

**KLASTERISASI PROVINSI DI INDONESIA BERDASARKAN
HASIL PERTANIAN DENGAN METODE *SPATIAL FUZZY*
C-MEANS(SFCM)**

SKRIPSI SARJANA MATEMATIKA

OLEH :



ALDI MUKHLIS

BP. 1810433008

DOSEN PEMBIMBING :

1. Dr. Maiyastri
2. Hazmira Yozza, M.Si

**DEPARTEMEN MATEMATIKA DAN SAINS DATA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2022**

TANDA PERSETUJUAN SKRIPSI

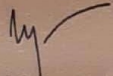
Dengan ini dinyatakan bahwa

Nama : Aldi Mukhlis
No. Buku Pokok : 1810433008
Departemen : Matematika dan Sains Data
Bidang : Statistika dan Teori Peluang
Judul Skripsi : **Klasterisasi Provinsi Di Indonesia Berdasarkan Hasil Pertanian Dengan Metode *Spatial Fuzzy C-Means*(SFCM)**

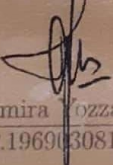
telah diuji dan disetujui skripsinya sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) melalui ujian sarjana yang diadakan pada tanggal **22 Desember 2022** berdasarkan ketentuan yang berlaku.

Pembimbing,

1.



Dr. Malyatri
NIP.196505311991032001

2.

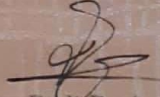

Hazmira Fozza, M.Si
NIP.196903081994032002

Penguji,

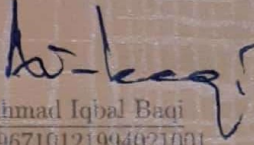
1.


Yudiantri Asdi, M.Sc
NIP.196405271989011001

2.

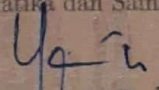

Dr. Dodi Devianto
NIP. 197712272000121002

3.


Dr. Ahmad Iqbal Baqi
NIP.196710121994021001

Mengetahui,

Ketua Departemen Matematika dan Sains Data FMIPA UNAND


Dr. Yanita
NIP. 197210302003122001

HALAMAN PERSEMBAHAN

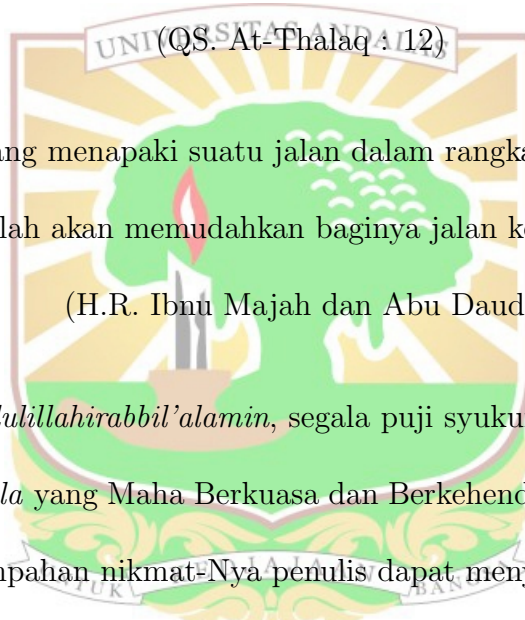


” Allah-lah yang menciptakan tujuh langit dan seperti itu pula bumi.

Perintah Allah berlaku padanya, agar kamu mengetahui bahwasanya Allah

Maha Kuasa atas segala sesuatu, dan sesungguhnya Allah ilmu-Nya

benar-benar meliputi segala sesuatu.”



Barangsiapa yang menapaki suatu jalan dalam rangka mencari ilmu maka

Allah akan memudahkan baginya jalan ke Surga.

(H.R. Ibnu Majah dan Abu Daud)

Alhamdulillah rabbil'alam, segala puji syukur kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang Maha Berkuasa dan Berkehendak atas segala sesuatu sehingga atas limpahan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan perkuliahan dan memperoleh gelar Sarjana Sains. Shalawat dan Salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad *Shallallahu Alaihi Wa Sallam* yang telah membawa sinar dan ilmu pengetahuan kepada umat manusia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, dorongan, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini, terutama kepada:

Keluarga Tercinta

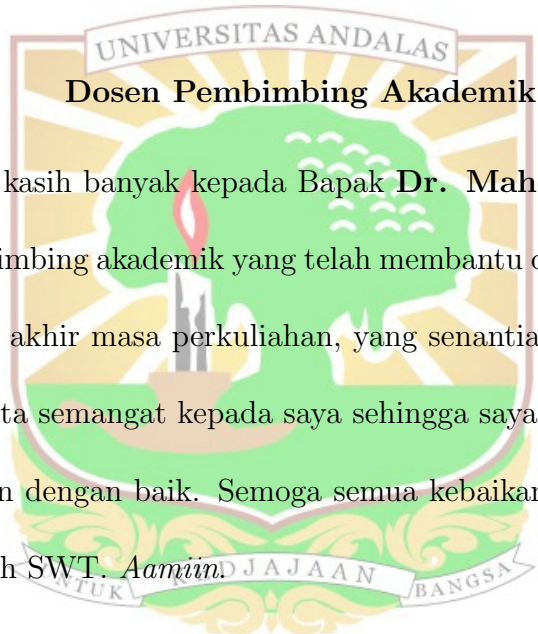
Terima kasih yang tak hingga kepada Ayah tercinta **Mukhlis** dan Ibu tercinta **Eriyanti** karena berkat doanya saya bisa bertahan hingga akhir, yang membuat saya tetap semangat menjalankan perkuliahan saya hingga akhir, serta selalu menjadi *support system* utama saya dalam menjalani hari-hari. Terima kasih juga kepada Adik tercinta **Aulia Mukhlis** yang juga memberikan semangat dan doa kepada saya dalam melakukan aktifitas. Terima kasih sekali lagi atas perhatian dan kasih sayang yang diberikan selama ini. Saya harap Ayah, Ibu dan Adik senantiasa diberikan kesehatan, dimudahkan segala urusan dan selalu dalam perlindungan Allah SWT. *Aamiin*. Kemudian terima kasih juga kepada keluarga besar di Bangkinang, Pekanbaru dan Solok yang telah memberikan doa serta dukungan selama ini.

Ibu-ibu Dosen Pembimbing

Terima kasih kepada Ibu **Dr. Maiyastri** dan Ibu **Hazmira Yozza, M.Si** yang selalu memberikan masukan, arahan, nasehat, dan semua kebaikannya selama ini, yang telah membimbing saya dengan sabar dalam pengerjaan skripsi ini hingga skripsi saya yang awalnya masih jauh dari kata sempurna menjadi lebih baik dan lebih baik lagi. Terimakasih juga kepada Ibu-ibu dosen pembimbing yang senantiasa selalu mendampingi saya hingga saya dapat menyelesaikan ujian sarjana. Saya mohon maaf kepada Ibu-ibu apabila selama pengerjaan skripsi ini saya telah menyusahkan Ibu-ibu dan terkadang terkesan mendesak Ibu-ibu ketika ingin meminta revisi. Semoga semua kebaikan yang Ibu-ibu berikan dibalas oleh Allah SWT. *Aamiin*.

Bapak-bapak Dosen Penguji

Terima kasih banyak kepada Bapak **Yudiantri Asdi, M.Sc**, Bapak **Dr. Dodi Devianto** dan Bapak **Dr. Ahmad Iqbal Baqi** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran dan tanggapan sehingga skripsi ini menjadi lebih baik. Saya juga mohon maaf apabila ada kata-kata atau perbuatan saya yang kurang berkenan dari seminar hasil hingga saya sidang sarjana. Semoga semua kebaikan yang Bapak-bapak berikan dibalas oleh Allah SWT. *Aamiin.*



Dosen Pembimbing Akademik

Terima kasih banyak kepada Bapak **Dr. Mahdhivan Syafwan** selaku dosen pembimbing akademik yang telah membantu dan membimbing saya dari awal hingga akhir masa perkuliahan, yang senantiasa memberikan saran dan masukan serta semangat kepada saya sehingga saya dapat menyelesaikan masa perkuliahan dengan baik. Semoga semua kebaikan yang bapak berikan dibalas oleh Allah SWT. *Aamiin.*

Dosen Departemen Matematika dan Sains Data UNAND

Teruntuk dosen hebat, Ibu **Dr. Yanita**, selaku Ketua Departemen Matematika dan Sains Data FMIPA UNAND, saya ucapkan terima kasih atas bimbingan dan dukungannya kepada kami. Selanjutnya terima kasih kepada seluruh dosen Matematika dan Sains Data FMIPA UNAND, terima kasih atas motivasi, nasehat, pengalaman, dan kebaikan yang bapak dan ibu berikan kepada saya selama ini. Semoga bapak dan ibu semuanya selalu dalam lindungan Allah SWT. *Aamiin.*

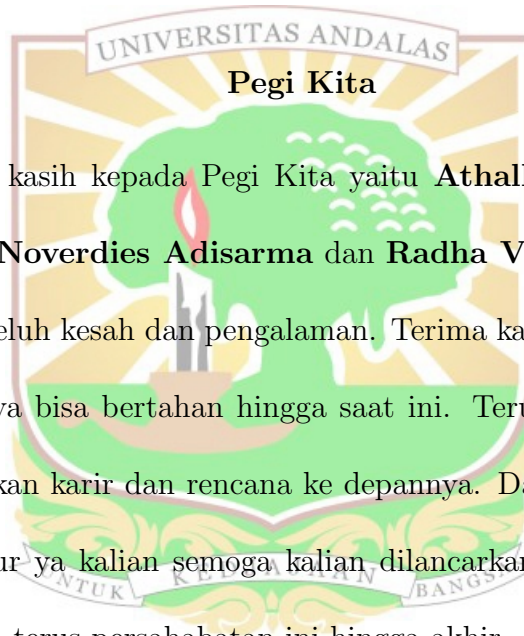
Mandeh Family

Terima kasih kepada sahabat-sahabat saya yaitu **Abdul Majid, Dewi Purnamasari, Fajrul Ichsan Kamil, Farel Riyadh Attarick, Ghazy Muhari Novrial, Latifah Zahra, Nindi Maulia Azizah, Novalisa Nasthasya, Nurul Hidayah, Ranthi Efri Madani, Safira Amini** dan **Tasya Abrari** yang telah menemani saya selama kurang lebih empat tahun perkuliahan. Terima kasih atas dukungannya selama masa perkuliahan ini. Terima kasih telah berperan menjadi saudara sekaligus sahabat dan menjadi tempat saya berkeluh kesah. Teruntuk Isan, Nindi, Tesa, Majid dan Ranthi semangat terus dalam karir nya. Kemudian untuk Nurul dan Tasya semangat studi S2 nya. Terkhusus Isan terima kasih telah membantu saya menyelesaikan permasalahan skripsi dan menyisihkan waktunya walaupun di tengah padatnya kesibukan. Terima kasih juga saya ucapkan kepada Latifah Zahra yang terkadang saya repotkan, tempat saya bertukar pikiran dan tempat menampung keluh kesah saya, semangat menyusul. Teruntuk Ghazy, Farel, Dewi dan Safira semangat terus menyelesaikan studinya, semoga segera menyusul. Sekali lagi terima kasih sahabat-sahabatku, semoga persahabatan ini tetap utuh. Semoga kita semua bisa meraih kesuksesan masing-masing, karena menjadi bintang itu asiknya bersama-sama.

Tanpa Bidang XXIII

Terima kasih kepada Tanpa Bidang XXIII yaitu **Adinda Putri Dinanty, Fitria Surliani** dan **Mellany** yang telah mendukung, memberikan hal positif, memotivasi serta mendoakan saya selama ini. Yang pada awalnya

hanya sebatas presidium di Himatika berlanjut menjadi persahabatan yang erat, saya harap persahabatan ini terus berlanjut. Walaupun saya baru dekat dengan kalian 2 tahun belakangan ini namun saya seperti merasa sudah kenal kalian sejak lama. Saya mohon maaf apabila selama ini terdapat kesalahan dari diri saya pribadi baik itu sebagai ketua maupun sebagai teman. Senang sekali bisa bekerjasama dan berteman dengan kalian, semangat dan selamat terus meraih kesuksesan *Keep solid guys*, semoga bisa ngumpul lengkap lagi.



Terima kasih kepada Pegi Kita yaitu **Athalla Novandri, Hilarry Citra Aribah, Noverdies Adisarma dan Radha Vestika** sebagai tempat berbagi cerita, keluh kesah dan pengalaman. Terima kasih karena berkat aura positif kalian saya bisa bertahan hingga saat ini. Teruntuk Verdi dan Citra semoga dilancarkan karir dan rencana ke depannya. Dan teruntuk Opan dan Radha tetap akur ya kalian semoga kalian dilancarkan studinya. Semangat dan pertahankan terus persahabatan ini hingga akhir. *Love you guys!*

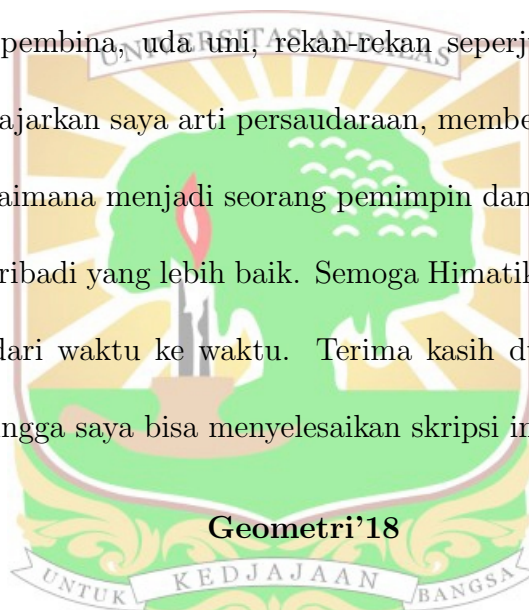
Boy Geometri Sopan Terpelajar

Terima kasih kepada Boy Geometri yaitu **Ali Rahmat Putra, Alif Azis Arsyad, Haris Putra Pramadana, Luthfi Hadiyan Fajri, Muhammad Zukri, Muhammad Rafif Fajri, Ridho Pascal Wilmar, Rifki Adlani** dan teman-teman boy lain yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu. Terimakasih telah memberikan semangat dan dukungannya kepada saya selama ini. Terima kasih juga kepada pemuda *basecamp* geometri tempat saya

tinggal satu atap senasib dan sepenanggungan. Terkhusus Raffif, terima kasih juga selama setahun belakangan ini telah menemani saya baik senang maupun susah, dari bangun hingga tidur lagi serta mendengarkan keluh kesah saya. Semoga kita semua pemuda Geometri selalu di dalam lindungan Allah SWT dan dilancarkan segala urusannya. *Aamiin*. Semangat terus.

HIMATIKA FMIPA UNAND

Terima kasih kepada keluarga besar **HIMATIKA FMIPA UNAND** baik pembina, uda uni, rekan-rekan seperjuangan dan adik-adik yang telah mengajarkan saya arti persaudaraan, memberikan kesempatan dan pengalaman bagaimana menjadi seorang pemimpin dan telah membantu saya untuk menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga Himatika Unand bisa menjadi lebih baik lagi dari waktu ke waktu. Terima kasih dukungan dan doanya kepada saya sehingga saya bisa menyelesaikan skripsi ini. Himatika Jaya!



Terima kasih kepada teman-teman seperjuangan, **Geometri'18** yang telah memberikan dukungan serta doanya kepada saya. Terima kasih untuk semua momen indah yang telah kita lewati. Semoga hubungan pertemanan kita tetap terjaga dengan baik dan semangat untuk menggapai mimpi masing-masing.

