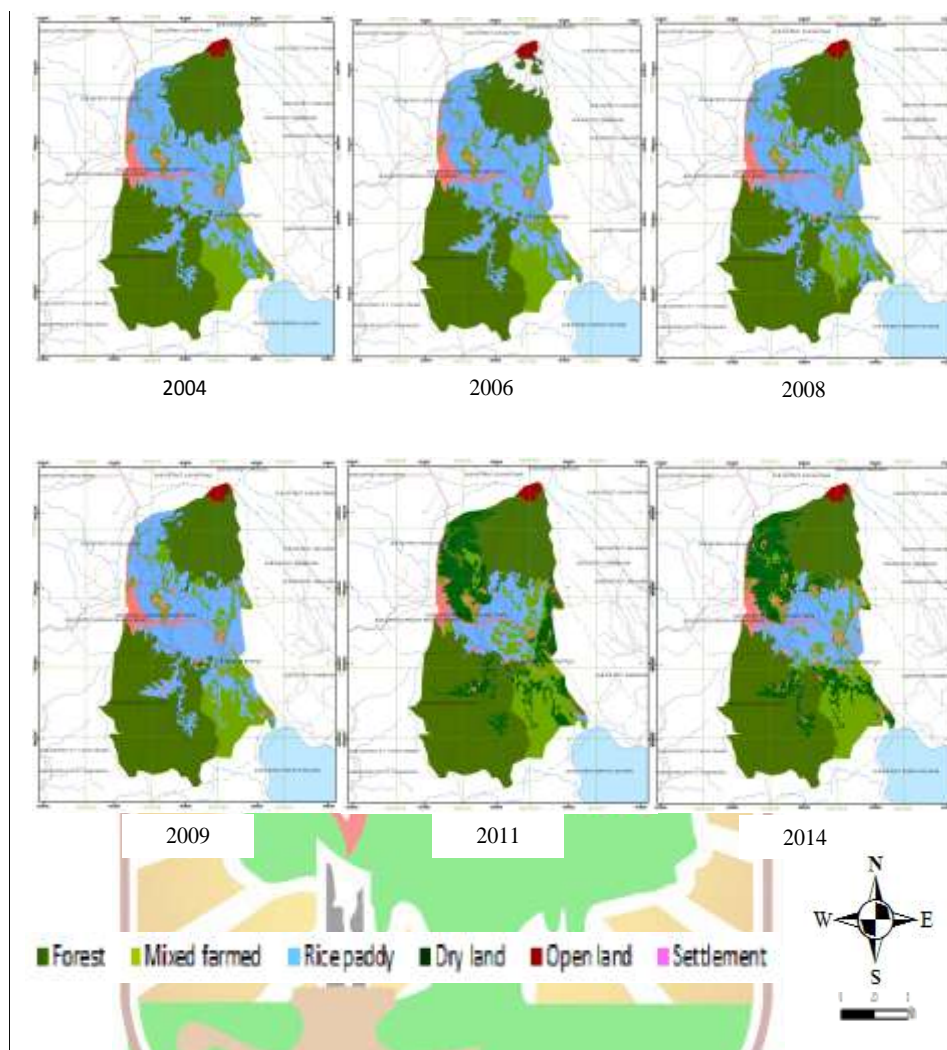


Gambar 13. Optimalisasi penggunaan lahan di DAS Sumpur

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

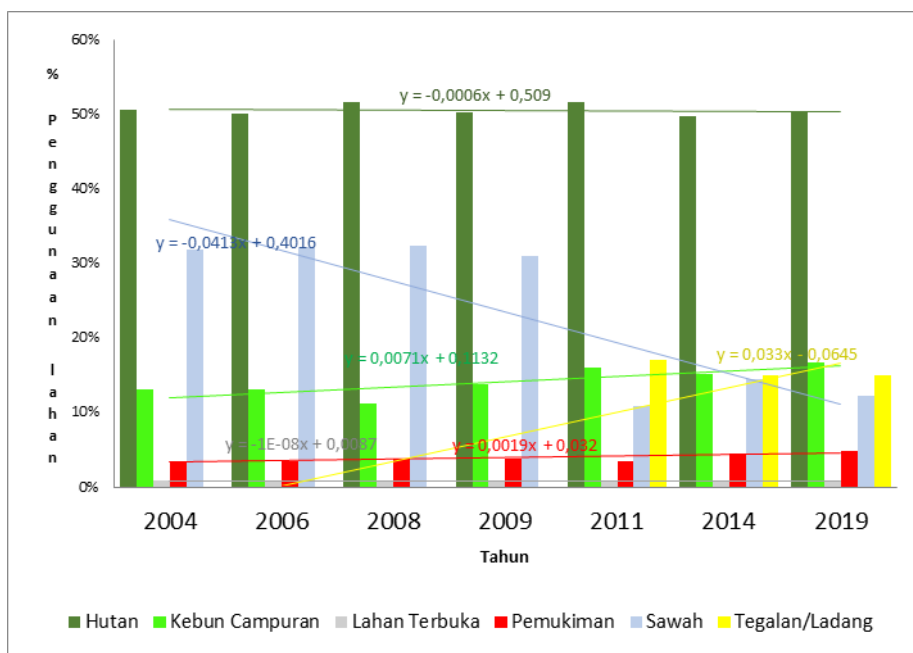
4.1 Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Berdasarkan hasil interpretasi citra satellite Landsat dan basemap arcgis di sub-DAS Sumpur Singkarak, maka didapat peta penggunaan lahan seperti terlihat pada gambar 14. Klasifikasi penggunaan lahan dibagi menjadi enam kelas, yaitu; hutan, kebun campuran, sawah, lahan kering/tegalan, lahan terbuka dan pemukiman. Masing-masing data seri penggunaan lahan tahun 2004, 2006, 2008, 2009, 2011, 2014 dan 2019 dapat dilihat pada pada Tabel 24 dan gambar 14,15. Pada tabel 24 ini juga terlihat pada tahun 2011 terjadi penurunan luas sawah seluas 3.125 ha jika dibandingkan dengan tahun 2009. Hal ini terjadi karena banyak alih fungsi lahan sawah oleh petani menjadi komoditi sayuran yang lebih tinggi nilai ekonominya. Sebahagian lagi berubah menjadi lahan kebun campuran dan hutan, karena tidak adanya sumber air untuk sawah. Pada tabel ini juga terlihat bahwa terjadi penurunan pemukiman seluas 69 ha pada tahun 2011 dibandingkan dengan tahun 2009. Hal ini bisa terjadi karena sebelum tahun 2011, di wilayah sekitar Nagari Sabu Andalas, terjadi lonjakan usaha tanaman hias dan bungo potong yang banyak menggunakan green house atau pelindung tanaman. Sehingga waktu intrepetasi secara visual kotak-kotak, terlihat mirip rumah pemukiman. Pada tahun 2011 pasaran bunga potong dan tanaman hias ini terjadi penurunan, akibatnya green house dan pelindung tanaman banyak yang dibongkar lagi.



Gambar 14. Peta Penggunaan lahan DAS Sumpur Singkarak tahun 2004, 2006, 2008, 2009, 2011 dan 2014.

Pada tahun 2019, penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur didapatkan dari hasil klasifikasi Base Map ArcGIS dengan menggunakan metoda visual (digit on screen) setelah citra melalui proses preprocessing. Hasil klasifikasi menunjukkan Sub DAS masih didominasi oleh tutupan hutan yang mencapai 50,3% (7.784 ha), sedangkan perkebunan campuran mencapai 16,7% (2.582 ha) dan tegalan/ladang 15,0 % (2.329 ha). Pemukiman secara umum berkembang di Kota Padang Panjang mencapai 4,9 % (751 ha). Sedangkan sawah tinggal hanya 12,3 % (1.898 ha). Gambar 15 memperlihatkan distribusi dan presentase penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak tahun 2019.



Gambar 16. Grafik Perubahan Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak (2004-2019)

Pada Tabel 24 dan gambar 16 terlihat bahwa terjadi pengurangan hutan seluas 52 ha (0,34 %). Berkurangnya hutan akibat aktivitas manusia seperti pembukaan kebun, pemukiman dan perladangan. Tetapi keseluruhan hutan di sub DAS Sumpur Singkarak telah melebihi 30% ruang terbuka hijau untuk tujuan kelestarian lingkungan (Pemerintah Republik Indonesia, 2008). Kebun campuran terjadi peningkatan seluas 557 Ha (3,60 %). Hal ini antara lain akibat pembukaan hutan di kawasan hutan lindung seluas 15 ha dan kawasan suaka alam (KSA)/kawasan pelestarian alam (KPA) seluas 803 Ha. Pembukaan kawasan hutan ini akan mengganggu fungsi hutan sebagai kawasan konservasi air. Jika ini tidak diantisipasi, akan mengganggu sistem hidrologi pada Sub DAS Sumpur Singkarak. Lahan terbuka berupa kaldera yang terletak di puncak Gunung Marapi dari tahun 2004 sampai 2019 luasannya relative tetap dan tidak berubah yaitu seluas 135 ha. Kaldera ini tidak bisa ditumbuhi oleh tanaman karena pengaruh panas dan belerang dari aktivitas Gunung Marapi. Pemukiman semakin bertambah luas, hal ini terlihat

dengan meningkatnya luas pemukiman seluas 199 ha (1,29 %) jika dibandingkan antara tahun 2004 dengan tahun 2019. Hal ini bisa terjadi, akibat penambahan penduduk di kawasan sub DAS Sumpur Singkarak terutama di Kecamatan Padang Panjang Timur dan Kecamatan X Koto. Lahan sawah dari tahun 2004 sampai tahun 2019 terjadi pengurangan seluas 3.032 ha (19,59 ha). Pengurangan ini terjadi terutama akibat beralih fungsinya lahan sawah menjadi lahan kering/tegalan untuk penggunaan budidaya komoditi hortikultura dan pangan. Komoditi hortikultura yang paling dominan adalah sayur-sayuran. Peralihan ini terutama terjadi pada tahun 2011. Hal ini bisa terjadi karena nilai ekonomi komoditi hortikultura lebih baik dibandingkan dengan padi sawah. Pada tahun 2011, pemukiman mengalami penurunan dibandingkan tahun sebelumnya, hal ini terjadi karena sebelum tahun 2011, Kota Padang Panjang dan nagari Andalas adalah Pusat pengembangan tanaman hias di Sumatera Barat. Akibatnya banyak tumbuh green house dan pembibitan bernaungan di sekitar daerah ini. Analisa visual dari citra, terlihat seperti pemukiman. Namun pada tahun 2011, booming bunga jauh berkurang. Akibatnya analisis spasial pada tahun 2011 pemukiman juga berkurang.

Tabel 24. Penggunaan Lahan pada Kawasan APL dan Hutan di Sub Das Sumpur Singkarak

No	Penggunaan Lahan	2019			Jumlah
		APL	HL	KSA/KPA	
					ha
1	Hutan	3.001	1.227	3.556	7.784
2	Kebun Campuran	1.764	15	803	2.581
3	Lahan Terbuka	-	-	135	135
4	Pemukiman	751	-	-	751
5	Sawah	1.861	24	13	1.898
6	Tegalan/Ladang	2.264	19	46	2.329
	Total	9.641	1.285	4.553	15.478

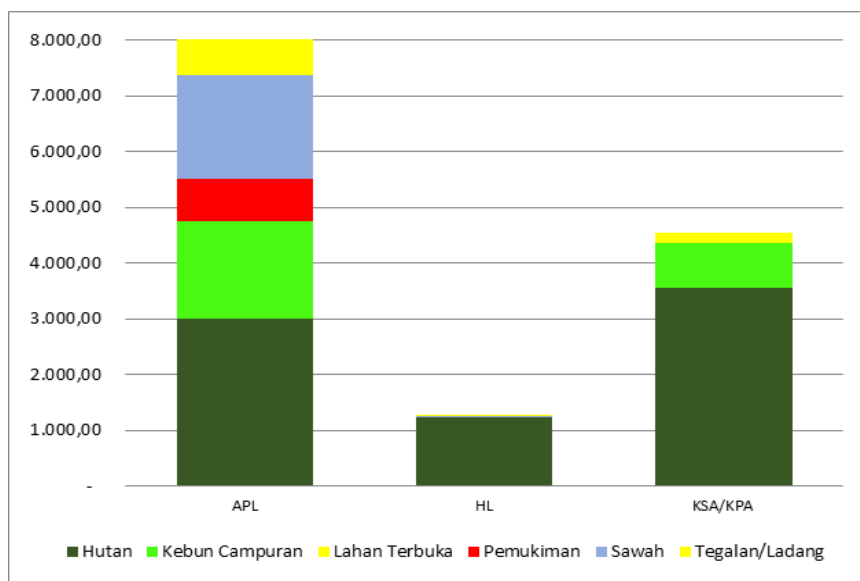
Sumber data : (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2013)

Keterangan :

APL (Area Penggunaan Lain)

HL (Hutan Lindung)

KSA/KPA (Kawasan Suaka Alam/Kawasan Pelastarian Alam)



Gambar 17. Grafik Penggunaan Lahan pada Kawasan Area Penggunaan Lain (APL) dan Kawasan Hutan

Perkembangan lahan kering/tegalan ini juga memberi dampak terhadap kawasan hutan lindung dan KSA/KPA. Dari data tabel 24 dan gambar 17 terlihat bahwa lahan kering yang pada umumnya ditanami dengan komoditi sayuran oleh masarakat tani sudah mulai ekspansi ke hutan lindung seluas 19 ha dan ke hutan KSA/KPA seluas 46 ha. Kemudian pada lahan sawah juga telah mulai ekspansi ke hutan lindung seluas 24 ha dan ke kawasan KSA/KPA seluas 13 ha. Pada lahan kebun campuran mulai ekspansi ke hutan lindung seluas 15 ha dan ke kawasan KS/KPA seluas 803 ha. Jika kegiatan ini tidak diawasi maka akan mengganggu sistim hidrologi kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak.

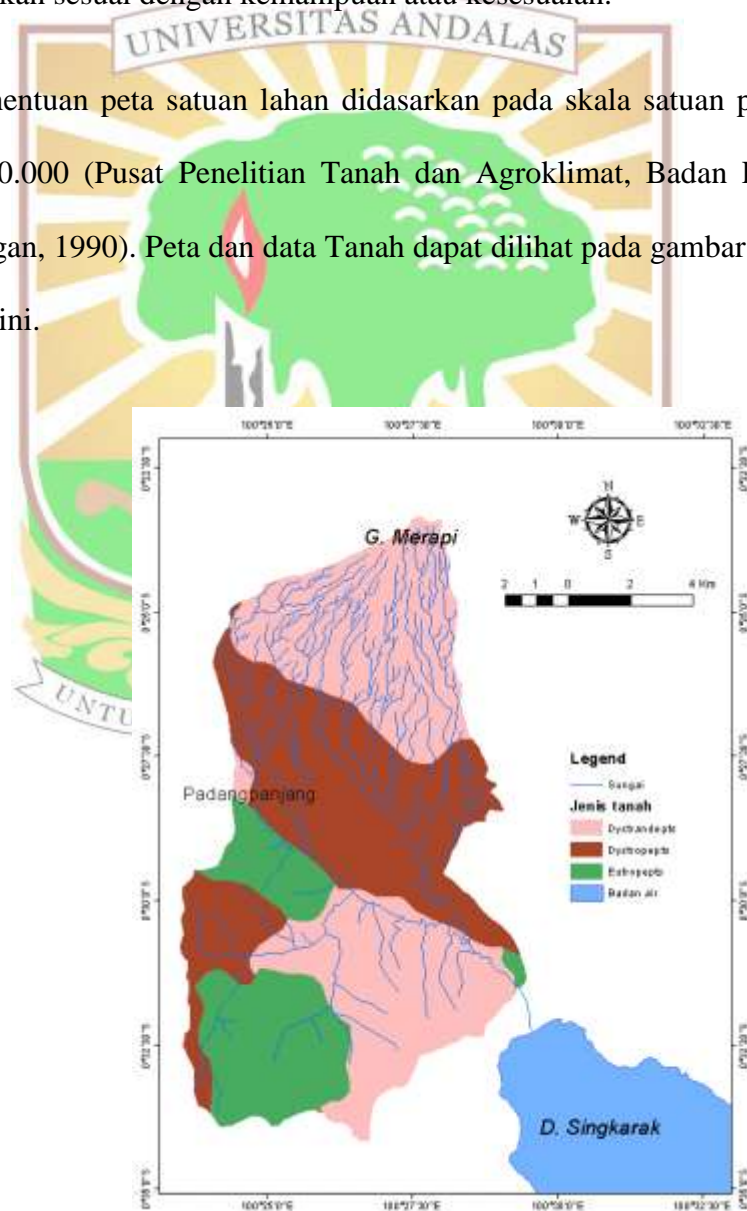
Total wilayah sub DAS Sumpur Singkarak adalah 15.478 ha. Kawasan hutan lindung seluas 1.285 ha (8,3 %), kawasan hutan KSA/KPA 4.553 ha (29,4 %) dan area penggunaan lainnya adalah 9.641 ha (62,3%). Total kawasan hutan adalah 5.837 ha (37,7 %). Dalam hal ini luas hutan DAS \geq 30% dari wilayah di sub DAS Sumpur Singkarak. Sesuai dengan peraturan Pemerintah Indonesia, luas kawasan

hutan di Sub DAS ini telah proporsional ; (Pemerintah Republik Indonesia, 2007)
(Pemerintah Republik Indonesia, 2008).

4.2 Evaluasi Kesesuaian Lahan

Sesuai dengan fokus penelitian, kawasan yang dievaluasi adalah seluruh kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak. Sedangkan untuk optimasi di fokuskan ke kawasan budidaya atau area penggunaan lainnya, dengan tujuan agar budidaya ini dapat diarahkan sesuai dengan kemampuan atau kesesuaian.

Penentuan peta satuan lahan didasarkan pada skala satuan peta tanah dan tanah 1: 250.000 (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, 1990). Peta dan data Tanah dapat dilihat pada gambar 18 dan Tabel 25 dibawah ini.



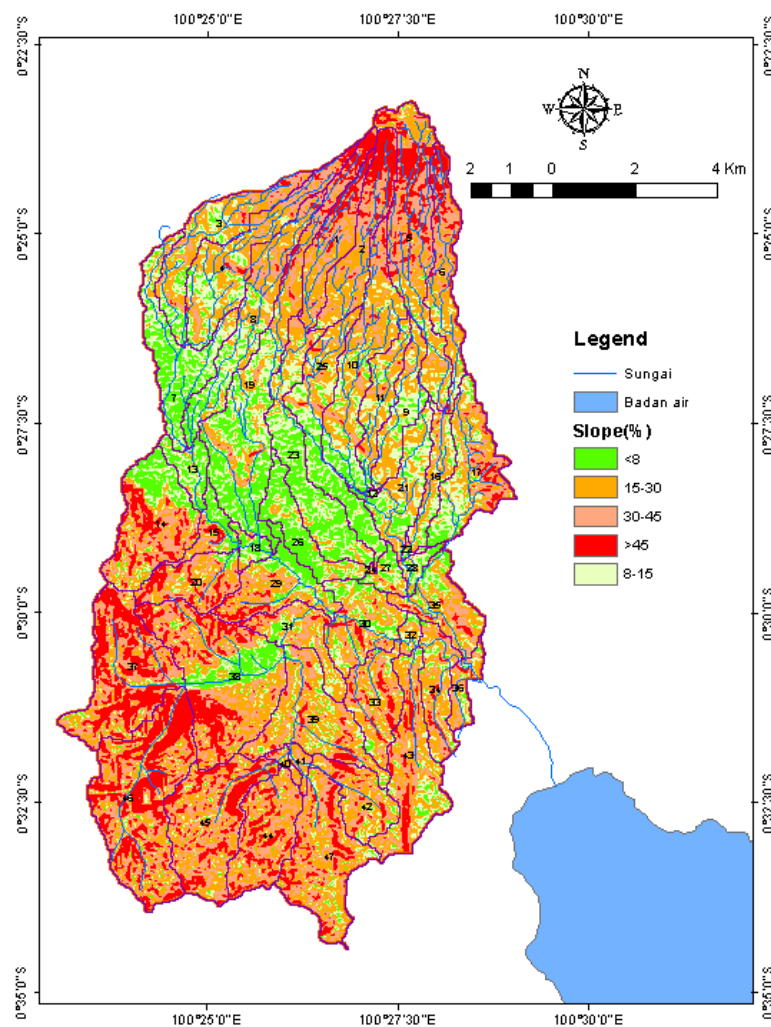
Gambar 18. Peta Tanah di Sub DAS Sumpur Singkarak

Tabel 25. Jenis Tanah di Sub Das Sumpur Singkarak.

No	Jenis tanah	Luas (ha)	%
1	Dystrandeps	8.942	57,8%
2	Dystropepts	3.831	24,7%
3	Eutropepts	2.705	17,5%
Total		15.478	

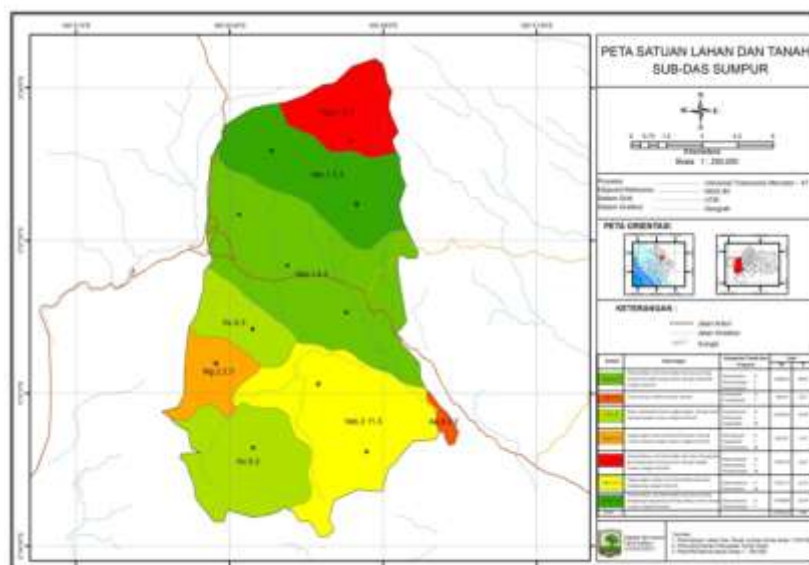
Berdasarkan hasil spatial analisis dengan menggunakan aplikasi SIG menunjukkan jenis tanah di Sub DAS Sumpur Singkarak didominasi oleh Dystrandeps yang mencapai 57,8% (8.942 ha) kemudian jenis tanah Dystropepts yang mencapai 24,7% (3.831 ha) dari total luas area, dan jenis tanah Eutropepts dengan prosentase luas mencapai 17,5 % (2.705 ha). Ketiga jenis tanah di Sub DAS Sumpur Singkarak merupakan ordo tanah Inceptisols tergolong tanah muda yang mengalami perkembangan tanah lebih lanjut, dicirikan dengan adanya perkembangan pencucian hara dan liat yang belum intensif pada lapisan atas dan penimbunan bahan-bahan tersebut pada lapisan bawah, sehingga tanah ini umumnya termasuk tanah subur. Dalam buku Kunci Taksonomi Tanah disebutkan bahwa Inceptisols merupakan tanah yang telah mengalami perkembangan horison ABwC / horison kambik. Selanjutnya, di detailkan dengan hasil penelitian lapangan dan laboratorium ke dalam skala 1: 50.000.

Kelas kemiringan lereng di SubDAS Sumpur dibagi dalam lima kelas berdasarkan klasifikasi kementrian kehutanan. Gambar 19 memperlihatkan distribusi kemiringan lereng di Sub DAS Sumpur Singkarak yang didominasi oleh kelas kemiringan 15% – 30% yang mencapai luas 4.595 ha (30%), dan sisanya terbagi hampir merata pada kelas kemiringan yang lain.



Gambar 19. Peta Lereng pada Sub DAS Sumpur Singkarak

Selanjutnya berdasarkan overlay peta tanah, peta lereng, peta kawasan dan peta penggunaan lahan, maka didapat peta satuan lahan seperti terlihat pada gambar 20 di bawah ini. Pada gambar ini juga dapat dilihat lokasi pengambilan sampel tanah di Sub DAS Sumpur Singkarak. Berdasarkan hasil di atas, yang akan dievaluasi dibagi 7 satuan lahan (SL) yaitu SL 1 (1.125,14 ha), SL 2 (2.512,3 ha), SL 3 (428,30 ha), SL 4 (1.933,18 ha), SL 5 (671,47 ha), SL 6 (1.746,86 ha) dan SL 7 (1.223,86 ha).



Gambar 20. Peta Satuan Lahan Sub DAS Sumpur Singkarak.

Dari hasil survey fisik lapangan, hasil labor dan data iklim diperoleh data karakteristik lahan seperti terlihat pada tabel 26.

