BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Harga jual buah kakao yang merupakan salah satu komoditas penyumbang devisa terbesar negara, semakin menurun, hal ini dipengaruhi oleh produktivitas dan kualitas kakao di Indonesia saat ini yang sedang mengalami penurunan. Penurunan ini disebabkan oleh berbagai faktor utama, diantaranya penyakit, serangan hama, pengelolaan kebun, dan minimnya informasi mengenai tanaman kakao. [1]

Menurut BPS (Badan Pusat Statistik) sub-sektor perkebunan memberikan kontribusi tertinggi pada tahun 2022 terhadap total Produk Domestik Bruto (PDB) yaitu sebesar 3,76%. Selain itu, pada tahun 2022 perkebunan kakao ini sebagian besar yaitu seluas 1,41 juta hektar diusahakan oleh perkebunan rakyat dengan total produksi dengan total 654 ribu ton/tahun di indonesia. Pada provinsi Sumatera Barat saja, menempati posisi terbesar ketiga di pulau sumatera dengan total produksi dan luas areal pada 2022 yaitu 35 ribu ton/th atau 5% dari total produksi Indonesia serta 66 ribu/ha atau 4,6% dari total luas areal Indonesia. [2]

Sebagai salah satu komoditas ekspor Indonesia terbesar di sektor perkebunan, kakao Indonesia memiliki keunggulan dalam kandungan lemak dan kemampuan menghasilkan bubuk kakao berkualitas, tetapi berdasarkan Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Dinas Perdagangan Provinsi Sulawesi Selatan mencatat bahwa sekitar 86,09 persen mutu biji kakao yang dihasilkan di Indonesia masih tergolong rendah yang menyebabkan pemotongan harga jual 10-15% dari harga pasar. [1]

Salah satu faktor utama yang menyebabkan turunnya kualitas biji kakao yang dihasilkan Indonesia, adalah kerentanan tanaman buah kakao terhadap penyakit dan hama, sebenarnya hal ini dapat diatasi dengan penanaman benih kakao dengan kualitas dan ketahanan yang lebih tinggi, tetapi karena para petani masih menerapkan praktik agrikultur yang buruk serta kurangnya akses yang memadai

terhadap sumber daya yang diperlukan, menyebabkan sebagian besar petani tidak melakukan hal tersebut. [3]

Pada wawancara yang diadakan dengan seorang petani kakao di Solok, Sumatera Barat. Didapatkan bahwa, praktik budidaya kakao yang dilakukan oleh petani setempat masih kurang baik, kebanyakan petani masih menggunakan alat/kebiasaan tradisional dalam merawat kebun mereka, selain itu serangan penyakit dan hama menjadi masalah utama dalam budidaya kakao. Hal yang sama juga didapatkan dari sebuah penelitian Pemberdayaan petani kakao yang diadakan melalui program yang bernama “Bertani untuk Negeri" yang diadakan di Desa Karunia, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. [4]

Pada penyakit Penggerek Buah Kakao (PBK) saja dapat menyebabkan penurunan produktivitas hingga 50% jika tidak ditangani dengan baik, karena hama ini merusak biji kakao dari dalam sehingga buah tidak dapat berkembang secara optimal yang mengakibatkan tidak hanya penurunan kuantitas tetapi juga kualitas biji kakao yang dihasilkan. [5]

Pada sebuah laporan yang telah dibuat oleh VOICE Network pada tahun 2015 , mendapatkan bahwa petani kakao diperkirakan hanya menerima 6,6% dari nilai sebatang coklat. Jadi penurunan harga jual buah kakao ini memberikan dampak yang cukup besar pada kesejahteraan petani kakao. [6]

Faktor utama lainnya yang menyebabkan harga jual yang masih rendah adalah sebagian besar pemasaran masih bergantung pada pengepul yang akan membeli biji kakao kering yang nantinya diolah lagi kedalam bentuk fermentasi. Sementara disatu sisi, kebutuhan pabrikan biji kakao sebagai prosesor (pengolah) adalah biji kakao dengan kualitas fermentasi. Hal ini disebabkan masih kurangnya motivasi dalam melakukan perawatan kebun, dan kesadaran petani untuk menjual biji kakao yang sudah difermentasi atau sudah memiliki standar kekeringan tertentu. [7]

Maka dari itu, diperlukan usaha untuk meningkatkan produktivitas dan pemberdayaan kebun kakao, hal ini bisa dilakukan dengan menerapkan Praktik Agrikultur yang Baik atau *Good Agriculture Practices* (GAP) oleh masyarakat petani kakao sehingga dapat meningkatkan kualitas dari biji kakao yang dihasilkan dan kesadaran petani kakao untuk menjual biji kakaonya dalam bentuk fermentasi untuk mendapatkan harga jual yang lebih tinggi. Pengadopsian teknologi dapat meningkatkan akselerasi pada efisiensi pelaksanaan usaha ini. [8]