Keluarga BP 008

Terima kasih saya ucapkan kepada uda uni BP 008. Terima kasih kepada **Uni Bunga, Uni Opi, Uni Wulan, dan Uda Iim** yang telah menjadi

tempat bertanya serta berkeluh kesah selama perkuliahan ini. Terima kasih kepada **Ghazy**, **Nindi** dan **Orel** dan **Beby** yang telah memberikan *support* kepada saya. Teruntuk **Farhan**, **Romie**, **Tika**, **Rama** tetap dipertahankan semangat kuliahnya hingga akhir dan semoga selalu dilancarkan urusannya.

My Self

Terima kasih untuk diriku yang sudah kuat dan mampu bertahan hingga saat ini. Kamu hebat karena tetap percaya akan potensi dirimu. Terima kasih diriku karena tetap mau diajak kerja sama. Terima kasih diriku tetap bersemangat menjalankan hari-hari. Semoga segala hal bisa dimudahkan dan dilancarkan kedepannya. *You've done great job!*



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah *irabbill'alamin*, segala puji atas kehadiran Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Klasterisasi Provinsi di Indonesia Berdasarkan Hasil Pertanian dengan Metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM)" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Departemen Matematika dan Sains Data, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas. Shalawat dan Salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi Wa Sallam* yang telah membawa sinar dan ilmu pengetahuan kepada umat manusia.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, dorongan, kerjasama maupun bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penulisan skripsi ini, terutama kepada:

1. Keluarga tercinta, Ayah **Mukhlis** dan Ibu **Eriyanti** yang tanpa lelah memberikan doa serta dukungan penuh atas segala hal. Serta Adik tersayang **Aulia Mukhlis** yang telah memberikan semangat dan selalu menghibur dalam setiap langkah.
2. Ibu **Dr. Maiyastri** dan Ibu **Hazmira Yozza, M.Si** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan ilmu, motivasi,

dan nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini.

3. Bapak **Yudiantri Asdi, M.Sc**, Bapak **Dr. Dodi Devianto**, dan Bapak **Dr. Ahmad Iqbal Baqi** selaku dosen penguji yang telah memberikan kritikan dan saran guna menjadikan skripsi ini lebih baik lagi.
4. Ibu **Dr. Yanita**, selaku Ketua Departemen Matematika dan Sains Data dan dosen Pembimbing Akademik, beserta seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah memberikan ilmu, nasehat, dan pengajaran dengan penuh kesabaran dan pengorbanan, serta keluarga besar Departemen Matematika dan Sains Data FMIPA Universitas Andalas yang telah membantu selama penulis melaksanakan studi.
5. Semua pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran pembaca akan sangat berarti bagi penulis agar menjadikan skripsi ini menjadi lebih baik ke depannya. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukannya dan semoga Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua.

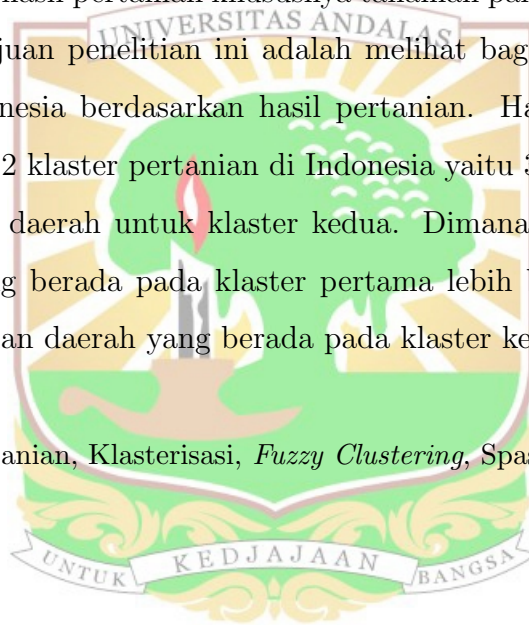
Padang, Desember 2022

Aldi Mukhlis, S.Si

ABSTRAK

Indonesia terkenal akan hasil pertaniannya. Pertanian merupakan komponen penting dalam pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Namun terdapat daerah yang hasil pertaniannya dominan dan ada daerah yang hasil pertaniannya kurang. Oleh karena itu kebijakan pemerintah diperlukan dalam hal ini. Provinsi-provinsi di Indonesia dapat dikelompokkan berdasarkan hasil pertanian dengan klasterisasi. Dalam penelitian ini digunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM) yang merupakan salah satu pengembangan dari *fuzzy clustering*. Data yang digunakan merupakan data hasil pertanian khususnya tanaman pangan di Indonesia pada tahun 2018. Tujuan penelitian ini adalah melihat bagaimana klaster-klaster provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 2 klaster pertanian di Indonesia yaitu 3 daerah untuk klaster pertama dan 31 daerah untuk klaster kedua. Dimana hasil produksi pertanian daerah yang berada pada klaster pertama lebih banyak daripada hasil produksi pertanian daerah yang berada pada klaster kedua

Kata kunci : Pertanian, Klasterisasi, *Fuzzy Clustering*, Spasial.



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ix
ABSTRAK.	xi
DAFTAR ISI.	xii
DAFTAR GAMBAR.	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	5
1.4 Tujuan Penulisan	5
1.5 Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI	6
2.1 <i>Data Mining</i>	6
2.2 Klasterisasi	8
2.3 Himpunan <i>Fuzzy</i>	9
2.4 <i>Fuzzy C-Means</i>	10
2.5 <i>Spatial Fuzzy C-Means</i> (sFCM)	12
2.6 Validitas Klaster	15

2.6.1	<i>Modified Partition Coefficient</i> (MPC)	15
2.6.2	<i>Partition Entropy</i> (PE)	15
2.6.3	Indeks <i>Xie-Beni</i>	16
BAB III METODE PENELITIAN		17
3.1	Sumber Data	17
3.2	Variabel Penelitian	17
3.3	Langkah Analisis Data	18
BAB IV PEMBAHASAN		20
4.1	Gambaran Data	20
4.2	Pengklasteran menggunakan <i>Spatial Fuzzy C-Means</i> (sFCM)	24
4.2.1	Pembentukan Klaster berjumlah 2	25
4.2.2	Pembentukan Klaster berjumlah 3	34
4.2.3	Pembentukan Klaster berjumlah 4	35
4.2.4	Pembentukan Klaster berjumlah 5	35
4.2.5	Pembentukan Klaster berjumlah 6	35
4.3	Menentukan Jumlah Klaster Optimum	36
4.4	Hasil Pengklasteran	38
4.5	Karakteristik Klaster	41
BAB V PENUTUP		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	44

DAFTAR PUSTAKA.	45
LAMPIRAN	48
RIWAYAT HIDUP.	56



DAFTAR GAMBAR

4.1.1 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Padi . . .	20
4.1.2 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Jagung	21
4.1.3 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kedelai . . .	21
4.1.4 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kacang Hijau	22
4.1.5 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kacang Tanah	22
4.1.6 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Ubi Kayu . . .	23
4.1.7 Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Ubi Jalar . . .	23
4.3.1 Grafik Jumlah Klaster dengan Nilai MPC, Nilai PE dan Indeks <i>Xie-Beni</i> . . .	38
4.4.1 Peta Hasil Pengklasteran Metode sFCM	39



DAFTAR TABEL

4.1.1 Statistika Deskriptif Produksi Hasil Pertanian Indonesia	24
4.2.1 Pusat Klaster Awal	26
4.2.2 Nilai Derajat Keanggotaan Baru Klaster Iterasi ke 1	27
4.2.3 Provinsi yang Saling Bertetangga	28
4.2.4 Nilai Fungsi Spasial Iterasi 1	30
4.2.5 Perubahan matriks dari μ_{ik}^* menjadi μ'_{ik}	31
4.2.6 Nilai fungsi objektif pengklasteran 2 klaster sFCM	32
4.2.7 Derajat keanggotaan akhir iterasi ke-9	34
4.3.1 Nilai Hasil Validasi MPC, PE dan XB	37
4.4.1 Hasil Pengklasteran dengan sFCM	40
4.5.1 Karakteristik Pengklasteran	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara kepulauan dengan wilayah yang luas dan kaya akan sumber daya alamnya. Sejak dulu Indonesia terkenal kaya akan hasil pertaniannya sehingga tak heran jika sebagian besar penduduk Indonesia bekerja di sektor pertanian. Hal itu dibuktikan berdasarkan data Kementerian Pertanian bahwa kurang lebih 100 juta jiwa atau hampir separuh rakyat Indonesia bekerja di sektor pertanian.

Pertanian merupakan komponen penting dalam pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan *Sustainable Development Goals* (SDGs). Pertanian berkelanjutan adalah strategi utama untuk mencapai SDGs. Sebagai sumber mata pencaharian bagi sekitar 86% masyarakat pedesaan, pertanian merupakan salah satu kegiatan ekonomi terbesar. Sektor pertanian berpengaruh sangat besar terhadap pertumbuhan ekonomi serta sektor-sektor lain di Indonesia [12]. Sektor pertanian Indonesia mempengaruhi ketahanan pangan nasional. Jika ketahanan pangan terancam situasi politik akan ikut terganggu. Kekacauan pangan ini selain merusak stabilitas ekonomi juga dapat merusak stabilitas politik, oleh karenanya ketahanan pangan wajib dipertahankan.

Sejalan dengan pertumbuhan ekonomi Indonesia, sektor pertanian ini juga mengalami pertumbuhan ke arah lebih baik. Hingga tahun 2018, pertumbuhan pertanian di Indonesia mencapai angka di atas 9% . Meskipun beberapa waktu lalu terjadi badai pandemi, tetapi pertanian Indonesia mampu terus meningkat dan berkontribusi sebesar 3% dari keseluruhan ekspor Indonesia. Bahkan terdapat klaim dari pemerintah bahwa pertumbuhan sektor pertanian Indonesia menjadi yang tertinggi dalam 10 tahun terakhir [2].

Dalam tujuan jangka panjang pada sektor pertanian, pemerintah Indonesia menargetkan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia 2045 [16]. Untuk itu, setiap tahun ditargetkan ada perkembangan ke arah yang lebih baik tercapai apa yang ditargetkan sejak awal. Pada tahun 2024, Indonesia menargetkan mencapai level swasembada untuk komoditas gula industri, tahun 2026 daging sapi dan pada tahun 2045, Indonesia sudah menjadi lumbung pangan dunia.

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian untuk saat ini hasil pertanian di wilayah Indonesia tergolong aman. Namun demikian masih terdapat daerah yang memiliki suatu produksi tanaman yang melimpah sedangkan produksi tanaman lain tidak dan ada juga daerah yang kondisi alamnya memungkinkan untuk memiliki hasil pertanian yang banyak akan tetapi kenyataannya sedikit hasil produksi pertanian di daerah tersebut. Oleh karena itu dirasa perlu untuk dilakukan pengklasteran daerah-daerah di Indonesia menjadi beberapa klaster berdasarkan karakteristik hasil pertanian daerah tersebut. Hasil pengklasteran tersebut diharapkan dapat digunakan

sebagai dasar kebijakan pemerintah untuk meningkatkan produktifitas pertanian di Indonesia.

Analisis klaster adalah teknik untuk menemukan kelompok-kelompok data melalui pemecahan atau pemisahan sekumpulan data menurut karakteristik yang telah ditentukan. Secara umum analisis klaster dibedakan menjadi dua metode yaitu metode berhirarki (*hierarchical method*) dan metode tak berhirarki (*non-hierarchical method*). Metode berhirarki digunakan untuk mengklasterkan objek bila banyak klaster belum diketahui, sedangkan metode tak berhirarki digunakan bila banyaknya klaster telah ditentukan atau diketahui [14].

Seiring dengan munculnya himpunan *fuzzy*, berkembang pula metode *fuzzy clustering*. Metode ini merupakan suatu teknik pengklasteran objek dimana keberadaan tiap titik objek dalam klaster ditentukan oleh derajat keanggotaan. Salah satu metode *fuzzy clustering* adalah metode *Fuzzy C-Means* (FCM). Selanjutnya beberapa peneliti mengembangkan metode ini dengan memanfaatkan informasi spasial pada objek, algoritma ini disebut *Spatial Fuzzy C-Means* (sFCM). Fungsi spasial akan membantu mengurangi nilai bobot sehingga objek akan diklasterkan ke dalam klaster yang sama dengan tetangganya [15].

Secara umum, pada *fuzzy clustering* kemungkinan ada suatu objek pengamatan yang masuk lebih dari satu klaster. Selain itu, kedekatan antar objek-objek yang bertetangga dalam klaster juga memungkinkan objek tersebut masuk dalam klaster yang sama dalam melakukan *spatial clustering*. Se-

hingga dalam pengklasteran provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian ini, diharapkan daerah-daerah yang bertetangga memiliki kondisi-kondisi pertanian yang sama antar daerah sehingga daerah yang bertetangga tadi termasuk dalam satu klaster yang sama. Berdasarkan hal tersebut, metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM) digunakan pada penelitian ini. Telah banyak peneliti yang menggunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means* dalam berbagai permasalahan. Beberapa diantaranya adalah penelitian oleh Jasril(2015) yang menerapkan *Spatial Fuzzy C-Means* untuk klasifikasi gambar daging sapi dan daging babi [7], Desmin(2017) menggunakan algoritma *Spatial Fuzzy C-Means* untuk pemisahan sel kanker payudara [5] dan Safitri(2017) menggunakan algoritma *Spatial Fuzzy C-Means* dalam segmentasi citra batik dan citra otak [14].

Berdasarkan uraian di atas maka dalam penelitian kali ini akan dilakukan pengklasteran provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian dengan menggunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means* (sFCM).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian, adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana hasil pengklasteran provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian menggunakan sFCM.

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi oleh variabel yang digunakan yaitu hanya jenis-jenis tanaman pangan mencakup hasil produksi tanaman padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, ubi kayu dan ubi jalar.

1.4 Tujuan Penulisan

Tujuan penelitian ini yaitu memperoleh klaster-klaster provinsi di Indonesia berdasarkan data hasil pertanian dengan metode sFCM.

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini terdiri dari lima bab. Bab I merupakan pendahuluan berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan. Konsep dasar dan teori-teori penunjang yang digunakan untuk menjelaskan metode *Spatial Fuzzy C-Means* ini dijelaskan pada Bab II Landasan Teori. Pada Bab III merupakan metode penelitian yang berisikan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian. Analisa dari hasil klaster-klaster pertanian di Indonesia dijelaskan di Bab IV. Terakhir pada Bab V berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang diperoleh dan juga saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Data Mining*

Data mining adalah proses menganalisa data dari perspektif yang berbeda dan menyimpulkannya menjadi informasi-informasi penting. Secara teknis, *data mining* dapat disebut sebagai proses untuk menemukan korelasi atau pola dari ratusan atau ribuan *field* dari sebuah relasional database yang besar.[9]

Kemampuan *data mining* untuk mencari informasi bisnis yang berharga dari *database* yang sangat besar dapat digunakan untuk memprediksi tren dan properti bisnis, di mana *data mining* mengotomatiskan proses mencari informasi prediktif dalam *database* yang besar. *Data mining* sering digunakan secara bergantian untuk menjelaskan proses penggalian informasi tersembunyi dalam *database* besar [13].

Berikut adalah proses *data mining*:

1. Pemilihan Data

Pemilihan data digunakan untuk menentukan variabel input agar tidak terjadi redundansi dan iterasi yang tidak perlu dalam proses *data mining*.

2. *Preprocessing Data*

Ada dua tahapan dalam *preprocessing data*, yaitu

(a) *Data Cleansing*

Menghilangkan data yang tidak perlu seperti penanganan *missing value*, *noise*, data tidak konsisten dan data yang tidak relevan.

(b) *Data Integration*

Data integration merupakan proses penggabungan data dari berbagai sumber menjadi satu sistem terpusat.

3. Transformasi

Mengubah data sesuai dengan format yang sesuai dalam pengolahan *data mining* karena beberapa metode dalam *data mining* memerlukan format khusus sebelum dapat diproses.