Tabel 26. Karakteristik Satuan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Karakteristik Lahan	Satuan Lahan						
		1	2	3	4	5	6	7
Temperatur (tc)								
	Temperatur rata-rata tahunan (°C)	23	20,6	23	20,6	20,6	20,6	20,6
	Elevasi (m)	400-700	700-1200	400-700	700-1200	700-1200	700-1200	700-1200
Ketersediaan air (wa)								
	Curah hujan tahunan (mm)	2640	2640	2640	2602	2602	2640	2640
	Kelembaban (%)							
	Bulan kering (<100 mm/bln)	1	1	1	1	1	1	1
Ketersediaan oksigen (oa)								
	Draenase	baik	baik	baik	baik	baik	agak baik	baik
Media perakaran (rc)								
	Tekstur	agak halus (ah)	agak halus (ah)	halus (h)	halus (h)	sedang (s)	agak halus (ah)	agak halus (ah)
	Bahan kasar	sedikit	sedikit	sedikit	sedikit	sedikit	sedikit	sedikit
	Kedalaman Efektif	120	70	120	120	125	50	120
Gambut								
	Ketebalan (cm)	-	-	-	-	-	-	-
	Ketebalan (cm), jika ada sisipan bhn	-	-	-	-	-	-	-
	Kematangan	-	-	-	-	-	-	-
Retensi hara (nr)								
	KTK liat (cmol (+)/kg)	33,65	18,86	18,5	50,25	34,38	27,94	40,12
	Kejenuhan basa (%)	20,78	27,87	18,34	27,95	10,99	4,07	5,1
	pH H ₂ O	5,7	6	5,2	5,6	5,4	6,1	6,2
	C-Organik (%)	2,62	4,58	1,04	1,82	1,05	3,6	1,4
Hara tersedia (na)								
	N Total	0,21	0,26	7,43	0,16	0,14	0,18	0,14
	P2O5 tersedia	21,84	33,63	14,95	381	12,38	19,03	6,73
	K2O tersedia	74,32	72,52	43,8	248,9	38,42	19,03	53,12
Toksitas (xc)								
	Salinitas (mmhos/cm)	-	-	-	-	-	-	-
Sodisitas (xn)								
	Alkalinitas (%)	0	17,41	40,96	40,96	0	0	40,96
Bahaya Sulfidik (xs)								
	Kedalaman sulfidik (cm)	-	-	-	-	-	-	-
Bahaya erosi (eh)								
	Lereng (%)	3%	40%	8-15 %	8%	40%	40%	8-15 %
	Bahaya erosi	sedang	sedang	sedang	sedang	berat	sedang	sedang
Bahaya banjir (fh)								
	Genangan	tdk ada	ada	genangan	tdk ada	genangan	tdk ada	genangan
Penyiapan lahan (lp)								
	Batuan di permukaan (%)	<5 %	<5 %	<5 %	<5 %	<5 %	<5 %	<5 %
	Singkapan batuan (%)	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%	<5%
	Luas APL (ha)	1.125	2.512	428	1.933	671	1.747	1.224

Sebelum evaluasi kesesuaian lahan, dilakukan penentuan komoditi yang akan dievaluasi. Komoditas yang akan dievaluasi adalah komoditas yang biasa ditanam oleh petani di DAS Sumpur Singkarak. Berdasarkan data dari Badan Pusat statistik dan hasil survey lapangan, tanaman yang biasanya ditanam oleh petani adalah; padi sawah, jagung, kentang, wortel, kol, sawi, buncis, terung, tomat, pisang, alpukat, mangga kuini, durian, sawo, kelapa, kakao, kulit manis dan kopi arabika (Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar, 2014) (Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang, 2014)

Selanjutnya, evaluasi kesesuaian lahan dengan metode pencocokan menggunakan perangkat lunak Sistem Penilaian Kesesuaian Lahan (SPKL) Versi 2.0. SPKL dikembangkan dengan perangkat lunak dan bahasa pemrograman Microsoft Access 2010 (Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan, 2013). Hasil evaluasi kesesuaian lahan dapat dilihat pada Tabel 27. Interpretasi satuan lahan, karakteristik tanah dan kondisi fisik lingkungan dapat dilihat dalam bentuk data pada Tabel 28

Tabel 27. Hasil Evaluasi Kesesuaian lahan di Sub-DAS Singkarak

Komoditi	Satuan Lahan						
	1	2	3	4	5	6	7
Padi	N-na	N - na/eh	N - na/xn/eh	N - xn	N - na/eh	N - na/eh	N - na/xn/eh
Jagung	N-na	N - na/eh	N - na/xn	N - xn	N - na/eh	N - na/eh	N - na/xn
Kentang	S3-wa/nr	N - eh	N -xn	N - xn	N -eh	N - na/eh	N - na/xn
Wortel	N - wa	N - wa/eh	N-wa	N-wa	N - wa/eh	N - na/eh	N - wa
Cabe	N - tc/wa	N - tc/wa/eh	N - tc/wa/xn	N - tc/wa/xn	N - tc/wa/eh	N - tc/wa/eh	N - tc/wa/xn
Lobak	S3 - wa/nr	N - eh	N -xn	N - xn	N -eh	N - na/eh	N - na/xn
Lobak putih	N - wa	N - wa/eh	N-wa	N-wa	N - wa/eh	N - na/eh	N - wa
Buncis	N -tc	N - tc/xn/eh	N - tc/xn	N - tc/xn	N - tc/eh	N -tc/eh	N - tc/xn
Terung	S3-wa/nr	N - eh	N -xn	N - xn	N -eh	N - na/eh	N - na/xn
Tomat	S3-wa/nr	N - eh	N -xn	N - xn	N -eh	N - na/eh	N - na/xn
Pisang	S3 -tc/nr	N - xn	N - xn	N - xn	S3	S3	N - xn
Alpukat	S3 -tc/nr	N - xn	N - xn	N - xn	S3	S3	N - xn
Mangga/kuini	N - tc/wa	N -tc/wa/eh	N - tc/wa/xn	N - tc/wa/xn	N - tc/wa/eh	N -tc/wa/eh	N - tc/wa/xn
Durian	S2 -tc/nr	N -eh	N - xn	N - xn	N -eh	N - eh	N - xn
Sawo	S2 - wa/nr	N -eh	N - xn	N - xn	N -eh	N - eh	N - xn
Kelapa	S3 - rc	N -eh	S2 - tc/nr/eh	S3 - tc	N -eh	N - eh	S3 - tc
Kakao	S3 - rc	N -eh	S3 - nr	S2	N -eh	N - eh	S3 - nr
Kulit Manis	S3 - rc	N -eh	S3 - nr	S -nr	N -eh	N - eh	S3 - nr
Kopi Arabika	N -rc	N -eh	S3 -wa/nr	S3 wa	N -eh	N - eh/rc	S3 -wa

Hasil evaluasi kesesuaian lahan pada Sub DAS Sumpur Singkarak dapat dijelaskan sebagai berikut ;

Satuan Lahan I.

Hasil evaluasi kesesuaian satuan lahan 1 (1.125,14 ha), komoditas durian dan sawo termasuk kelas cukup cocok (S2), dengan faktor pembatasnya adalah suhu, retensi hara, dan ketersediaan air. Menurut Djaenudin, et al (2011), agar durian dapat tumbuh secara optimal membutuhkan suhu antara 25° - 28° C, KTK liat ≥ 16 cmol dan kejenuhan basa $\geq 35\%$. Curah hujan 2.640 mm/tahun terlalu tinggi di satuan lahan 1, sedangkan sawo untuk tumbuh secara optimal membutuhkan curah hujan 1.000-2.000 mm/tahun. Kentang, kol, terong, tomat, pisang, kelapa, kakao, kayu manis, dan alpukat, termasuk kelas yang cukup sesuai (S3), dengan faktor pembatasnya adalah ketersediaan air, retensi nutrisi, suhu, media perakaran. Untuk tanaman sayuran, kol, terong dan tomat, curah hujan yang berlebihan menjadi faktor pembatas untuk tumbuh dengan baik. Di samping itu tanaman tahunan seperti; kelapa, coklat, kayu manis dan alpukat, tekstur tanah liat berdebu menjadi faktor pembatas untuk pertumbuhan yang baik. Kejenuhan basa menjadi faktor pembatas, sehingga pisang tumbuh dengan baik. Padi, jagung, wortel, kol, kopi arabika, dan mangga, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), dengan faktor pembatasnya adalah ketersediaan nutrisi, ketersediaan air, suhu dan media rooting. Ketersediaan N total satuan lahan 1, menjadi faktor pembatas agar padi dan jagung dapat tumbuh dengan baik. Kelebihan curah hujan menjadi faktor pembatas untuk wortel dan kol. Tekstur liat berdebu menjadi faktor pembatas agar kopi arabika tumbuh dengan baik. Kelebihan curah hujan dan suhu menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan mangga dengan baik.

Satuan Lahan 2.

Hasil evaluasi satuan lahan 2 (2.512,3 ha), semua komoditi umumnya ditanam oleh petani di sub DAS Sumpur Singkarak. Semua komoditi termasuk kelas yang saat ini tidak cocok (N), dengan faktor pembatasnya adalah ketersediaan unsur hara, bahaya erosi (kemiringan%), air yang tersedia (Curah hujan 2.640 mm/tahun), suhu, retensi nutrisi, dan sodisitas. Secara keseluruhan satuan lahan 2 ini, kemiringannya 25% - 40% (berbukit). Secara teknis tidak layak untuk pertanian. Namun ternyata penggunaan lahan oleh petani telah ditanami dengan padi, pisang, kelapa, kakao, cengkeh, kayu manis, alpukat, mangga, durian dan sawo. Tanah untuk padi dijadikan teras untuk mencegah erosi dan tanah longsor. Sedangkan untuk komoditas lain ditanam dalam bentuk pertanian campuran. Untuk mengantisipasi erosi dan tanah longsor, diperlukan tindakan konservasi.

Satuan Lahan 3

Hasil evaluasi satuan lahan 3 (428,30 ha), kelapa termasuk kelas cukup cocok (S2), faktor pembatasnya adalah suhu, retensi hara, dan bahaya erosi. Kakao komoditi, cengkeh, kayu manis, dan kopi arabika termasuk kelas yang cocok secara marginal (S3), faktor pembatasnya adalah retensi nutrisi dan air yang tersedia. Komoditas lain, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), faktor pembatasnya adalah ketersediaan nutrisi, sodisitas, bahaya erosi, ketersediaan air, dan suhu. Secara umum, faktor pembatas unit tanah 3 adalah alkalinitas (40,96%) dan curah hujan berlebih.

Satuan Lahan 4

Hasil evaluasi satuan lahan 4 (1.933,18 ha), kakao termasuk kelas cukup cocok (S2), faktor pembatasnya adalah suhu dan ketersediaan air. Komoditas kelapa, cengkeh, kayu manis, dan kopi arabika termasuk kelas yang sesuai (S3), faktor pembatasnya adalah suhu, retensi nutrisi dan ketersediaan air. Komoditas lain, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), faktor pembatasnya adalah sodisitas, ketersediaan air, dan suhu. Secara umum, faktor pembatas satuan lahan 3 adalah alkalinitas (40,96%) dan curah hujan berlebih.

Satuan Lahan 5

Hasil evaluasi satuan lahan 5 (671,47 ha), pisang termasuk kelas yang cocok secara marginal (S3), faktor pembatasnya adalah bahaya erosi. Komoditas lain, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), faktor pembatasnya adalah ketersediaan unsur hara, bahaya erosi, ketersediaan air dan suhu. Secara umum, faktor pembatas utama untuk satuan lahan 5 adalah bahaya erosi, di mana kemiringan 25% - 40% (berbukit). Hasil intrepetasi citra yang dilakukan Edwin (2015), penggunaan satuan lahan 5, antara lain hutan, sawah, sawah dan permukiman. Ladang ditanami kakao, cengkeh, kayu manis, alpukat, durian dan sapodilla. Untuk mencegah erosi dan tanah longsor, diperlukan tindakan konservasi di satuan lahan 5 ini.

Satuan Lahan 6

Hasil evaluasi satuan lahan 6 (1.746,86 ha), pisang termasuk kelas yang cocok secara marginal (S3), faktor pembatasnya adalah bahaya erosi. Komoditas lain, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), faktor pembatasnya adalah ketersediaan unsur hara, bahaya erosi, ketersediaan air, suhu dan media perakaran. Secara umum, faktor pembatas utama untuk satuan lahan 6 adalah bahaya erosi, di

mana kemiringan 25% - 40% (berbukit). Hasil interpretasi yang dilakukan Edwin (2014), penggunaan satuan lahan 6, antara lain hutan, sawah, sawah dan pemukiman. Ladang ditanami kopi arabika, cengkeh, kayu manis dan alpukat. Untuk mencegah erosi dan tanah longsor, diperlukan tindakan konservasi di satuan lahan ini 6.

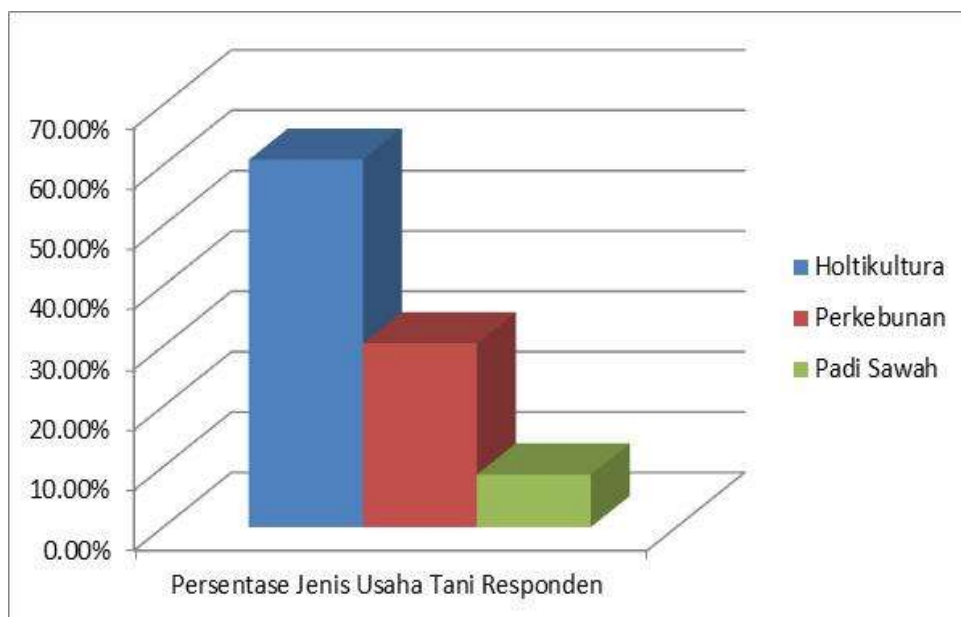
Satuan Lahan 7

Hasil evaluasi satuan lahan 7 (1.223,89 ha), kelapa, kakao, cengkeh, kayu manis dan kopi arabika termasuk kelas yang cocok secara marginal (S3), faktor pembatasnya adalah suhu, retensi nutrisi dan ketersediaan air. Komoditas lain, termasuk kelas yang saat ini tidak sesuai (N), faktor pembatasnya adalah ketersediaan unsur hara, sodisitas, bahaya erosi, ketersediaan air, suhu dan retensi hara. Secara umum, faktor pembatas utama untuk unit tanah 7 adalah sodisitas, di mana alkalinitasnya adalah 40,96%. Hasil interpretasi yang dilakukan Edwin (2014), penggunaan lahan unit 7 tanah, antara lain sawah, padi dan pemukiman. Ladang ditanami kopi arabika, cengkeh, kayu manis dan alpukat. Untuk mencegah alkalinitas yang tinggi, perlu dilakukan tindakan untuk mengurangi alkalinitas dalam satuan lahan 7.

4.3 Evaluasi Sosial Ekonomi Sub DAS Sumpur Singkarak

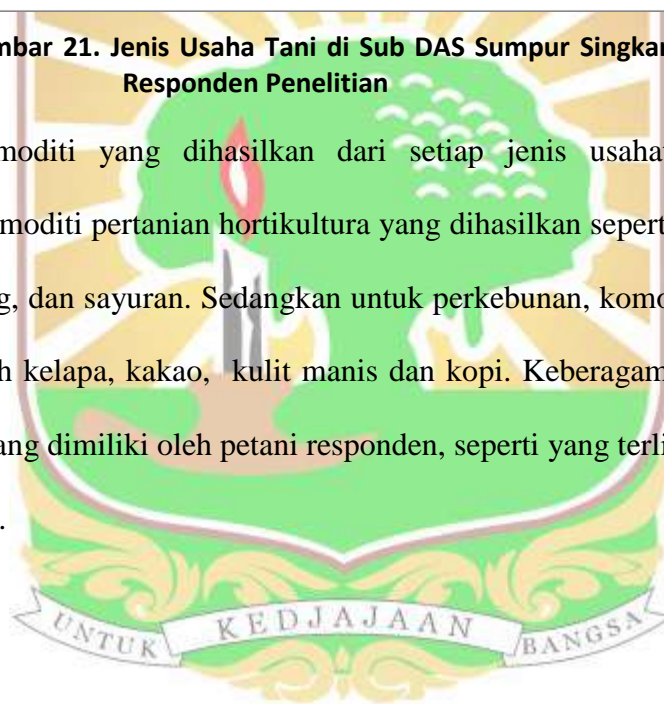
4.3.1 Kondisi Usaha Tani Masyarakat Sekitar Sub DAS Sumpur Singkarak Dilihat dari Responden Penelitian.

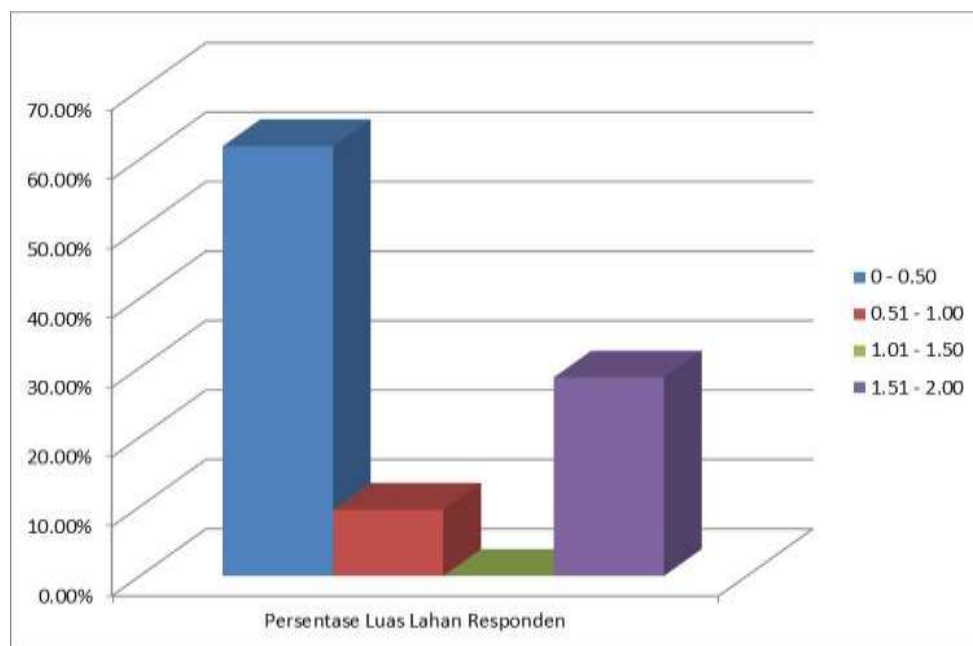
Petani di sekitar Sub DAS Sumpur Singkarak, dikelompokkan berdasarkan jenis usahatani yang ditekuninya. Berdasarkan data yang didapatkan dari responden penelitian, terdapat tiga jenis usaha tani yang ada di daerah ini yaitu tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan, seperti yang terlihat pada gambar 21 di bawah ini.



Gambar 21. Jenis Usaha Tani di Sub DAS Sumpur Singkarak Berdasarkan Data Responden Penelitian

Komoditi yang dihasilkan dari setiap jenis usahatani mereka cukup beragam, komoditi pertanian hortikultura yang dihasilkan seperti cabe, saledri, sawi, daun bawang, dan sayuran. Sedangkan untuk perkebunan, komoditi yang dihasilkan petani adalah kelapa, kakao, kulit manis dan kopi. Keberagaman juga terlihat dari luas lahan yang dimiliki oleh petani responden, seperti yang terlihat pada Gambar 22 di bawah ini.





Gambar 22. Persentase Luas Lahan Pertanian (Ha) Petani Responden di Sub DAS Sumpur Singkarak

Pada gambar 22 di atas terlihat bahwa yang paling banyak dari petani responden yaitu 61,90% responden memiliki luas lahan pertanian 0 s/d 0,5 Ha. Luas lahan pertanian milik petani responden terluas adalah 1,51 s/d 2 Ha, namun persentase jumlah petani responden yang memiliki lahan seluas ini hanya 28,57%. Sisa dari petani responden masing-masingnya memiliki luas lahan 0,51 s/d 1 Ha sebanyak 9,2% responden.

Mayoritas petani responden menjalankan usaha taninya secara konsisten, karena kegiatan tersebut menjadi sumber pendapatan keluarganya. Adapun sebanyak 76,19% dari responden mengakui bahwa pendapatan yang didapat perbulannya rata-rata < Rp.1.800.725,00 sedangkan sisanya memiliki pendapatan perbulan > Rp. 1.800.725,00. Kondisi ini memperlihatkan bahwa, masih rendahnya pendapatan petani di daerah aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, karena mayoritas dari mereka masih berpendapatan dibawah standar Upah Minimum Regional (UMR) yang ditetapkan oleh pemerintah.

4.3.2 Komoditi Unggulan Pertanian Hortikultura dan Perkebunan di Sub DAS Sumpur Singkarak

Masyarakat di aliran Sub Das Sumpur Singkarak mayoritas berprofesi sebagai petani. Komoditi yang dihasilkan dari kegiatan usahatani mereka cukup beragam, baik itu pertanian hortikultura maupun perkebunan. Berdasarkan data yang didapatkan dari penyuluh pertanian setempat, terdapat beberapa komoditi yang dihasilkan petani, seperti sayur-sayuran (lobak/kol, tomat, cabe, buncis, wortel, sawi, kentang, terung dll), selanjutnya ada juga komoditi tanaman buah (mangga/kuini, alpukat, sawo, pisang dan durian). Sedangkan komoditi perkebunan yang dihasilkan di daerah ini seperti kakao, kopi, kulit manis dan kelapa.

Dari keseluruhan komoditi di atas terdapat beberapa komoditi unggulan pertanian hortikultura yang terdapat di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak yang dihasilkan oleh petani setempat yaitu sawi, cabe, dan sayur-sayuran. Pada Tabel 28 di bawah ini dapat terlihat distribusi komoditi unggulan disetiap nagari.

Tabel 28. Komoditi Unggulan Pertanian Holtikultura dan Kondisi Pendukungnya Berdasarkan Perangkingan dari Responden Penelitian di Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Nagari	Komoditi Unggulan	Permintaan Pasar	Daerah Pemasaran	Kondisi Harga
1.	Sumpur	-	-	-	-
2.	Koto Paninjauan	Sawi	sedang	Padang panjang padang luar	Berubah-rubah
3.	Sabu	Cabe	sedang	Padang panjang	Berubah-rubah
4.	Batipuh Atas	tomat	sedang	Padang panjang	Berubah-rubah
5.	Jaho	jahe	sedang	Padang panjang	Berubah-rubah
6.	Bungo Tanjung	-	-	-	-
7.	Batipuh Bawah	-	-	-	-
8.	Batipuh Baruah	Jahe	sedang	Padang panjang	Berubah-rubah
9.	Tj. Barulak	-	-	-	-
10.	Koto Panjang	sayuran	sedang	Padang panjang padang luar	Berubah-rubah
11.	Pitalah	-	-	-	-
12.	Ganting	sayuran	sedang	Padang panjang padang luar	Berubah-rubah
13.	Ngalau	sayuran	sedang	Padang panjang padang luar	Berubah-rubah

Sumber: hasil analisis data responden penelitian, 2016

Pada saat kondisi yang terdapat di Tabel 28 di atas kita bandingkan dengan kondisi kesesuaian lahan untuk usahatani, maka semestinya komoditi pangan dan hortikultura unggulan di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak semestinya adalah lobak/kol, terung, terung, tomat, pisang, alpukat, durian dan sawo. Artinya, komoditi unggulan yang memang sesuai dengan kondisi lahannya, dapat membantu meningkatkan produktivitas hasil usaha tani dan berimplikasi pada peningkatan pendapatan petani.

Selain komoditi pertanian hortikultura, daerah di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak juga memiliki komoditi unggulan pada tanaman perkebunan, seperti yang terlihat pada Tabel 29 di bawah ini.

Tabel 29. Komoditi Unggulan Perkebunan dan Kondisi Pendukungnya Berdasarkan Peringkatan dari Responden Penelitian di Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Nagari	Komoditi Unggulan	Permintaan Pasar	Daerah Pemasaran	Kondisi Harga
1.	Sumpur	Sawo	Tinggi	Padang Panjang dan Jakarta	Berubah-ubah
2.	Koto Paninjauan	-	-	-	-
3.	Sabu	Kayu Manis	sedang	Padang panjang	Berubah-ubah
4.	Batipuh Atas	Kelapa dan kayu manis	sedang	Padang panjang	Berubah-ubah
5.	Jaho	Kayu manis	sedang	Padang panjang	Berubah-ubah
6.	Bungo Tanjung	-	-	-	-
7.	Batipuh Bawah	-	-	-	-
8.	Batipuh Baruah	Kopi dan coklat	Tinggi	Padang panjang	Berubah-ubah
9.	Tj. Barulak	Cengkeh	Tinggi		
10.	Koto Panjang	Cengkeh	sedang	Padang panjang	Berubah-ubah
11.	Pitalah	Coklat	Tinggi		
12.	Ganting	Kayu Manis	sedang	Padang panjang, padang luar	Berubah-ubah
13.	Ngalau	Kayu Manis	sedang	Padang panjang, padang luar	Berubah-ubah

Sumber: hasil analisis data responden penelitian, 2016

Pada saat dibandingkan komoditi unggulan yang ada dengan kondisi kesesuaian lahan di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, beberapa daerah telah memiliki komoditi perkebunan unggulan yang cocok dengan kesesuaian lahan seperti yang terdapat di Nagari Batipuah Baruah, Sumpur, dan Batipuah Ateh. Komoditi unggulannya adalah kelapa, kakao dan kulit manis. Dukungan kondisi

lahan perkebunan juga berkaitan dengan tingkat produksinya, dan dapat berimplikasi terhadap pendapatan petani.

4.3.3 Kondisi Tekanan Penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak.

Tekanan penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak adalah suatu hal yang perlu diketahui untuk pengelolaan lahan di aliran DASnya, karena tindakan ini dapat mengetahui besarnya kemampuan lahan pertanian di suatu wilayah yang dapat digunakan untuk mendukung kehidupan penduduk pada tingkat yang lebih layak (Permenhut Nomor: P.61/Menhut-II/2014). Tinggi atau rendahnya tekanan penduduk pada lahan pertanian di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak dapat mengakibatkan penurunan sumber daya lahan dan kerusakan ekosistem DAS.

Penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak hanya dilihat pada enam nagari sampel saja, karena keterbatasan sumberdaya yang ada. Berdasarkan hasil perhitungan dengan menggunakan Indek Ketersediaan Lahan (IKL), maka didapatkanlah kondisi tekanan penduduk pada lahan pertanian hortikultura yang terlihat pada tabel 30 di bawah ini. Kecuali pada nagari Batipuh Baruh termasuk kategori rendah.

Tabel 30. Kondisi Tekanan Penduduk Pada Lahan Pertanian Hortikultura di Enam Nagari Sampel Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Nagari	Luas Lahan (Ha)	Jumlah KK Petani	Nilai	Kelas
1.	Gn. Rajo	53	197	0,27	Sangat Rendah
2.	Tanjung Barulak	70	401	0,17	Sangat Rendah
3.	Batipuh Atas	122	256	0,48	Sangat Rendah
4.	Sabu	170	425	0,40	Sangat Rendah
5.	Batipuh Baruah	176	353	0,50	Rendah
6.	Pitalah Batipuh	5,5	31	0,18	Sangat Rendah

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 30 di atas, tekanan penduduk pada lahan pertanian hortikultura berada pada kelas rendah. Dari data ini dapat dilihat bahwa ketersediaan lahan hortikultura sangat rendah dibandingkan dengan jumlah kepala keluarga petani yang ada di 6 nagari di Sub DAS Sumpur Singkarak. Tekanan terhadap lahan yang tersedia termasuk dalam kategori rendah dengan jumlah KK yang ada. Masyarakat petani sangat terbatas untuk mengembangkan lahannya. Kecuali di Nagari Batupuh Baruah masuk dalam kategori rendah.

Selain itu, kondisi tekanan penduduk juga dilihat dari luas lahan perkebunan dibandingkan dengan KK petaninya yang didapatkan mayoritas dari nagari sampel tekanannya berada pada kelas sangat rendah, sedangkan di Nagari Sabu termasuk kategori rendah dan Nagari Batipuh Baruah tekanannya berada pada kelas sedang, seperti yang terdapat pada Tabel 31 di bawah ini. Dari data ini dapat dilihat bahwa ketersediaan lahan perkebunan sangat rendah dibandingkan dengan jumlah kepala keluarga petani yang ada di 6 nagari di Sub DAS Sumpur Singkarak. Tekanan terhadap lahan yang tersedia termasuk dalam kategori rendah dengan jumlah KK yang ada. Masyarakat petani sangat terbatas untuk mengembangkan lahannya. Kecuali di Nagari Sabu termasuk kategori rendah dan Batipuh Baruah masuk dalam kategori sedang.

Tabel 31. Kondisi Tekanan Penduduk Pada Lahan Perkebunan di Enam Nagari Sampel Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Nagari	Luas Lahan (Ha)	Jumlah KK Petani	Nilai	Kelas
1.	Gn. Rajo	77	469	0,16	Sangat Rendah
2.	Tanjung Barulak	26	621	0,04	Sangat Rendah
3.	Batipuh Atas	41	120	0,34	Sangat Rendah
4.	Sabu	205	293	0,7	Rendah
5.	Batipuh Baruah	800	536	1,5	Sedang
6.	Pitalah Batipuh	25	91	0,3	Sangat Rendah

Sumber: Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar, 2016

4.3.4 Kondisi Tingkat Kesejahteraan Penduduk di Sub DAS Sumpur Singkarak.

Diketahuinya tingkat kesejahteraan penduduk di aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, berguna untuk menggambarkan kondisi kelayakan kehidupan masyarakat dan tentunya juga akan berimplikasi terhadap tindakan kemauan mereka mengelola aliran Sub DAS Sumpur Singkarak. Kondisi tersebut dilihat dari persentase (%) KK miskin yang ada di daerah tersebut, khususnya pada enam nagari yang berada pada aliran SUB DAS Sumpur Singkarak, seperti yang terdapat pada Tabel 32 di bawah ini.