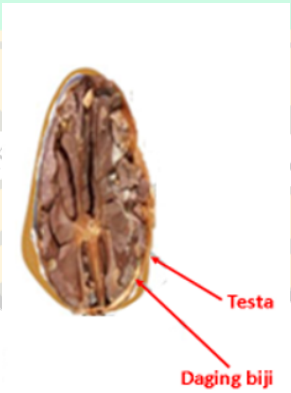
1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Dengan membantu meningkatkan harga jual biji kakao maka kesejahteraan petani kakao akan meningkat pula. Hal ini dapat dicapai dengan meningkatkan kualitas biji kakao yang dihasilkan itu sendiri, sehingga dengan mutu biji yang baik, Indonesia secara keseluruhan dapat meraih kesuksesan dalam industri kakao. [1]

Untuk memahami permasalahan ini secara lebih komprehensif, berikut disajikan beberapa informasi pendukung yang relevan :

1. Kualitas Biji Kakao

Kualitas biji kakao yang dihasilkan oleh petani kakao sangat mempengaruhi harga jualnya. Kurangnya fermentasi, kelembapan yang tidak cukup, keasaman yang tinggi serta rasa yang tidak konsisten menyebabkan harga jual yang relatif rendah di pasar global. [1]

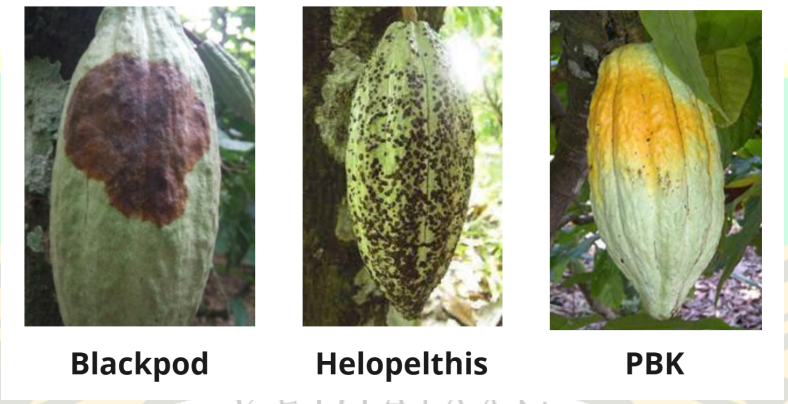


Gambar 1. 1 Biji Kakao yang Telah di Fermentasi

Testa merupakan lapisan luar biji kakao yang berfungsi sebagai pelindung bagian dalamnya. Lapisan ini biasanya berwarna coklat dan mengandung senyawa polifenol yang berkontribusi pada rasa dan warna kakao. Dalam proses pengolahan, testa umumnya dihilangkan sebelum biji difermentasi dan dikeringkan untuk menghasilkan produk kakao berkualitas tinggi. Di dalamnya, terdapat daging biji atau kotiledon, yang menjadi bagian utama dalam produksi cokelat. Daging biji ini mengandung lemak kakao (*cocoa butter*) serta senyawa flavonoid yang mempengaruhi cita rasa dan aroma kakao. Kualitas daging biji sangat menentukan nilai jual kakao di pasar, karena kandungan lemak dan struktur biji akan memengaruhi hasil akhir produk olahan. [9]

2. Penyakit dan Hama yang menyerang Kakao

Penyakit dan hama yang menyerang kakao seringkali menjadi penyebab utama turunnya kualitas dan kuantitas kakao yang dihasilkan. Penyakit dan hama yang biasanya menyerang buah kakao diantaranya hama Penggerek Buah Kakao (PBK), penyakit busuk buah (Blackpod), dan penyakit Helopelthis. [7]



Gambar 1. 2 Kakao yang Terserang Penyakit dan Hama

Pada buah kakao yang terserang penyakit buah busuk saja misalya, dapat menurunkan harga jual rata-rata buah kakao hingga **13%**. Hal ini terjadi pada tahun 2017, dimana harga jualnya pada saat itu adalah **Rp 21.713,00, per kilogram** sedangkan pada tahun sebelumnya harga jualnya adalah **Rp 24.910,00 per kilogram.** [10]

Sedangkan pada serangan hama PBK dan Helopelthis, tidak ditemukan penurunan harga jual kakao yang pasti akibat serangan hama tersebut. Namun, ditemukan bahwa kakao yang terserang hama PBK dapat menurunkan hasil panen biji kakao hingga **82%**, sedangkan pada kakao yang diserang hama helopelthis dapat menurunkan hasil panen biji kakao hingga **42%,** sehingga nantinya berdampak pada penurunan total keseluruhan harga jual kakao yang telah dipanen petani. [11]

3. Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Produktivitas Kebun Kakao

Penyakit kakao seringkali dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Misalnya, cuaca lembap dan curah hujan tinggi mendukung perkembangan penyakit blackpod, yang dapat memusnahkan hasil panen jika tidak ditangani dengan baik. Dalam jangka panjang, ini tidak hanya mengurangi hasil panen tetapi juga membuat harga kakao menjadi lebih volatil. [12]

B. Solusi-solusi yang sudah ada

Adapun beberapa solusi-solusi yang telah ada untuk menyelesaikan permasalahan tersebut beserta kelebihan dan kekurangannya masing-masing, diantaranya sebagai berikut.

1. Penggunaan Pestisida dan Fungisida

   Mengaplikasikan pestisida untuk mencegah membasmi hama yang menyerang serta fungisida untuk mengatasi infeksi jamur pada buah kakao.

   Kelebihan:

   a. Tersedia secara luas dan mudah diakses oleh petani.
   b. Hasilnya cepat dalam mengurangi populasi hama dan jamur.

   Kekurangan:

   a. Penggunaan berlebihan bisa merusak ekosistem tanah dan lingkungan.
   b. Mengancam kesehatan pekerja yang terpapar langsung.

2. Penanaman Varietas Kakao yang Tahan Penyakit

Menggunakan varietas tanaman kakao yang telah dimodifikasi atau dipilih secara alami karena ketahanannya terhadap serangan penyakit tertentu.

Kelebihan:

a. Mengurangi ketergantungan pada pestisida.
b. Potensi hasil yang lebih stabil dengan risiko lebih rendah terhadap kegagalan panen.

Kekurangan:

a. Biaya awal lebih tinggi karena bibit yang lebih mahal.
b. Waktu untuk melakukan penggantian tanaman bisa lama, sehingga hasil jangka pendek terganggu.
c. Tergantung pada ketersediaan varietas yang sesuai dengan kondisi lingkungan lokal.

1.1.2 Analisis Masalah

A. Aspek Ekonomi

Solusi dapat membantu menjaga harga jual kakao di pasar dengan menjaga kualitas buah kakao melalui pemberian informasi rekomendasi berupa solusi penanganan hingga pencegahan pada penyakit-penyakit yang menyerang buah kakao dan melalui pemberian informasi estimasi harga jual buah kakao yang sesuai berdasarkan harga-harga pasar.

B. Aspek Sustainabilitas

Solusi dapat terus digunakan secara berkelanjutan guna membantu meningkatkan kualitas buah kakao melalui penggunaan teknologi yang terbarukan. Hal ini memastikan bahwa solusi tersebut menggunakan teknologi yang tetap relevan dan bermanfaat dalam jangka panjang.

C. Aspek Lingkungan

Solusi dapat membantu mewujudkan metode pengendalian yang tepat dan sesuai serta ramah lingkungan sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida yang berlebihan dalam menangani penyakit buah kakao.

1.1.3 Kebutuhan yang harus dipenuhi

1. Solusi harus mampu untuk mendeteksi penyakit pada buah kakao

2. Solusi harus mampu memberikan rekomendasi penanganan dari penyakit yang menyerang buah kakao

3. Solusi harus mampu dapat memberikan estimasi harga jual yang didapat pada buah kakao mereka yang sedang terkena serangan penyakit

1.1.4 Tujuan

Berdasarkan dari analisis masalah dan kebutuhan yang dipaparkan, tujuan yang diharapkan adalah membuat sebuah sistem yang dapat membantu petani dalam mengindentifikasi penyakit yang menyerang kakao mereka serta memberikan rekomendasi solusi penanganannya yang sesuai dan memberikan perkiraan atau estimasi harga jual dari buah kakao yang terserang penyakit tersebut berdasarkan harga pasar.

1.2 Solusi

1.2.1 Karakteristik Produk

Fitur Dasar (Fitur yang mesti ada pada Solusi)

a. *Computing Performance*

   Sistem ini memiliki performa komputasi yang cukup mumpuni dapat mendeteksi penyakit dan dapat memberikan rekomendasi penanganan penyakit pada buah kakao serta memberikan perkiraan harga jual dari buah kakao tersebut

b. *Sensing Capability*

Sistem ini memiliki sensor yang dapat membantu dalam fungsi pendeteksian penyakit pada kakao

c. *Accuracy of Results*

Sistem ini mampu memberikan tingkat akurasi yang cukup bagus pada hasil deteksi dan prediksinya

d. *Computation Method*

Sistem ini menggunakan suatu metode komputasi dalam fungsi deteksi dan prediksinya