4. *Data Mining*

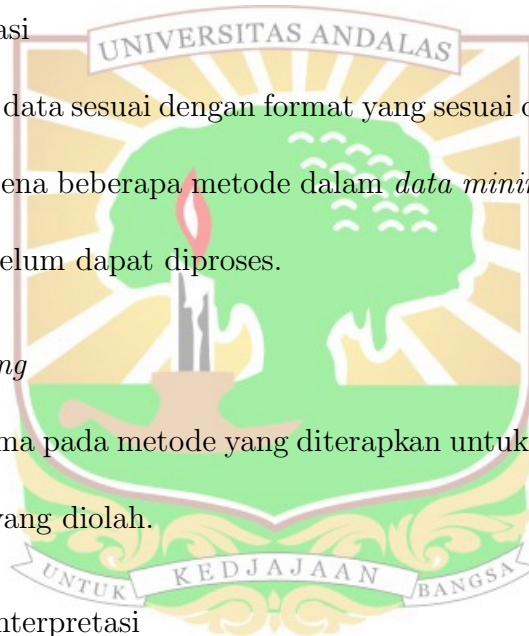
Proses utama pada metode yang diterapkan untuk memperoleh info baru dari data yang diolah.

5. Evaluasi/Interpretasi

Mengidentifikasi pola yang menarik ke dalam info dasar yang teridentifikasi. Pada tahap ini, tipikal pola dan model prediksi dievaluasi untuk menilai studi yang ada memenuhi target yang diinginkan.

6. Pengkajian

Pola yang dihasilkan akan disajikan kepada pengguna(*user*). Pada tahap ini dihasilkan informasi baru dapat dipahami oleh semua orang yang akan menjadi acuan pengambilan keputusan.



2.2 Klasterisasi

Klasterisasi adalah sebuah proses untuk mengelompokkan data ke dalam beberapa klaster atau kelompok sehingga data dalam satu klaster memiliki tingkat kemiripan yang maksimum dan data antar klaster memiliki kemiripan yang minimum [16].

Kualitas hasil klasterisasi sangat bergantung pada ukuran untuk mengukur kemiripan/ketakmiripan antar objek yang dipakai. Untuk mengukur nilai ketaksamaan antar objek-objek yang dibandingkan, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan. Salah satunya ialah dengan Jarak *Euclidean*. Berikut formula yang digunakan untuk menghitung jarak dengan Jarak Euclidean

$$d_{ia} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij} - x_{aj})^2}, \quad (2.2.1)$$

dimana d_{ia} adalah jarak dari objek i dan a , x_{ij} adalah nilai objek i pada variabel ke- j , x_{aj} adalah nilai objek a pada variabel ke- j dan m adalah banyaknya variabel yang diamati.

Selain itu, kualitas klaster juga tergantung metode klasterisasi yang digunakan. Secara umum, metode klaster terdiri dari dua metode [8]:

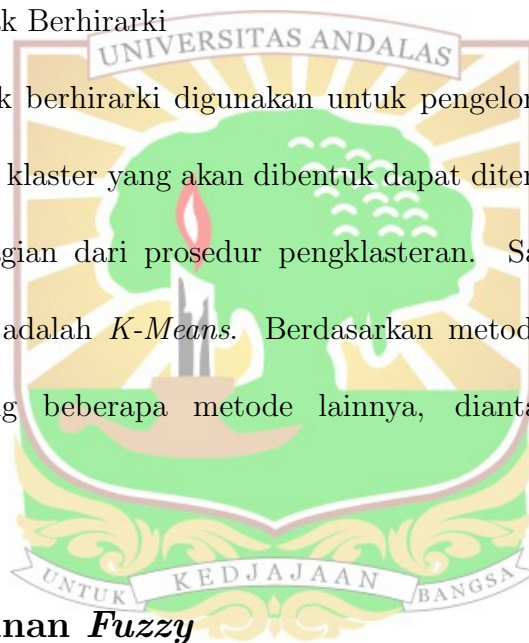
1. Metode Berhierarchy

Metode ini digunakan untuk mengelompokkan pengamatan secara terstruktur dan bertahap berdasarkan kemiripan sifat antar objek. Kemiripan tersebut dapat ditentukan dari kedekatan jarak. Pada metode hierarchy banyaknya klaster yang diinginkan belum diketahui. Teknik hierarchy dilakukan dengan cara penggabungan (*agglomerative*) dan pemisa-

han (*divisive*). Dalam metode *agglomerative*, setiap objek dianggap sebagai sebuah klaster tersendiri. Dalam tahap selanjutnya, dua klaster yang mempunyai kemiripan digabungkan menjadi sebuah klaster baru dan demikian seterusnya. Sebaliknya, pada metode *divisive* diawali dari sebuah klaster besar yang terdiri dari semua objek. Selanjutnya, objek atau observasi yang paling tinggi nilai ketidakmiripannya dipisahkan dan demikian seterusnya.

2. Metode Tak Berhirarki

Metode tak berhirarki digunakan untuk pengelompokan objek dimana banyaknya klaster yang akan dibentuk dapat ditentukan terlebih dahulu sebagai bagian dari prosedur pengklasteran. Salah satu metode tak berhirarki adalah *K-Means*. Berdasarkan metode *K-Means* kemudian berkembang beberapa metode lainnya, diantaranya adalah *Fuzzy C-Means*.



2.3 Himpunan *Fuzzy*

Teori himpunan *fuzzy* diperkenalkan setelah teori himpunan tegas atau *crisp set*. Himpunan tegas merupakan himpunan dimana nilai keanggotaannya bernilai salah atau benar secara tegas, sehingga himpunan tegas hanya mengenal nilai keanggotaan 0 atau 1. Sebaliknya, himpunan *fuzzy* merupakan himpunan yang mana nilai keanggotaannya bernilai kabur antara salah atau benar, sehingga pada teori himpunan *fuzzy*, nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1 [20].

Nilai keanggotaan suatu elemen x dalam suatu himpunan A disebut dengan derajat keanggotaan, yang dilambangkan dengan $\mu_A(x)$.

Definisi 2.3.1. [6] Jika X adalah kumpulan objek yang dinotasikan dengan x , maka himpunan fuzzy A dalam X didefinisikan sebagai himpunan pasangan berurut:

$$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X\}, \quad (2.3.1)$$

dengan $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan dari x . Derajat keanggotaan masing-masing elemen x mempunyai nilai di antara 0 dan 1.

2.4 Fuzzy C-Means

Fuzzy C-means (FCM) adalah salah satu teknik pengklasteran data yang mana keberadaan tiap-tiap titik data dalam suatu kluster ditentukan oleh derajat keanggotaannya. Teknik ini pertama kali diperkenalkan oleh Jim Bezdek pada tahun 1981. Konsep dasar dari *Fuzzy C-Means* adalah menentukan pusat kluster yang akan menandai lokasi rata-rata untuk tiap-tiap kluster. Pada metode FCM pusat awal kluster masih belum akurat karena setiap data memiliki derajat keanggotaan untuk setiap kluster. Oleh karena itu, dilakukan perulangan untuk memperbaiki pusat kluster dan derajat keanggotaan sehingga pusat kluster akan bergerak menuju lokasi yang tepat. Perulangan ini didasarkan pada minimalisasi fungsi objektif yang menggambarkan jarak antara data ke pusat kluster. [11]

Fungsi objektif yang digunakan dalam FCM adalah

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c (\mu_{ik}^w)(d_{ik}^2), \quad (2.4.1)$$

dengan P_t adalah fungsi objektif pada iterasi ke- t , c adalah banyak kluster yang akan dibentuk, n adalah banyak data, w adalah pangkat pembobot, μ_{ik} adalah nilai derajat keanggotaan pengamatan ke- i pada kluster ke- k , dan d_{ik} adalah jarak data ke- i terhadap pusat kluster ke- k .

Berikut adalah algoritma *Fuzzy C-Means* [10] :

1. Menentukan data yang akan dikluster berupa matriks X berukuran $n \times m$ dimana n adalah jumlah sampel data, m adalah jumlah variabel yang digunakan dan x_{ij} adalah nilai data ke- i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), variabel ke- j ($j = 1, 2, 3, \dots, m$).
2. Menentukan nilai parameter awal yaitu jumlah kluster (c) dan nilai fungsi objektif awal $P_t=0$, maksimum iterasi dan error terkecil yang diharapkan (ξ). Dari beberapa literatur disarankan untuk menggunakan $w = 2$ sebagai pangkat pembobot terbaik [1].
3. Membangkitkan bilangan acak μ_{ik} , $i = 1, 2, 3, \dots, n$; $k = 1, 2, 3, \dots, c$; sebagai elemen-elemen baris ke- i kolom ke- k dari nilai derajat awal. Bilangan acak ini bisa dihasilkan dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan formula '=RAND()'. Nilai derajat awal pada pengklusteran *Fuzzy* memenuhi kondisi sebagai berikut $\mu_{ik} \in [0, 1]$ dan $\sum_{k=1}^c (\mu_{ik})=1$. Matriks partisi awal yang sudah terbentuk akan digunakan untuk menentukan pusat kluster.

4. Menghitung pusat kluster ke- k untuk variabel ke- j (V_{kj}), $k = 1, 2, 3, \dots, c$ dan $j = 1, 2, 3, \dots, m$.

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w (X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}. \quad (2.4.2)$$

5. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke- t (P_t). Fungsi objektif digunakan sebagai syarat perulangan untuk mendapatkan pusat kluster yang tepat, sehingga diperoleh hasil kluster pada iterasi terakhir berdasarkan kecenderungan nilai derajat keanggotaan. Nilai fungsi objektif pada iterasi t sama dengan persamaan(2.4.1)

6. Menghitung perubahan matriks partisi.

$$\mu_{ik} = \frac{[\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}{\sum_{k=1}^c [\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{\frac{-1}{w-1}}}. \quad (2.4.3)$$

7. Memeriksa kondisi berhenti. Jika $|P_t - P_{t-1}| < \xi$ atau $t >$ maksimum iterasi maka iterasi berhenti, jika tidak maka $t = t+1$ dan ulangi kembali ke langkah 4-7.

2.5 *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM)

Data spasial pada umumnya berdasarkan peta yang berisikan interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena yang berada di bumi. Data spasial adalah data yang bereferensi geografis atas representasi obyek di bumi. Pada awalnya, semua data dan informasi yang ada di peta merupakan representasi dari obyek di muka bumi. Meskipun FCM bekerja dengan baik dibanyak pengaplikasian sehari-hari, tetapi tidak dapat diterapkan dengan data spasial

secara langsung. Dalam berbagai penerapan pengklasteran data spasial, peneliti mungkin saja mengabaikan sifat spasial tersebut dan hanya menggunakan klastering tradisional dan mengasumsikan sifat spasial seperti sifat data non-spasial. Namun, hal tersebut dapat menyebabkan hilangnya beberapa karakter sampel dan struktur spasial di antara sampel. Untuk menyelesaikan masalah ini, para peneliti merancang algoritma klastering spasial. Seperti yang dilakukan C.P. Hu [4], modifikasi yang dilakukan pada sFCM adalah dengan mendefinisikan fungsi spasial

$$h_{ik} = \sum_{i' \in NB(x_i)} \mu_{ik}, \quad (2.5.1)$$

dimana i' adalah tetangga dari objek x_i [4].

Adapun algoritma dari *Spatial Fuzzy C-Means* (sFCM) adalah sebagai berikut [7]:

1. Menyiapkan data yang akan dikelompokkan X_{ij} berukuran $n \times m$ dimana n adalah jumlah sampel dan m adalah variabel data, dan x_{ij} adalah sampel data ke- i ; ($i=1, 2, \dots, n$), variabel ke- j ; ($j=1, 2, \dots, m$).
2. Tentukan jumlah klaster(c), nilai pangkat pembobot ($w = 2$), galat terkecil yang diharapkan (ε), fungsi objektif awal($P_0=0$), iterasi awal ($t=1$), parameter kontrol non-spasial(p), dan parameter kontrol spasial(q).
3. Membangkitkan bilangan acak μ_{ik} , $i=1, 2, \dots, n$; $k=1, 2, \dots, c$; sebagai elemen-elemen matriks partisi awal U elemen-elemen matriks partisi awal pada pengelompokan *fuzzy* sebagai berikut

$$\mu_{ik} \in [0, 1],$$

dimana

$$\sum_{k=1}^c \mu_{ik} = 1.$$

untuk $i = 1, 2, \dots, n$ dan $k = 1, 2, \dots, c$.

4. Menghitung pusat kluster ke- k : V_{kj} dengan $k=1, 2, \dots, c$ dan $j=1, 2, \dots,$

m

$$V_{kj} = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w (X_{ij})}{\sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^w}. \quad (2.5.2)$$

5. Menghitung perubahan elemen matriks partisi μ_{ik}^*

$$\mu_{ik}^* = \frac{([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}})}{\sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2]^{-\frac{1}{w-1}})}. \quad (2.5.3)$$

6. Menghitung fungsi spasial (h_{ik})

$$h_{ik} = \sum_{i' \in NB(x_j)} \mu_{i'k}^*, \quad (2.5.4)$$

h_{ik} adalah fungsi spasial di objek ke- i pada kluster ke- k , i' adalah tetangga dari objek ke- i dan $NB(x_i)$ adalah himpunan objek yang bertetangga di x_i .

7. Menghitung perubahan elemen matriks partisi μ_{ik}^* menjadi μ'_{ik}

$$\mu'_{ik} = \frac{\mu_{ik}^{*p} h_{ik}^q}{\sum_{k=1}^c (\mu_{ik}^{*p} h_{ik}^q)}. \quad (2.5.5)$$

8. Menghitung fungsi objektif pada iterasi ke- t (P_t)

$$P_t = \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^c ([\sum_{j=1}^m (X_{ij} - V_{kj})^2] (\mu'_{ik})^w). \quad (2.5.6)$$

9. Periksa kondisi berhenti, jika $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$ maka berhenti, jika tidak maka $t = t + 1$ dan ulangi kembali langkah 4-9.

2.6 Validitas Kluster

Validitas kluster bertujuan untuk mengetahui seberapa baik data diwakilkan oleh kluster tersebut. Pada penelitian ini akan digunakan beberapa indeks validitas kluster yaitu MPC (*Modified Partition Coefficient*), PE (*Partition Entropy*) dan indeks *Xie-Beni*.

2.6.1 *Modified Partition Coefficient*(MPC)

MPC merupakan perbaikan dari metode *Partition Coefficient* (PC)[18].

Nilai MPC didefinisikan dengan persamaan berikut

$$MPC = 1 - \frac{c}{c-1}(1-PC). \quad (2.6.1)$$

Adapun persamaan PC adalah

$$PC = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^2, \quad (2.6.2)$$

dimana n banyak objek penelitian, c adalah banyak kluster dan μ_{ik} adalah nilai keanggotaan objek ke- i pada kluster ke- k . Kluster terbaik dihasilkan berdasarkan nilai MPC tertinggi.

2.6.2 *Partition Entropy*(PE)

Nilai *Partition Entropy* didefinisikan dengan persamaan berikut[3]

$$PE = -\frac{1}{n} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n \mu_{ik} \log(\mu_{ik}). \quad (2.6.3)$$

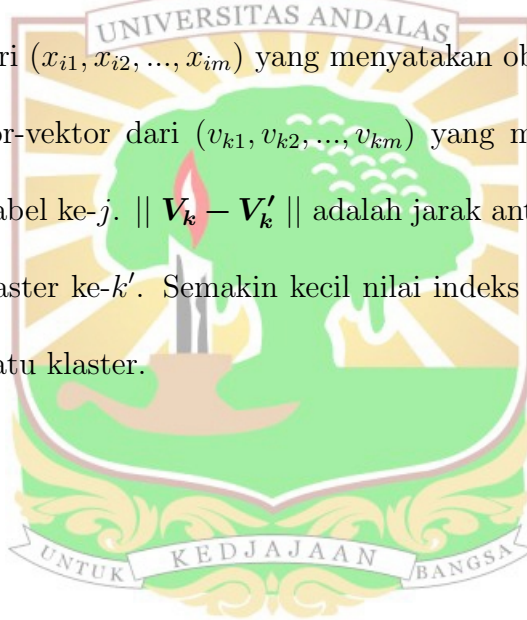
Kluster terbaik dihasilkan berdasarkan nilai PE terkecil.