Tabel 32. Tingkat Kesejahteraan Penduduk di Enam Nagari Pada Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Nagari	Jumlah KK	Jumlah KK miskin	Persentase (%) KK Miskin	Kelas
1.	Gn. Rajo	615	213	37	Sangat buruk
2.	Tanjung Barulak	1219	297	24	Buruk
3.	Batipuh Atas	4406	304	7	Baik
4.	Sabu	762	142	18	Sedang
5.	Batipuh Baruah	1993	119	6	Baik
6.	Pitalah Batipuh	164	135	80	Sangat buruk

Sumber: hasil analisis data responden penelitian, 2016

Berdasarkan Tabel 32 di atas terlihat bahwa Nagari Batipuh Atas dan Batipuh Baruah, kondisi kesejahteraan penduduknya berada pada kelas baik, karena persentase KK miskinnya masing-masing 7% dan 6%. Terdapat satu nagari yang berada pada kelas sedang dengan persentase 18% yaitu Nagari Sabu. Sisanya adalah nagari yang tingkat kesejahteraan penduduknya berada pada kelas sangat buruk dan buruk yaitu Nagari Gunung Rajo (37%), Nagari Pitalah (80%), dan Nagari Tanjung Barulak (24%).

4.3.5 Kondisi Keberadaan dan Penegakan Hukum untuk pengelolaan Sub DAS Sumpur Singkarak.

Pengelolaan aliran Sub DAS Sumpur Singkarak membutuhkan landasan hukum yang dapat menjadi acuan oleh masyarakat untuk melaksanakannya. Landasan hukum yang dimaksudkan dapat saja berupa peraturan tertulis yang dibuat oleh kelembagaan lokal, pemerintah nagari, atau ladasan hukum yang tidak tertulis seperti norma dan nilai-nilai yang ada dilingkungan masyarakat. Pada Tabel 33 di bawah ini, dapat dilihat keberadaan landasan hukum pengelolaan aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.

Tabel 33. Keberadaan Ladasan Hukum/Aturan Pengelolaan Aliran Sub DAS Sumpur Singkarak di 13 Nagari Sampel.

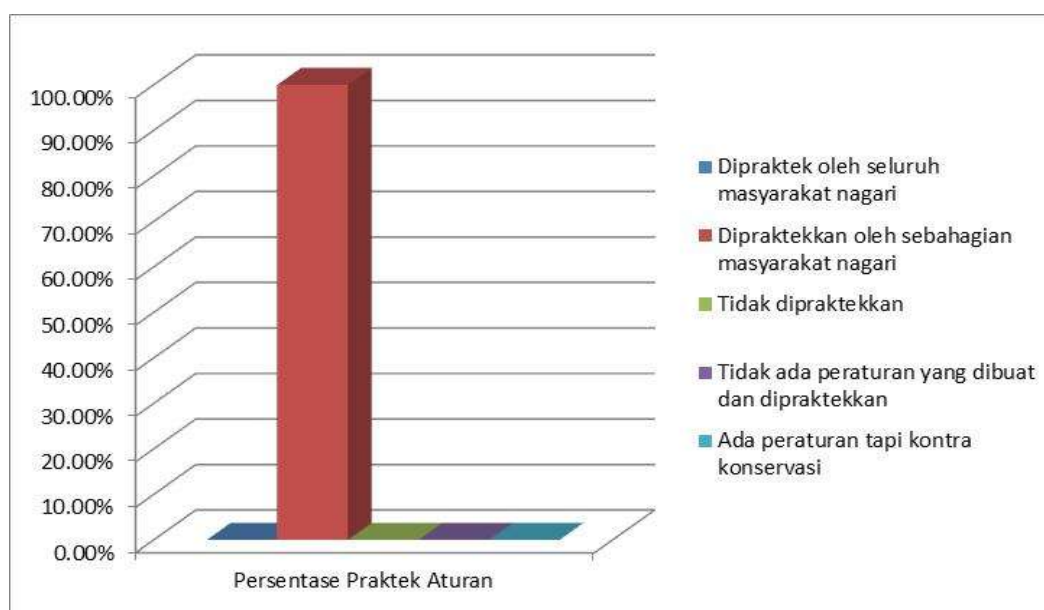
No	Nagari	Keberadaan Aturan		Bentuk Aturan	
		Ada	Tidak Ada	Peraturan Nagari	Norma/nilai-nilai
1.	Sumpur	√	-	√	
2.	Koto Paninjauan	√	-	-	√
3.	Sabu	√	-	-	√
4.	Batipuh Atas	√	-	-	√
5.	Jaho	√	-	√	-
6.	Bungo Tanjung	-	√	-	-
7.	Batipuh Bawah	-	√	-	-
8.	Batipuh Baruah	√	-		√
9.	Tj. Barulak	√	-	√	-
10.	Koto Panjang	-	√	-	-
11.	Pitalah	√	-	-	√
12.	Ganting	-	√	-	-
13.	Ngalau	-	√	-	-

Sumber: Ringkasan pengisian kuesioner penelitian, 2016.

Data di atas memperlihatkan bahwa delapan nagari telah memiliki aturan pengelolaan aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, sisanya lima nagari tidak memilikinya. Dari delapan nagari tersebut, tiga diantaranya yaitu Nagari Sumpur, Nagari jaho, dan Nagari Tanjung Barulak, memiliki aturan yang dikeluarkan oleh pemerintah nagari dalam bentuk peraturan nagari. Lima nagari lainnya, seperti Nagari Koto Paninjauan, Nagari Sabu, Nagari Batipuah Atas, Nagari Batipuah Baruah, dan Nagari Pitalah, aturan yang digunakan dalam bentuk norma/nilai-nilai

yang ditanamkan oleh masyarakat setempat untuk bersama-sama menjaga dan mengelola aliran Sub DAS Sumpur Singkarak.

Keseluruhan aturan tersebut, tidak cukup ada saja namun juga harus diterapkan oleh masyarakat. Pada gambar 23 di bawah ini terlihat kondisi penerapan aturan hukum yang sudah ada.



Gambar 23. Persentase Penerapan Aturan Pengelolaan Aliran DAS Sumpur Singkarak Delapan Nagari Yang Telah Memilikinya.

Berdasarkan gambar di atas, terlihat bahwa keseluruhan nagari yang telah memiliki aturan pengelolaan aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, baik dalam bentuk peraturan nagari atau norma/nilai-nilai, dipraktekkan oleh sebahagian masyarakat nagari atau dipraktekkan terbatas. Kondisi ini memposisikannya pada kelas baik, karena peraturan tersebut memang benar ada, namun hanya sebahagian masyarakat nagari saja yang menerapkan aturan tersebut.

4.3.6 Analisa Usaha Tani Komoditi Setempat

Berdasarkan Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar, (2018) dan Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang, (2018) serta hasil survei 2018, komoditi

yang biasa ditanam masyarakat petani di Kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak seperti terlihat pada Tabel 34. Dari data ini dapat disimpulkan bahwa komoditi yang biasa ditanam masyarakat adalah padi sawah, jagung, lobak/kol, tomat, cabe, buncis, wortel, sawi, kentang, terung, mangga kuini, alpukat, sawo, pisang, durian, kulit manis, kelapa, kakao dan kopi.

Tabel 34. Komoditi yang Biasa di Tanam Masyarakat di Kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak.

No	Kecamatan	Nagari/Kelurahan	Komoditi Yang Biasa di Tanam Masyarakat
1	X Koto	Jaho	Padi sawah, alpukat, pisang, durian, kelapa, kakao
		Paninjauan	Lobak, tomat, cabe, buncis, wortel, sawi, kentang dan terung, padi sawah, alpukat, kulit manis
2	Batipuh	Tanjung Barulak	Padi sawah, jagung, mangga kuini, alpukat, sawo, pisang,
		Pitalah	Kelapa, kakao, kulit manis
		Batipuh Baruah	Padi sawah, jagung, mangga kuini, alpukat, sawo, pisang,
		Batipuh Atas	Padi sawah, jagung, alpukat, sawo, pisang, kakao, kulit
		Sabu	Wortel, kentang, terung, Padi sawah, jagung, alpukat,
		Bungo Tanjung	Padi sawah, jagung, mangga kuini, alpukat, pisang, durian,
3	Batipuh Selatan	Sumpur	Padi sawah, mangga kuini, alpukat, sawo, pisang, durian,
4	Padang Panjang Timur	Ganting	Kakao, kulit manis, tomat, cabe, buncis, sawi, dan terung
		Ngalau	Kakao, kulit manis, tomat, cabe, buncis, sawi, dan terung
		Koto Panjang	Kakao, kulit manis, tomat, cabe, buncis, sawi, dan terung

Selanjutnya berdasarkan komoditi yang biasa ditanam masyarakat diatas, dilakukan analisis usaha tani dengan metode analisis B/C Ratio dan Net Present Value (NPV). Hasilnya dapat rekapitulasinya dapat dilihat pada Tabel 35, sedangkan analisis per komoditinya dapat dilihat pada Lampiran 15. Data ini menunjukkan bahwa komoditi yang paling menguntungkan perbandingan antara pendapatan yang diperoleh dengan biaya yang dikeluarkan dalam menjalankan usaha tani di kawasan Sub DAS Sumpur Singkarak ini merupakan analisis yang di gunakan untuk melihat tingkat nilai yang diperoleh dari setiap rupiah yang dikeluarkan. Nilai B/C ratio yang digunakan pada analisis ini meliputi modal dan biaya produksi selama musim tanam

sampai panen. Sedangkan pendapatan diperoleh dari hasil produksi komoditi selama musim tanam sampai akhir panen.

Dari Tabel 35 ini, dapat dilihat bahwa komoditi yang paling menguntungkan pada sub sektor tanaman pangan adalah jagung (jagung manis), pada subsektor hortikultura adalah terung, sektor buah-buahan adalah durian dan subsektor perkebunan adalah kopi. Sedangkan jika dilihat dari NPV nya, komoditi yang paling besar untungnya per hektar adalah jagung, wortel, durian dan kakao.

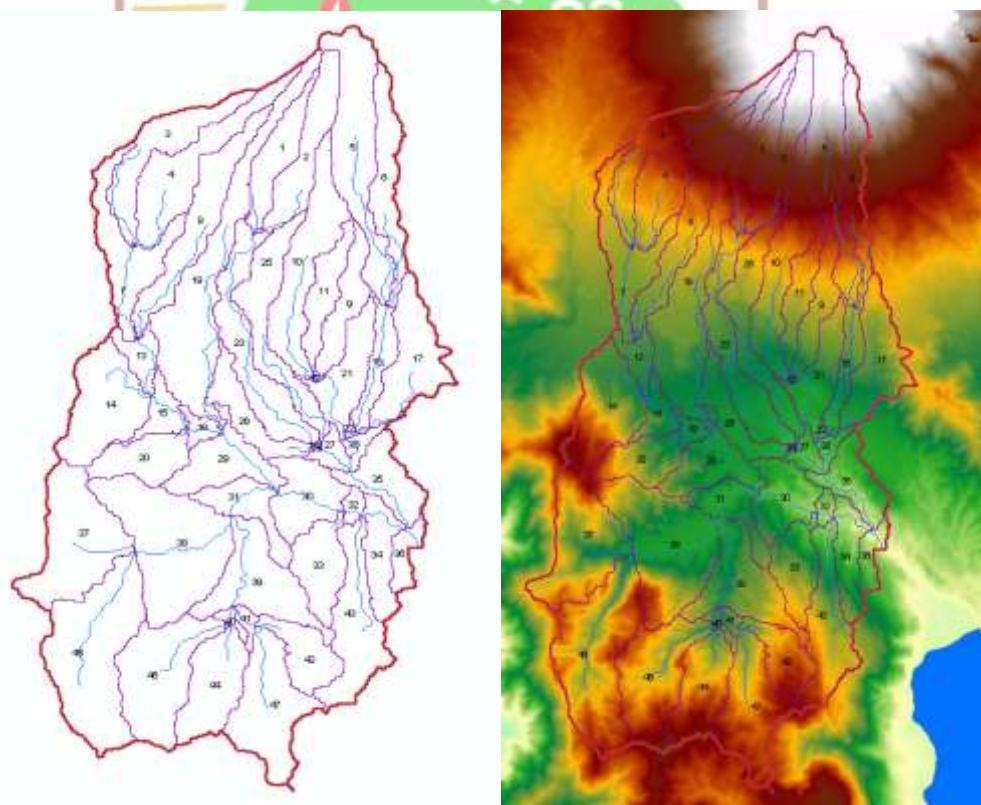
Tabel 35. Rekapitulasi Tingkat Kelayakan Usaha Tani Komoditi yang Diusahakan di Sub Das Sumpur Singkarak.

Komoditi	Biaya	Produksi	B/C	NPV
Tanaman Pangan				
Padi Sawah	Rp 137.017.908	Rp 339.013.382	2,47	Rp 201.995.473
Jagung	Rp 117.524.639	Rp 452.017.842	3,85	Rp 334.493.203
Tanaman Hortikultura				
Sayuran				
Lobak/Kol	Rp 555.134.413	Rp 1.977.578.060	3,56	Rp 1.422.443.647
Tomat	Rp 612.032.158	Rp 2.260.089.211	3,69	Rp 1.648.057.053
Cabe	Rp 455.972.998	Rp 1.695.066.909	3,72	Rp 1.239.093.910
Buncis	Rp 610.899.657	Rp 2.330.716.999	3,82	Rp 1.719.817.342
Wortel	Rp 715.996.262	Rp 3.107.622.666	4,34	Rp 2.391.626.403
Sawi	Rp 569.259.970	Rp 2.471.972.575	4,34	Rp 1.902.712.605
Kentang	Rp 590.448.306	Rp 2.712.107.054	4,59	Rp 2.121.658.747
Terung	Rp 462.489.589	Rp 2.373.093.672	5,13	Rp 1.910.604.083
Buah-Buahan				
Mangga	Rp 107.225.077	Rp 131.488.218	1,23	Rp 24.263.141
Alpukat	Rp 119.916.941	Rp 361.592.599	3,02	Rp 241.675.658
Sawo	Rp 211.361.413	Rp 660.275.027	3,12	Rp 448.913.614
Pisang	Rp 157.074.774	Rp 624.404.272	3,98	Rp 467.329.498
Durian	Rp 210.408.259	Rp 1.108.426.910	5,27	Rp 898.018.650
Tanaman Perkebunan				
Kulit Manis	Rp 95.329.686	Rp 160.092.017	1,68	Rp 64.762.331
Kelapa	Rp 105.694.103	Rp 282.987.451	2,68	Rp 177.293.348
Kakao	Rp 158.202.736	Rp 609.566.591	3,85	Rp 451.363.855
Kopi	Rp 125.877.622	Rp 514.822.361	4,09	Rp 388.944.740

4.4 Setup Aliran Permukaan dan Erosi dengan Menggunakan Model SWAT.

4.4.1 Automatic Watershed Delineation

Tahap pertama dalam pemodelan SWAT yaitu karakterisasi DAS dengan menggunakan AWD pada ArcSWAT 2012. Pada proses pembentukan sub DAS, model SWAT menggunakan data berupa DEM (usgs.gov, 2019), lokasi DAS dan outlet DAS. Pada penelitian ini ambang batas yang digunakan sebesar 250 Ha maka terbentuk 47 sub basin dan 348 HRU dari hasil deliniasi DAS. Dalam proses ini juga teridentifikasi stasiun debit aliran terletak pada SubCathment number 36. Gambar 24 memperlihatkan hasil pembagian Sub-catchment dengan pemodelan SWAT.

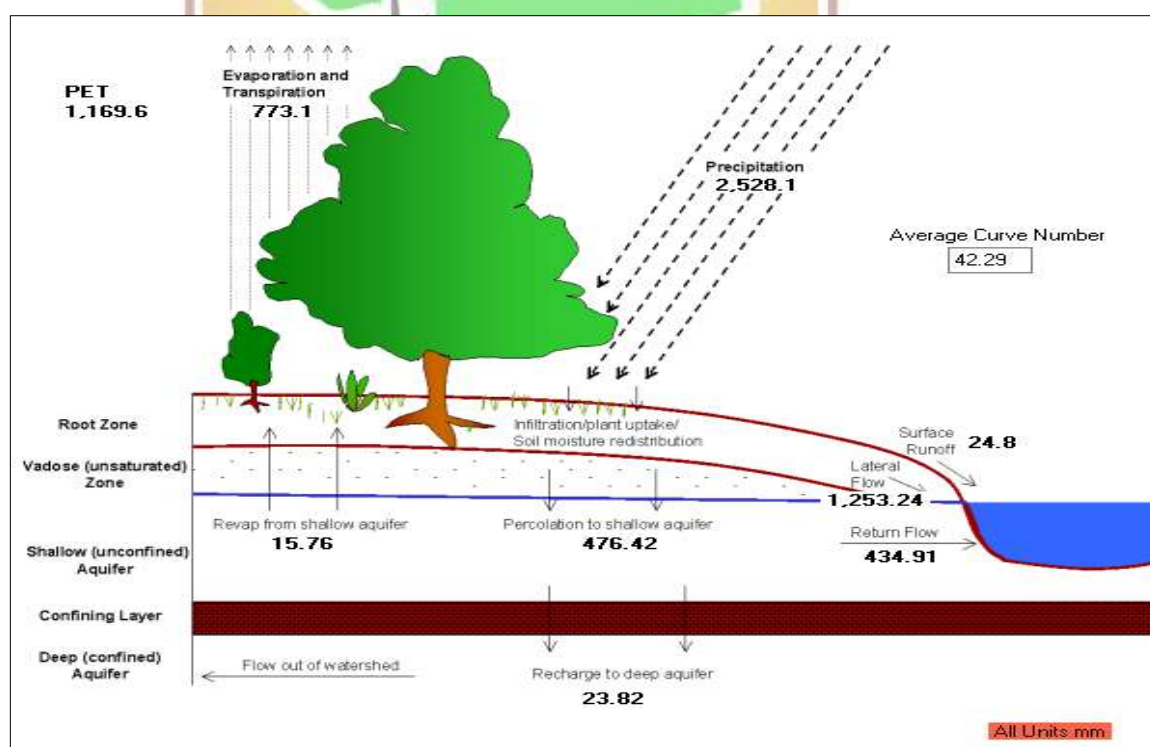


Gambar 24. Pembentukan sub-DAS di Singarak dengan Automatic Watershed Delineation

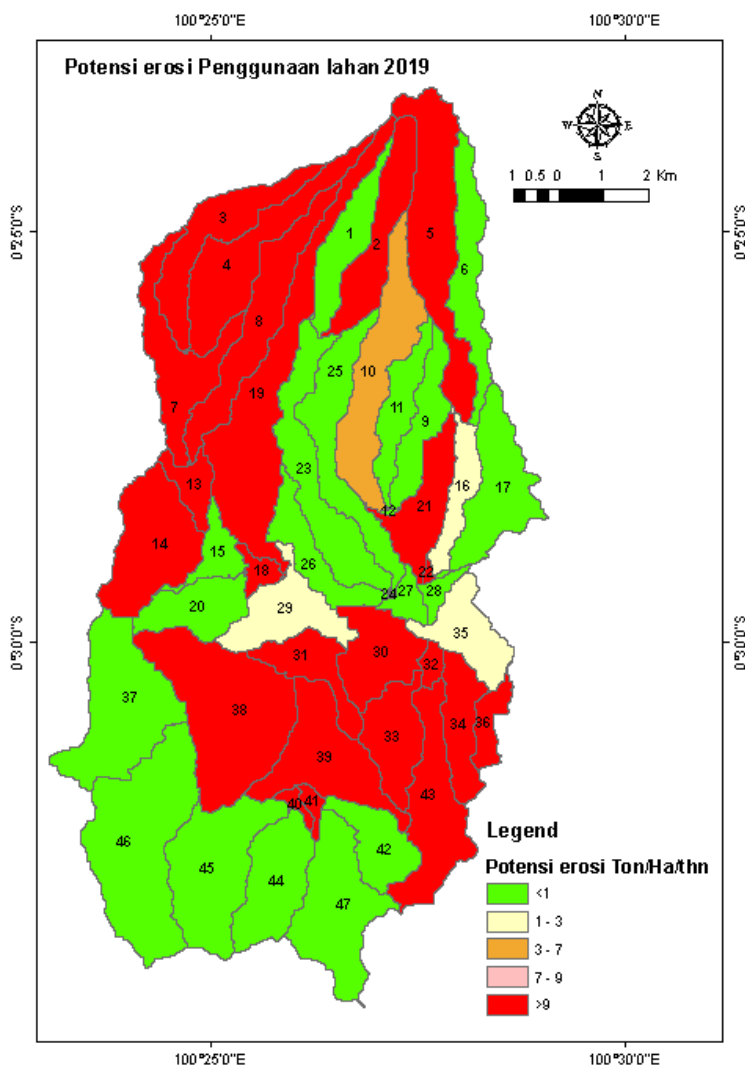
Model hidrologi SWAT disimulasi selama 10 tahun lebih, dari tahun 2010 – 2019 dengan menggunakan input data hujan CHIRPS. Hasil simulasi model

merupakan parameter hidrologi yang mencerminkan kondisi DAS berdasarkan masukan data. Secara global DAS hasil simulasi juga memperlihatkan nilai-nilai kesetimbangan air. Gambar 25 memperlihatkan kesetimbangan air di Sub DAS Sumpur Singkarak hasil dari simulasi model dengan rata-rata hujan tahunan adalah 2.528,1 mm/tahun. Hasil simulasi juga memperlihatkan aliran permukaan mencapai 24.8 mm/tahun, aliran antara 1.253,2 mm/tahun dan aliran dasar 434,9 mm/tahun.

Hasil simulasi model juga memperlihatkan potensi erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak mencapai 9,17 ton/ha/tahun, simulasi ini berdasarkan penggunaan lahan tahun 2019 dan merupakan cerminan dari kondisi eksisting saat ini. Distribusi besarnya potensi erosi diperlihatkan pada gambar 26, dan menunjukkan sebagian besar tingginya potensi erosi terjadi pada wilayah budidaya pertanian.



Gambar 25. Hasil Simulasi Model SWAT pada Kesetimbangan Air di Sub DAS Sumpur Singkarak.



Gambar 26. Potensi Erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak Berdasarkan Simulasi Penggunaan Lahan Tahun 2019

4.4.2 Kalibrasi dan Validasi Debit

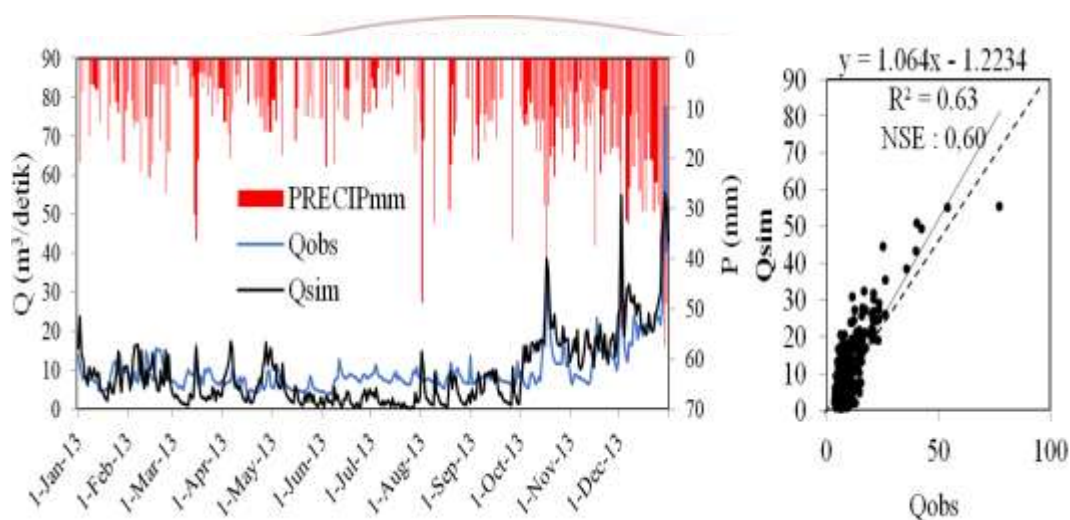
Kalibrasi debit dilakukan dengan membandingkan data debit hasil perhitungan model SWAT (*flow_out* pada file RCH) dengan debit observasi hasil pengukuran lapangan pada SPAS S. Sumpur. Kalibrasi dilakukan dengan melihat data debit aliran yang biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. Kalibrasi menggunakan data debit air tahun 2012. proses kalibrasi dengan cara melakukan penyesuaian terhadap titik tertinggi dan terendah sehingga debit simulasi mendekati debit observasi. Neitsch *et al.* 2001 menjelaskan perlu dilakukan penyesuaian

terhadap beberapa parameter untuk meningkatkan nilai NSE dan R^2 sehingga mendekati debit observasi. Parameter yang dilakukan penyesuaian dilakukan secara manual atau coba-coba melalui *trial and error*. Proses kalibrasi dilakukan melalui penyesuaian 12 parameter yang sensitif dalam model SWAT (Tabel 37). Proses kalibrasi pada penelitian ini dilakukan dengan mencoba-coba dari parameter yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap debit aliran. Hasil proses kalibrasi model SWAT menunjukkan nilai NSE dan R^2 yaitu 0.65 dan 0.58 (kategori memuaskan). Menurut Motovilov *et al.* tahun 1999 menyatakan bahwa nilai $NSE > 0.36$ dan $NSE < 0.75$ dan $R^2 \geq$ pada model menunjukkan model SWAT dalam kategori memuaskan untuk mensimulasikan debit aliran di suatu model.

Validasi model dilakukan untuk menilai tingkat keakuratan dan konsistensi yang dimiliki model dalam melakukan simulasi hidrologi. Proses validasi dilakukan dengan cara membandingkan data harian debit aliran observasi dari tanggal 1 Januari sampai 31 Desember 2013 dengan debit *simulasi* hasil model. Parameter yang dimasukkan menggunakan 12 parameter sensitif yang didapatkan pada saat proses kalibrasi. Pada penelitian ini nilai NSE dan R^2 yang diperoleh pada proses validasi sebesar 0.60 dan 0.63 (Gambar 27). Hasil validasi ini lebih rendah dari hasil pemodelan di Ciliwung hulu yang mencapai nilai NSE 0,7 (Yustika R. D., 2013) akan tetapi perbandingan simulasi ini hanya dilakukan pada enam bulan saja. Nilai validasi ini juga hampir sama dengan hasil pemodelan SWAT di Cisadane dengan nilai NSE mencapai 0.56 (Ridwansyah *et al*, 2012). Berdasarkan data tersebut, maka model SWAT yang digunakan konsisten dan dapat dilanjutkan melakukan simulasi skenario optimasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.

Tabel 36. Nilai Akhir Parameter pada Kalibrasi Model SWAT untuk Debit Aliran.

No	Parameter_Name	Fitted_Value	Min_value	Max_value
1	r__CN2.mgt	0.45	0.2	0.7
2	v__ALPHA_BF.gw	0.5	0	1
3	v__GW_DELAY.gw	17	10	60
4	v__GWQMN.gw	0.33	0	2
5	v__GW_REVAP.gw	0.1	0	0.2
6	v__ESCO.hru	0.83	0.8	1
7	v__CH_N2.rte	0.25	0	0.3
8	v__CH_K2.rte	67.5	5	130
9	v__ALPHA_BNK.rte	0.83	0	1
10	r__SOL_AWC(1).sol	-0.1	-0.2	0.4
11	r__SOL_K(1).sol	0.53	-0.8	0.8
12	r__SOL_BD(1).sol	0.42	-0.5	0.6



Gambar 27. Hasil Validasi Model di Sub DAS Sumpur Singkarak

4.5 Optimasi Penggunaan Lahan.

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, ditemukan permasalahan dan kenyataan lapangan di Sub DAS Sumpur Singkarak, antara lain adalah :

1. Secara umum pada kondisi tahun 2019, lahan kebun campuran bertambah seluas 557 Ha (3,60 %), lahan sawah berkurang seluas 3.032 ha (19,59 %) dan tegalan/ladang bertambah 2.329 ha (15,05 %). Pergeseran fungsi lahan ini akibat dinamika aktivitas masyarakat yang semakin tinggi di Sub DAS Sumpur Singkarak. Ada indikasi eksploitasi lahan beberapa tahun terakhir semakin tinggi. Kemudian juga ditemukan bahwa kawasan hutan lindung (58 ha) dan kawasan

KSA/KPA (997 ha) telah mulai digarap masyarakat untuk keperluan budidaya. Pergeseran ini telah mengganggu sistim hidrologi Sub DAS Sumpur Singkarak. Hal ini terbukti dari hasil simulasi dengan model SWAT, menunjukkan aliran permukaan mencapai 24.8 mm/tahun, aliran antara 1.253,2 mm/tahun dan aliran dasar 434,9 mm/tahun serta potensi erosi di Sub DAS Sumpur Singkarak mencapai 9,17 ton/ha/tahun. Menurut Arsyad (2010), erosi yang dapat ditoleransi (pada tanah dengan lapisan bawah berpeameabelitas lambat, diatas bahan yang tidak terkonsolidasi) adalah 8,96 ton/ha/tahun. Lebih lanjut menurut Menteri Kehutanan Republik Indonesia (2014) juga menetapkan bahwa ambang kritis erosi pada tanah dengan ketebalan > 150 cm adalah > 9 ton/ha/tahun.

2. Berdasarkan hasil evaluasi kesesuaian lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak, ditemukan bahwa komoditi yang biasa ditanam masyarakat (padi sawah, jagung, lobak/kol, tomat, cabe, buncis, wortel, sawi, kentang, terung, mangga kuini, alpukat, sawo, pisang, durian, kulit manis, kelapa, kakao dan kopi), dari segi kemampuan lahannya ada yang tidak sesuai (N). Tetapi kenyataannya dilapangan masyarakat tetap menanam komoditi tersebut ditemukan faktor pembatas yang dapat mendegradasi lahan seperti ketersediaan air, retensi hara, kelerengan dan bahaya erosi (Tabel 28 & 29).
3. Berdasarkan hasil evaluasi kondisi sosial ekonomi, ternyata sebagian besar (61,69 %) petani di Sub DAS Sumpur Singkarak hanya memiliki luas lahan pertanian 0 s/d 0,5 Ha. Luas lahan pertanian milik petani responden terluas adalah 1,51 s/d 2 Ha, namun persentase jumlah petani yang memiliki lahan seluas ini hanya 28,57%. Sisa dari petani masing-masingnya memiliki luas lahan 0,51 s/d 1 Ha sebanyak 9,2%. Mayoritas petani menjalankan usaha taninya secara

konsisten, karena kegiatan tersebut menjadi sumber pendapatan keluarganya. Adapun sebanyak 76,19% dari responden mengkui bahwa pendapatan yang didapat perbulannya rata-rata < Rp.1.800.725,00 sedangkan sisanya memiliki pendapatan perbulan > Rp. 1.800.725,00. Kondisi ini memperlihatkan bahwa, masih rendahnya pendapatan petani di daerah aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, karena mayoritas dari mereka masih berpendapatan dibawah standar Upah Minimum Regional (UMR) yang ditetapkan oleh pemerintah. Petani ini pada umumnya berusaha tani komoditi sayuran, karena nilai ekonominya tinggi. Sebahagian ada yang berusaha komoditi tanaman pangan, buah-buahan dan perkebunan, sebagai usaha sampingan untuk memenuhi kebutuhan keluarga.

Berdasarkan data yang terdapat pada tabel 30 di atas, tekanan penduduk pada lahan pertanian hortikultura berada pada kelas rendah. Dari data ini dapat dilihat bahwa ketersediaan lahan hortikultura sangat rendah dibandingkan dengan jumlah kepala keluarga petani yang ada di 6 nagari di Sub DAS Sumpur Singkarak. Tekanan terhadap lahan yang tersedia termasuk dalam kategori rendah dengan jumlah KK yang ada. Masyarakat petani sangat terbatas untuk mengembangkan lahannya. Kecuali di Nagari Batupuh Baruah masuk dalam kategori sedang.

Selain itu, kondisi tekanan penduduk (dilihat dari luas lahan dibandingkan dengan Kepala Keluarga (KK) petaninya), didapatkan mayoritas dari nagari sampel tekanannya berada pada kelas sangat rendah, sedangkan di Nagari Batipuah Baruah tekanannya berada pada kelas sedang. Dari data ini dapat dilihat bahwa ketersediaan lahan sangat rendah dibandingkan dengan jumlah kepala keluarga petani yang ada di 6 nagari di Sub DAS Sumpur Singkarak. Tekanan terhadap

lahan yang tersedia termasuk dalam kategori rendah dengan jumlah KK yang ada. Masyarakat petani sangat terbatas untuk mengembangkan lahannya. Kecuali di Nagari Batipuh Baruah masuk dalam kategori sedang.

Selanjutnya dari hasil penelitian ternyata Nagari Batipuah Atas dan Batipuah Baruah, kondisi kesejahteraan penduduknya berada pada kelas baik, karena persentase KK miskinnya masing-masing 7% dan 6%. Terdapat satu nagari yang berada pada kelas sedang dengan persentase 18% yaitu Nagari Sabu. Sisanya adalah nagari yang tingkat kesejahteraan penduduknya berada pada kelas sangat buruk dan buruk yaitu Nagari Gunung Rajo (37%), Nagari Pitalah (80%), dan Nagari Tanjung Barulak (24%).

Keberadaan serta penegakan aturan di seluruh nagari yang telah memiliki aturan pengelolaan aliran Sub DAS Sumpur Singkarak, baik dalam bentuk peraturan nagari atau norma/nilai-nilai, dipraktekkan oleh sebahagian masyarakat nagari atau dipraktekkan terbatas. Kondisi ini memposisikannya pada kelas baik, karena peraturan tersebut memang benar ada, namun hanya sebahagian masyarakat nagari saja yang menerapkan aturan tersebut.

Berdasarkan analisa usaha tani di Sub DAS Sumpur Singkarak, ternyata komoditi yang paling menguntungkan pada sub sektor tanaman pangan adalah jagung (jagung manis), pada subsektor hortikultura adalah terung, sektor buah-buahan adalah durian dan subsektor perkebunan adalah kopi. Sedangkan jika dilihat dari NPV nya, komoditi yang paling besar untungnya per hektar adalah jagung, wortel, durian dan kakao.

Secara keseluruhan permasalahan dan kenyataan yang ditemukan di Sub DAS Sumpur Singkarak ke depannya akan mengakibatkan gangguan kepada sistem hidrologi DAS ini. Di lain hal kebutuhan masyarakat petani untuk kehidupannya dipastikan akan selalu berusaha di lahan yang ada. Jika tidak dilakukan langkah-langkah optimasi terhadap lahan maka akan merugikan ke fisik lingkungan DAS dan petani yang berada di kawasan Sub DAS Singkarak. Untuk itu perlu dilakukan langkah optimasi, dimana fisik lingkungan dapat ditekan atau diambang batas degradasinya, di sisi lain ekonomi masyarakat menjadi lebih baik. Pada penelitian ini model optimasi lahan yang digunakan adalah multi criteria spasial analisis (MCSA). Model ini mensimulasikan penggunaan lahan dengan mempertimbangkan besarnya aliran permukaan dan erosi dengan pendapatan masyarakat (ekonomi). Untuk menjalankan model MCSA ini perlu dilakukan penetapan skenario penggunaan lahan, simulasi model SWAT dengan MCSA dan analisis optimasi penggunaan lahan.

4.5.1 Skenario Penggunaan Lahan

Skenario dalam simulasi dan analisis MCSA disusun berdasarkan penataan pertanian pada kawasan areal penggunaan lain, dimana berdasarkan hasil klasifikasi citra basemap Arc GIS, penggunaan di Sub DAS Sumpur terbagi atas kelas hutan, pemukiman, perkebunan, ladang, sawah semak, dan lahan terbuka. Areal penggunaan lain dipergunakan untuk perkebunan dan lading/pertanian lahan kering, sedangkan sawah dan kelas penggunaan lain tidak dirubah berdasarkan peta penggunaan lahan tahun 2019. Berdasarkan hal tersebut di atas, maka simulasi dan analisis hanya dilakukan pada kawasan areal penggunaan lainnya seluas 9.641 ha (62,3 %).

Selanjutnya skenario juga didasarkan kepada hasil evaluasi lahan, nilai koefisien aliran permukaan (USLE) C dan nilai B/C ratio. Diantara 19 komoditi yang biasa ditanam masyarakat, ada 11 komoditi yang cukup sesuai (S2) dan sesuai marginal (S3) yaitu lobak/kol, tomat, kentang, terung, alpukat, sawo, pisang, durian, kulit manis, kelapa dan kakao. Sisanya tidak sesuai untuk saat ini yaitu padi, jagung, cabe, buncis, wortel, sawi, manga(kuini) dan kopi. Hasil evaluasi ini merupakan kondisi fisik lingkungan yang diperlukan oleh tanaman. Namun kenyataannya di lapangan petani tetap mengusahakan komoditi yang tidak sesuai. Kondisi ini bisa terjadi, karena petani telah mengatasi faktor pembatas fisik lahan. Sehingga mereka tetap berusaha tani di lahannya. Pertimbangan selanjutnya untuk menentukan skenario adalah nilai koefisien aliran permukaan USLE (C). Menurut Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, (1990), nilai koefisien C dari 19 komoditi yang biasa ditanam masyarakat di Sub DAS Sumpur Singkarak adalah seperti terlihat pada tabel 38. Komoditi yang tinggi nilai koefisien C nya ($\geq 0,3$) adalah jagung, wortel, kentang terung, pisang, durian, dan kakao. Di antara komoditi ini yang tidak dimasukkan dalam skenario adalah jagung, karena komoditi ini masih ditanam sebagai komoditi pembatas/sampingan lahan petani. Berdasarkan nilai hasil analisis usaha tani komoditi yang tinggi nilai B/C rasionya dan NPV tertinggi untuk lahan kebun campuran adalah durian, pisang dan kakao, sedangkan untuk lahan tegalan/pertanian lahan kering yaitu; wortel, kentang dan terung.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka didapatkan skenario penggunaan lahan yang akan disimulasikan dengan model SWAT serta model MCSA untuk mendapatkan lahan yang optimal, dimana aliran permukaan dan erosinya bisa

ditekan, tetapi pendapatan masyarakat tinggi. Tabel 39 memperlihatkan susunan skenario penggunaan lahan pada kawasan APL di SubDAS Sumpur Singkarak.

Tabel 37. Dasar Penetapan Skenario Komoditi yang akan di Simulasikan untuk Optimasi Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak.

Komoditi	Kesesuaian Lahan Potensial*)	Nilai C (USLE)**)	Kalkulasi Ekonomi (B/C Ratio)***)
Tanaman Pangan			
Padi Sawah	N-na	0,01	2,47
Jagung	N-na	0,7	3,85
Tanaman Hortikultura			
<i>Sayuran</i>			
Lobak/Kol	S3 - wa/nr	0,29	3,56
Tomat	S3-wa/nr	0,29	3,69
Cabe	N - tc/wa	0,29	3,72
Buncis	N -tc	0,2	3,82
Wortel	N - wa	0,3	4,34
Sawi	N - wa	0,29	4,34
Kentang	S3-wa/nr	0,4	4,59
Terung	S3-wa/nr	0,4	5,13
<i>Buah-Buahan</i>			
Mangga	N - tc/wa	0,5	1,23
Alpukat	S3 -tc/nr	0,5	3,02
Sawo	S2 - wa/nr	0,5	3,12
Pisang	S3 -tc/nr	0,35	3,98
Durian	S2 -tc/nr	0,5	5,27
Tanaman Perkebunan			
Kulit Manis	S3 - rc	0,1	1,68
Kelapa	S3 - rc	0,2	2,68
Kakao	S3 - rc	0,37	3,85
Kopi	N -rc	0,1	4,09
Keterangan :	*) Hasil penelitian tahap ke 2		
	**) Berbagai sumber + Lampiran ...		
	***) Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan, (1990)		

Tabel 38. Skenario Komoditi Terpilih untuk Penggunaan Lahan di Lahan Areal Penggunaan Lahan (APL) di Sub DAS Sumpur Singkarak.

Skenario	Areal Penggunaan Lain (APL)			
	Kebun Campuran	Luas (Ha)	Pertanian lahan kering	Luas (Ha)
1	Durian	1764,1	Wortel	2263,8
2	Durian	1764,1	Kentang	2263,8
3	Durian	1764,1	Terung	2263,8
4	Pisang	1764,1	Wortel	2263,8
5	Pisang	1764,1	Kentang	2263,8
6	Pisang	1764,1	Terung	2263,8
7	Kakao	1764,1	Wortel	2263,8
8	Kakao	1764,1	Kentang	2263,8
9	Kakao	1764,1	Terung	2263,8

4.5.2 Simulasi Model SWAT pada Skenario Penggunaan Lahan

Optimasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak dilakukan dengan MCSA, kriteria yang digunakan untuk menilai kelestarian DAS adalah mempertimbangkan luaran dari DAS yaitu aliran permukaan dan potensi erosi. Dua parameter tersebut didapatkan dari hasil simulasi model hidrologi SWAT dengan input sembilan skenario yang sudah dibentuk. Hasil simulasi pada seluruh skenario menunjukkan aliran permukaan berkisar antara 17,75 – 23,39 mm/tahun, dengan nilai

minimal pada skenario 9 dan maksimal pada skenario 5. Sedangkan pada parameter potensi erosi hasil simulasi berkisar antara 1,318 – 8,375 ton/ha/tahun, dimana nilai terendah terjadi pada simulasi skenario 3 dan erosi tertinggi pada simulasi skenario 5. Hasil simulasi potensi erosi juga memperlihatkan ambang batas toleransi erosi, dimana pada tanah dengan kedalaman 150 cm ambang batas erosinya adalah 9 ton/ha/tahun (Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutani Sosial, 2009) dan (Menteri Kehutanan Republik Indonesia, 2014). Tabel 40 memperlihatkan hasil simulasi model SWAT pada masing-masing skenario penggunaan lahan.

Tabel 39. Hasil Simulasi Model SWAT pada Masing-Masing Skenario Penggunaan Lahan

Skenario	Run off (mm/tahun)	Potensi Erosi (ton/ha/tahun)
1	18,57	2,119
2	23,36	8,301
3	17,79	1,318
4	18,6	2,194
5	23,39	8,375
6	17,82	1,393
7	18,57	2,133
8	23,36	8,315
9	17,75	1,442

Pemodelan hidrologi SWAT merupakan model semi-distributed yang dapat disimulasi secara continue, model semi-distributed karena model membagi DAS dalam beberapa subdas dalam perhitungannya. Hasil simulasi potensi erosi secara spasial dapat di visualisasikan untuk mendapatkan gambaran yang lebih rinci daerah mana saja yang mempunyai potensi erosi yang tinggi. Pada luaran model potensi erosi dapat dimasukkan ke dalam masing-masing sub-catchmentnya seperti diperlihatkan pada gambar 28. Distribusi potensi erosi tersebar pada daerah-daerah pertanian terutama pada skenario yang menerapkan produk pertanian lahan kering kentang, dimana tanaman ini memang biasanya berada pada kemiringan lereng yang tinggi dan ditanam dengan pola searah lereng untuk mempercepat aliran permukaan.

4.5.3 Optimasi dengan MCSA

Teknik optimalisasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak melibatkan pengelompokan alternative atau skenario yang terkait dengan berbagai masalah. Kategori penyelesaian masalah termasuk pemilihan skenario tunggal sebagai hasil dari pemeringkatan luaran dari hasil analisis. Kriteria permasalahan dalam penelitian ini terbagi dalam dua kelompok yaitu; hidrologi dan potensi ekonomi yang mempunyai tujuan berbeda, dimana kriteria hidrologi bertujuan untuk menurunkan parameter aliran permukaan (surface run off) dan potensi ekonomi adalah menaikkan B/C dan NPV. Masing-masing parameter dalam kriteria kemudian dibobot berdasarkan pendapat ahli (expert judgment) dalam penilaiannya. Tabel 40 memperlihatkan kriteria dan parameter dalam analisis MCSA.

Tabel 40. Kriteria dan Parameter Analisis MCSA

Kriteria	Parameter	Bobot	Tujuan
Hidrologi	Surface Run off	0.2	Minimalized
	Potensi Erosi	0.3	Minimalized
Ekonomi	B/C	0.3	Maksimalized
	NPV	0.2	Maksimalized

Kriteria hidrologi merupakan luaran hasil simulasi model SWAT, dua parameter dipilih karena merupakan cerminan dari aktifitas perkebunan dan pertanian lahan kering/ladang yang akan berdampak kepada kelestarian sumberdaya air di SubDAS Sumpur dan perairan danau Singkarak. Jenis perkebunan campuran dan pertanian lahan kering yang ramah lingkungan akan lebih banyak menyerap air ketika terjadi hujan dan mengurangi erosi akibat tumbukan air hujan, sehingga ketersediaan air akan lebih terjaga dan sedimentasi yang masuk ke perairan danau lebih sedikit. Pertimbangan ini akan di kombinasikan dengan potensi ekonomi untuk

memilih tipe usaha tani yang lebih sesuai di Sub DAS Sumpur Singkarak. Hasil pembobotan kriteria hidrologi diperlihatkan pada tabel 41.

Besaran aliran permukaan hasil dari simulasi merupakan cerminan dari limpasan akibat besarnya nilai Curve Number. Model hidrologi SWAT menggunakan algoritma/rumus SCS-CN untuk mengkalkulasi aliran permukaan. Besarnya aliran permukaan pada skenario 5 merupakan akibat dari penerapan pertanian kentang dan pisang yang mengakibatkan besarnya nilai run off, dan hal ini juga mengakibatkan nilai erosi yang besar karena pertanian kentang mempunyai nilai koefisien tanaman (USLE_C) yang lebih besar dari pertanian lahan kering pada skenario lainnya. Apalagi bila penerapan penanaman kentang tanpa menggunakan kaidah-kaidah konservasi (Henny *et al.*, 2011; Katarina, 2006)

Tabel 41. Hasil Pembobotan Kriteria Hidrologi

Skenario	Run off	Erosi	Weight1
1	18.57	2.12	4.35
2	23.36	8.30	7.16
3	17.79	1.32	3.95
4	18.60	2.19	4.38
5	23.39	8.38	7.19
6	17.82	1.39	3.98
7	18.57	2.13	4.35
8	23.36	8.32	7.17
9	17.75	1.44	3.98

Pertanian merupakan salah satu pendapatan bagi sebagian besar masyarakat di Indonesia. Hampir semua DAS di negara ini mengupayakan lahan yang biasanya ada di hulu DAS sebagai lahan pertanian. Komoditi pertanian yang dilibatkan dalam optimalisasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak merupakan hasil pemilihan komoditi seperti disampaikan pada sub bab pemilihan skenario. Dari skenario akan menghasilkan keuntungan terbaik bagi petani dan kemudian disusun

sembilan skenario berupa komposisi komoditi di lahan perkebunan campuran dan pertanian lahan kering. Komposisi ini dibobot berdasarkan pendapat ahli ekonomi pertanian untuk mendapatkan hasil terbaik yang dapat mengangkat nilai tambah secara ekonomi bagi petani. Hasil pembobotan kriteria potensi ekonomi pertanian diperlihatkan pada tabel 42.

Tabel 42. Pembobotan Parameter Ekonomi

Skenario	B/C	NPV (Rp)	Nilai
1	3.8	2,972,900,306,057	1.73
2	4.0	2,275,171,214,947	1.66
3	4.9	1,677,117,708,282	1.82
4	4.5	4,068,630,752,393	2.16
5	4.9	3,370,901,661,284	2.15
6	6.0	2,772,848,154,618	2.36
7	4.5	4,102,220,296,229	2.18
8	5.0	3,404,491,205,120	2.18
9	6.1	2,806,437,698,455	2.40

Proses analisis dengan MCSA ini bertujuan untuk mendapatkan penggunaan lahan yang optimum dari kriteria hidrologi dan potensi ekonomi. Untuk mendapatkan tujuan tersebut dilakukan analisis spasial dengan aplikasi SIG, pemodelan hidrologi SWAT dan analisis potensi ekonomi seperti diuraikan diatas. Kriteria hidrologi dan ekonomi kemudian dianalisis dengan teknik pembobotan dan pemeringkatan (Weighted and ranking choice) untuk mendapatkan komoditi pertanian pada lahan perkebunan dan pertanian lahan kering. Hasil analisis tidak hanya berupa pilihan tunggal tetapi di peringkat sehingga pemangku kepentingan yang terkait dengan tata kelola DAS mempunyai alternatif pilihan.

Tabel 43. Hasil Kalkulasi Optimum Penggunaan Lahan

Skenario	Optimal LU Value	Peringkat
1	5.9	6
2	7.8	8,5
3	3.4	3
4	5.6	5
5	7.8	8,5
6	2.3	2
7	4.1	4
8	6.2	7
9	1.9	1

Hasil analisis akhir dari MCSA diperlihatkan pada table 43 yang menunjukkan skenario dengan komposisi komoditi kakao di lahan kebun campuran dan komoditi terung di lahan kering/tegalan (skenario 9) sangat optimum diterapkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Peringkat optimum ke 2 di dapat pada komoditi pisang dan terung. Kondisi skenario ini menggambarkan bahwa komoditi yang masih di bawah ambang batas erosi tertinggi (6 komoditi) dan nilai usaha taninya tinggi dapat dikembangkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Dengan demikian komoditi lainnya (13 komoditi) yang potensi erosinya masih di bawah ambang batas dapat dikembangkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Secara ekonomi pemilihan komoditi oleh masyarakat petani, tentunya tergantung kepada nilai usaha tani. Berdasarkan hasil penelitian diatas dapat diambil kesimpulan bahwa dari 19 komoditi diteliti, potensi erosinya masih dibawah ambang batas toleransi erosi. Secara ekonomi tentunya petani dapat memilih komoditi yang menguntungkan untuk meningkatkan pendapatannya.

4.5.4 Analisis Potensi Ekonomi di Sub DAS Sumpur Singkarak

Berdasarkan hasil skenario optimasi penggunaan lahan pada Sub DAS Sumpur Singkarak dapat disimpulkan ternyata komoditi seluruh komoditi yang

diskenariokan masih dibawah ambang batas toleransi erosi yaitu 9,17 ton/ha/tahun. Berarti seluruh 19 komoditi dipastikan dari sisi hidrologi, erosinya yang ditimbulkannya masih dibawah ambang batas toleransi.

Selanjutnya untuk meningkatkan pendapatan petani, dapat dihitung potensi ekonomi pertanian pada lahan kebun campuran dan lahan kering/tegalan. Perhitungan dilakukan dengan cara analisis B/C Ratio dan NPV. Biaya produksi dan produksi dikalikan dengan luasan lahan kebun campuran dan lahan kering/tegalan, maka akan di dapatkan biaya produksi dan produksi keseluruhan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Hasil perhitungan dapat dilihat pada table 44.

Tabel 44. Hasil Analisis Potensi Ekonomi pada Skenario Penggunaan Lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak

Skenario	Analisa Usaha Tani Skenario									
	Lahan Perkebunan (A)				Pertanian Lahan Kering (B)				Lahan Skenario (A + B)	
	Biaya/ha (Rp)	Produksi/ha	B/C	NPV Lahan (Rp)	Biaya (Rp)	Produksi	B/C	NPV (Rp)	B/C	NPV (Rp)
1	210.408.259	1.108.426.910	5,27	1.584.194.701.073	715.996.262	3.107.622.666	4,34	5.414.163.852.166	3,78	2.972.900.306.057
2	210.408.259	1.108.426.910	5,27	1.584.194.701.073	590.448.306	2.712.107.054	4,59	4.803.011.071.840	4,02	2.275.171.214.947
4	157.074.774	624.404.272	3,98	824.415.968.271	715.996.262	3.107.622.666	4,34	5.414.163.852.166	4,48	4.068.630.752.393
7	158.202.736	609.566.591	3,85	796.250.976.290	715.996.262	3.107.622.666	4,34	5.414.163.852.166	4,53	4.102.220.296.229
5	157.074.774	624.404.272	3,98	824.415.968.271	590.448.306	2.712.107.054	4,59	4.803.011.071.840	4,91	3.370.901.661.284
3	210.408.259	1.108.426.910	5,27	1.584.194.701.073	462.489.589	2.373.093.672	5,13	4.325.225.523.051	4,94	1.677.117.708.282
8	158.202.736	609.566.591	3,85	796.250.976.290	590.448.306	2.712.107.054	4,59	4.803.011.071.840	4,98	3.404.491.205.120
6	157.074.774	624.404.272	3,98	824.415.968.271	462.489.589	2.373.093.672	5,13	4.325.225.523.051	6,02	2.772.848.154.618
9	158.202.736	609.566.591	3,85	796.250.976.290	462.489.589	2.373.093.672	5,13	4.325.225.523.051	6,13	2.806.437.698.455

Data pada table 44 diatas menunjukkan bahwa secara keseluruhan pada lahan perkebunan dan lahan kering/tegalan, skenario 9 (kakao + terung) hasil usaha taninya paling menguntungkan (B/C ratio = 6,13) dan yang paling kecil keuntungannya (B/C ratio = 3,78) adalah skenario 1 (durian + wortel). Nilai nominal keuntungan yang terbesar adalah skenario 7 (kakao + wortel) yaitu Rp. 4.068.630.752.392,99 (NPV). Sedangkan yang paling kecil nominal keuntungannya adalah Rp. 1.677.117.708.282,22 (NPV). Secara umum usaha pertanian (19 komoditi) yang dilakukan petani pada lahan perkebunan dan lahan kering di Sub DAS Sumpur Singkarak menguntungkan karena B/C rasionya > 1.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dengan judul “Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian Pada Batas Toleransi Erosi dan Hubungan dengan Pendapatan Petani di Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Sumpur Singkarak” dapat diambil kesimpulan sebagai berikut;

1. Telah terjadi perubahan penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak dari tahun 2004 – 2019, dimana lahan kebun campuran bertambah seluas 557 Ha (3,60 %), lahan sawah berkurang seluas 3.032 ha (19,59 %) dan tegalan/ladang bertambah 2.329 ha (15,05 %). Kemudian juga ditemukan bahwa kawasan hutan lindung (58 ha) dan kawasan KSA/KPA (997 ha) telah mulai digarap masyarakat untuk keperluan budidaya. Pergeseran fungsi lahan ini akibat dinamika aktivitas masyarakat yang semakin tinggi, akibat tekanan penduduk serta kemiskinan.
2. Dari hasil evaluasi lahan terhadap komoditi yang biasa ditanam petani, ternyata hanya satuan lahan 1 yang dominan sesuai (S) dari 7. Sedangkan satuan lahan lainnya (2,3,4,5,6, dan 7) dominan tidak sesuai (N). Hal ini membuktikan bahwa petani bertani pada lahan yang daya dukung nya terbatas. Akibatnya antara lain adalah timbulnya kerusakan atau gangguan pada sistim hidrologi yang mengakitnya meningkatnya aliran permukaan dan erosi.
3. Pergeseran fungsi lahan ini akibat dinamika aktivitas masyarakat yang semakin tinggi, akibat tekanan penduduk dan kemiskinan. Dari hasil penelitian, tingkat ketersediaan lahan termasuk kelas rendah – sedang, dimana 61,90 % dari responden keluarga petani hanya memiliki luas lahan pertanian 0 s/d 0,5 Ha. Kemudian dari hasil penelitian yang dilakukan di 6 Nagari, ternyata angka kemiskinan di 3 Nagari

termasuk dalam kelas buruk sampai sangat buruk, hanya 2 Nagari yang termasuk kelas baik. Upaya pemerintah Nagari/Kelurahan untuk menekan kerusakan DAS, sudah ada dalam bentuk peraturan nagari atau norma/nilai-nilai. Hal ini terbukti dari 12 nagari/kelurahan, 7 Nagari sudah mempunyai aturan, hanya 5 nagari/kelurahan yang belum ada aturan. Bentuk aturan berupa Peraturan Nagari dan norma/nilai-nilai. Namun demikian dalam penerapan hanya sebahagian masyarakat saja yang mematuhi.