2.6.3 Indeks *Xie-Beni*

Indeks *Xie-Beni* sesuai namanya pertama kali ditemukan oleh Xie dan Beni pada tahun 1991. Formula ini dapat digunakan untuk metode *hard partition* atau *fuzzy partition* seperti *K-Means Cluster* maupun *fuzzy clustering*. Indeks *Xie-Beni* didefinisikan dengan persamaan berikut[19]

$$XB = \frac{\sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n \mu_{ik}^2 (\| \mathbf{X}_i - \mathbf{V}_k \|^2)}{n(\min_{k,k'} \| \mathbf{V}_k - \mathbf{V}_{k'} \|^2)}, \quad (2.6.4)$$

dimana μ_{ik} adalah nilai derajat keanggotaan objek ke- i kluster ke- k , \mathbf{X}_i adalah vektor-vektor dari $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im})$ yang menyatakan objek ke- i variabel ke- j . \mathbf{V}_k adalah vektor-vektor dari $(v_{k1}, v_{k2}, \dots, v_{km})$ yang menyatakan pusat dari kluster ke- k variabel ke- j . $\| \mathbf{V}_k - \mathbf{V}_{k'} \|^2$ adalah jarak antara pusat kluster ke- k dengan pusat kluster ke- k' . Semakin kecil nilai indeks *Xie-Beni* menyatakan semakin baik suatu kluster.



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai sumber data, variabel yang diteliti dan langkah analisa data.

3.1 Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pertanian tahun 2018 dari beberapa jenis tanaman yaitu padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, ubi kayu, ubi jalar per masing-masing provinsi di seluruh Indonesia. Data tersebut bersumber dari *website* Kementerian Pertanian Republik Indonesia <https://www.pertanian.go.id/>. Data lengkap pada penelitian ini ditampilkan di Lampiran 1.



3.2 Variabel Penelitian

Terdapat tujuh variabel penelitian kali ini yaitu :

1. Hasil produksi padi tiap provinsi dalam satuan ton(x_1).
2. Hasil produksi jagung tiap provinsi dalam satuan ton(x_2).
3. Hasil produksi kedelai tiap provinsi dalam satuan ton(x_3).
4. Hasil produksi kacang tanah tiap provinsi dalam satuan ton(x_4).

5. Hasil produksi kacang hijau tiap provinsi dalam satuan ton(x_5).
6. Hasil produksi ubi kayu tiap provinsi dalam satuan ton(x_6).
7. Hasil produksi ubi jalar tiap provinsi dalam satuan ton(x_7).

Variabel penelitian di atas hanya dibatasi tujuh karena variabel yang diteliti hanyalah variabel berupa tanaman pangan dan juga bersumber pada *website* Kementerian Pertanian.

3.3 Langkah Analisis Data

Analisa data yang dilakukan dalam penelitian ini ialah melakukan pengklasteran provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian dengan menggunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM). Adapun langkah-langkah analisa data yaitu :

1. Membuat statistika deskriptif dari data yang digunakan.
2. Melakukan sFCM untuk $c=2,3$ dst.
 - (a) Membangkitkan bilangan acak sebagai elemen matriks partisi awal.
 - (b) Menentukan tetangga dari masing-masing provinsi dengan Aplikasi Geoda.
 - (c) Menghitung pusat kluster ke- k berdasarkan persamaan(2.5.2).
 - (d) Menghitung perubahan elemen matriks partisi μ_{ik}^* berdasarkan persamaan(2.5.3).
 - (e) Menghitung fungsi spasial dengan persamaan(2.5.4).

- (f) Menghitung perubahan elemen dari μ_{ik}^* menjadi μ'_{ik} dengan persamaan(2.5.5).
 - (g) Menghitung nilai fungsi objektif dengan persamaan(2.5.6).
 - (h) Memeriksa kondisi berhenti.
3. Menentukan jumlah kluster optimum dengan indeks validitas MPC.
 4. Interpretasi hasil pengklasteran dan karakteristik kluster.



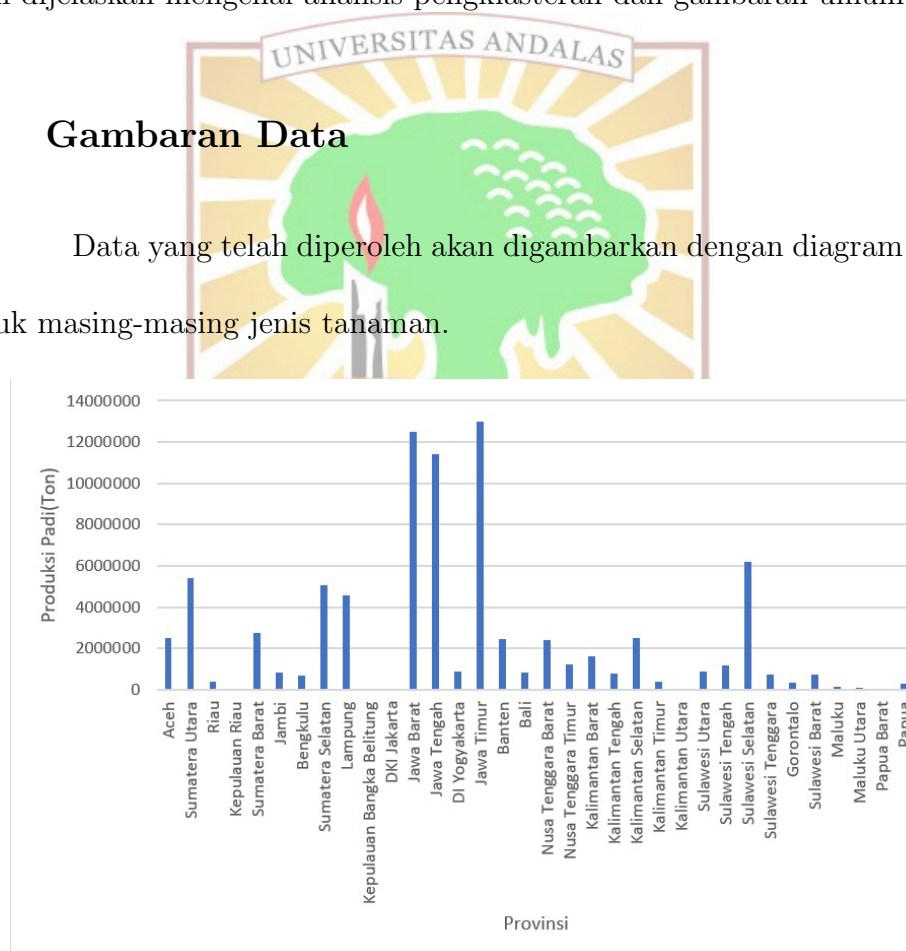
BAB IV

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengklasteran provinsi berdasarkan varietas dari beberapa tanaman pangan di seluruh wilayah Indonesia. Berikut akan dijelaskan mengenai analisis pengklasteran dan gambaran umum data.

4.1 Gambaran Data

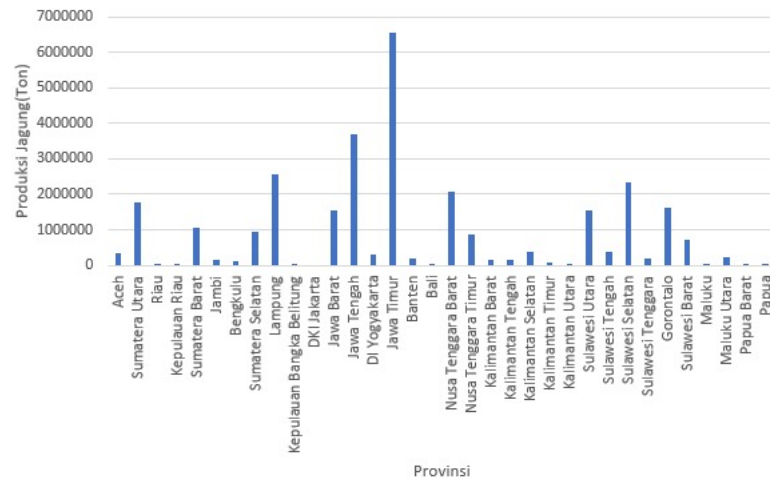
Data yang telah diperoleh akan digambarkan dengan diagram batang untuk masing-masing jenis tanaman.



Gambar 4.1.1: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Padi

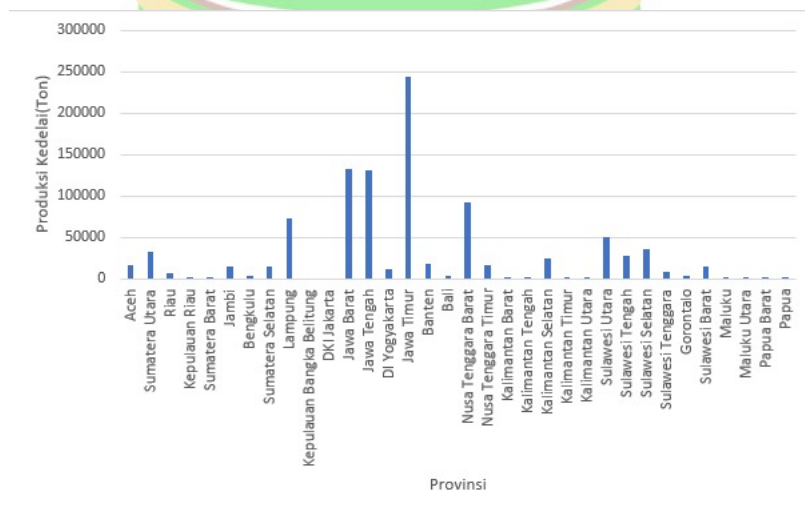
Berdasarkan diagram batang produksi padi dapat dilihat Pulau Jawa mendominasi daripada daerah lainnya. Hal tersebut terlihat dari 3 diagram

batang tertinggi terletak pada Provinsi Jawa Barat, Jawa Tengah dan Jawa Timur.



Gambar 4.1.2: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Jagung

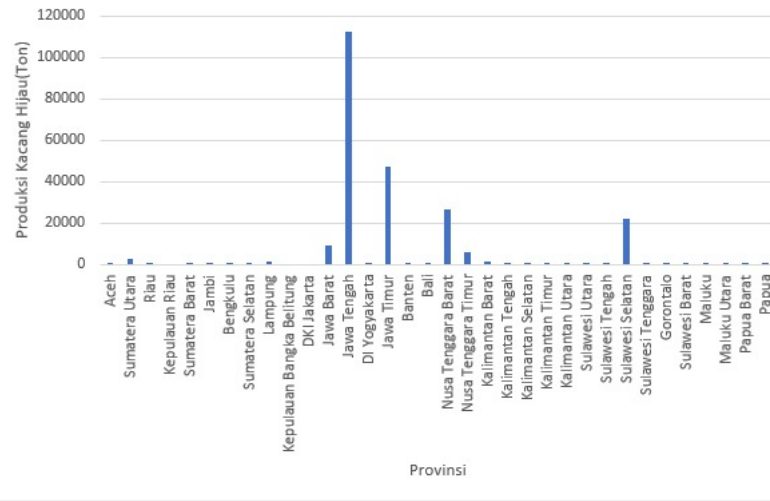
Diagram batang produksi jagung juga diungguli oleh daerah di Pulau Jawa. Terlihat dari 2 diagram batang tertinggi terletak di Provinsi Jawa Tengah dan Jawa Timur.



Gambar 4.1.3: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kedelai

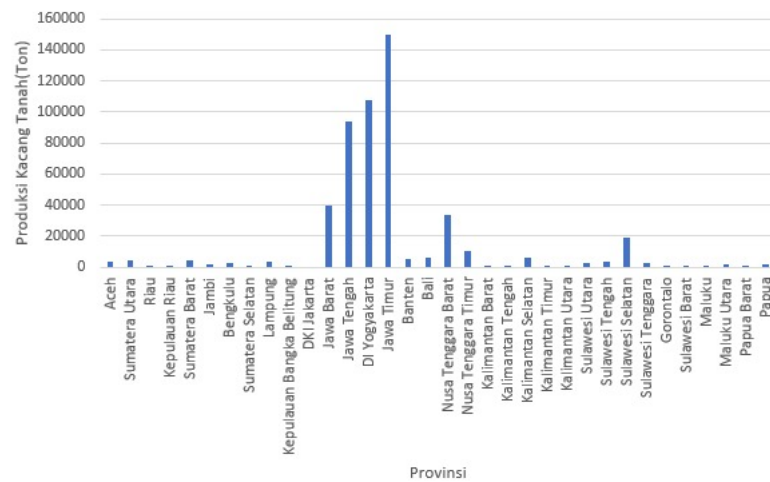
Diagram batang produksi kedelai dapat dilihat bahwa daerah penghasil kedelai terbesar berada di Pulau Jawa. Jawa Timur merupakan penghasil

kedelai terbesar disusul oleh Jawa Tengah dan Jawa Barat.



Gambar 4.1.4: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kacang Hijau

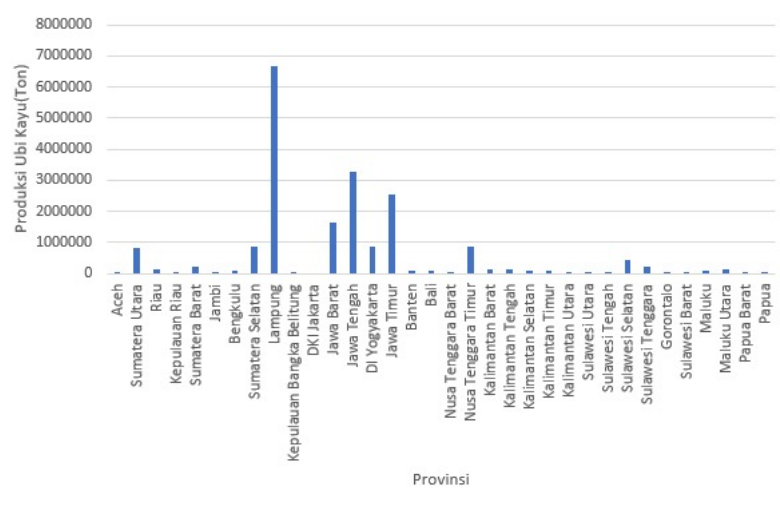
Diagram batang produksi kacang hijau juga terlihat perbedaan yang sangat mencolok antara diagram batang daerah di Pulau Jawa dengan daerah lain. Untuk penghasil kacang hijau terbesar yaitu Provinsi Jawa Tengah.