4. Hasil proses kalibrasi model SWAT menunjukkan nilai NSE dan R^2 yaitu 0.65 dan 0.58 (kategori memuaskan). Hasil validasi diperoleh nilai NSE dan R^2 sebesar 0.60 dan 0.63 (memuaskan). Model SWAT yang digunakan konsisten dan dapat dilanjutkan melakukan simulasi skenario optimasi penggunaan lahan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Hasil simulasi juga memperlihatkan aliran permukaan mencapai 24.8 mm/tahun dan erosi mencapai 9,17 ton/ha/tahun (diatas batas ambang kritis erosi 9 ton/ha/tahun).
5. Hasil optimalisasi penggunaan lahan menghasilkan kombinasi yang menunjukan skenario dengan komposisi komoditi kakao di lahan kebun campuran dan komoditi terung di lahan kering/tegalan (skenario 9) sangat optimum (peringkat satu) diterapkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Peringkat optimum ke 2 di dapat pada komoditi pisang dan terung. Kondisi skenario ini menggambarkan bahwa komoditi yang masih di bawah ambang batas erosi tertinggi (6 komoditi) dan nilai usaha taninya tinggi dapat dikembangkan di Sub DAS Sumpur Singkarak. Dengan demikian komoditi lainnya (13 komoditi) yang potensi erosinya masih di bawah ambang batas dapat dikembang di Sub DAS Sumpur Singkarak. Secara ekonomi pemilihan komoditi oleh masyarakat petani, tentunya tergantung kepada nilai usaha tani.

6. Model optimasi MCSA dengan dikombinasikan dengan Model SWAT dapat dijadikan model pengambilan keputusan untuk menekan degradasi lahan akibat aliran permukaan dan erosi, serta dapat dijadikan model untuk peningkatan ekonomi masyarakat.

Selanjutnya berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan diatas, dapat disarankan hal-hal sebagai berikut ;

1. Untuk meningkatkan nilai NSE atau R^2 menjadi sangat baik, perlu dilakukan pendetailan terhadap parameter input hidrologi seperti ; iklim, tanah, koefisien C, dan tindakan konservasi yang dilakukan masyarakat.
2. Model pengambilan keputusan ini, diharapkan bisa dipakai oleh Pemerintah Kabupaten Tanah Datar dan Kota Padang Panjang dalam rangka konservasi lahan dan peningkatan ekonomi masyarakat.



DAFTAR PUSTAKA

- Alansi, A. (Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.31 No.1 (2009), pp. 88-105.). The Effect of Development and Land Use Change on Rainfall-Runoff and Runoff-Sediment Relationships Under Humid Tropical Condition : Case Study of Bernam Watershed Malaysia. *European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X, 31 No.1*, 88 - 105.
- Amrizal Saidi, I. B. (2013). *Karakteristika Daerah Aliran Sungai Tropika & Pengelolaannya*. Padang.
- Ananda, J., & Herath, G. (2003). Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal. *Journal of environmental Management*, 68, 343-353.
- Anwar, M. (2012). *Pewilayahan Hidroklimat untuk Optimasi Penggunaan Lahan Pertanian Menggunakan Model SWAT : Kaus DAS Barito Hulu Kalimantan Tengah*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- ArcGIS. (2018, Desember 26). <http://goto.arcgisonline.com/maps/>: [Arnold, J., Allen, P., Mutiah, R., & Bern, G. \(1995\). Automated Base Flow Separation and Recession Analysis Techniques. *Ground Water*, 33 \(6\), 1010-1018.

Arsyad, S. \(2010\). *Konservasi Tanah & Air*. Bogor: IPB Press.

Asdak, C. \(2010\). *Hidrologi dan Pengelolaan daerah Aliran Sungai \(cetakan kelima \(Cetakan kelima \(revisi\) ed.\)*. Bandung: Gajah Mada University Press.

Badan Informasi Geospasial. \(2018, Desember 26\). \[tanahair.indonesia.go.id\]\(http://tanahair.indonesia.go.id\). Retrieved Desember 26, 2018, from <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>: <https://tanahair.indonesia.go.id/portal-web/>

Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia. \(2014\). *Peta Rupa Bumi Tahun*. BIG.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar. \(2014\). *Statistik Daerah Kabupaten Tanah Datar 2014*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar. \(2019\). *Kabupaten Tanah Datar dalam Angka*. Batusangkar: BPS Kab. Tanah Datar.

Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang. \(2014\). *Kecamatan Padang Panjang Timur Dalam Angka 2014*. Padang Panjang: Badan Pusat Statistik Kota Padang Panjang.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar. \(2020\). <https://www.bps.go.id/statictable/2014/02/18/1274/proyeksi-penduduk-menurut-provinsi-2010---2035.html>. Retrieved from <https://www.bps.go.id>.

Badan Pusat Statistik Kabupaten Tanah Datar . \(2016\). *Tanah Datar Dalam Angka*. Batusangkar: BPS Tanh Datar.

Badan Standarisasi Nasional \(BSN\). \(2010\). *Klasifikasi Penutup Lahan*. Jakarta.

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. \(2006\). *Sifat Fisik Tanah Dan Metode Analisisnya*. \(U. Kurnia, F. Agus, A. Adimihardja, & A. Dariah, Eds.\) Bogor: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.](http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery)

- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan. (2013). *Petunjuk Teknis Penyusunan Peta Pewilayahan Komoditas Pertanian Berdasarkan AEZ Pada Skala 1 : 50.000 Dalam Rangka Pendampingan Litkaji Pemetaan Sumber Daya Lahan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Balai Penelitian Tanah. (2005). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. (Sulaeman, Suparto, & Eviati, Eds.) Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Bannwarth, M., Sangchan, W., Hugenschmidt, C., Lamers, M., Ingwersen, J., Ziegler, A., et al. (2014). Pesticide transport simulation in a tropical catchment by SWAT. *Environmental Pollution*, 191, 70-79.
- Bapedalda Propvinsi Sumatera Barat. (2012). *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Sumatera Barat*. (M. M. Ir. Siti Aisyah, Ed.) Padang, Sumatera Barat.
- Bazzoffi, P. (2002). *Impact of Human Activities on Soil Loss, Direct and Indirect Evaluation*.
- Belton, V., & T, S. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis - An Integrated Approach*. Boston, MA, USA: Kluwer Academic Press.
- Borah, D. K. (2004). Storm event flow and sediment simulations in agricultural watersheds using DWSM. *Trans. ASAE*, 47(5), 1539- 1559.
- Brown, L. C. (1987). *The enhanced water quality models QUAL2E and QUAL2E- UNCAS: Documentation and user manual*. EPA document EPA/600/3- 87/007. Athens, Ga.: USEPA.
- BSN, (. (2008). *Patent No. SNI 6989.57*. Indonesia.
- Charles, D., & Simpson, T. (2002). Goal Programming Applications in Multidisciplinary Design Optimization. *International Journal of Elsevier*.
- Chong-yu, X. (2002). *Hydrology Models*. Sweden: Uppsala University, Department of Earth Sciences Hydrology.
- Daye, D. D., & Healey, J. R. (2015). Impacts of Land-Use Change on Sacred Forests at The Landscape Scale. *Global Ecology and Conservation*, 3, 349-358.
- Direktorat Analisis Dampak Kependudukan, B. (2012). Analisis Dampak Kependudukan Terhadap Ketahanan Pangan. *Kajian Dampak Lingkungan*.
- Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan. (2013). *Rekalkulasi Penutupan Lahan Indonesia Tahun 2012*. Jakarta: Direktorat Inventarisasi Dan Pemantauan Sumber Daya Hutan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Kementerian Kehutanan.
- Direktorat Jenderal Bina Usaha Kehutanan, Kementerian Kehutanan. (2014). *Peta Indikatif Arah Pemanfaatan Hutan pada Kawasan Hutan Produksi yang Tidak Dibebani Izin untuk Usaha Pemanfaatan hasil Hutan Kayu*.
- Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutani Sosial. (2009). Peraturan Direktur Federal Rehabilitasi Lahan dan Perhutani Sosial Nomor : P.004/V-SET/2009 tentang Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai.

- Direktorat Pengkajian Bidang Ekonomi Lembaga Pertahanan Nasional. (2013). Meningkatkan Produktivitas Pertanian Guna Mewujudkan Ketahanan Pangan dalam Rangka Ketahanan Nasional. *Kajian Lemhanas Republik Indonesia*, 15, 19.
- Direktur Jenderal Pengairan. (1976). *Hidrologi (Manual on Hydrology)*. (S. Sosrodarsono, K. Takeda, Eds., & I. L. Taulu, Trans.) Jakarta: Direktur Jenderal Pengairan. Departemen PU & Tenaga Listrik.
- Direktur Penelitian dan Pengembangan, Mariano Marcos State University. (2012). *MANUAL MWSWAT (MapWindow Soil and Water Assessment Tool)*. (S. M. Yusuf, Trans.) Batac City, 2906 Ilocos Norte: Direktorat Perencanaan dan Evaluasi Pengelolaan DAS Ditjen. Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial Kementerian Kehutanan RI.
- Djaenudin, D., H. M., H. S., & Hidayat, A. (2011). *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian* (Kedua ed.). (A. Hidayat, H. Suhardjo, & Hikmatullah, Eds.) Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan. Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Douglas- Mankin, K., Srinivasan, R., & Arnold, J. (2010). Soil Water Assessment Tool (SWAT) Model : Current Development and Applications. *Soil Water Assessment Tool*, 53(5), 1423-1431.
- Dwiprabowo, H., Djaenudin, D., Alviya, I., & Wicaksono, D. (2014). *Dinamika Tutupan Lahan : Pengaruh Faktor Sosial Ekonomi*. (M. Prof (r) Dr.Ir. Irsal Las, & M. Ir. Yuyu Rahayu, Eds.) Sleman: PT Kanisius.
- Eckhardt, K. a. (2003). Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *J. Hydrol.*, 284(1- 4), 244- 252.
- Edwin. (2015). Spatial and Temporal Analysis of Land Use Change for 11 years (2004-2014) in Sub-Watershed Sumpur Singkarak. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 5.
- Erener, A., Düzgün, S., & Yalciner, A. C. (2012). Evaluating land use/cover change with temporal satellite data and information systems. *Procedia Technology*, 1, 385-389.
- Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community. (2019). *maps/World_Imagery "target="_new" >online*. Retrieved from [http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery "target="_new" >online](http://goto.arcgisonline.com/maps/World_Imagery).
- FAO. (1976). *A Framework for Land Evaluation* (Vol. 32). FAO Soil Bulltin.
- Figuera, J., S, G., & M, E. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis—State of the Art Survey*. New York, NY, USA: Springer.
- Flay, R. B. (2001). *Modeling Nitrates and Phosphates in Agricultural Watersheds with the Soil and Water Assessment Tool*.
- Fohrer, N., K, E., S, H., & H.G. , F. (2001). Applying the SWAT Model as a Decision Support Tool for Land Use Concepts in Peripheral Region in Germany. *Selected Paper for the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held, May*.

- Gassman, P., Reyes, M., Green, C., & Arn, J. (2007). The Soil and Water Assessment Tool : Historical Development, Applications And Future Research Directions. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 50(4), 1211-1250.
- Greene, R. D. (2011). GIS- Based Multiple- Criteria Decision Analysis. *Geography Compass*, 412-432.
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2007). *Kesesuaian Lahan dan Perencanaan Tata Guna Tanah*. Bogor: Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institute Pertanian Bogor.
- Harsoyo, B. (2010). *Review Modeling Hidrologi DAS di Indonesia* (Vol. 11). UPT Hujan Buatan BPPT, Jurnal Sains & Teknologi Modifikasi Cuaca.
- Hartog, J., Hinloopen, E., & Nijkamp, P. (1989). *A sensitivity analysis of multi-criteria choice-methods: An application on the basis of the optimal site selection for a nuclear power plant*. Energy Econ.
- Hidayat, Y. (2001). *Aplikasi Model ANSWERS dalam Memprediksi Erosi dan Aliran Permukaan di DTA Bodong Jaya dan DAS Way Besay Hulu, Lampung Barat*. Bogor: Program Pasca Sarjana, IPB.
- ICRAF (International Centre for Research Agroforestry). (2001). *Modelling Erosion at Different Scales, Case Study in The Sumber Jaya Watershed, Lampung, Indonesia*. Bogor: Internal Report (Unpublish).
- Ideawati, L. F., Limantara, L. M., & Andawayanti, U. (2015, Mei). Analisis Perubahan Bilangan Kurva Aliran Permukaan (Runoff Curva Number) Terhadap Debit Banjir di DAS Lesti. *Jurnal Teknik Pengairan*, 6 Nomor 1, 37-45.
- Iqbal, M. F., & Khan, I. A. (2014). Spatiotemporal Land Use Land Cover Change Analysis and Erosion Risk Mapping of Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 17, 209-229.
- J.V, N. J. (1970). River flow forecasting through conceptual models. Part 1. A discussion of principles. *J.Hydrol*, 10, 282-290.
- Junaidi, E. (2009). *Kajian Berbagai Alternatif Perencanaan Pengelolaan DAS Cisadane menggunakan Model SWAT*. Institut Pertanian Bogor, Program Studi Ilmu Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Intitut Pertanian Bogor.
- Junaidi, E., & Tarigan, S. D. (2011). *Penggunaan Model Hidrologi SWAT (Soil and Water Assessment Tool) Dalam Pengelolaan DAS Cisadane*. Bogor: Balai Penelitian Kehutanan Ciamis, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Intitut Pertanian Bogor.
- Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar. (2004 - 2014). *Data Hidrologi*. Bukittinggi: Kantor Pengamat Wilayah II UPTD Balai PSDA Wil. Utara, Dinas PSDA Sumbar.
- Kartodihardjo, H., Murti Laksono, K., & Sudadi, U. (2004). *Institusi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Konsep dan Pengantar Analisis Kebijakan*. Bogor: Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Katarina, R. (2006). Faktor penyebab petani kentang lahan kering dataran tinggi Kecamatan Pangalengan, bandung Tidak Mengadopsi Konservasi Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 11, 25-31.

- Kementerian Kehutanan. (2013). *Buku Basis Data Spasial Kehutanan 2013*. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Klapka, J., & Piñeros, P. (2007). Decision support system for multicriterial R&D and information systems projects selection. *Eur. J. Oper. Res.*, 140.
- Kooman, E., Stillwell, J., Bakema, A., & Scholten, H. (2007). *Modelling Land-Use Change Progress and Application*. Springer.
- Latifah, I. (2013). *Analisis Ketersediaan Air, Sedimentasi, dan Karbon Organik dengan Model SWAT di Hlu DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana IPB.
- Lenhart, T. A.- G. (2005). Considering spatial distribution and deposition of sediment in lumped and semi- distributed models. *Hydrol. Process.*, 19(3), 785- 794.
- Lenhart, T., Eckhardt, K., Fohrer, N., & Fred, H.-G. (2002). Comparison of two different approaches of sensitivity analysis. *Phys. Chem. Earth*, 27, 645-654.
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2008). *Remote Sensing and Image Interpretation*. USA: John Wiley & Sons Inc, http://www.amazon.com/Remote-Sensing-Interpretation-Thomas-Lillesand/dp/0470052457#reader_0470052457.
- Lina, H., Su, X., Singh, V. P., & Ayantobo, O. O. (2017, November 7). Spatial Optimization of Agricultural Land Use Based on Cross-Entropy Methode. *MDPI*, 1-16.
- Malczewski, J. (1999). *GIS And Multicriteria Decision Analysis*. New York - Chicester - Brisbane - Singapore - Toronto: John Wiley & Sons, Inc.
- Mawardi, I. (2010, Juli 28). Kerusakan Daerah Aliran Sungai dan Penurunan Daya Dukung Sumberdaya Air di Pulau Jawa serta Upaya Penanganannya. *Hidrosfir Indonesia*, 5, 1-11.
- Meiyappan, P., Dalton, M., O'Neill, B., & Jain, A. (2014). Spatial Modeling of Agricultural Land Use Change at Global Scale. *Ecological Modelling*, 291, 152-174.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2009). *Keputusan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. Nomor: SK.328/Menhut-II/2009 Penetapan Daerah Aliran Sungai (DAS) Prioritas Dalam Rangka Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Tahun 2010-2014*. Jakarta: Kementerian Kehutanan.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2013). *Surat Keputusan Menteri Kehutanan RI Nomor SK.35/Menhut-II/2013 tanggal 15 Januari Perubahan atas Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor 422/Kpts-II/1999*. Jakarta.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. Nomor: P. 61/Menhut-II/2014, Tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Kehutanan No.P. 60 /Menhut-II/2014, Kriteria Penetapan Klasifikasi Daerah Aliran Sungai*. Jakarta.
- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (2014). *Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Jakarta.

- Menteri Kehutanan Republik Indonesia. (n.d.). Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor : P.61/Menhut-II/2014 tentang Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai.
- Menteri Kehutanan, Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Pembinaan Sosial. (2009). Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai. *Peraturan Direktur Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial Nomor : P.04/V-SET/2009*. Jakarta.
- Mizwar, Z. (2012). *Aplikasi Model Hidrologi Dalam Penentuan Sistem Panen Hujan dan Aliran Permukaan Daerah Tangkapan Air Singkarak*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Moriassi, D., Arnold, J., MW, V. L., Bingner, R., Harmel, R., & Veith, T. (2007). *Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy* (Vol. 50 (3)). *Transactions of the ASABE*. 50 (3).
- Moriassi, D., M.W, V. L., Bingner, R., H, R., & Arnold, J. (2007). Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. *Transactions of the ASABE.*, 50 (3), 885-900.
- Motovilov YG, L. G. (1999). Validation of a Distributed Hydrological Model Against Spatial Observations. *J Agricultural and Forest Meteorology*, 98-99, 257-277.
- Mulyana, N. (2012). *Analisis Luas Tutupan Hutan Terhadap Ketersediaan Green Water dan Blue Water di Sub DAS Gumbasa dan Sub DAS Cisadane Hulu dengan Aplikasi Model SWAT*. Sekolah Pasca Sarjana, IPB.
- Muslich, M. (2009). *Metode Pengambilan Keputusan Kuantitatif*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Ndomba, P.s., Mtalo, F., & Killingtveit, A. (2008). SWAT model application in a data scarce tropical complex catchment in Tanzania. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 626-632.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., & Williams, J. (2009). *Soil and water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Texas: Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agriculture Research Service, Blackland Research Centre, Texas Experiment Station.
- Neitsch, S., Arnold, J., Kiniry, J., Srinivasan, R., & Williams, J. (2005). *Soil and water assessment tool input/output file documentation, version 2005*. Grassland, Soil and Water Research Laboratory, Agricultural Research Service.
- Nijkamp, P., & Beinat, E. (1998). *Multi-Criteria Analysis for Land Use Management*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Niraulaa, R., Kalin, L., Srivastava, P., & Anderson, C. J. (2013). Identifying Critical Source Areas of Nonpoint Source Pollution with SWAT and GWLF. *Ecological Modelling*, 123-133.
- Njurumana, G. N. (2008, November 28). Kajian Degradasi Lahan pada Daerah Aliran Sungai Kambaniru, Kabupaten Sumba Timur. *Info Hutan*, 3, pp. 241-254.
- Nugroho, P., Marsono, D., Sudira, P., & Suryatmojo, H. (2013). Impact of Land-Use Changes on Water Balance. *Procedia Environmental Sciences*, 17, 256 – 262.

- Parajuli, P., Nelson, N., Frees, L., & Mankin, K. (2008). Comparison of AnnAGNPS and SWAT model simulation results in USDA-CEAP agricultural watersheds in south-central Kansas. *HYDROLOGICAL PROCESSES*, 23, 748–763.
- Pawitan, H. (2000). *Hidrologi Daerah Aliran Sungai: Teknik Pemodelan dan Simulasi Sistim DAS, Makalah Pelatihan Agroklimat*. Bogor: Jurusan Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, IPB.
- Pawitan, H. (2015, July 6). Perubahan Penggunaan Lahan dan Pengaruhnya Terhadap Hidrologi Daerah Aliran Sungai; Land Use Changes and Their Impacts on Watershed Hydrology. 16, pp. 1-17.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2007). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (1999). *Undang-undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan*. Jakarta.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2008). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional*.
- Pemerintah Republik Indonesia. (2012). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37. Tahun 2012 tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Jakarta.
- Phomcha, P., Wirojanagud, P., Vangpaisal, T., & Thaveevouthti, T. (2012). Modeling the impacts of alternative soil conservation practices for an agricultural watershed with the SWAT model. *Procedia Engineering*, 32, 1205-1213.
- Plesca, I., Timbe, E., Exbrayat, J.-F., Windhorst, D., Kraft, P., Crespo, P., et al. (2011). Model intercomparison to explore catchment functioning: Results from a remote montane tropical rainforest. *Ecological Modelling*, 239, 3-13.
- Puntodewo, A., Dewi, S., & Tarigan, J. (2003). *Sistem Informasi Geografis Untuk pengelolaan sumberdaya alam*. Bogor: Center for International Forestry Research (CIFOR).
- Purwanto, S. (2012). *Studi Perubahan Penggunaan Lahan Di Kecamatan Umbulharjo Kota Yogyakarta Tahun 1987-1996 Berdasarkan Foto Udara*. Yogyakarta.
- Pusat Penelitian Tanah. (1994). *Panduan Survei Tanah. Bagian Pertama*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dep. Pertanian.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan. (1990). *Peta Satuan Lahan dan Tanah*. Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) . (2014). *Citra Satelit Landsat*.
- Rachman, A., & Dariah, A. (2007). Pemodelan dalam Perencanaan Konservasi Tanah dan Air. (N. S. Fahmuddin Agus, Ed.) *Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air*, 28-33.
- Rajati, T., Kusmana, C., Darusman, D., & Saefuddin, A. (2006). Optimalisasi Lahan Kehutanan dalam Rangka Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Kesejahteraan Sosial Ekonomi Masyarakat Desa Sekitar Hutan :Studi Kasus di Kabupaten Sumedang. *Manajemen Hutan Tropika*, XII Nomor 1, 38 - 50.

- Ramlan, A. (2013). *Optimasi Alokasi Lahan Perkebunan Menggunakan Pendekatan Multi Kriteria Spasial Berbasis Metode Kontinyu*. Bogor: Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Reungsang, P., Kanwar, R., Jha, M., Gassman, P., Ahmad, K., & Saleh, A. (2005). *Calibration and validation of SWAT for the Upper Maquoketa River watershed*. Iowa: Center for Agricultural and Rural Development, Iowa State University.
- Riadi, B., Barus, B., Widiatmaka, JP, M. Y., & Pramudya, B. (2018). Spatial Modeling on Coastal Land Use/Land Cover Changes and its Impact on Farmers. *Environment and Ecology Research*, 167-177.
- Ridwansyah, I. (2010). *Applying SWAT and GIS to Predict Impact of Landuse Change On Water Yield and Landuse Optimazing In Upper Cimanuk Catchment Area*. Bogor: Graduate School, Bogor Agriculture University.
- Ridwansyah, I. (2010). *Applying SWAT and GIS to Predict impact of Landuse Change to Water Yield and Landuse Optimizing in Upper Cimanuk Catchment Area*. Bogor: IPB.
- Ridwansyah, I. P. (2014). Watershed Modeling with ArcSWAT and SUFI2 In Cisadane Catchment Area: Calibration and Validation to Prediction of River Flow. *International Journal of Science and Engineering*, 6(2), 12-21.
- Ridwansyah, I., Pawitan, H., Sinukaban, N., & Hidayat, Y. (2014). Watershed Modeling with ArcSWAT and SUFI2 In Cisadane Catchment Area: Calibration and Validation to Prediction of River Flow. *International Journal of Science and Engineering(IJSE)*, 6(2)2014:12-21, April 2014.
- Rihardi, F. P., Budiarti, R., & Asiani. (2003). *Agribisnis Tanaman Sayuran*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F., & Hidayat, H. (2007). *Evaluasi Kesesuaian Lahan, dengan Contoh Peta Arahana Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Bogor, Indonesia: Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Rossiter, D., & Van Wambeke, A. (1997). *Automated Land Evaluation System. ALES Version 4.5. User Manual* (Vols. Teaching Series No. 193-2. Revision 4). Ithaca, NY. USA: Cornell University, Departement of Soil Crop & Atmospheric Sciences. SCAS.
- Sadeghi, S., & Jalili, K. (2008). *Land use optimization in watershed scale, Land Use Policy*.
- Saleh, A, A., & B, D. (2004). Evaluation of SWAT and HSPF within BASINS program for the upper North Bosque River watershed in central Texas. *Trans. ASAE*, 47(4), 1039- 1049.
- Satriawan, H. (2013). *Permodelan Dalam Perencanaan Konservasi tanah dan Air* (Vol. 13). Jakarta: Lentera.
- Schmidt, M. V., Olsen, S. B., Dubgaard, A., Kristensen, I. T., Jorgensen, L. B., Normander, B., et al. (2019, August). Using Spatial Multi-Criteria Decision Analysis to Develop New and Sustainable Direction for The Future Use of Agricultural Land in Denmark. *Ecological Indicators*, 103, 34-42.