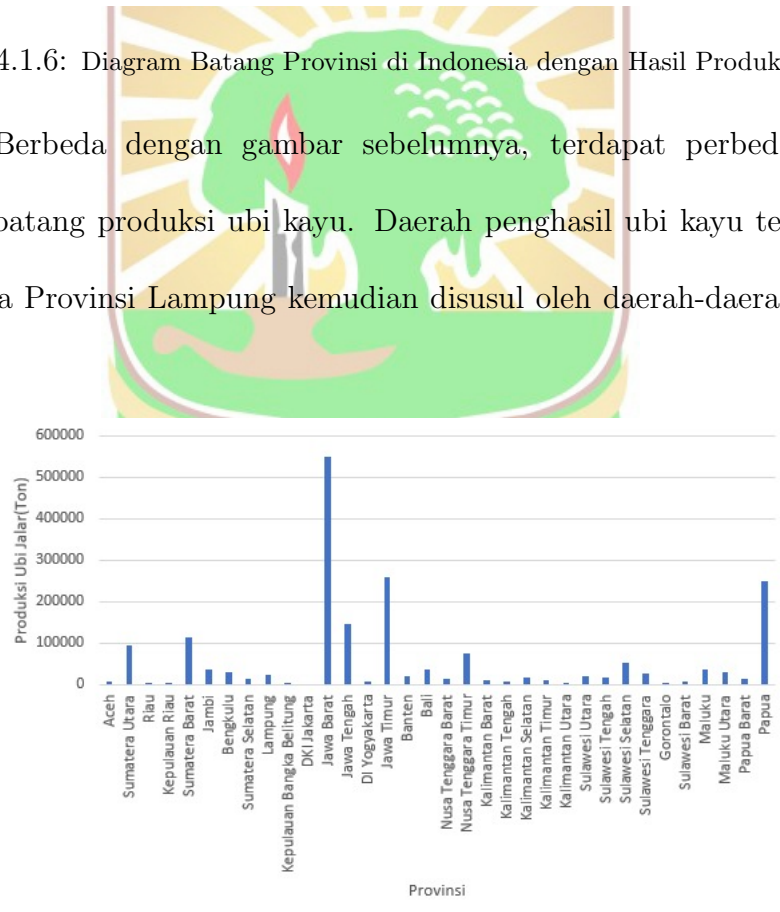
Gambar 4.1.5: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Kacang Tanah

Berdasarkan diagram batang produksi kacang tanah dapat dilihat Pulau Jawa mendominasi daripada daerah lainnya. Dapat dilihat dari gambar

Provinsi Jawa Timur, Jawa Tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur merupakan yang tertinggi di Indonesia.



Gambar 4.1.6: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Ubi Kayu Berbeda dengan gambar sebelumnya, terdapat perbedaan untuk diagram batang produksi ubi kayu. Daerah penghasil ubi kayu terbesar terletak pada Provinsi Lampung kemudian disusul oleh daerah-daerah di Pulau Jawa.



Gambar 4.1.7: Diagram Batang Provinsi di Indonesia dengan Hasil Produksi Ubi Jalar Berdasarkan diagram batang produksi ubi jalar, daerah penghasil ubi jalar terbesar yaitu Provinsi Jawa Barat.

Deskripsi variabel yang akan digunakan pada pengklasteran ini ditunjukkan pada Tabel 4.1.1

Tabel 4.1.1: Statistika Deskriptif Produksi Hasil Pertanian Indonesia

No	Variabel	Total	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Standar Deviasi
1	x_1	83.037.170	651	13.000.475	2.442.270	3.525.458
2	x_2	30.055.644	0	6.543.359	883.990	1.355.526
3	x_3	982.600	0	244.442	28.900	51.497
4	x_4	234.721	0	112.162	6.903	20.944
5	x_5	512.199	0	150.180	15.065	34.216
6	x_6	19.841.234	0	668.3758	583.566	1.305.519
7	x_7	1.914.427	0	547.879	56.307	107.383

Berdasarkan Tabel 4.1.1 terlihat bahwa hasil produksi tertinggi pada tanaman padi sebesar 13.000.475 Ton, sedangkan nilai hasil produksi terendah hampir di semua tanaman kecuali tanaman padi. Berarti semua daerah menghasilkan padi sedangkan untuk tanaman lainnya terdapat daerah yang tidak menghasilkan tanaman tersebut. Untuk nilai total hasil produksi terbesar juga terletak pada tanaman padi sebesar 80.037.170 Ton. Berdasarkan hal tersebut dapat dilihat bahwa tanaman padi mendominasi pertanian di Indonesia.

4.2 Pengklasteran menggunakan *Spatial Fuzzy C-Means* (sFCM)

Dalam penelitian kali ini akan dilakukan pengklasteran hasil pertanian provinsi-provinsi di Indonesia dengan metode sFCM untuk $c=2,3,\dots,6$. Ilustrasi yang akan dilakukan pada $c=2$.

4.2.1 Pembentukan Kluster berjumlah 2

Berikut akan diilustrasikan pengklasteran menggunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM) untuk 2 kluster,

1. Mempersiapkan data yang akan diolah. Data terdiri dari 34 provinsi dan 7 variabel kemudian data tersebut diubah dalam bentuk matriks 34×7 . Selain itu untuk kesederhanaan penulisan nilai dari data tersebut juga dibagi dengan 100.000.

2. Menetapkan nilai parameter awal, yaitu jumlah kluster ($c=2$), pangkat pembobot ($w=2$), nilai fungsi objektif awal ($P_0=0$), galat terkecil yang diharapkan ($\varepsilon = 0,5$), iterasi awal ($t=1$), dan parameter kontrol spasial dan parameter kontrol *non*-spasial ($p = q = 1$).

3. Membangkitkan bilangan acak μ_{ik} sebagai elemen matriks partisi awal U_0 . Bilangan acak ini bisa dihasilkan dengan bantuan *Microsoft Excel* dengan formula '=RAND()'. Untuk menjamin bahwa $\mu_{ik} \in [0, 1]$ dan $\sum_{i=1}^n \mu_{ik} = 1$ maka nilai masing-masing bilangan acak baris ke- i tadi dibagi dengan total nilai bilangan acak baris ke- i . Hasil dari U_0 disajikan pada Lampiran 2.

4. Menghitung pusat kluster V_{kj}

Nilai-nilai dari pusat kluster ini dapat dilakukan perhitungannya dengan menggunakan persamaan (2.5.2). Sebagai ilustrasi, nilai pusat kluster untuk variabel ke-1 adalah

$$V_{11} = \frac{(\sum_{i=1}^{34} \mu_{i1}^2)(X_{i1})}{\sum_{i=1}^{34} \mu_{i1}^2},$$

$$= \frac{(0,342546523)^2(25,16221) + \dots + (0,206053407)^2(2,88355)}{(0,342546523)^2 + \dots + (0,206053407)^2},$$

$$= 24,25725616.$$

Hasil perhitungan lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.2.1

Tabel 4.2.1: Pusat Kluster Awal

No	Variabel	Kluster 1	Kluster 2
1	x_1	24,25725616	22,90240474
2	x_2	8,767090514	8,023263385
3	x_3	0,272849375	0,285272251
4	x_4	0,102595702	0,048879976
5	x_5	0,233149304	0,106700689
6	x_6	7,797670927	3,901042961
7	x_7	0,336893255	0,70205745

5. Menghitung perubahan elemen matriks partisi μ_{ik}^* pada iterasi 1

Untuk menghitung perubahan matriks partisi tersebut bisa kita gunakan persamaan (2.5.3). Adapun perhitungan μ_{ik}^* pada iterasi 1 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \mu_{11}^* &= \frac{([\sum_{j=1}^7 (X_{1j} - V_{1j})^2])^{\frac{-1}{2-1}}}{\sum_{k=1}^2 ([\sum_{j=1}^7 (X_{1j} - V_{kj})^2])^{\frac{-1}{2-1}}}, \\ &= \frac{([\sum_{j=1}^7 (X_{1j} - V_{1j})^2])^{(-1)}}{\sum_{k=1}^2 ([\sum_{j=1}^7 (X_{1j} - V_{kj})^2])^{(-1)}}, \\ &= \frac{[(25,162 - 24,257)^2 + \dots + (0,057 - 0,336)^2]^{-1}}{[(25,162 - 24,257)^2 + \dots + (0,0571 - 0,702)^2]^{-1}}, \\ &= 0,3154. \end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan yang baru dapat dilihat pada Tabel 4.2.2

Tabel 4.2.2: Nilai Derajat Keanggotaan Baru Klaster Iterasi ke 1

No	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2
1	Aceh	0,3154	0,6845
2	Sumatera Utara	0,5274	0,4725
3	Riau	0,4475	0,5524
4	Kepulauan Riau	0,4547	0,5452
5	Sumatera Barat	0,3967	0,6032
6	Jambi	0,4246	0,5753
7	Bengkulu	0,4334	0,5665
8	Sumatera Selatan	0,5326	0,4673
9	Lampung	0,531	0,4689
10	Kepulauan Bangka Belitung	0,4549	0,545
11	DKI Jakarta	0,4542	0,5457
12	Jawa Barat	0,5086	0,4913
13	Jawa Tengah	0,5127	0,4872
14	DI Yogyakarta	0,475	0,5249
15	Jawa Timur	0,5087	0,4912
16	Banten	0,3474	0,652
17	Bali	0,4286	0,5713
18	Nusa Tenggara Barat	0,4714	0,5285
19	Nusa Tenggara Timur	0,4825	0,5174
20	Kalimantan Barat	0,3703	0,6296
21	Kalimantan Tengah	0,4317	0,5682
22	Kalimantan Selatan	0,313	0,6869
23	Kalimantan Timur	0,4456	0,5543
24	Kalimantan Utara	0,4536	0,5463
25	Sulawesi Utara	0,4398	0,5601
26	Sulawesi Tengah	0,3983	0,6016
27	Sulawesi Selatan	0,5166	0,4833
28	Sulawesi Tenggara	0,4369	0,563
29	Gorontalo	0,4563	0,436
30	Sulawesi Barat	0,4247	0,5752
31	Maluku	0,4528	0,5471
32	Maluku Utara	0,4536	0,5463
33	Papua Barat	0,4541	0,5458
34	Papua	0,4473	0,5526

6. Menentukan daerah tetangga

Berdasarkan Tabel 4.2.2 akan dihitung nilai fungsi spasial di setiap provinsi pada masing-masing klaster berdasarkan persamaan(2.5.1). Untuk daerah yang bertetangga dapat dilihat pada Tabel 4.2.3

Tabel 4.2.3: Provinsi yang Saling Bertetangga

Provinsi	Daerah Tetangga
Aceh	Sumatera Utara
Sumatera Utara	Aceh, Sumatera Barat, Riau
Sumatera Barat	Sumatera Utara, Riau, Jambi, Bengkulu
Riau	Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jambi
Kepulauan Riau	Jambi
Jambi	Sumatera Barat, Riau, Bengkulu, Sumatera Selatan, Kepulauan Riau
Bengkulu	Sumatera Barat, Jambi, Sumatera Selatan, Lampung
Sumatera Selatan	Jambi, Bengkulu, Lampung
Lampung	Bengkulu, Sumatera Selatan
Kepulauan Bangka Belitung	-
Banten	DKI Jakarta, Jawa Barat
DKI Jakarta	Jawa Barat, Banten
Jawa Barat	DKI Jakarta, Jawa Tengah, Banten
Jawa Tengah	Jawa Barat, DI Yogyakarta, Jawa Timur
DI Yogyakarta	Jawa Tengah
Jawa Timur	Jawa Tengah
Bali	-
Nusa Tenggara Timur	-
Nusa Tenggara Barat	-
Kalimantan Selatan	Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah
Kalimantan Barat	Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Kalimantan Tengah
Kalimantan Timur	Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Utara, Kalimantan Tengah
Kalimantan Utara	Kalimantan Barat, Kalimantan Timur
Kalimantan Tengah	Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur
Sulawesi Barat	Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan
Gorontalo	Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah
Sulawesi Tenggara	Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan
Sulawesi Utara	Gorontalo
Sulawesi Tengah	Sulawesi Barat, Gorontalo, Sulawesi Selatan
Sulawesi Selatan	Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah
Maluku	Maluku Utara
Maluku Utara	Maluku
Papua Barat	Papua
Papua	Papua Barat

7. Menghitung nilai fungsi spasial

Berikut akan diilustrasikan bagaimana menghitung nilai fungsi spasial untuk Provinsi Sumatera Barat. Provinsi Sumatera Barat bertetangga dengan Provinsi Sumatera Utara, Provinsi Riau, Provinsi Jambi dan Provinsi Bengkulu. Nilai derajat keanggotaan Provinsi Sumatera Barat, Provinsi Sumatera Utara, Provinsi Riau, Provinsi Jambi dan Provinsi Bengkulu pada kluster 1 berturut-turut adalah 0,3967, 0,5274, 0,4475, 0,4246, dan 0,4334, sehingga nilai fungsi spasial Provinsi Sumatera Barat

adalah

$$\begin{aligned}h_{51} &= \mu_{21} + \mu_{31} + \mu_{51} + \mu_{61} + \mu_{71}, \\ &= 0,5274 + 0,4475 + 0,3967 + 0,4246 + 0,4334, \\ &= 2,2298.\end{aligned}$$

dengan h_{51} adalah fungsi spasial Provinsi Sumatera Barat pada kluster pertama, μ_{21} adalah nilai derajat keanggotaan Provinsi Sumatera Utara kluster pertama, μ_{31} adalah nilai derajat keanggotaan Provinsi Riau kluster pertama, μ_{51} adalah nilai derajat keanggotaan Provinsi Sumatera Barat kluster pertama, μ_{61} adalah nilai derajat keanggotaan Provinsi Jambi kluster pertama, dan μ_{71} adalah nilai derajat keanggotaan Provinsi Jambi kluster pertama.

Nilai fungsi spasial untuk setiap provinsi di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.2.4

Tabel 4.2.4: Nilai Fungsi Spasial Iterasi 1

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2
1	Aceh	0,8428	1,1572
2	Sumatera Utara	1,6872	2,3128
3	Riau	1,7964	2,2036
4	Kepulauan Riau	0,8794	1,1206
5	Sumatera Barat	2,2299	2,7701
6	Jambi	2,6898	3,3102
7	Bengkulu	2,3186	2,6814
8	Sumatera Selatan	1,9218	2,0782
9	Lampung	1,4972	1,5028
10	Kepulauan Bangka Belitung	0,4550	0,5450
11	DKI Jakarta	1,3103	1,6897
12	Jawa Barat	1,8231	2,1769
13	Jawa Tengah	2,0052	1,9948
14	DI Yogyakarta	0,9878	1,0122
15	Jawa Timur	1,0215	0,9785
16	Banten	1,3103	1,6897
17	Bali	0,4287	0,5713
18	Nusa Tenggara Barat	0,4714	0,5286
19	Nusa Tenggara Timur	0,4826	0,5174
20	Kalimantan Barat	1,7014	2,2986
21	Kalimantan Tengah	1,5608	2,4392
22	Kalimantan Selatan	1,1904	1,8096
23	Kalimantan Timur	2,0144	2,9856
24	Kalimantan Utara	1,2697	1,7303
25	Sulawesi Utara	0,8962	1,1038
26	Sulawesi Tengah	1,7961	2,2039
27	Sulawesi Selatan	1,7767	2,2233
28	Sulawesi Tenggara	1,3519	1,6481
29	Gorontalo	1,2945	1,7055
30	Sulawesi Barat	1,3397	1,6603
31	Maluku	0,9065	1,0935
32	Maluku Utara	0,9065	1,0935
33	Papua Barat	0,9015	1,0985
34	Papua	0,9015	1,0985

8. Menghitung perubahan matriks partisi μ_{ik}^* menjadi μ'_{ik}

Nilai perubahan matriks partisi ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan(2.5.5) dengan memilih $p = q = 1$. Derajat keanggotaan baru yang diperoleh pada langkah ini akan digunakan sebagai nilai derajat keanggotaan awal pada iterasi selanjutnya. Nilai perubahan ele-

men tersebut dapat kita lihat pada Tabel 4.2.5

Tabel 4.2.5: Perubahan matriks dari μ_{ik}^* menjadi μ'_{ik}

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2
1	Aceh	0,2512	0,7487
2	Sumatera Utara	0,4487	0,5512
3	Riau	0,3977	0,6022
4	Kepulauan Riau	0,3955	0,6044
5	Sumatera Barat	0,3461	0,6538
6	Jambi	0,3748	0,6251
7	Bengkulu	0,3981	0,6018
8	Sumatera Selatan	0,5131	0,4868
9	Lampung	0,5301	0,4698
10	Kepulauan Bangka Belitung	0,4106	0,5893
11	DKI Jakarta	0,3922	0,6077
12	Jawa Barat	0,4643	0,5356
13	Jawa Tengah	0,514	0,4859
14	DI Yogyakarta	0,4689	0,531
15	Jawa Timur	0,5195	0,4804
16	Banten	0,2922	0,7077
17	Bali	0,3601	0,6398
18	Nusa Tenggara Barat	0,4429	0,557
19	Nusa Tenggara Timur	0,4651	0,5348
20	Kalimantan Barat	0,3032	0,6967
21	Kalimantan Tengah	0,3271	0,6728
22	Kalimantan Selatan	0,2306	0,7693
23	Kalimantan Timur	0,3516	0,6483
24	Kalimantan Utara	0,3786	0,6213
25	Sulawesi Utara	0,3893	0,6106
26	Sulawesi Tengah	0,3504	0,6495
27	Sulawesi Selatan	0,4606	0,5393
28	Sulawesi Tenggara	0,3889	0,611
29	Gorontalo	0,3891	0,6108
30	Sulawesi Barat	0,3733	0,6266
31	Maluku	0,4068	0,5931
32	Maluku Utara	0,4076	0,5923
33	Papua Barat	0,4056	0,5943
34	Papua	0,3991	0,6008