- Schmitz, a. T. (2000). *Modelling Erosion at Differen Scales, Case Study in Sumber Jaya Watershed, Lampung Indonesia*.
- Schuol, J., & Abbaspour, K. (2006). Calibration and uncertainty issues of a hydrological model (SWAT) applied to West Africa. *Advances in Geosciences*, 9, 137–143.
- Shepherd, B., D, H., & A, M. (n.d.). Modelling catchment- scale nutrient transport to watercourses in the U.K. *Hydrobiologia*, 395- 396, 227- 237.
- Singh, V. 1.-r. (1988). *Hydrologic Systims*. (Vols. Rainfall-runoff modelling). Prentice.
- Sinukaban, N. (2007). *Konservasi Tanah dan Air Kunci Pembangunan Berkelanjutan*. Bogor: Direktorat Jenderal RLPS.
- Sinukaban, N. (2007). Pengembangan Daerah Aliran Sungai (DAS) dengan Tebu sebagai Tanaman Konservasi. In N. Sinukaban, *Konservasi Tanah dan Air; Kunci Pembangunan Berkelanjutan* (pp. 197-214). Bogor: Direktorat Jenderal RLPS.
- Siswanto. (2007). *Operations Research Jilid 1*. Bogor: Erlangga.
- Siti Aisyah, I., Mulyadi, S., R.Rina Ariani, S., Desi Widia Kusuma, S., Yuliasuti, M., Desrizal, S., et al. (2012). *Status Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Sumatera Barat 2011*. Padang: Bapedalda Provinsi Sumatera Barat.
- Soekartawi. (2006). *Analisis Usaha Tani*. Jakarta: UI Press.
- Sri Harto, B. (1993). *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Stasiun Klimatologi Kelas II Padang Pariaman; Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. (2004 - 2014). *Data Iklim*. Sicincin: Stasiun Klimatologi Kelas II Padang Pariaman.
- Strauch, M., & Volk, M. (2013). SWAT plant growth modification for improved modeling of perennial vegetation in the tropics. *Ecological Modelling*, 269, 98-112.
- Sudaryono. (2002, Mei). Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Terpadu, Konsep Pembangunan Berkelanjutan. *Sudaryono. 2002. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) TJurnal Teknologi Lingkungan*, 3(Konsep Pembangunan Berkelanjutan), 153-158.
- Suryani, E. (2005). *Optimasi Perencanaan Penggunaan Lahan dengan Bantuan Sistim Informasi Geografi dan Soil and Water Assesment Tool : Suatu Studi di DAS Cijalupang, Bandung, Jawa Barat*. Bogor: Sekolah Pasca Sarjana, Intitut Pertanian Bogor.
- Sutanto. (1999). *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Syvitski, J. P., Cohen, S., Kettner, A. J., & Brakenridge, G. R. (2014). How important and different are tropical rivers?—An overview. *Geomorphology*, GEOMOR-04678; *No of Pages 13*.
- Syvitski,, J., & Milliman,, J. (2007). Geology, geography, and humans battle for dominance over the delivery offluvial sediment to the coastal ocean. *Geology*. 115, 1–19., 115, 1-19.
- Tarigan, E. J. (2011). *Penggunaan Model Hidrologi SWAT (Soil And Water Assessment) dalam Pengelolaan DAS Cisadane (Application SWAT Hydrology Model in Cisadane Watershed Management)* (Vol. 9). Ciamis: Jurnal Penelitian Kehutanan dan Konservasi Alam, Balai Penelitian Kehutanan Ciamis.

- usgs.gov. (2019). <https://www.usgs.gov/science-explorer-results?es=Digital+elevation+model>. Retrieved from <https://www.usgs.gov>.
- Vadari, T., Dariah, A., & Rachman, A. (2009). Aplikasi “GeoSPLaSH” untuk Memprediksi Erosi di DAS Kali Pahat. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumberdaya Lahan, 24-25 Nopember 2009*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Vadari, T., Subagyono, K., & Sutrisno, N. (2004). Model Predisi Erosi : Prinsip, Keunggulan, dan Keterbatasan. In P. P. Agroklimat, *Konservasi Tanah pada Lahan Kering Berlereng* (pp. 71-102). Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian Republik Indonesia.
- Van Griensven, A. a. (2003). Multiobjective autocalibration for semidistributed water quality models. *Water Resour. Res.*, 39(12), SWC 9.1- SWC 9.9.
- Wainwright J, & M. (2004). *Modeling and Model Building*. West Sussex.
- Wangge, G. A., Widiastuti, A. S., Maretya, D. A., Suci, A., Nurkholis, A., Widyaningsih, Y., et al. (2016, 3 12). *Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian di DAS Sembung, Kabupaten Sleman, DIY*. Retrieved Maret 18, 2020, from <http://doi.org/http://doi.org/10.17605/OSF.IO/EDAHR>
- Widiatmaka, W. A. (2016). Spatial multi-criteria decision making for delineating agricultural land in Jakarta metropolitan area’s hinterland: Case study of Bogor Regency, West Java. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 38(2), 105.
- World Bank Group. (2015, September 7). *future-world-s-population-4-charts*. Retrieved September 7, 2015, from worldbank: <http://www.worldbank.org>
- Wuryanta, A., & Susanti, P. D. (2015, Desember 3). Analisis Spasial Tekanan Penduduk Terhadap Lahan Pertanian di Sub DAS Keduang, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. *Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 12, 149 -162.
- Yao, J., Zhang, X., & Murray, A. (2017). Spatial Optimization for Land Use Allocation. *University of Glasgow*, 579-600.
- Yi, X., Chao-Fu, W., & Ke, Y. (2011). Recent 10-year land use change and evaluation of their performance, in Chongqing, China, *Energy Procedia*, 5, 457-461.
- Yulnafatmawita, Saidi, A. S., & Eln, A. A. (2009). *Kajian Sifat Fisika Tanah Sub Das Aia Batanang DAS Sumpur Kecamatan Batipuh Kabupaten Tanah Datar*.
- Yustika, D. (2013). *Simulation of Best Management Practices Using SWAT Model To Reduce Surface Runoff in Upper Ciliwung Watershed*. IPB.
- Yustika, R. D. (2013). *Hasil Simulasi Model SWAT Untuk Mengurangi Aliran Permukaan di Sub Das Ciliwung Hulu*. Bogor: IPB.
- Yustika, R. D. (2013). *Pengelolaan Lahan Terbaik Hasil Simulasi Model SWAT Untuk mengurangi Aliran Permukaan di Sub DAS Ciliwing Hulu*. Institut Pertanian Bogor, Program Ilmu Tanah. Sekolah Pasca Sarjana, IPB.
- Zenis, F. M., Supian, S., & Lesmana, E. (2018). Optimization of land use of agricultural farms in Sumedang regency by using linear programming models. *Materials Science and Engineering*.

Zhang, P., Liu, R., Bao, Y., Wang, J., Yu, W., & Shen, Z. (2014). Uncertainty of SWAT model at different DEM resolutions in a large mountainous watershed. *Water Research*, 53, 132-144.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Tabel Model Pendugaan Erosi dan karakteristiknya (Bazzoffi, 2002)

No	Model Erosi	Karakteristik							
		Empirical/Physical process based	Lumped/Distributed parameter	Single/continuous events	Field/Basin/Landscape/Regional	Low/Medium/High data request	Low/Medium/High/ complexity	Low/Medium/High GIS Integration	Low/Medium/High difficulty to use
1	USLE(Wishmeier & Smith, 1978)	E	L/D	C	F/B	L	L	M	M
2	EPIC/apec/almanac (Sharply&Williams, 1990)	E	L	C	F/B	M	M	L	M
3	RUSLE (Reanrd et al, 1991)	E	L/D	C	F/B	M	L	M	L
4	AGNPS (Young, R.A et al, 1989)	E	D	S/C	F/B	M	L	H	L
5	MUSLE (Williams,1975)	E	L/D	S	F/B	M	L	L	M
6	USPED (Mitasova, et al, 1996)	P	L/D	C	F/B	M	M	M	L
7	CREAMS (Knisel, 1980)	P	L	S	F	H	M	L	H
8	SWRRB (Arnold, et al, 1990)	E	D	C	F	M	M	L	L
9	PSIAC (1968)	P	L	C	L	L	L	M	H
10	SPUR (Hanson et al, 1992)	P	D	C	F/B	M	H	L	H
11	SWAT/HUMUS (Arnold et al, 1995)	P	L/D	C	F	M	M/H	H	M
12	GLEAMS 2.1 (Knisel,1993)	P	L	C	B	H	M	M	H
13	CASC2D (Julien & Saghafian,1991)	P	D	S/C	B	M	M	H	L
14	MULTSED (Simons et al, 1980)	P	D	S	B	H	H	L	H
15	ARMSED (Riggins et al, 1989)	P	D	S	B	H	H	L	H
16	WEPPProf/basin (Flanagan & Nearing, 1995)	P	D	C	F/B	M	M	L	M
17	SIMWE (Mitas & Mitasova, 1998)	P	D	S	F/B	M	M	H	M
18	ANSWERS (Beasley et al,1980)	P	D	S	F/B	M	M	H	M
19	KINEROS (Woolhiser et al, 1990)	P	D	S	F/B	H	M	L	M
20	EUROSEM (Morgan et al, 1992)	P	D	S	F/B	H	H	L	M
21	SHE (Abbot et al, 1986 a,b)	P	D	S/C	F/B	H	H	M	M
22	SEMMED (De Jong & Riezebos, 1997)	P	D	S	B/L	H	M	M	H
23	CSEP (Kirkby & Cox, 1995)	P	L	C	B/R	L	M	M	M
24	MEDRUSH (Kirkby, 1998)	P	D	C	B	H	H	H	M
25	FROSION 3D (Werner & Schmidh,1997)	P	D	S	F/B	H	H	H	M
26	ACRU (New & Schulze, 1996)	E	L	C	F/B	H	H	L	H
27	PISA/NEUPISA (Bazzoffi, 1993, Bazzoffi et al, 1998)	P	L	C	B	L	L	H	L
28	AGQA (Ciccacc et al,1987)	P	L	C	B/R	L	L	H	L

Sumber : (Bazzoffi, 2002)

Lampiran 2. Klasifikasi penutup lahan skala 1 : 50.000 atau 1:25.000

No	Kelas Penutup Lahan	Deskripsi
1	Daerah bervegetasi	daerah dengan liputan vegetasi (minimal 4%) sedikitnya selama 2 bulan, atau dengan liputan <i>Lichens/Mosses</i> lebih dari 25% jika tidak terdapat vegetasi lain.
1.1	Daerah pertanian	Areal yang diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura. Vegetasi alamiah telah dimodifikasi atau dihilangkan dan diganti dengan tanaman antropogenik dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Antar masa tanam, area ini sering kali tanpa tutupan vegetasi. Seluruh vegetasi yang ditanam dengan tujuan untuk dipanen, termasuk dalam kelas ini.
1.1.1	Sawah irigasi	Sawah yang diusahakan dengan pengairan dari irigasi.
1.1.2	Sawah tadah hujan	Sawah yang diusahakan dengan pengairan dari air hujan.
1.1.3	Sawah lebak	Sawah yang diusahakan di lingkungan rawa-rawa. Saat air di rawa menyusut, rawa dimanfaatkan dengan cara ditanami padi.
1.1.4	Sawah pasang surut	Sawah yang diusahakan di lingkungan yang terpengaruh oleh air pasang dan surutnya air laut atau sungai.
1.1.5	Polder	Sawah yang terdapat delta sungai yang pengairannya dipengaruhi oleh air sungai.
1.1.6	Ladang	Pertanian lahan kering yang ditanami tanaman semusim, terpisah dengan halaman sekitar rumah serta penggunaannya tidak berpindah-pindah. Tanaman berupa selain padi, tidak memerlukan pengairan secara ekstensif, vegetasinya bersifat artifisial dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya.
1.1.6	Perkebunan	Lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian tanpa pergantian tanaman selama dua tahun.
		CATATAN: Panen biasanya dapat dilakukan setelah satu tahun atau lebih.

Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Lampiran 3. Klasifikasi Kesesuaian Lahan

No	Kategori	Pembagian Kategori	Keterangan
1	Ordo	S (Sesuai)	Lahan yang dapat digunakan dalam jangka waktu yang tidak terbatas untuk suatu tujuan yang telah di pertimbangkan.
		N (tidak sesuai)	Lahan yang mempunyai kesulitan sedemikian rupa sehingga mencegah kegunaannya untuk suatu tujuan yang telah di rencanakan karena berbagai penghambat.
2	Kelas	S1 (sangat sesuai)	Menunjukkan lahan tidak mempunyai faktor pembatas yang berarti terhadap penggunaan secara berkelanjutan.
		S2 (cukup sesuai)	Menunjukkan lahan yang mempunyai faktor pembatas dan faktor pembatas ini mempengaruhi produktivitasnya serta memerlukan tambahan input.
		S3 (sesuai marginal)	Menunjukkan lahan yang mempunyai faktor pembatas dan faktor pembatas ini mempengaruhi produktivitasnya serta
		N1 (tidak sesuai saat ini)	Menunjukkan lahan mempunyai faktor pembatas sangat berat, tetapi tidak bersifat permanen, dengan teknologi
		N2 (tidak sesuai permanen)	Menunjukkan lahan mempunyai faktor pembatas permanen yang menghambat penggunaan dalam jangka waktu yang panjang.
3	Sub Kelas	-	Pembagian dari kelas menjadi subkelas berdasarkan karakteristik lahan yang merupakan faktor pembatas
4	Unit	-	Tingkat unit merupakan bagian dari tingkat sub kelas yang dibedakan masing-masing berdasarkan sifat-sifat yang berpengaruh terhadap aspek produksi.

Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Lampiran 4. Karakteristik kelas drainase tanah untuk evaluasi lahan

No	Kelas Draenase	Uraian
1	Cepat (<i>excessively drained</i>)	Tanah mempunyai konduktivitas hidrolik tinggi sampai sangat tinggi dan daya menahan air rendah. Tanah demikian tidak cocok untuk tanaman tanpa irigasi. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah berwarna homogen tanpa bercak atau karatan besi dan aluminium serta warna gley (reduksi).
2	Agak cepat (<i>somewhat excessively drained</i>)	Tanah mempunyai konduktivitas hidrolik tinggi dan daya menahan air rendah. Tanah demikian hanya cocok untuk sebagian tanaman kalau tanpa irigasi. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah berwarna homogen tanpa bercak atau karatan besi dan aluminium serta warna gley (reduksi).
3	Baik (<i>well drained</i>)	Tanah mempunyai konduktivitas hidrolik sedang dan daya menahan air sedang, lembab, tapi tidak cukup basah dekat permukaan. Tanah demikian cocok untuk berbagai tanaman. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah berwarna homogen tanpa bercak atau karatan besi dan/atau mangan serta warna gley (reduksi) pada lapisan sampai = 100 cm.
4	Agak baik (<i>moderately well drained</i>)	tanah mempunyai konduktivitas hidrolik sedang sampai agak rendah dan daya menahan air rendah, tanah basah dekat ke permukaan. Tanah demikian cocok untuk berbagai tanaman. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah berwarna homogen tanpa bercak atau karatan besi dan/atau mangan serta warna gley (reduksi) pada lapisan sampai = 50 cm.
5	Agak terhambat (<i>somewhat poorly drained</i>)	Tanah mempunyai konduktivitas hidrolik agak rendah dan daya menahan air rendah sampai sangat rendah, tanah basah sampai ke permukaan. Tanah demikian cocok untuk padi sawah dan sebagian kecil tanaman lainnya. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah berwarna homogen tanpa bercak atau karatan besi dan/atau mangan serta warna gley (reduksi) pada lapisan sampai =25 cm.
6	Terhambat (<i>poorly drained</i>)	tanah mempunyai konduktivitas hidrolik rendah dan daya menahan air rendah sampai sangat rendah, tanah basah untuk waktu yang cukup lama sampai ke permukaan. Tanah demikian cocok untuk padi sawah dan sebagian kecil tanaman lainnya. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah mempunyai warna gley (reduksi) dan bercak atau karatan besi dan/atau mangan sedikit pada lapisan sampai permukaan.
7	Sangat terhambat (<i>very poorly drained</i>)	tanah dengan konduktivitas hidrolik sangat rendah dan daya menahan air sangat rendah, tanah basah secara permanen dan tergenang untuk waktu yang cukup lama sampai ke permukaan. Tanah demikian cocok untuk padi sawah dan sebagian kecil tanaman lainnya. Ciri yang dapat diketahui di lapangan, yaitu tanah mempunyai warna gley (reduksi) permanen sampai pada lapisan permukaan.

Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Lampiran 5. Menentukan kelas tekstur di lapangan

No	Tekstur	Sifat Tanah
1.	Pasir (S)	Sangat kasar sekali, tidak membentuk bola dan gulungan, serta tidak melekat.
2.	Pasir berlempung (LS)	Sangat kasar, membentuk bola yang mudah sekali hancur, serta agak melekat.
3.	Lempung berpasir (SL)	Agak kasar, membentuk bola agak kuat tapi mudah hancur, serta agak melekat.
4.	Lempung (L)	Rasa tidak kasar dan tidak licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, dan melekat.
5.	Lempung berdebu (SiL)	Licin, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, serta agak melekat.
6.	Debu (Si)	Rasa licin sekali, membentuk bola teguh, dapat sedikit digulung dengan permukaan mengkilat, serta agak melekat.
7.	Lempung berliat (CL)	Rasa agak kasar, membentuk bola agak teguh (lembab), membentuk gulungan tapi mudah hancur, serta agak melekat.
8.	Lempung liat berpasir (SCL)	Rasa kasar agak jelas, membentuk bola agak teguh (lembab), membentuk gulungan tetapi mudah hancur, serta melekat.
9.	Lempung liat berdebu (SiCL)	Rasa licin jelas, membentuk bola teguh, gulungan mengkilat, melekat.
10.	Liat berpasir (SC)	Rasa licin agak kasar, membentuk bola dalam keadaan kering sukar dipilin, mudah digulung, serta melekat.
11.	Liat berdebu (SiC)	Rasa agak licin, membentuk bola dalam keadaan kering sukar dipilin, mudah digulung, serta melekat.
12.	Liat (C)	Rasa berat, membentuk bola sempurna, bila kering sangat keras, basah sangat melekat.

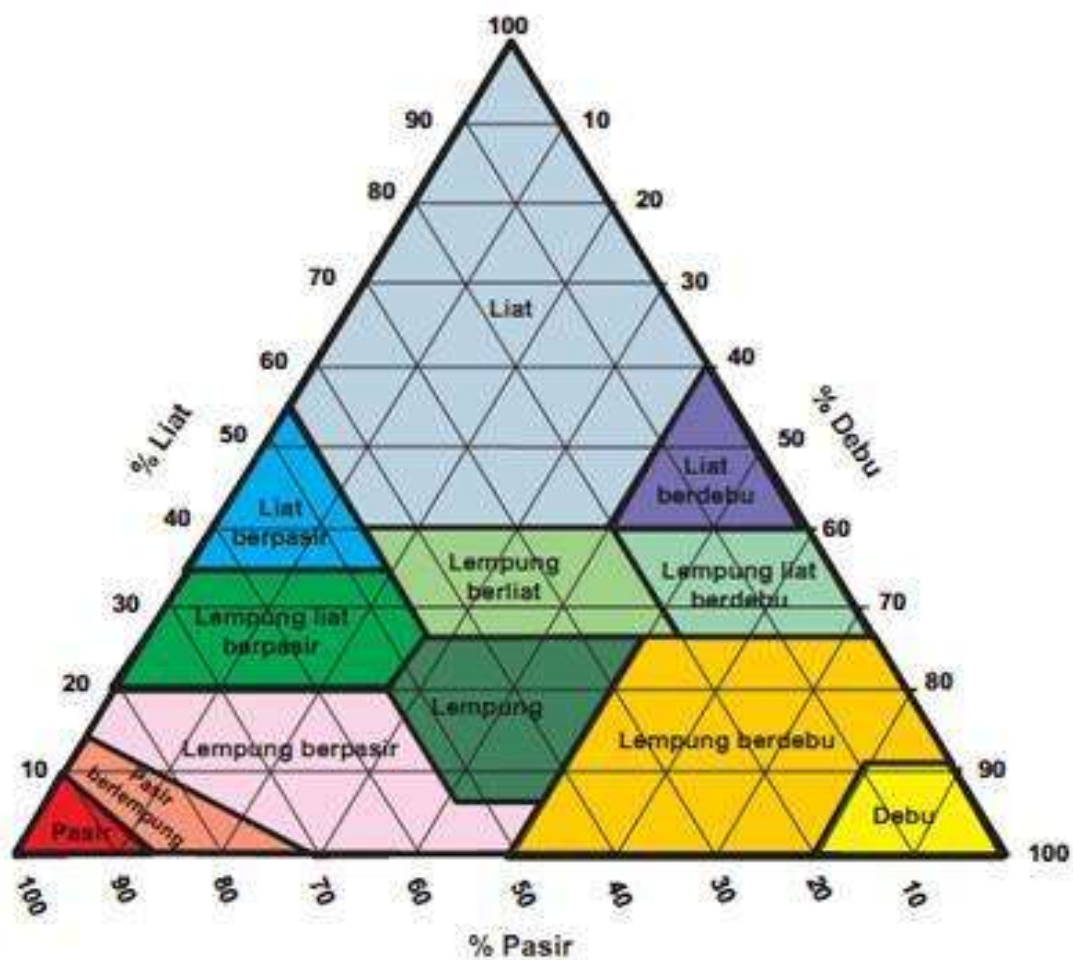
Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Lampiran 6. Tabel Pengelompokan kelas tekstur

Kelompok	Tekstur
Halus (h)	Liat berpasir, liat, liat berdebu
Agak halus (ah)	Lempung berliat, lempung liat berpasir, lempung liat berdebu
Sedang (s)	Lempung berpasir sangat halus, lempung, lempung berdebu, debu
Agak kasar (ak)	Lempung berpasir
Kasar (k)	Pasir, pasir berlempung
Sangat halus (sh)	Liat (tipe mineral liat 2:1)

Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)

Lampiran 7. Segitiga Tekstur tanah



Sumber : (Djaenudin, H, H, & Hidayat, 2011)



No	Macam Penggunaan	Nilai Faktor C
1	Tanah terbuka tanpa tanaman	1
2	Sawah	0,01
3	Tegalan tidak dispesifikan	0,7
4	Ubi kayu	0,8
5	Jagung	0,7
6	Kedelai	0,399
7	Kentang	0,4
8	Kacang Tanah	0,2
9	Padi	0,561
10	Tebu	0,2
11	Pisang	0,6
12	Akar wangi (sereh wangi)	0,4
13	Rumput bede (tahun pertama)	0,287
14	Rumput bede (tahun kedua)	0,002
15	Kopi dengan penutup tanah buruk	0,2
16	Talas	0,85
17	Kebun campuran	
	- Kerapatan tinggi	0,1
	- Kerapatan sedang	0,2
	- Kerapatan rendah	0,5
18	Perladangan	0,4
19	Hutan alam	
	- Seresah banyak	0,001
	- Seresah sedikit	0,005
20	Hutan Produksi	
	- Tebang habis	0,5
	- Tebang Pilih	0,2
21	Semak belukar/ padang rumput	0,3
22	Ubi kayu + kedelai	0,181
23	Ubi kayu + kacang tanah	0,195
24	Padi – Sorgun	0,345
25	Padi – kedelai	0,417
26	Kacang tanah + gude	0,495
27	Kacang tanah + Kacang tunggak	0,571
28	Kacang tanah + mulsa jerami 4 ton/ha	0,049
29	Padi + mulsa jerami 4 ton/ ha	0,096
30	Kacang tanah + mulsa jagung 4 ton/ ha	0,128
31	Kacang tanah + mulsa clotaria 3 ton/ ha	0,136
32	Kacang tanah + mulsa kacang tunggak	0,259
33	Kacang tanah + mulsa jerami 2 ton/ ha	0,377
34	Padi + mulsa crotalaria 3 ton/ ha	0,387
35	Pola tanam tumpang gilir + mulsa jerami	0,079
36	Pola tanam berurutan + mulsa sisa tanaman	0,357
37	Alang-alang murni subur	0,001
38	Karet *	0,2
39	Permukiman **	0,5

Sumber: (Pusat Penelitian Tanah, 1994)

*) Morgan, 1987 dalam Rahim, 2000

*) Setya Nugraha, 1997

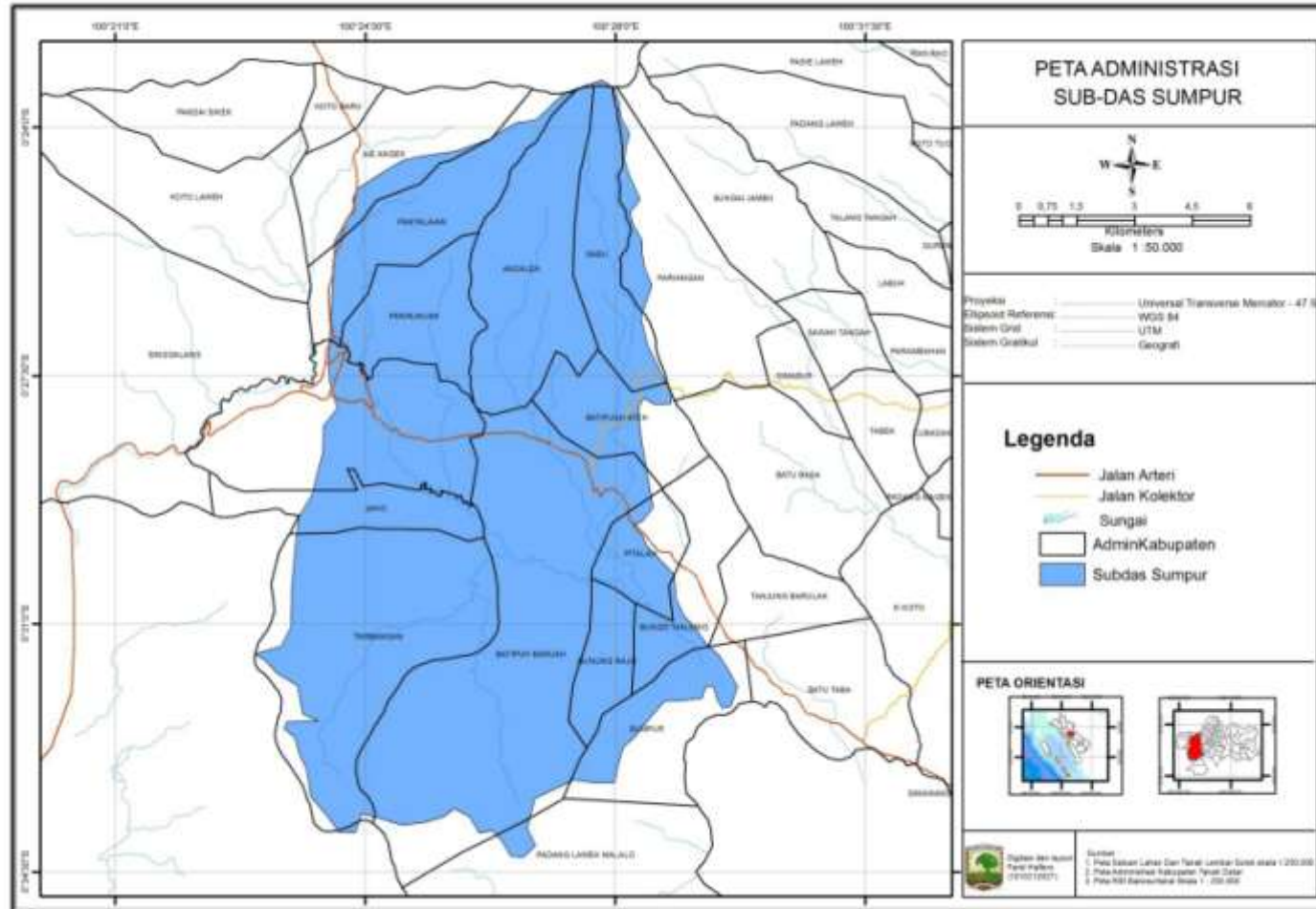
No	Tindakan Konservasi Tanah	Nilai P
	Teras Bangku ¹⁾	
	Konstruksi Baik	0,04
1.	Konstruksi Sedang	0,15
	Konstruksi Kurang Baik	0,35
	Teras Tradisional	0,4
2.	Strip tanaman rumput bahia	0,4
	Pengelolaan tanah dan penanaman menurut garis kontur	
3.	Kemiringan 0-8 %	0,5
	Kemiringan 9-8 %	0,75
	Kemiringan lebih dari 20 %	0,9
4.	Tanpa tindakan konservasi	1

Sumber : (Pusat Penelitian Tanah, 1994)

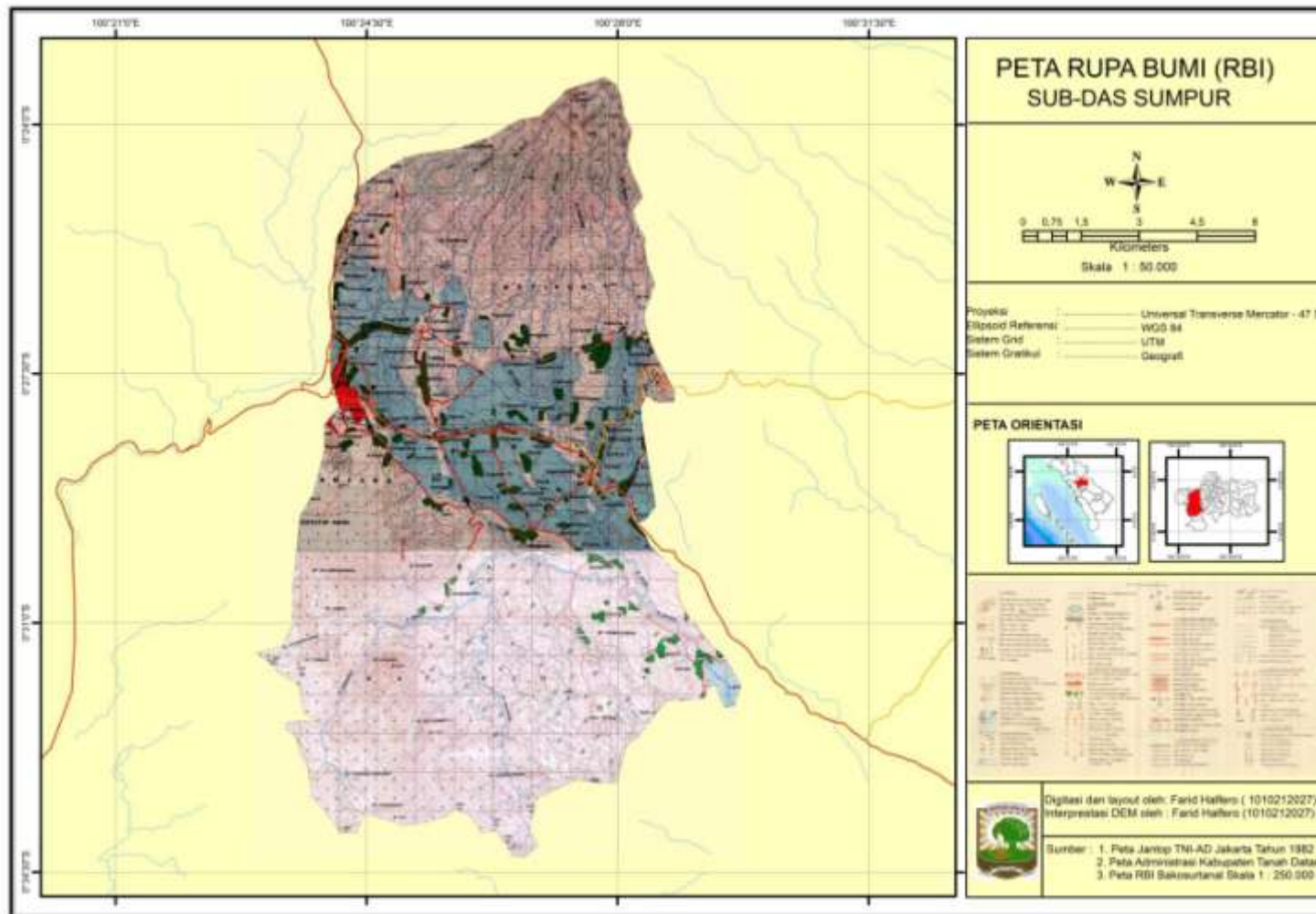
Keterangan: ¹⁾ Konstruksi teras bangku dinilai dari kerataan dasar dan keadaan talud teras.



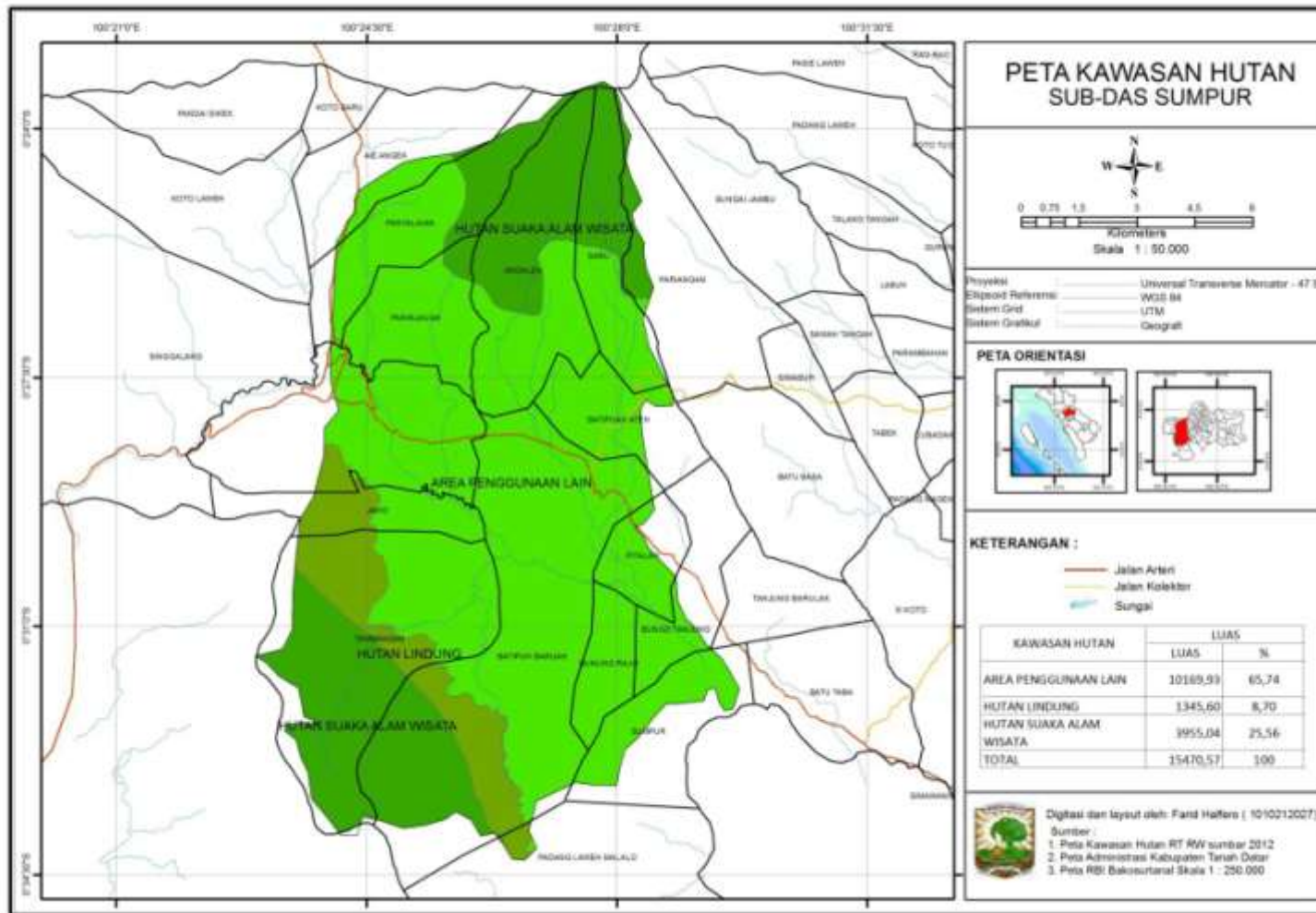
Lampiran 10. Peta Administrasi Sub DAS Sumpur Singkarak



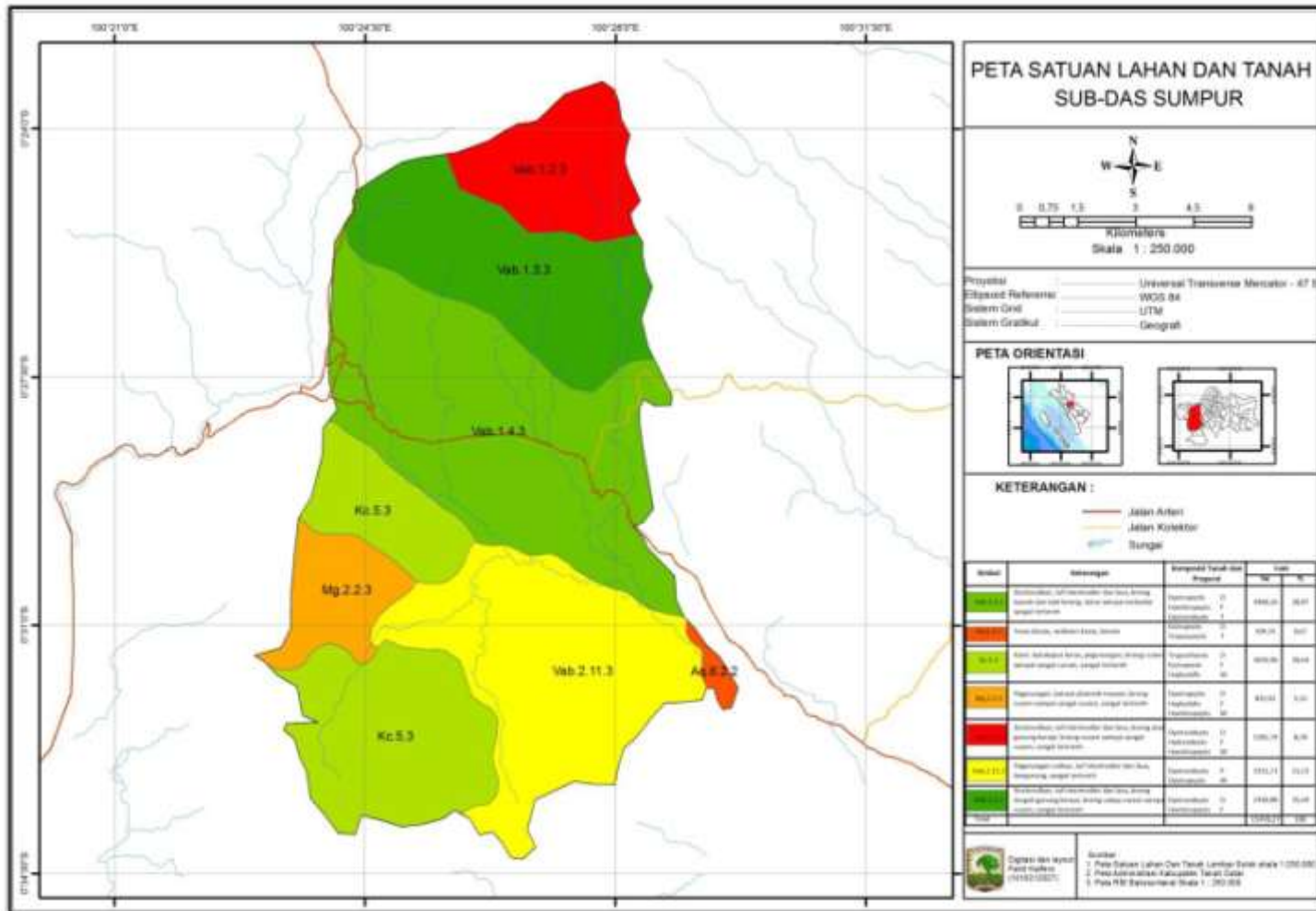
Lampiran 11. Peta Rupa Bumi (RBI) Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.0000.



Lampiran 12. Peta Kawasan Hutan Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.000



Lampiran 13. Peta Tanah Sub DAS Sumpur Singkarak skala 1 : 50.000



Lampiran 15. Analisa Usaha Tani Komoditi yang diusahakan di Sub Das Sumpur Singkarak.

Analisa Usaha Tani Padi Sawah

Tahun	Modal	Biaya	TC	Produksi	DF		Cash Flow	
					12%	Biaya	Produksi	
1	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,89	Rp 21.651.786	Rp 53.571.429	
2	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,80	Rp 19.331.952	Rp 47.831.633	
3	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,71	Rp 17.260.671	Rp 42.706.815	
4	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,64	Rp 15.411.313	Rp 38.131.085	
5	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,57	Rp 13.760.101	Rp 34.045.611	
6	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,51	Rp 12.285.805	Rp 30.397.867	
7	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,45	Rp 10.969.468	Rp 27.140.953	
8	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,40	Rp 9.794.168	Rp 24.232.994	
9	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,36	Rp 8.744.793	Rp 21.636.601	
10	Rp 3.650.000	Rp 20.600.000	Rp 24.250.000	Rp 60.000.000	0,32	Rp 7.807.851	Rp 19.318.394	
Total						Rp 137.017.908	Rp 339.013.382	

Analisa Usaha

B/C 2,5

NPV 201.995.473,3

Uraian	Luas Ha	Tahun												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Modal														
1 Peralatan	1 Rp	3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000
Jumlah		Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000	Rp 3.650.000
Biaya														
1 Sewa Tanah	1 Rp	10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2x	1 Rp	1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
3 Pembenhian & Penanaman	1 Rp	2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
4 Pemupukan	1 Rp	1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1 Rp	1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000	Rp 1.900.000
6 Pemeliharaan	1 Rp	1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
7 Pemanenan	1 Rp	2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000	Rp 2.000.000
Jumlah		Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000	Rp 20.600.000
Produksi														
1 Panen	1 Rp	60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000
Jumlah		Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000	Rp 60.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	satuan	harga	jumlah
	Bahan & Peralatan			
	Benih/bibit	30 kg	Rp 25.000	Rp 750.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 3.650.000
	Sewa Tanah			
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
	Pengolahan Tanah			
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 1.800.000	Rp 1.800.000
				Rp 1.800.000
	Pembenhian & Penanaman			
	Tenaga Kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000
	Pemupukan			
	Pupuk NPK	150 kg	Rp 6.000	Rp 900.000
	Tenaga kerja	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.900.000
	Pengendalian HPT			
	Pestisida	1 pkt	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tenaga kerja	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.300.000
	Pemeliharaan			
	Penyiangan	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.000.000
	Pemanenan			
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000

Panen (3 x dalam setahun)

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah
1	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
2	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
3	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
4	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
5	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
6	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
7	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
8	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
9	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000
10	10.000	Rp 6.000	Rp 60.000.000

Analisa Usaha Tani Jagung Manis

Tahun	Modal	Biaya	TC	Produksi	DF	Cash Flow							
						12%	Biaya	Produksi					
1	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,89	Rp	18.571.429	Rp	71.428.571
2	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,80	Rp	16.581.633	Rp	63.775.510
3	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,71	Rp	14.805.029	Rp	56.942.420
4	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,64	Rp	13.218.776	Rp	50.841.446
5	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,57	Rp	11.802.479	Rp	45.394.148
6	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,51	Rp	10.537.927	Rp	40.530.490
7	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,45	Rp	9.408.864	Rp	36.187.937
8	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,40	Rp	8.400.771	Rp	32.310.658
9	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,36	Rp	7.500.689	Rp	28.848.802
10	Rp	3.500.000	Rp	17.300.000	Rp	20.800.000	Rp	80.000.000	0,32	Rp	6.697.043	Rp	25.757.859
Total										Rp	117.524.639	Rp	452.017.842

Analisa Usaha

B/C 3,8

NPV 334.493.203,3

Uraian	Luas Ha	Tahun																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
Modal																					
1 Peralatan	1	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000
Jumlah		Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000	Rp	3.500.000
Biaya																					
1 Sewa Tanah	1	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000
2 Pengolahan Tanah 2x	1	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000	Rp	2.500.000
3 Pembenhian & Penanaman	1	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000
4 Pemupukan	1	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000	Rp	1.900.000
6 Pemeliharaan	1	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000
7 Pemanenan	1	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000	Rp	2.000.000
Jumlah		Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000	Rp	17.300.000
Produksi																					
1 Panen	1	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000
Jumlah		Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000	Rp	80.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	8 kg	Rp 75.000	Rp 600.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 3.500.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
				Rp 2.500.000
Pembenhian & Penanaman				
	Tenaga Kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000
Pemupukan				
	Pupuk NPK	150 kg	Rp 6.000	Rp 900.000
	Tenaga kerja	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.900.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 500.000	Rp 500.000
	Tenaga kerja	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.500.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000

Panen (3 x dalam setahun)

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah
1	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
2	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
3	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
4	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
5	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
6	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
7	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
8	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
9	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000
10	20.000	Rp 4.000	Rp 80.000.000

Analisa Usaha Tani Ubi Jalar

Tahun	Modal	Biaya	TC	Produksi	DF	Cash Flow	
						12%	Biaya
1	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,89	Rp 93.303.571	Rp 357.142.857
2	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,80	Rp 83.306.760	Rp 318.877.551
3	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,71	Rp 74.381.036	Rp 284.712.099
4	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,64	Rp 66.411.639	Rp 254.207.231
5	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,57	Rp 59.296.106	Rp 226.970.742
6	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,51	Rp 52.942.952	Rp 202.652.448
7	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,45	Rp 47.270.493	Rp 180.939.686
8	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,40	Rp 42.205.797	Rp 161.553.291
9	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,36	Rp 37.683.748	Rp 144.244.010
10	Rp 78.900.000	Rp 25.600.000	Rp 104.500.000	Rp 400.000.000	0,32	Rp 33.646.203	Rp 128.789.295
Total						Rp 590.448.306	Rp 2.260.089.211

Analisa Usaha

B/C 3,8

NPV 1.669.640.904,9

Uraian	Luas Ha	Tahun												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Modal														
1 Peralatan	1 Rp	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000	78.900.000
Jumlah		Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000	Rp 78.900.000
Biaya														
1 Sewa Tanah	1 Rp	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1 Rp	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000	5.000.000
3 Pembenhian & Penanaman	1 Rp	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
4 Pemupukan	1 Rp	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1 Rp	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000	3.800.000
6 Pemeliharaan	1 Rp	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
7 Pemanenan	1 Rp	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Jumlah		Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000	Rp 25.600.000
Produksi														
1 Panen	1 Rp	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000	400.000.000
Jumlah		Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000	Rp 400.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	2000 stek	Rp 38.000	Rp 76.000.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 78.900.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenhian & Penanaman				
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000
Pemupukan				
	Pupuk NPK	300 kg	Rp 6.000	Rp 1.800.000
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 3.800.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 750.000	Rp 750.000
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.750.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000

Panen (2 x dalam setahun)

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah
1	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
2	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
3	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
4	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
5	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
6	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
7	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
8	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
9	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000
10	80.000	Rp 5.000	Rp 400.000.000

Analisa Usaha Tani Wortel

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,89	Rp 113.142.857	Rp 491.071.429
2	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,80	Rp 101.020.408	Rp 438.456.633
3	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,71	Rp 90.196.793	Rp 391.479.136
4	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,64	Rp 80.532.851	Rp 349.534.943
5	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,57	Rp 71.904.331	Rp 312.084.771
6	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,51	Rp 64.200.296	Rp 278.647.117
7	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,45	Rp 57.321.693	Rp 248.792.068
8	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,40	Rp 51.180.083	Rp 222.135.775
9	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,36	Rp 45.696.502	Rp 198.335.514
10	Rp 3.880.000	Rp 27.800.000	4	Rp 126.720.000	Rp 550.000.000	0,32	Rp 40.800.449	Rp 177.085.280
Total							Rp 715.996.262	Rp 3.107.622.666

Analisa Usaha

B/C

4,3

NPV

2.391.626.403,5

Uraian	Luas Ha	Tahun												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Modal														
1 Peralatan	1	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000
Jumlah		Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000	Rp 3.880.000
Biaya														
1 Sewa Tanah	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
3 Pembenhian & Penanaman	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
4 Pemupukan	1	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000	Rp 4.400.000
6 Pemeliharaan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
7 Pemanenan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
Jumlah		Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000	Rp 27.800.000
Produksi														
1 Panen	1	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000
Jumlah		Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000	Rp 137.500.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	1000 g	Rp 980	Rp 980.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 3.880.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenhian & Penanaman				
	Tenaga Kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	150 kg	Rp 6.000	Rp 900.000
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 4.400.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tenaga kerja	10 HOK	Rp 100.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.300.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
2	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
3	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
4	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
5	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
6	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
7	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
8	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
9	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000
10	25.000	Rp 5.500	Rp 137.500.000	4	Rp 550.000.000

Analisa Usaha Tani Cabe

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,89	Rp 72.053.571	Rp 267.857.143
2	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,80	Rp 64.333.546	Rp 239.158.163
3	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,71	Rp 57.440.666	Rp 213.534.074
4	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,64	Rp 51.286.309	Rp 190.655.424
5	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,57	Rp 45.791.347	Rp 170.228.057
6	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,51	Rp 40.885.131	Rp 151.989.336
7	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,45	Rp 36.504.582	Rp 135.704.765
8	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,40	Rp 32.593.376	Rp 121.164.968
9	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,36	Rp 29.101.229	Rp 108.183.007
10	Rp 27.900.000	Rp 52.800.000	1	Rp 80.700.000	Rp 300.000.000	0,32	Rp 25.983.240	Rp 96.591.971
Total							Rp 455.972.998	Rp 1.695.066.909

Analisa Usaha

B/C

3,7

NPV

1.239.093.910,1

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Bahan & Peralatan	1	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000
Jumlah		Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000	Rp 27.900.000
Biaya												
1 Sewa Tanah	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
3 Pembenhian & Penanaman	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
4 Pemupukan	1	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000	Rp 7.400.000
6 Pemeliharaan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
7 Pemanenan	1	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000	Rp 12.000.000
Jumlah		Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000	Rp 52.800.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000
Jumlah		Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	2000 g	Rp 12.500	Rp 25.000.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 27.900.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenhian & Penanaman				
	Tenaga Kerja	50 HOK	Rp 100.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	150 kg	Rp 6.000	Rp 900.000
	Tenaga kerja	50 HOK	Rp 100.000	Rp 5.000.000
				Rp 7.400.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
	Tenaga kerja	60 HOK	Rp 100.000	Rp 6.000.000
				Rp 7.000.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	60 HOK	Rp 100.000	Rp 6.000.000
				Rp 6.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	120 HOK	Rp 100.000	Rp 12.000.000
				Rp 12.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
2	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
3	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
4	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
5	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
6	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
7	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
8	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
9	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000
10	12.000	Rp 25.000	Rp 300.000.000	1	Rp 300.000.000

Analisa Usaha Tani Lobak/Kol

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,89	Rp 87.723.214	Rp 312.500.000
2	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,80	Rp 78.324.298	Rp 279.017.857
3	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,71	Rp 69.932.409	Rp 249.123.087
4	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,64	Rp 62.439.651	Rp 222.431.327
5	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,57	Rp 55.749.689	Rp 198.599.400
6	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,51	Rp 49.776.508	Rp 177.320.892
7	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,45	Rp 44.443.310	Rp 158.322.225
8	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,40	Rp 39.681.527	Rp 141.359.130
9	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,36	Rp 35.429.935	Rp 126.213.509
10	Rp 3.900.000	Rp 35.400.000	2,5	Rp 98.250.000	Rp 350.000.000	0,32	Rp 31.633.870	Rp 112.690.633
Total							Rp 555.134.413	Rp 1.977.578.060

Analisa Usaha

B/C 3,6

NPV 1.422.443.647,4

Uraian	Luas Ha	Tahun																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
Modal																				
1 Bahan & Peralatan	1	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000
Jumlah		Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000
Biaya																				
1 Sewa Tanah	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
3 Pembenhian & Penanaman	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
4 Pemupukan	1	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000
6 Pemeliharaan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
7 Pemanenan	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
Jumlah		Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000	Rp 35.400.000
Produksi																				
1 Panen	1	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000
Jumlah		Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000	Rp 140.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah	Panen					
					Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
Bahan & Peralatan										
	Benih/bibit	200 g	Rp 5.000	Rp 1.000.000	1	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000	2	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000	3	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000	4	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
				Rp 3.900.000	5	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
					6	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
	Sewa Tanah				7	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
	Sewa tanah per ha	1	ha Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	8	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
				Rp 10.000.000	9	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
					10	28.000	Rp 5.000	Rp 140.000.000	2,5	Rp 350.000.000
Pengolahan Tanah										
	Mengolah borongan	1	ha Rp 5.000.000	Rp 5.000.000						
				Rp 5.000.000						
Pembenhian & Penanaman										
	Tenaga Kerja	40	HOK Rp 100.000	Rp 4.000.000						
				Rp 4.000.000						
Pemupukan										
	Pukan	1500	kg Rp 1.000	Rp 1.500.000						
	NPK	200	kg Rp 6.000	Rp 1.200.000						
	Tenaga kerja	20	HOK Rp 100.000	Rp 2.000.000						
				Rp 4.700.000						
Pengendalian HPT										
	Pestisida	1	pkt Rp 500.000	Rp 500.000						
	Tenaga kerja	30	HOK Rp 100.000	Rp 3.000.000						
				Rp 3.500.000						
Pemeliharaan										
	Penyiangan	30	HOK Rp 100.000	Rp 3.000.000						
				Rp 3.000.000						
Pemanenan										
	Tenaga kerja	40	HOK Rp 100.000	Rp 4.000.000						
				Rp 4.000.000						

Analisa Usaha Tani Sawi

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,89	Rp 89.955.357	Rp 390.625.000
2	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,80	Rp 80.317.283	Rp 348.772.321
3	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,71	Rp 71.711.860	Rp 311.403.858
4	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,64	Rp 64.028.446	Rp 278.039.159
5	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,57	Rp 57.168.256	Rp 248.249.249
6	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,51	Rp 51.043.085	Rp 221.651.116
7	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,45	Rp 45.574.183	Rp 197.902.782
8	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,40	Rp 40.691.235	Rp 176.698.912
9	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,36	Rp 36.331.460	Rp 157.766.886
10	Rp 3.900.000	Rp 36.400.000	2,5	Rp 100.750.000	Rp 437.500.000	0,32	Rp 32.438.804	Rp 140.863.291
Total							Rp 569.259.970	Rp 2.471.972.575

Analisa Usaha

B/C 4,3
NPV 1.902.712.604,8

Uraian	Luas Ha	Tahun												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Modal														
1 Bahan & Peralatan	1 Rp	3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000
Jumlah	Rp	3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000	Rp 3.900.000
Biaya														
1 Sewa Tanah	1 Rp	10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1 Rp	5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
3 Pembenihan & Penanaman	1 Rp	4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
4 Pemupukan	1 Rp	4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1 Rp	4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000	Rp 4.700.000
6 Pemeliharaan	1 Rp	4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
7 Pemanenan	1 Rp	4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
Jumlah	Rp	36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000	Rp 36.400.000
Produksi														
1 Panen	1 Rp	175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000
Jumlah	Rp	175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000	Rp 175.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benh/bibit	500 g	Rp 2.000	Rp 1.000.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 3.900.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenihan & Penanaman				
	Tenaga Kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	200 kg	Rp 6.000	Rp 1.200.000
	Tenaga kerja	20 HOK	Rp 100.000	Rp 2.000.000
				Rp 4.700.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.300.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
2	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
3	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
4	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
5	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
6	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
7	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
8	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
9	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000
10	35.000	Rp 5.000	Rp 175.000.000	2,5	Rp 437.500.000

Analisa Usaha Tani Buncis

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC				12%	Biaya
1	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,89	Rp 96.535.326	Rp 368.303.571	
2	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,80	Rp 86.192.255	Rp 328.842.474	
3	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,71	Rp 76.957.371	Rp 293.609.352	
4	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,64	Rp 68.711.938	Rp 262.151.207	
5	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,57	Rp 61.349.945	Rp 234.063.578	
6	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,51	Rp 54.776.737	Rp 208.985.337	
7	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,45	Rp 48.907.800	Rp 186.594.051	
8	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,40	Rp 43.667.679	Rp 166.601.832	
9	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,36	Rp 38.988.999	Rp 148.751.635	
10	Rp 6.447.826	Rp 36.800.000	2,5	Rp 108.119.565	Rp 412.500.000	0,32	Rp 34.811.606	Rp 132.813.960	
Total							Rp 610.899.657	Rp 2.330.716.999	