Ilustrasi perhitungan nilai μ_{11} yaitu

$$\begin{aligned}
 \mu'_{11} &= \frac{\mu_{11}^* h_{11}}{\sum_{k=1}^c (\mu_{1k}^* h_{1k})}, \\
 &= \frac{0,3154 \times 0,8428}{(0,3154 \times 0,8428) + (0,6845 \times 1,1571)}, \\
 &= \frac{0,2658}{0,2658 + 0,7921}, \\
 &= \frac{0,2658}{1,058},
 \end{aligned}$$

$$= 0,2512.$$

9. Menghitung nilai fungsi objektif pada iterasi 1 (P_1) dengan persamaan (2.5.6).

Perhitungan nilai fungsi objektif P_1 adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned} P_1 &= \sum_{i=1}^{34} \sum_{k=1}^2 \left(\left[\sum_{j=1}^7 (X_{ij} - V_{kj})^2 \right] (\mu'_{ik})^2 \right), \\ &= \left([(25,1622 - 24,2572)^2 + \dots + (0,0571 - 0,3368)^2 (0,2512)^2 \right) + \dots \\ &+ \left([(28,8355 - 22,9024)^2 + \dots + (0,5985 - 0,702)^2 (0,6008)^2 \right), \\ &= 26.512,15735. \end{aligned}$$

10. Periksa kondisi berhenti

Nilai fungsi objektif iterasi pertama dan iterasi awal berturut-turut adalah 26.512,15735 dan 0, sehingga $|P_t - P_{t-1}| = |P_1 - P_0| = |26.512,15735 - 0| = 26.512,15735$. Karena belum memenuhi kondisi berhenti maka lanjutkan ke iterasi selanjutnya. Dengan cara yang sama didapat nilai fungsi objektif dan selisihnya yang disajikan pada Tabel 4.2.6

Tabel 4.2.6: Nilai fungsi objektif pengklasteran 2 kluster sFCM

$P_{iterasi}$	Nilai	Selisih	$P_{iterasi}$	Nilai	Selisih
P1	26.512,15735	26.512,15735	P6	14.654,80738	346,1785
P2	26.046,56624	465,5911	P7	14.744,54582	89,7384
P3	17.201,53502	8.845,0312	P8	14.754,37129	9,8254
P4	14.448,27703	2753,2579	P9	14.754,37141	0,000118
P5	14.308,62883	139,6482			

Proses iterasi akan berhenti jika nilai dari $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$, pada perhitungan ini proses iterasi berhenti pada iterasi ke-11 dengan nilai $|P_9 - P_8| = |14.754,37141 - 14.754,37129| = 0,0001189$. Nilai ini sudah memenuhi syarat kondisi berhenti, yaitu $|P_t - P_{t-1}| < \varepsilon$. Hasil derajat keanggotaan akhir iterasi ke-9 disajikan pada Tabel 4.2.7

Pada tabel tersebut terlihat bahwa nilai derajat keanggotaan tertinggi Provinsi Aceh berada pada kluster 2 yaitu sebesar 0,9982. Jadi, Provinsi Aceh terletak pada kluster 2. Kemudian nilai derajat keanggotaan tertinggi Provinsi Sumatera Utara berada pada kluster 2 yaitu sebesar 0,9759. Jadi, Provinsi Sumatera Utara terletak pada kluster 2. Sementara itu nilai derajat keanggotaan tertinggi Provinsi Jawa Tengah berada pada kluster 1 sebesar 0,9957. Jadi, Provinsi Jawa Tengah terletak pada kluster 1. Pada pengklasteran dengan 2 kluster menggunakan metode sFCM dihasilkan sebanyak 3 daerah berada pada kluster 1 sedangkan 31 daerah berada pada kluster 2. Nilai derajat keanggotaan akhir iterasi ke-9 dapat dilihat pada Tabel 4.2.7. Nilai derajat keanggotaan yang bercetak tebal berarti bahwa daerah tersebut terletak pada kluster tersebut. Contohnya Provinsi Jambi nilai derajat keanggotaan yang bercetak tebal berada pada kluster 2, sehingga Provinsi Jambi terletak pada kluster 2.

Tabel 4.2.7: Derajat keanggotaan akhir iterasi ke-9

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2
1	Aceh	0,001712438	0,998287562
2	Sumatera Utara	0,024095131	0,975904869
3	Riau	0,000646563	0,999353437
4	Kepulauan Riau	0,000130054	0,999869946
5	Sumatera Barat	0,0011566	0,9988434
6	Jambi	0,000153082	0,999846918
7	Bengkulu	0,000736544	0,999263456
8	Sumatera Selatan	0,03658743	0,96341257
9	Lampung	0,145623989	0,854376011
10	Kep.Bangka Belitung	0,000190205	0,999809795
11	DKI Jakarta	0,006841238	0,993158762
12	Jawa Barat	0,945512698	0,054487302
13	Jawa Tengah	0,995740358	0,004259642
14	DI Yogyakarta	0,004359875	0,995640125
15	Jawa Timur	0,998956921	0,001043079
16	Banten	0,005376589	0,994623411
17	Bali	0,0000192	0,999980796
18	Nusa Tenggara Barat	0,000974755	0,999025245
19	Nusa Tenggara Timur	0,00000881	0,999991189
20	Kalimantan Barat	0,00001212	0,999987875
21	Kalimantan Tengah	0,000026592	0,999973407
22	Kalimantan Selatan	0,00009325	0,99990675
23	Kalimantan Timur	0,00006695	0,999933042
24	Kalimantan Utara	0,000103739	0,999896261
25	Sulawesi Utara	0,000117433	0,999882567
26	Sulawesi Tengah	0,000150094	0,999849906
27	Sulawesi Selatan	0,058923514	0,941076486
28	Sulawesi Tenggara	0,000628117	0,999371883
29	Gorontalo	0,000137312	0,999862688
30	Sulawesi Barat	0,000562888	0,999437112
31	Maluku	0,000141496	0,999858504
32	Maluku Utara	0,000135156	0,999864844
33	Papua Barat	0,000170552	0,999829448
34	Papua	0,000130255	0,999869745

4.2.2 Pembentukan Klaster berjumlah 3

Algoritma pada pengklasteran berjumlah 3 sama dengan pengklasteran berjumlah 2. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama dengan pembentukan klaster berjumlah 2 maka diperoleh iterasi berhenti pada

iterasi ke-19 dengan nilai $|P_{19}-P_{18}| = |6.473,037194 - 6472,711607| = 0,32558$, nilai ini sudah memenuhi syarat kondisi iterasi berhenti. Hasil derajat keanggotaan akhir pada iterasi ke-19 disajikan pada Lampiran 3.

4.2.3 Pembentukan Kluster berjumlah 4

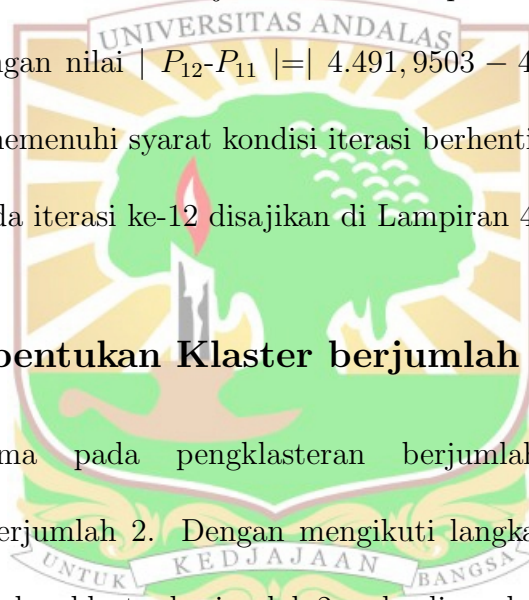
Algoritma pada pengklasteran berjumlah 4 sama dengan pengklasteran berjumlah 2. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama dengan pembentukan kluster berjumlah 2 maka diperoleh iterasi berhenti pada iterasi ke-12 dengan nilai $|P_{12}-P_{11}| = |4.491,9503 - 4491,8166| = 0,13377$, nilai ini sudah memenuhi syarat kondisi iterasi berhenti. Hasil derajat keanggotaan akhir pada iterasi ke-12 disajikan di Lampiran 4.

4.2.4 Pembentukan Kluster berjumlah 5

Algoritma pada pengklasteran berjumlah 5 sama dengan pengklasteran berjumlah 2. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama dengan pembentukan kluster berjumlah 2 maka diperoleh iterasi berhenti pada iterasi ke-9 dengan nilai $|P_9-P_8| = |3.945,869 - 3.945,6825| = 0,186511858$, nilai ini sudah memenuhi syarat kondisi iterasi berhenti. Hasil derajat keanggotaan akhir pada iterasi ke-9 disajikan di Lampiran 5.

4.2.5 Pembentukan Kluster berjumlah 6

Algoritma pada pengklasteran berjumlah 6 sama dengan pengklasteran berjumlah 2. Dengan mengikuti langkah-langkah yang sama

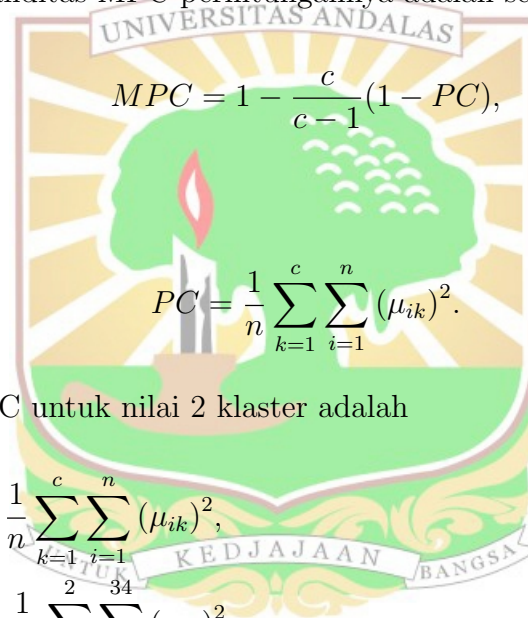


dengan pembentukan kluster berjumlah 2 maka diperoleh iterasi berhenti pada iterasi ke-21 dengan nilai $|P_{21}-P_{20}| = |3.477,6923 - 3.477,2125| = 0,479851678$, nilai ini sudah memenuhi syarat kondisi iterasi berhenti. Hasil derajat keanggotaan akhir pada iterasi ke-21 disajikan di Lampiran 6.

4.3 Menentukan Jumlah Kluster Optimum

Menentukan jumlah kluster optimum pada metode sFCM dengan menggunakan validitas MPC perhitungannya adalah sebagai berikut

dimana



$$MPC = 1 - \frac{c}{c-1}(1 - PC),$$

$$PC = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^2.$$

Nilai indeks MPC untuk nilai 2 kluster adalah

$$\begin{aligned} PC &= \frac{1}{n} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n (\mu_{ik})^2, \\ &= \frac{1}{34} \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{34} (\mu_{ik})^2, \\ &= \frac{1}{34} ((0,00000293)^2 + \dots + (0,00000001)^2) + ((0,9965)^2 + \\ &\dots + (0,9997)^2), \\ &= 0,9811, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} MPC &= 1 - \frac{c}{c-1}(1 - PC), \\ &= 1 - \frac{2}{2-1}(1 - 0,9811), \\ &= 0,9623. \end{aligned}$$

Nilai validitas PE untuk nilai 2 kluster perhitungannya adalah sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 PE &= -\frac{1}{n} \sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n \mu_{ik} \log(\mu_{ik}), \\
 &= -\frac{1}{34} \sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{34} \mu_{ik} \log(\mu_{ik}), \\
 &= -\frac{1}{34} ((0,00000293)(-2,76638631)) + \dots + (0,99973951)(-0,000057), \\
 &= 0,016960996.
 \end{aligned}$$

Nilai indeks *Xie-Beni* untuk nilai 2 kluster perhitungannya sebagai berikut

$$\begin{aligned}
 XB &= \frac{\sum_{k=1}^c \sum_{i=1}^n \mu_{ik}^2 \| \mathbf{X}_i - \mathbf{V}_k \|^2}{n(\min_{k,k'} \| \mathbf{V}_k - \mathbf{V}_{k'} \|^2)}, \\
 &= \frac{\sum_{k=1}^2 \sum_{i=1}^{34} \mu_{ik}^2 \| \mathbf{X}_i - \mathbf{V}_k \|^2}{n(\min_{k,k'} \| \mathbf{V}_k - \mathbf{V}_{k'} \|^2)}, \\
 &= \frac{(0,033453215 + \dots + 0,000279406)(132,8834328 + \dots + 174,8943432)}{34(115,4417825)}, \\
 &= \frac{14754,39279}{34(115,4417825)}, \\
 &= 0,032562398.
 \end{aligned}$$

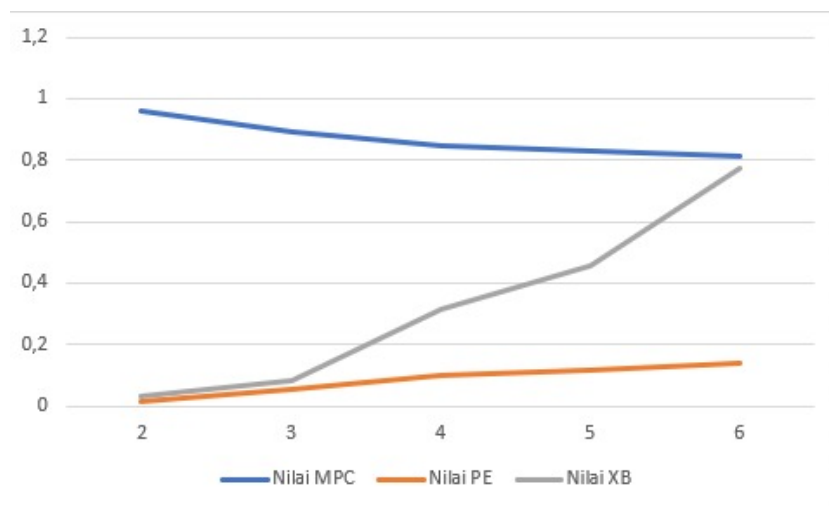
Menggunakan cara yang sama seperti sebelumnya, nilai MPC, PE

dan XB kluster lainnya bisa dilihat pada Tabel 4.3.1.

Tabel 4.3.1: Nilai Hasil Validasi MPC, PE dan XB

Jumlah kluster	Nilai MPC	Nilai PE	Nilai XB
2	0.962339376	0.016960996	0.032562398
3	0.894907934	0.054812821	0.081395041
4	0.845023935	0.097980702	0.31429361
5	0.827570126	0.119269091	0.456623963
6	0.813703611	0.13891578	0.774209963

Berdasarkan Tabel 4.3.1 nilai indeks MPC tertinggi adalah pengklasteran berjumlah dua kluster dengan nilai sebesar 0,962355, nilai PE terendah adalah 0.016960 dan nilai XB terendah adalah 0.032562. Berdasarkan nilai tersebut, jumlah kluster yang optimal pada pengklasteran hasil pertanian adalah dua kluster.



Gambar 4.3.1: Grafik Jumlah Kluster dengan Nilai MPC, Nilai PE dan Indeks *Xie-Beni*

Terlihat bahwa dari grafik nilai MPC semakin ke kanan maka semakin menurun. Jadi, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi jumlah kluster maka nilai MPC akan semakin rendah. Untuk nilai PE dan XB semakin ke kanan maka semakin meningkat. Jadi, dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi jumlah kluster maka nilai PE dan XB akan semakin tinggi.

4.4 Hasil Pengklasteran

Pengklasteran terbaik dengan menggunakan metode *Spatial Fuzzy C-Means* adalah dengan dua kluster. Kluster terbaik diperoleh dari validitas MPC, PE dan XB yang telah dilakukan pada subbab sebelumnya. Pengk-

lasteran menggunakan metode sFCM dengan dua klaster diperoleh nilai derajat akhir setelah melakukan iterasi sebanyak 9 kali, dimana selisih nilai fungsi objektifnya diperoleh sebesar 0,0001189 yang telah memenuhi syarat iterasi berhenti. Nilai derajat keanggotaan akhir yang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.2.7.

Nilai derajat keanggotaan tertinggi menunjukkan bahwa daerah tersebut masuk menjadi klaster tersebut. Misalnya pada daerah Aceh, nilai derajat keanggotaan yang diperoleh pada klaster pertama sebesar 0,001712438 sedangkan pada klaster kedua sebesar 0,998287562. Nilai derajat keanggotaan tertinggi berada pada klaster kedua, berarti Provinsi Aceh masuk ke dalam klaster kedua. Kemudian untuk provinsi Jawa Barat, nilai derajat keanggotaan yang diperoleh pada klaster pertama sebesar 0,94551269 sedangkan pada klaster kedua sebesar 0,054487302. Nilai derajat keanggotaan tertinggi berada pada klaster pertama, berarti Provinsi Jawa Barat masuk ke dalam klaster pertama. Hasil pengklasteran untuk klaster optimum dengan metode sFCM dapat dilihat pada Tabel 4.4.1



Gambar 4.4.1: Peta Hasil Pengklasteran Metode sFCM

Tabel 4.4.1: Hasil Pengklasteran dengan sFCM

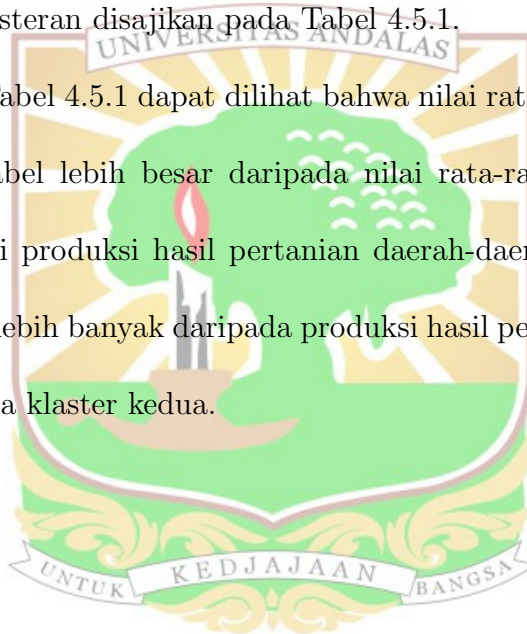
Klaster	Provinsi	Total
1	Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur	3
2	Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Riau, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Lampung, Kepulauan Bangka Belitung, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Banten, Bali, NTT, NTB, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, Papua, Papua Barat	31

Secara umum, daerah yang berada pada klaster pertama berada di Pulau Jawa. Sedangkan pada klaster kedua berasal dari bermacam-macam pulau di Indonesia. Peta hasil pengklasteran yang terbentuk dapat dilihat pada Gambar 4.4.1.

4.5 Karakteristik Klaster

Setelah didapat hasil klaster, diambil rata-rata dari masing-masing variabel jenis tanaman yaitu Padi, Jagung, Kedelai, Kacang Hijau, Kacang Tanah, Ubi Kayu, Ubi Jalar (\bar{X}). Selanjutnya untuk masing-masing klaster juga diambil rata-rata tiap variabel (\bar{X}_c). Pada tiap variabel di dalam klaster diberi tanda, jika $\bar{X}_c > \bar{X}$ maka diberi tanda positif (+), sedangkan jika $\bar{X}_c < \bar{X}$ maka diberi tanda negatif (-). Adapun karakteristik hasil pengklasteran disajikan pada Tabel 4.5.1.

Pada Tabel 4.5.1 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata klaster pertama untuk tiap variabel lebih besar daripada nilai rata-rata klaster kedua tiap variabel. Berarti produksi hasil pertanian daerah-daerah yang berada pada klaster pertama lebih banyak daripada produksi hasil pertanian daerah-daerah yang berada pada klaster kedua.



Tabel 4.5.1: Karakteristik Pengklasteran

Variabel	Rata-Rata (\bar{X})	Klaster 1		Klaster 2	
		Rata-Rata (\bar{X}_1)	Tanda	Rata-Rata (\bar{X}_2)	Tanda
Padi	24,4226	122,9907	+	14,8838	-
Jagung	8,8399	39,276	+	5,8945	-
Kedelai	0,289	1,6902	+	0,1534	-
Kacang Hijau	0,0691	0,5603	+	0,02161	-
Kacang Tanah	0,1506	0,9469	+	0,0736	-
Ubi Kayu	5,8356	24,8476	+	3,9958	-
Ubi Jalar	0,5631	3,1678	+	0,311	-



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dalam penelitian ini dilakukan pengklasteran provinsi di Indonesia berdasarkan hasil pertanian dengan metode *Spatial Fuzzy C-Means*(sFCM). Kluster optimum yang diperoleh dari metode ini adalah pengklasteran dengan jumlah kluster $c=2$ yang diperoleh dengan menggunakan indeks validasi *Modified Partition Coefficient*(MPC), *Partition Entropy*(PE) dan Indeks *Xie-Beni*.

Dengan menggunakan metode sFCM didapat hasil 3 daerah merupakan kluster pertama yaitu : Provinsi Jawa Timur, Provinsi Jawa Tengah, Provinsi Jawa Barat. Sedangkan 31 provinsi lainnya merupakan anggota kluster kedua yaitu : Aceh, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Riau, Kepulauan Riau, Jambi, Bengkulu, Sumatera Selatan, Lampung, Kepulauan Bangka Belitung, DKI Jakarta, DI Yogyakarta, Banten, Bali, NTT, NTB, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Utara, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Gorontalo, Sulawesi Barat, Maluku, Maluku Utara, Papua, Papua Barat. Dimana hasil produksi pertanian padi, jagung, kedelai, kacang hijau, kacang tanah, dan ubi jalar daerah-daerah yang berada pada kluster pertama lebih banyak daripada hasil produksi pertanian daerah-daerah yang berada

pada klaster kedua. Kecuali untuk hasil produksi ubi kayu terbanyak berada pada Provinsi Lampung kemudian disusul oleh sebagian daerah di Pulau Jawa.

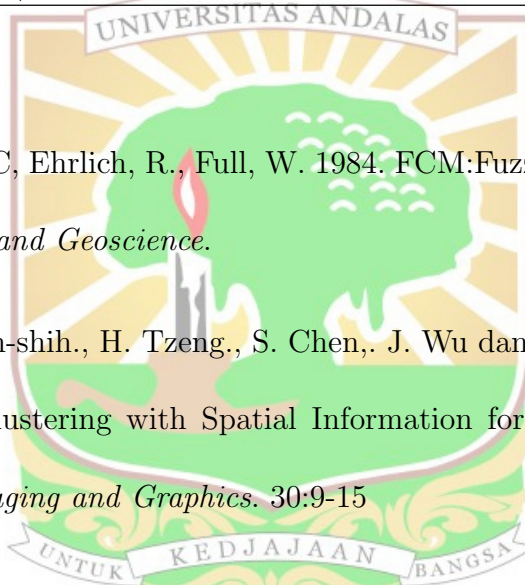
5.2 Saran

Terdapat beberapa metode pengklasteran lainnya yang merupakan pengembangan dari metode *Fuzzy Clustering* seperti *Fuzzy C-Means*, *Fuzzy Subtractive Clustering*, *Hierarchical Fuzzy Clustering* dan lainnya. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah agar dapat melakukan pengklasteran dengan menggunakan metode lain dalam *Fuzzy Clustering* dan juga dapat melakukan perbandingan antar dua metode atau lebih.



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggraeni, W. 2015. Penentuan nilai pangkat pada algoritma fuzzy c-means. *Faktor Exacta*, 8(3), 266-278.
- [2] Anonim. Tanpa Tahun. <https://www.investindonesia.go.id/id/artikel-investasi/detail/sektor-pertanian-indonesia-di-mata-dunia> ,diakses pada 10 Juli 2022.
- [3] Bezdeck, J.C, Ehrlich, R., Full, W. 1984. FCM:Fuzzy CMeans Algorithm. *Computers and Geoscience*.
- [4] Chuang, ken-shih., H. Tzeng., S. Chen., J. Wu dan T. Chen. 2006. Fuzzy C-Means Clustering with Spatial Information for Image Segmentation. *Medical Imaging and Graphics*. 30:9-15
- [5] Desmin. T dan Chastine. F. 2017. Spatial Fuzzy C-means dan Rapid Region Merging untuk Pemisahan Sel Kanker Payudara. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*. Vol 6, NO 1.
- [6] Jang, J, Sun, C. dan Mizutani, E. 1997. *Neuro-fuzzy and Soft Computing: A Computation to Learning and Machine Intelligence*. Pearson Education. Inc, New Jersey.
- [7] Jasril, F.U Amri, E. Budianita dan E.G. Wahyuni. 2018. Segmentasi Spatial Fuzzy C-Means pada Identifikasi Citra Daging Sapi dan Babi. *Semi-*



nar Nasional Teknologi Informasi Komunikasi dan Industri (SNTIKI-10).
206-214.

- [8] Johnson R, D.Wichern. 2007. *Applied multivariate statistical analysis*, sixth edition. Pearson Education, New Jersey.
- [9] K. Govindasamy and T. Velmurugan, Analysis of Student Academic Performance Using Clustering Techniques, *Int. J. Pure Appl. Math*, vol. **119**, no. 15, pp. 309–323, 2018.
- [10] Khamaki, A., Saeidi, P., Naderian, A dan Khozain, A. (2018). The relationship between capital investment choice and capital productivity: a test of firm life cycle theory (a comparative investigation of cyclical and noncyclical Companies). *Advances in Mathematical Finance and Applications*, 3(4), 83-100.
- [11] Kusumadewi dan Purnomo. 2004. *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [12] Mardikanto, Totok. 2007. *Penyuluhan Pembangunan Kehutanan*. Pusat Penyuluhan Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.
- [13] Purba. W, S. Tamba, and J. Saragih, The effect of mining data k-means clustering toward students profile model drop out potentia. *J Phys Conf Ser*, vol **1007**, no. 1, 2018.

- [14] Putri, A. Q. 2020. <https://medium.com/@Aufaqorinaputri/apasih-perbedaan-hirarki-cluster-dan-non-hirarki-cluster-83facb8a137d>, diakses pada 10 Juli 2022
- [15] Safitri, Q.U., A.F. Huda dan A. Solih. 2017. Segmentasi Citra Menggunakan Algoritma Fuzzy C-Means (FCM) dan Spatial Fuzzy C-Means(sFCM). *Jurnal Kubik*. 2(1):22-34.
- [16] Tan, Pang-Ning, et al. *Introduction to data mining*. Boston, Pearson Addison Wesley, 2006.
- [17] Tanifund. Tanpa Tahun. <https://tanifund.com/blog/berita/makna-sektor-pertanian-untuk-indonesia>, diakses pada 10 Juli 2022.
- [18] Xie, N., L. Hu, N. Luktarhan, dan K.Zhao. 2011. A Classification of Cluster Validity Indexes on Membership Degree and Applications. *Web Information System and Mining*. 43-50.
- [19] Xie, X. L, Beni, G. 1991. A Validity measure for Fuzzy Clustering. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and machine Intelligence*, Vol **13**, No4.
- [20] Zadeh LA. 1965. Fuzzy Sets. *Information and Control*.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pertanian di Indonesia Tahun 2018 (Dalam Ton)

Provinsi	Padi	Jagung	Kedelai	Kcg hijau	Kcg Tanah	Ubi Kayu	Ubi Jalar
Aceh	2516221	347735	15835	369	3658	15672	5714
Sumatera Utara	5423154	1757126	32758	2350	4323	803403	92380
Riau	391132	25723	6488	434	1058	133738	4810
Kepulauan Riau	651	87	5	0	74	19722	2474
Sumatera Barat	2754079	1052408	1117	264	4717	201833	112919
Jambi	855944	152158	15400	141	1488	56605	34934
Bengkulu	699531	111816	3477	344	2960	73491	30193
Sumatera Selatan	5076831	935240	14955	744	1099	882043	13429
Lampung	4556378	2581244	72006	1274	3333	6683758	22780
Kep. Bangka Belitung	28310	3630	0	0	201	59426	3557
DKI Jakarta	4183	0	0	0	0	0	0
Jawa Barat	12494919	1550966	132099	9006	39601	1635031	547879
Jawa Tengah	11401821	3688477	130525	112162	94291	3267417	145068
DI Yogyakarta	878136	314179	11093	281	107376	859393	5289
Jawa Timur	13000475	6543359	244442	46925	150180	2551840	257414
Banten	2470538	174334	18446	254	5348	72616	20724
Bali	848698	51459	3996	111	5993	92144	35225
Nusa Tenggara Barat	2423285	2059222	91724	26434	33303	58021	12857
Nusa Tenggara Timur	1213760	859230	16827	6157	10682	853468	72954
Kalimantan Barat	1625355	166826	1260	1261	851	147475	10308
Kalimantan Tengah	783497	158964	1413	17	415	142852	5554
Kalimantan Selatan	2528593	364489	24647	749	6311	88974	16752
Kalimantan Timur	385544	88105	582	204	1003	86079	9798
Kalimantan Utara	68793	5977	1144	93	194	44050	2557
Sulawesi Utara	887758	1531241	50026	465	2442	41651	20851
Sulawesi Tengah	1154907	380650	27691	585	3366	48405	15646
Sulawesi Selatan	6196737	2341659	35824	22000	19152	422601	52213
Sulawesi Tenggara	716156	192329	8007	777	2606	209159	24753
Gorontalo	350256	1619649	3257	13	341	2781	415
Sulawesi Barat	751531	702339	15091	480	391	22174	8044
Maluku	132852	40550	228	78	834	85734	35420
Maluku Utara	101054	237778	115	332	2185	122706	28885
Papua Barat	27736	4218	359	56	634	22798	12385
Papua	288355	12476	1761	358	1788	34173	250245
Total	83037170	30055	982600	234721	512199	19841234	1914427