Analisa Usaha

B/C 3,8

NPV 1.719.817.342,0

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Bahan & Peralatan	1	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826
Jumlah		Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826	Rp 6.447.826
Biaya												
1 Sewa Tanah	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
3 Pembenihan & Penanaman	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
4 Pemupukan	1	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000	Rp 5.400.000
6 Pemeliharaan	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
7 Pemanenan	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
Jumlah		Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000	Rp 36.800.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000
Jumlah		Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000	Rp 165.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benh/bibit	40 kg	Rp 88.696	Rp 3.547.826
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 6.447.826
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenihan & Penanaman				
	Tenaga Kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	150 kg	Rp 6.000	Rp 900.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 5.400.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.300.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
2	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
3	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
4	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
5	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
6	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
7	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
8	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
9	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000
10	11.000	Rp 15.000	Rp 165.000.000	2,5	Rp 412.500.000

Analisa Usaha Tani Terung

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya		TC	Produksi	DF	Cash Flow						
			Pert tahun					12%	Biaya	Produksi				
1	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,89	Rp	73.083.333	Rp	375.000.000
2	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,80	Rp	65.252.976	Rp	334.821.429
3	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,71	Rp	58.261.586	Rp	298.947.704
4	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,64	Rp	52.019.273	Rp	266.917.593
5	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,57	Rp	46.445.780	Rp	238.319.279
6	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,51	Rp	41.469.446	Rp	212.785.071
7	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,45	Rp	37.026.291	Rp	189.986.670
8	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,40	Rp	33.059.188	Rp	169.630.956
9	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,36	Rp	29.517.133	Rp	151.456.210
10	Rp	3.526.667	Rp	37.400.000	2	Rp	81.853.333	Rp	420.000.000	0,32	Rp	26.354.583	Rp	135.228.759
Total														
Rp 462.489.589 Rp 2.373.093.672														

Analisa Usaha

B/C

5,1

NPV

1.910.604.083,0

Uraian	Luas Ha	Tahun																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
Modal																					
1 Bahan & Peralatan	1	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667
Jumlah		Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667	Rp	3.526.667
Biaya																					
1 Sewa Tanah	1	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000	Rp	10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000	Rp	5.000.000
3 Pembenhian & Penanaman	1	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000
4 Pemupukan	1	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000	Rp	5.700.000
6 Pemeliharaan	1	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000	Rp	3.000.000
7 Pemanenan	1	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000	Rp	4.000.000
Jumlah		Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000	Rp	37.400.000
Produksi																					
1 Panen	1	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000
Jumlah		Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000	Rp	210.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	200 g	Rp 3.133	Rp 626.667
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 3.526.667
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
				Rp 5.000.000
Pembenhian & Penanaman				
	Tenaga Kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	200 kg	Rp 6.000	Rp 1.200.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 5.700.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 300.000	Rp 300.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.300.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
2	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
3	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
4	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
5	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
6	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
7	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
8	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
9	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000
10	30.000	Rp 7.000	Rp 210.000.000	2	Rp 420.000.000

Analisa Usaha Tomat

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,89	Rp 96.714.286	Rp 357.142.857
2	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,80	Rp 86.352.041	Rp 318.877.551
3	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,71	Rp 77.100.036	Rp 284.712.099
4	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,64	Rp 68.839.318	Rp 254.207.231
5	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,57	Rp 61.463.677	Rp 226.970.742
6	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,51	Rp 54.878.283	Rp 202.652.448
7	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,45	Rp 48.998.467	Rp 180.939.686
8	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,40	Rp 43.748.631	Rp 161.553.291
9	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,36	Rp 39.061.278	Rp 144.244.010
10	Rp 6.760.000	Rp 47.400.000	2	Rp 108.320.000	Rp 400.000.000	0,32	Rp 34.876.141	Rp 128.789.295
Total							Rp 612.032.158	Rp 2.260.089.211

Analisa Usaha

B/C 3,7
NPV 1.648.057.052,9

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Bahan & Peralatan	1	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000
Jumlah		Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000	Rp 6.760.000
Biaya												
1 Sewa Tanah	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
2 Pengolahan Tanah 2 x	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
3 Pembenihan & Penanaman	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
4 Pemupukan	1	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000
5 Pengendalian Hama & Penyakit	1	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000	Rp 6.700.000
6 Pemeliharaan	1	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000	Rp 4.000.000
7 Pemanenan	1	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000	Rp 6.000.000
Jumlah		Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000	Rp 47.400.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000
Jumlah		Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000	Rp 200.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Benih/bibit	500 g	Rp 7.720	Rp 3.860.000
	Cangkul	10 bh	Rp 100.000	Rp 1.000.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 6.760.000
Sewa Tanah				
	Sewa tanah per ha	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pengolahan Tanah + Ajir + Pengaman				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
				Rp 10.000.000
Pembenihan & Penanaman				
	Tenaga Kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1500 kg	Rp 1.000	Rp 1.500.000
	NPK	200 kg	Rp 6.000	Rp 1.200.000
	Tenaga kerja	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 6.700.000
Pengendalian HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 4.000.000
Pemeliharaan				
	Penyiangan	40 HOK	Rp 100.000	Rp 4.000.000
				Rp 4.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	60 HOK	Rp 100.000	Rp 6.000.000
				Rp 6.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
2	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
3	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
4	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
5	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
6	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
7	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
8	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
9	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
10	40.000	Rp 5.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000

Analisa Usaha Pisang

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC				12%	Biaya
1	Rp 60.900.000	Rp 35.100.000	1	Rp 96.000.000	Rp -	0,89	Rp 85.714.286	Rp -	
2	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,80	Rp 11.957.908	Rp 104.631.696	
3	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,71	Rp 10.676.704	Rp 93.421.158	
4	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,64	Rp 9.532.771	Rp 83.411.748	
5	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,57	Rp 8.511.403	Rp 74.474.775	
6	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,51	Rp 7.599.467	Rp 66.495.335	
7	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,45	Rp 6.785.238	Rp 59.370.835	
8	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,40	Rp 6.058.248	Rp 53.009.674	
9	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,36	Rp 5.409.150	Rp 47.330.066	
10	Rp 3.400.000	Rp 11.600.000	1	Rp 15.000.000	Rp 131.250.000	0,32	Rp 4.829.599	Rp 42.258.987	
Total							Rp 157.074.774	Rp 624.404.272	

Analisa Usaha

B/C 4,0
NPV 467.329.498,5

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 30.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 60.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Tanah	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 11.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 17.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000	Rp 6.100.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 35.100.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000	Rp 11.600.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000
Jumlah		Rp -	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000	Rp 131.250.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	1100 btg	Rp 25.000	Rp 27.500.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 30.900.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Tanah				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	1100 btg	Rp 10.000	Rp 11.000.000
				Rp 11.000.000
Pemupukan				
	Pukan	11000 ton	Rp 1.000	Rp 11.000.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	1100 btg	Rp 2.000	Rp 2.200.000
				Rp 17.100.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.000.000	Rp 1.000.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 2.500.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (sisir)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 25.000	Rp -	1	Rp -
2	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
3	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
4	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
5	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
6	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
7	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
8	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
9	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000
10	5.250	Rp 25.000	Rp 131.250.000	1	Rp 131.250.000

Analisa Usaha Alpukat

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC				12%	Biaya
1	Rp 44.400.000	Rp 17.450.000	1	Rp 61.850.000	Rp -	0,89	Rp 55.223.214	Rp -	
2	Rp 3.400.000	Rp 8.950.000	1	Rp 12.350.000	Rp -	0,80	Rp 9.845.344	Rp -	
3	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 68.750.000	0,71	Rp 9.858.156	Rp 48.934.892	
4	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,64	Rp 8.801.925	Rp 61.168.615	
5	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,57	Rp 7.858.862	Rp 54.614.835	
6	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,51	Rp 7.016.841	Rp 48.763.245	
7	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,45	Rp 6.265.037	Rp 43.538.612	
8	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,40	Rp 5.593.783	Rp 38.873.761	
9	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,36	Rp 4.994.449	Rp 34.708.715	
10	Rp 3.400.000	Rp 10.450.000	1	Rp 13.850.000	Rp 96.250.000	0,32	Rp 4.459.329	Rp 30.989.924	
Total							Rp 119.916.941	Rp 361.592.599	

Analisa Usaha

B/C 3,0
NPV 241.675.658,0

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 14.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 44.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 2.750.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 7.200.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000	Rp 4.450.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 17.450.000	Rp 8.950.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000	Rp 10.450.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp 68.750.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp 68.750.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000	Rp 96.250.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	275 btg	Rp 40.000	Rp 11.000.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 14.400.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	275 btg	Rp 10.000	Rp 2.750.000
				Rp 2.750.000
Pemupukan				
	Pukan	2750 ton	Rp 1.000	Rp 2.750.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	275 btg	Rp 2.000	Rp 550.000
				Rp 7.200.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 5.000	-	1	Rp -
2	-	Rp 5.000	-	1	Rp -
3	13.750	Rp 5.000	Rp 68.750.000	1	Rp 68.750.000
4	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
5	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
6	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
7	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
8	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
9	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000
10	19.250	Rp 5.000	Rp 96.250.000	1	Rp 96.250.000

Analisa Usaha Mangga/Kuini

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC				12%	Biaya
1	Rp 35.900.000	Rp 13.600.000	1	Rp 49.500.000	Rp -	0,89	Rp 44.196.429	Rp -	
2	Rp 3.400.000	Rp 8.600.000	1	Rp 12.000.000	Rp -	0,80	Rp 9.566.327	Rp -	
3	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 25.000.000	0,71	Rp 9.609.033	Rp 17.794.506	
4	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,64	Rp 8.579.494	Rp 22.243.133	
5	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,57	Rp 7.660.263	Rp 19.859.940	
6	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,51	Rp 6.839.520	Rp 17.732.089	
7	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,45	Rp 6.106.714	Rp 15.832.223	
8	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,40	Rp 5.452.424	Rp 14.135.913	
9	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,36	Rp 4.868.235	Rp 12.621.351	
10	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	1	Rp 13.500.000	Rp 35.000.000	0,32	Rp 4.346.639	Rp 11.269.063	
Total							Rp 107.225.077	Rp 131.488.218	

Analisa Usaha

B/C

1,2

NPV

24.263.140,6

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 5.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 35.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 1.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 5.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 13.600.000	Rp 8.600.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp 25.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp 25.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000	Rp 35.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	100 btg	Rp 25.000	Rp 2.500.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 5.900.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	100 btg	Rp 10.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1000 ton	Rp 1.000	Rp 1.000.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	100 btg	Rp 2.000	Rp 200.000
				Rp 5.100.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 5.000	Rp -	1	Rp -
2	-	Rp 5.000	Rp -	1	Rp -
3	5.000	Rp 5.000	Rp 25.000.000	1	Rp 25.000.000
4	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
5	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
6	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
7	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
8	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
9	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000
10	7.000	Rp 5.000	Rp 35.000.000	1	Rp 35.000.000

Analisa Usaha Durian

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 35.900.000	Rp 13.600.000	2	Rp 99.000.000	Rp -	0,89	Rp 88.392.857	Rp -
2	Rp 3.400.000	Rp 8.600.000	2	Rp 24.000.000	Rp -	0,80	Rp 19.132.653	Rp -
3	Rp 3.400.000	Rp 8.600.000	2	Rp 24.000.000	Rp -	0,71	Rp 17.082.726	Rp -
4	Rp 3.400.000	Rp 8.600.000	2	Rp 24.000.000	Rp -	0,64	Rp 15.252.434	Rp -
5	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 200.000.000	0,57	Rp 15.320.525	Rp 113.485.371
6	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 320.000.000	0,51	Rp 13.679.040	Rp 162.121.959
7	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 400.000.000	0,45	Rp 12.213.429	Rp 180.939.686
8	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 600.000.000	0,40	Rp 10.904.847	Rp 242.329.937
9	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 600.000.000	0,36	Rp 9.736.471	Rp 216.366.015
10	Rp 3.400.000	Rp 10.100.000	2	Rp 27.000.000	Rp 600.000.000	0,32	Rp 8.693.277	Rp 193.183.942
Total							Rp 210.408.259	Rp 1.108.426.910

Analisa Usaha

B/C 5,3
NPV 898.018.650,3

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 5.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 35.900.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 1.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 5.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000	Rp 4.100.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 13.600.000	Rp 8.600.000	Rp 8.600.000	Rp 8.600.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000	Rp 10.100.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 100.000.000	Rp 160.000.000	Rp 200.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 100.000.000	Rp 160.000.000	Rp 200.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000	Rp 300.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	100 btg	Rp 25.000	Rp 2.500.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 5.900.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	100 btg	Rp 10.000	Rp 1.000.000
				Rp 1.000.000
Pemupukan				
	Pukan	1000 ton	Rp 1.000	Rp 1.000.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	100 btg	Rp 2.000	Rp 200.000
				Rp 5.100.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (buah)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 20.000	Rp -	2	Rp -
2	-	Rp 20.000	Rp -	2	Rp -
3	-	Rp 20.000	Rp -	2	Rp -
4	-	Rp 20.000	Rp -	2	Rp -
5	5.000	Rp 20.000	Rp 100.000.000	2	Rp 200.000.000
6	8.000	Rp 20.000	Rp 160.000.000	2	Rp 320.000.000
7	10.000	Rp 20.000	Rp 200.000.000	2	Rp 400.000.000
8	15.000	Rp 20.000	Rp 300.000.000	2	Rp 600.000.000
9	15.000	Rp 20.000	Rp 300.000.000	2	Rp 600.000.000
10	15.000	Rp 20.000	Rp 300.000.000	2	Rp 600.000.000

Analisa Usaha Sawo

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF 12%	Biaya	Produksi
1	Rp 35.150.000	Rp 12.940.000	2	Rp 96.180.000	Rp -	0,89	Rp 85.875.000	Rp -
2	Rp 3.400.000	Rp 8.540.000	2	Rp 23.880.000	Rp -	0,80	Rp 19.036.990	Rp -
3	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 63.000.000	0,71	Rp 19.132.653	Rp 44.842.156
4	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 105.000.000	0,64	Rp 17.082.726	Rp 66.729.398
5	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,57	Rp 15.252.434	Rp 119.159.640
6	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,51	Rp 13.618.245	Rp 106.392.535
7	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,45	Rp 12.159.147	Rp 94.993.335
8	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,40	Rp 10.856.381	Rp 84.815.478
9	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,36	Rp 9.693.197	Rp 75.728.105
10	Rp 3.400.000	Rp 10.040.000	2	Rp 26.880.000	Rp 210.000.000	0,32	Rp 8.654.641	Rp 67.614.380
Total							Rp 211.361.413	Rp 660.275.027

Analisa Usaha

B/C 3,1
NPV 448.913.613,6

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 5.150.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 35.150.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 700.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 4.740.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000	Rp 4.040.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 12.940.000	Rp 8.540.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000	Rp 10.040.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp 31.500.000	Rp 52.500.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp 31.500.000	Rp 52.500.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000	Rp 105.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	70 btg	Rp 25.000	Rp 1.750.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 5.150.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	70 btg	Rp 10.000	Rp 700.000
				Rp 700.000
Pemupukan				
	Pukan	700 ton	Rp 1.000	Rp 700.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	70 btg	Rp 2.000	Rp 140.000
				Rp 4.740.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 15.000	Rp -	2	Rp -
2	-	Rp 15.000	Rp -	2	Rp -
3	2.100	Rp 15.000	Rp 31.500.000	2	Rp 63.000.000
4	3.500	Rp 15.000	Rp 52.500.000	2	Rp 105.000.000
5	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000
6	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000
7	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000
8	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000
9	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000
10	7.000	Rp 15.000	Rp 105.000.000	2	Rp 210.000.000

Analisa Usaha Kakao

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya Pert tahun	TC	Produksi	Cash Flow		
						DF	Biaya	Produksi
1	Rp 42.288.000	Rp 33.287.000	1	Rp 75.575.000	Rp -	0,89	Rp 67.477.679	Rp -
2	Rp 3.400.000	Rp 13.622.000	1	Rp 17.022.000	Rp -	0,80	Rp 13.569.834	Rp -
3	Rp 3.400.000	Rp 13.622.000	1	Rp 17.022.000	Rp 110.000.000	0,71	Rp 12.115.923	Rp 78.295.827
4	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 132.000.000	0,64	Rp 12.724.343	Rp 83.888.386
5	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 154.000.000	0,57	Rp 11.361.021	Rp 87.383.736
6	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 176.000.000	0,51	Rp 10.143.768	Rp 89.167.077
7	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 176.000.000	0,45	Rp 9.056.936	Rp 79.613.462
8	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 176.000.000	0,40	Rp 8.086.550	Rp 71.083.448
9	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 176.000.000	0,36	Rp 7.220.134	Rp 63.467.364
10	Rp 3.400.000	Rp 16.622.000	1	Rp 20.022.000	Rp 176.000.000	0,32	Rp 6.446.548	Rp 56.667.290
Total							Rp 158.202.736	Rp 609.566.591

Analisa Usaha

B/C 3,9
NPV 451.363.854,8

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 12.288.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 42.288.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 5.555.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 17.232.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000	Rp 6.122.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Jumlah		Rp 33.287.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000	Rp 13.622.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp 110.000.000	Rp 132.000.000	Rp 154.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp 110.000.000	Rp 132.000.000	Rp 154.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000	Rp 176.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	1111 btg	Rp 8.000	Rp 8.888.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 12.288.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	1111 btg	Rp 5.000	Rp 5.555.000
Pemupukan				
	Pukan	11110 kg	Rp 1.000	Rp 11.110.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga Kerja	1111 btg	Rp 2.000	Rp 2.222.000
				Rp 17.232.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 4.500.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 22.000	Rp -	1	Rp -
2	-	Rp 22.000	Rp -	1	Rp -
3	5.000	Rp 22.000	Rp 110.000.000	1	Rp 110.000.000
4	6.000	Rp 22.000	Rp 132.000.000	1	Rp 132.000.000
5	7.000	Rp 22.000	Rp 154.000.000	1	Rp 154.000.000
6	8.000	Rp 22.000	Rp 176.000.000	1	Rp 176.000.000
7	8.000	Rp 22.000	Rp 176.000.000	1	Rp 176.000.000
8	8.000	Rp 22.000	Rp 176.000.000	1	Rp 176.000.000
9	8.000	Rp 22.000	Rp 176.000.000	1	Rp 176.000.000
10	8.000	Rp 22.000	Rp 176.000.000	1	Rp 176.000.000

Analisa Usaha Kelapa

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC				12%	Biaya
1	Rp 34.630.000	Rp 14.106.000	1	Rp 48.736.000	Rp -	0,89	Rp 43.514.286	Rp -	
2	Rp 3.400.000	Rp 8.646.000	1	Rp 12.046.000	Rp -	0,80	Rp 9.602.997	Rp -	
3	Rp 3.400.000	Rp 8.646.000	1	Rp 12.046.000	Rp -	0,71	Rp 8.574.105	Rp -	
4	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 81.180.000	0,64	Rp 8.608.728	Rp 51.591.358	
5	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,57	Rp 7.686.364	Rp 50.251.322	
6	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,51	Rp 6.862.825	Rp 44.867.252	
7	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,45	Rp 6.127.522	Rp 40.060.047	
8	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,40	Rp 5.471.002	Rp 35.767.899	
9	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,36	Rp 4.884.823	Rp 31.935.624	
10	Rp 3.400.000	Rp 10.146.000	1	Rp 13.546.000	Rp 88.560.000	0,32	Rp 4.361.449	Rp 28.513.950	
Total							Rp	105.694.103	Rp 282.987.451

Analisa Usaha

B/C 2,7
NPV 177.293.348,1

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 4.630.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 34.630.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 1.230.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 5.376.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000	Rp 4.146.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 14.106.000	Rp 8.646.000	Rp 8.646.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000	Rp 10.146.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 81.180.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp -	Rp 81.180.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000	Rp 88.560.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	123 btg	Rp 10.000	Rp 1.230.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 4.630.000
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
	Pengolahan Lahan			
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
	Penanaman + Ajir + Pagar			
	Tenaga Kerja	123 btg	Rp 10.000	Rp 1.230.000
				Rp 1.230.000
	Pemupukan			
	Pukan	1230 kg	Rp 1.000	Rp 1.230.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	123 btg	Rp 2.000	Rp 246.000
				Rp 5.376.000
	Pengendalian Gulma dan HPT			
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
	Pemeliharaan Tanaman			
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
	Pemanenan			
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (butir)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp 5.000	Rp -	1	Rp -
2	-	Rp 5.000	Rp -	1	Rp -
3	-	Rp 5.000	Rp -	1	Rp -
4	16.236	Rp 5.000	Rp 81.180.000	1	Rp 81.180.000
5	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000
6	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000
7	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000
8	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000
9	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000
10	17.712	Rp 5.000	Rp 88.560.000	1	Rp 88.560.000

Analisa Usaha Kulit Manis

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya		TC	Produksi	DF	Cash Flow	
			Pert tahun					12%	Biaya
1	Rp 15.800.000	Rp 17.200.000	1		Rp 33.000.000	Rp -	0,89	Rp 29.464.286	Rp -
2	Rp 3.400.000	Rp 9.800.000	1		Rp 13.200.000	Rp -	0,80	Rp 10.522.959	Rp -
3	Rp 3.400.000	Rp 9.800.000	1		Rp 13.200.000	Rp -	0,71	Rp 9.395.499	Rp -
4	Rp 3.400.000	Rp 9.800.000	1		Rp 13.200.000	Rp -	0,64	Rp 8.388.839	Rp -
5	Rp 3.400.000	Rp 9.800.000	1		Rp 13.200.000	Rp 180.000.000	0,57	Rp 7.490.034	Rp 102.136.834
6	Rp 3.400.000	Rp 11.300.000	1		Rp 14.700.000	Rp -	0,51	Rp 7.447.477	Rp -
7	Rp 3.400.000	Rp 11.300.000	1		Rp 14.700.000	Rp -	0,45	Rp 6.649.533	Rp -
8	Rp 3.400.000	Rp 11.300.000	1		Rp 14.700.000	Rp -	0,40	Rp 5.937.083	Rp -
9	Rp 3.400.000	Rp 11.300.000	1		Rp 14.700.000	Rp -	0,36	Rp 5.300.967	Rp -
10	Rp 3.400.000	Rp 11.300.000	1		Rp 14.700.000	Rp 180.000.000	0,32	Rp 4.733.007	Rp 57.955.183
Total								Rp 95.329.686	Rp 160.092.017

Analisa Usaha

B/C 1,7
NPV 64.762.331,0

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 8.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 7.800.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 15.800.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 4.400.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000	Rp 8.300.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Jumlah		Rp 17.200.000	Rp 9.800.000	Rp 9.800.000	Rp 9.800.000	Rp 9.800.000	Rp 9.800.000	Rp 11.300.000	Rp 11.300.000	Rp 11.300.000	Rp 11.300.000	Rp 11.300.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 180.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 180.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 180.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp 180.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	4400 btg	Rp 1.000	Rp 4.400.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 7.800.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
				Rp 8.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	4400 btg	Rp 1.000	Rp 4.400.000
				Rp 4.400.000
Pemupukan				
	Pukan	8800 kg	Rp -	Rp -
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	4400 btg	Rp 1.000	Rp 4.400.000
				Rp 8.300.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	0 pkt	Rp 1.500.000	Rp -
	Tenaga kerja	0 HOK	Rp 100.000	Rp -
				Rp -
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp -	-	1	Rp -
2	-	Rp -	-	1	Rp -
3	-	Rp -	-	1	Rp -
4	-	Rp -	-	1	Rp -
5	6.000	Rp 30.000	Rp 180.000.000	1	Rp 180.000.000
6	-	Rp -	-	1	Rp -
7	-	Rp -	-	1	Rp -
8	-	Rp -	-	1	Rp -
9	-	Rp -	-	1	Rp -
10	6.000	Rp 30.000	Rp 180.000.000	1	Rp 180.000.000

Analisa Usaha Kopi Arabika

Tahun	Modal	Biaya	Kali biaya			DF	Cash Flow	
			Pert tahun	TC	Produksi		12%	Biaya
1	Rp 43.400.000	Rp 17.400.000	1	Rp 60.800.000	Rp -	0,89	Rp 54.285.714	Rp -
2	Rp 3.400.000	Rp 10.400.000	1	Rp 13.800.000	Rp -	0,80	Rp 11.001.276	Rp -
3	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,71	Rp 10.890.238	Rp 92.531.432
4	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,64	Rp 9.723.427	Rp 82.617.350
5	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,57	Rp 8.681.631	Rp 73.765.491
6	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,51	Rp 7.751.456	Rp 65.862.046
7	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,45	Rp 6.920.943	Rp 58.805.398
8	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,40	Rp 6.179.413	Rp 52.504.820
9	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,36	Rp 5.517.333	Rp 46.879.303
10	Rp 3.400.000	Rp 11.900.000	1	Rp 15.300.000	Rp 130.000.000	0,32	Rp 4.926.191	Rp 41.856.521
Total							Rp 125.877.622	Rp 514.822.361

Analisa Usaha

B/C 4,1
NPV 388.944.739,5

Uraian	Luas Ha	Tahun										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Modal												
1 Lahan	1	Rp 30.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Bahan & Peralatan	1	Rp 13.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Jumlah		Rp 43.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000	Rp 3.400.000
Biaya												
1 Pengolahan Lahan	1	Rp 3.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
2 Penanaman + Ajir + Pagar	1	Rp 2.000.000	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
3 Pemupukan	1	Rp 7.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000	Rp 5.900.000
4 Pengendalian Gulma dan HPT	1	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
5 Pemeliharaan Tanaman	1	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
6 Pemanenan	1	Rp -	Rp -	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
Jumlah		Rp 17.400.000	Rp 10.400.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000	Rp 11.900.000
Produksi												
1 Panen	1	Rp -	Rp -	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000
Jumlah		Rp -	Rp -	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000	Rp 130.000.000

Biaya Produksi per ha per tahun (hasil survei)

No	Uraian	Satuan	harga	jumlah
Bahan & Peralatan				
	Bibit	1000 btg	Rp 10.000	Rp 10.000.000
	Cangkul	15 bh	Rp 100.000	Rp 1.500.000
	Sprayer	4 unit	Rp 350.000	Rp 1.400.000
	Parang	10 bh	Rp 50.000	Rp 500.000
				Rp 13.400.000
Lahan				
	Lahan	1 ha	Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
				Rp 30.000.000
Pengolahan Lahan				
	Mengolah borongan	1 ha	Rp 3.000.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000
Penanaman + Ajir + Pagar				
	Tenaga Kerja	1000 btg	Rp 2.000	Rp 2.000.000
				Rp 2.000.000
Pemupukan				
	Pukan	2000 kg	Rp 1.000	Rp 2.000.000
	NPK	650 kg	Rp 6.000	Rp 3.900.000
	Tenaga kerja	1000 btg	Rp 2.000	Rp 2.000.000
				Rp 7.900.000
Pengendalian Gulma dan HPT				
	Pestisida	1 pkt	Rp 1.500.000	Rp 1.500.000
	Tenaga kerja	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 3.000.000
Pemeliharaan Tanaman				
	Perawatan Tanaman	15 HOK	Rp 100.000	Rp 1.500.000
				Rp 1.500.000
Pemanenan				
	Tenaga kerja	30 HOK	Rp 100.000	Rp 3.000.000
				Rp 3.000.000

Panen

Tahun	Produksi (kg)	Harga	Jumlah	x panen/tahun	Jumlah
1	-	Rp -	-	1	Rp -
2	-	Rp -	-	1	Rp -
3	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
4	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
5	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
6	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
7	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
8	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
9	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000
10	2.000	Rp 65.000	Rp 130.000.000	1	Rp 130.000.000