Lampiran 2. Nilai derajat keanggotaan awal pengklasteran berjumlah 2

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2
1	Aceh	0.342546523	0.657453477
2	Sumatera Utara	0.283637277	0.716362723
3	Riau	0.557481256	0.442518744
4	Kepulauan Riau	0.896857241	0.103142759
5	Sumatera Barat	0.307994653	0.692005347
6	Jambi	0.264823599	0.735176401
7	Bengkulu	0.233044667	0.766955333
8	Sumatera Selatan	0.762752907	0.237247093
9	Lampung	0.555115141	0.444884859
10	Kepulauan Bangka Belitung	0.769129703	0.230870297
11	DKI Jakarta	0.150716169	0.849283831
12	Jawa Barat	0.147670209	0.852329791
13	Jawa Tengah	0.762761186	0.237238814
14	DI Yogyakarta	0.893156881	0.106843119
15	Jawa Timur	0.474085935	0.525914065
16	Banten	0.212154918	0.787845082
17	Bali	0.577880881	0.422119119
18	Nusa Tenggara Barat	0.024608186	0.975391814
19	Nusa Tenggara Timur	0.278622709	0.721377291
20	Kalimantan Barat	0.608487735	0.391512265
21	Kalimantan Tengah	0.205570907	0.794429093
22	Kalimantan Selatan	0.425878304	0.574121696
23	Kalimantan Timur	0.213913319	0.786086681
24	Kalimantan Utara	0.889731824	0.110268176
25	Sulawesi Utara	0.491806694	0.508193306
26	Sulawesi Tengah	0.394480139	0.605519861
27	Sulawesi Selatan	0.409780829	0.590219171
28	Sulawesi Tenggara	0.11535657	0.88464343
29	Gorontalo	0.222565025	0.777434975
30	Sulawesi Barat	0.697366713	0.302633287
31	Maluku	0.34485251	0.65514749
32	Maluku Utara	0.524308876	0.475691124
33	Papua Barat	0.030724205	0.969275795
34	Papua	0.206053407	0.793946593

Lampiran 3. Nilai derajat keanggotaan akhir pengklasteran berjumlah 3

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3
1	Aceh	0.7781	0.2211	0.000772
2	Sumatera Utara	0.0726	0.9267	0.000766
3	Riau	0.9942	0.0058	0.000038
4	Kepulauan Riau	0.9996	0.0004	0
5	Sumatera Barat	0.8706	0.1289	0.000410
6	Jambi	0.9993	0.0007	0.000005
7	Bengkulu	0.9974	0.0025	0.000055
8	Sumatera Selatan	0.1138	0.8833	0.002906
9	Lampung	0.2572	0.7118	0
10	Kepulauan Bangka Belitung	0.9993	0.0007	0
11	DKI Jakarta	0.9929	0.0046	0.002546
12	Jawa Barat	0.0477	0.0224	0.929896
13	Jawa Tengah	0.0044	0.0030	0.992613
14	DI Yogyakarta	0.9953	0.0013	0.003392
15	Jawa Timur	0.0008	0.0046	0.994600
16	Banten	0.9589	0.0311	0.009969
17	Bali	1.0000	0.0000	0.000001
18	Nusa Tenggara Barat	0.8120	0.1861	0.001915
19	Nusa Tenggara Timur	0.9978	0.0022	0.000038
20	Kalimantan Barat	0.9994	0.0006	0.000013
21	Kalimantan Tengah	0.9999	0.0001	0.000003
22	Kalimantan Selatan	0.9844	0.0154	0.000179
23	Kalimantan Timur	0.9994	0.0006	0.000013
24	Kalimantan Utara	0.9994	0.0006	0.000018
25	Sulawesi Utara	0.9959	0.0040	0.000100
26	Sulawesi Tengah	0.9987	0.0012	0.000015
27	Sulawesi Selatan	0.2572	0.7390	0.003805
28	Sulawesi Tenggara	0.9989	0.0011	0.000013
29	Gorontalo	0.9969	0.0030	0.000085
30	Sulawesi Barat	0.9976	0.0024	0.000028
31	Maluku	0.9995	0.0004	0
32	Maluku Utara	0.9996	0.0004	0.000014
33	Papua Barat	0.9994	0.0006	0
34	Papua	0.9996	0.0004	0.000014

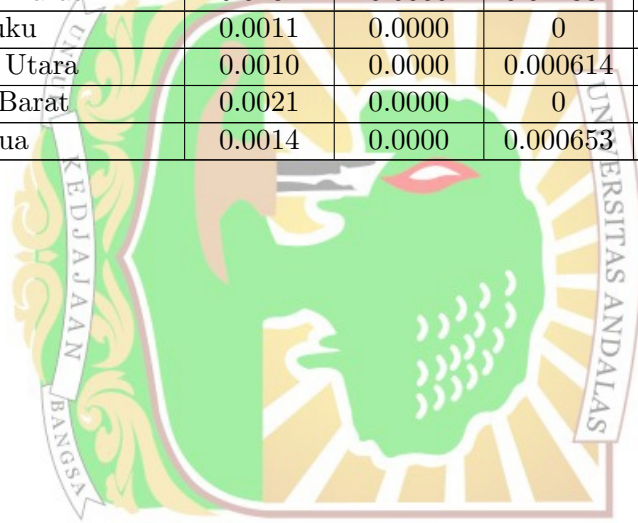
Lampiran 4. Nilai derajat keanggotaan akhir pengklasteran berjumlah 4

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4
1	Aceh	0.0000	0.0166	0.005156	0.978223
2	Sumatera Utara	0.0002	0.8264	0.029224	0.144185
3	Riau	0.0000	0.0013	0.989652	0.009051
4	Kepulauan Riau	0.0000	0.0001	1	0
5	Sumatera Barat	0.0000	0.0095	0.054204	0.936305
6	Jambi	0.0000	0.0009	0.987865	0.011216
7	Bengkulu	0.0000	0.0011	0.990037	0.008841
8	Sumatera Selatan	0.0026	0.8344	0.101545	0.061492
9	Lampung	0.0274	0.6144	0	0
10	Kepulauan Bangka Belitung	0.0000	0.0001	1	0
11	DKI Jakarta	0.0016	0.0015	0.948483	0.048409
12	Jawa Barat	0.9226	0.0134	0.027777	0.036294
13	Jawa Tengah	0.9916	0.0032	0.003701	0.001491
14	DI Yogyakarta	0.0046	0.0017	0.961524	0.032193
15	Jawa Timur	0.9932	0.0048	0.000732	0.001352
16	Banten	0.0027	0.0043	0.113277	0.879794
17	Bali	0.0000	0.0000	0.998269	0
18	Nusa Tenggara Barat	0.0002	0.0169	0.048701	0.934193
19	Nusa Tenggara Timur	0.0001	0.0035	0.754501	0.241940
20	Kalimantan Barat	0.0000	0.0007	0.869731	0.129564
21	Kalimantan Tengah	0.0000	0.0001	0.989040	0.010907
22	Kalimantan Selatan	0.0000	0.0003	0.103292	1
23	Kalimantan Timur	0.0000	0.0000	0.994533	0.005429
24	Kalimantan Utara	0.0000	0.0002	0.989819	0.010019
25	Sulawesi Utara	0.0001	0.0043	0.804749	0.190853
26	Sulawesi Tengah	0.0001	0.0056	0.951935	0.042451
27	Sulawesi Selatan	0.0027	0.7522	0.189115	0
28	Sulawesi Tenggara	0.0000	0.0006	0.997850	0.001556
29	Gorontalo	0.0001	0.0030	0.890261	0.106652
30	Sulawesi Barat	0.0000	0.0042	0.981047	0.014735
31	Maluku	0.0000	0.0000	1	0
32	Maluku Utara	0.0000	0.0000	0.998816	0
33	Papua Barat	0.0000	0.0001	1	0
34	Papua	0.0000	0.0001	0.998433	0.001513

Lampiran 5. Nilai derajat keanggotaan akhir pengklasteran berjumlah 5

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5
1	Aceh	0.9992	0.0000	0.000122	0.000686	0.000036
2	Sumatera Utara	0.0558	0.0001	0.011003	0.918807	0.014337
3	Riau	0.0047	0.0000	0.001499	0.000981	0.992821
4	Kepulauan Riau	0.0026	0.0000	0	0	0.996011
5	Sumatera Barat	0.5978	0.0000	0.132952	0.045298	0.223955
6	Jambi	0.0094	0.0000	0.002669	0.000991	0.986931
7	Bengkulu	0.0065	0.0000	0.002333	0.000945	0.990214
8	Sumatera Selatan	0.0393	0.0018	0.026781	0.850941	0.081173
9	Lampung	0.0857	0.0249	0	1	0
10	Kepulauan Bangka Belitung	0.0024	0.0000	0	0	1
11	DKI Jakarta	0.0575	0.0015	0.003992	0.001202	0.935765
12	Jawa Barat	0.0406	0.9183	0.004114	0.011676	0.025342
13	Jawa Tengah	0.0015	0.9909	0.001185	0.003109	0.003403
14	DI Yogyakarta	0.0395	0.0051	0.017222	0.001846	0.936315
15	Jawa Timur	0.0012	0.9919	0.001413	0.004685	0.000714
16	Banten	0.9864	0.0003	0.001409	0.000418	0.011457
17	Bali	0.0023	0.0000	0.000617	0	0.997086
18	Nusa Tenggara Barat	0.0004	0.0000	0.999457	0.000029	0.000071
19	Nusa Tenggara Timur	0.1969	0.0001	0.157199	0.003381	0.642449
20	Kalimantan Barat	0.2047	0.0000	0.013796	0.000543	0.780919
21	Kalimantan Tengah	0.0153	0.0000	0.000785	0.000032	0.983927
22	Kalimantan Selatan	0.9993	0.0000	0.000011	0	0.000687
23	Kalimantan Timur	0.0048	0.0000	0.000342	0.000016	0.994856
24	Kalimantan Utara	0.0110	0.0000	0.002208	0.000113	0.986695

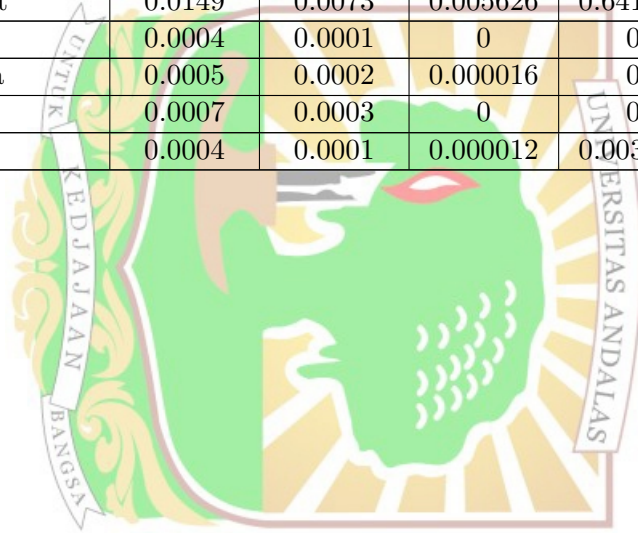
25	Sulawesi Utara	0.0967	0.0001	0.367251	0.003338	0.532631
26	Sulawesi Tengah	0.0497	0.0001	0.026746	0.006824	0.916679
27	Sulawesi Selatan	0.0384	0.0016	0.030507	1	0
28	Sulawesi Tenggara	0.0018	0.0000	0.000773	0.000667	0.996723
29	Gorontalo	0.0756	0.0001	0.185687	0.002703	0.735909
30	Sulawesi Barat	0.0181	0.0000	0.011382	0.005462	0.965031
31	Maluku	0.0011	0.0000	0	0	1
32	Maluku Utara	0.0010	0.0000	0.000614	0	0.998306
33	Papua Barat	0.0021	0.0000	0	0	0.996748
34	Papua	0.0014	0.0000	0.000653	0.000039	0.997952



Lampiran 6. Nilai derajat keanggotaan akhir pengklasteran berjumlah 6

NO	Provinsi	Klaster 1	Klaster 2	Klaster 3	Klaster 4	Klaster 5	Klaster 6
1	Aceh	0.9994	0.0001	0.000493	0.000026	0.000000	0.000016
2	Sumatera Utara	0.0415	0.0091	0.937476	0.001308	0.000039	0.010607
3	Riau	0.0007	0.0002	0.000172	0.000786	0.000000	0.998107
4	Kepulauan Riau	0.0016	0.0005	0	0	0.000002	0.984331
5	Sumatera Barat	0.5724	0.1394	0.049710	0.034474	0.000039	0.203962
6	Jambi	0.0124	0.0031	0.001448	0.016871	0.000005	0.966175
7	Bengkulu	0.0088	0.0028	0.001348	0.012776	0.000027	0.974186
8	Sumatera Selatan	0.0364	0.0276	0.849781	0.016359	0.001531	0.068337
9	Lampung	0.0792	0.0839	1	0	0	0
10	Kepulauan Bangka Belitung	0.0009	0.0004	0	0	0	0.990277
11	DKI Jakarta	0.0375	0.0019	0.000766	0.015258	0.000980	0.943669
12	Jawa Barat	0.0406	0.0037	0.011338	0.004292	0.915939	0.024157
13	Jawa Tengah	0.0013	0.0011	0.003028	0.001885	0.990381	0.002345
14	DI Yogyakarta	0.0389	0.0131	0.002142	0.288249	0.006419	0.651097
15	Jawa Timur	0.0012	0.0015	0.004631	0.000860	0.991072	0.000681
16	Banten	0.9876	0.0010	0.000366	0.001563	0.000259	0.009207
17	Bali	0.0031	0.0006	0.000042	0	0.000001	0.980189
18	Nusa Tenggara Barat	0.0000	1.0000	0.000000	0.000001	0.000000	0.000000
19	Nusa Tenggara Timur	0.0527	0.0282	0.000972	0.798003	0.000019	0.120123
20	Kalimantan Barat	0.1856	0.0094	0.000515	0.078429	0.000011	0.726037
21	Kalimantan Tengah	0.0250	0.0009	0.000050	0.015961	0.000001	0.958081
22	Kalimantan Selatan	0.9999	0.0000	0.000000	0	0.000000	0.000095
23	Kalimantan Timur	0.0006	0.0000	0.000002	0.000563	0.000000	0.998757
24	Kalimantan Utara	0.0052	0.0008	0.000053	0.010748	0.000002	0.983191

25	Sulawesi Utara	0.0021	0.0045	0.000081	0.984297	0.000002	0.009003
26	Sulawesi Tengah	0.0411	0.0143	0.008582	0.528886	0.000059	0.407099
27	Sulawesi Selatan	0.0308	0.0259	0.793171	0	0	0
28	Sulawesi Tenggara	0.0044	0.0016	0.001766	0.028427	0.000013	0.963875
29	Gorontalo	0.0081	0.0090	0.000249	0.918756	0.000007	0.063849
30	Sulawesi Barat	0.0149	0.0073	0.005626	0.641941	0.000040	0.330197
31	Maluku	0.0004	0.0001	0	0	0	0.995106
32	Maluku Utara	0.0005	0.0002	0.000016	0	0.000001	0.992050
33	Papua Barat	0.0007	0.0003	0	0	0.000001	0.992133
34	Papua	0.0004	0.0001	0.000012	0.003721	0.000000	0.995706



RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Aldi Mukhlis, lahir di Bangkinang pada tanggal 18 Agustus 2000. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Ayahanda Mukhlis dan Ibunda Eriyanti. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Negeri Pembina pada tahun 2006, Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 005 Langgini Bangkinang pada tahun 2012, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Bangkinang Kota pada tahun 2015 dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Negeri Plus Provinsi Riau pada tahun 2018. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Strata-1 (S1) Departemen Matematika dan Sains Data, FMIPA Universitas Andalas melalui jalur SMMPTN.

Selama menjadi mahasiswa di Departemen Matematika dan Sains Data FMIPA UNAND, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Matematika (HIMATIKA) Universitas Andalas. Penulis pernah diamanahkan menjadi Ketua Umum pada kepengurusan periode 2020/2021. Selain itu, penulis pernah menjadi staf Bidang Kaderisasi dan Internal Ikatan Himpunan Mahasiswa Indonesia (IKAHIMATIKA) Wilayah I pada kepengurusan periode 2021/2022.

Pada tahun 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Pulau, Kecamatan Bangkinang Kota, Kabupaten Kampar, Riau selama 40 hari. Kegiatan ini merupakan salah satu mata kuliah wajib dalam bentuk pengabdian masyarakat yang penulis ikuti dalam proses studi.

Alhamdulillah atas usaha, motivasi serta izin Allah Yang Maha Kuasa, penulis dapat menyelesaikan studi S1 di Universitas Andalas dengan menyandang gelar Sarjana Sains (S.Si) pada tanggal 22 Desember 2022.