Fitur Tambahan (Fitur yang dapat menjadi nilai tambah pada solusi)

a. *Low Cost*

Biaya pengembangan solusi harus dibawah Rp 2.000.000

b. *Low Power*

Power Consumption dari solusi harus rendah

c. *Easy To Use*

Sistem harus *user-friendly* atau mudah digunakan

1.2.2 Usulan Solusi

1. Drone Dengan Sensor Kamera untuk Deteksi Penyakit Kakao dengan Analisis Harga Jual dan Penanganannya berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN)

Solusi ini menggunakan drone yang dilengkapi dengan sensor kamera webcam 2k untuk mendeteksi penyakit pada buah kakao. Nantinya drone akan menganalisis buah dalam jumlah banyak, memperkirakan potensi kerugian harga jual buah berdasarkan harga pasar pada saat itu, dan memberikan rekomendasi cara penanganan penyakit.

Prinsip umum dari solusi ini adalah drone akan terbang secara berkala di atas lahan kakao, menangkap gambar buah kakao secara *real-time* (terus menerus). Setiap gambar tersebut akan dianalisis menggunakan model deteksi objek berbasis CNN yang didukung oleh data tentang penyakit kakao. Setelah deteksi penyakit, sistem akan memperkirakan kerugian akibat kerusakan buah yang terserang penyakit dan memberikan prediksi harga jual buah kakao secara keseluruhan dan memberikan panduan perawatan melalui aplikasi. Selain itu, solusi juga akan menghitung estimasi harga jual pada setiap buah yang terdeteksi berdasarkan harga pasar.

Convolutional Neural Network (CNN) adalah jenis jaringan saraf tiruan yang dirancang untuk memproses data berbentuk grid, seperti gambar, dengan menggunakan lapisan konvolusi untuk mengekstrak fitur-fitur penting secara otomatis. CNN terdiri dari beberapa lapisan utama, seperti *convolutional layer* (untuk mendeteksi pola seperti tepi dan tekstur), *pooling layer* (untuk mengurangi dimensi data), dan *fully connected layer* (untuk klasifikasi). CNN banyak digunakan dalam berbagai tugas pengolahan citra, seperti deteksi objek, segmentasi gambar, dan pengenalan wajah. [13]

Penjelasan fitur dasar yang ada pada solusi :

1. *Computing Performance* : Sistem menggunakan sebuah unit komputasi yang dapat mendeteksi penyakit berdasarkan tangkapan visual pada buah melalui kamera webcam 2k.
2. *Sensor Capability* : Kamera webcam 2k sebagai sensor utama.
3. *Accuracy of Results* : Terdapat 3 komponen utama dalam melakukan pendeteksian ini, yaitu kamera webcam 2k dan model *Deep learning*.
4. *Computation Method*: Sistem pendeteksian menggunakan model deteksi objek berbasis CNN untuk melakukan pengolahan citra.

Fitur tambahan yang dipenuhi :

1. *Low Power*, Penggunaan daya rendah selama penerbangan drone.

2. Sistem pendeteksi penyakit, penanganan serta prediksi harga jual buah kakao yang terintegrasi IoT dan aplikasi *mobile* yang berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN)

Sebuah aplikasi Android yang digunakan untuk mendeteksi penyakit pada buah kakao melalui analisis foto menggunakan arsitektur CNN, serta memberikan rekomendasi penanganan dan prediksi harga kakao yang terkena penyakit. Solusi ini diintegrasikan dengan *Internet of Things* (IoT) sensor lingkungan untuk memantau faktor-faktor seperti suhu, kelembapan tanah, dan sensor cahaya yang cukup berpengaruh terhadap kondisi tanaman dan risiko penyebaran penyakit.

Prinsip umum dari solusi ini adalah, pertama pengguna menggunakan aplikasi untuk mengambil foto buah kakao yang dicurigai terkena penyakit. Selain itu, sensor lingkungan (misalnya, sensor kelembapan tanah, dan suhu) yang dipasang di lahan pertanian akan terus memantau kondisi lingkungan secara *real-time*. Setelah foto buah kakao diambil, aplikasi akan memproses gambar menggunakan model berbasis CNN yang tertanam di aplikasi (*on-device*).

Model ini akan menganalisis gambar untuk mendeteksi jenis penyakit yang menyerang. Setelah itu, aplikasi akan menggunakan data dari sensor lingkungan dan label penyakit yang terdeteksi yang nantinya akan dikirim ke sebuah LLM (*Large Language Model*) dari pihak ketiga melalui API untuk menghasilkan sebuah penanganan yang khusus, yang berdasarkan kepada data yang telah dikumpulkan sensor dari lingkungan seperti kebun kakao.

Selain itu, foto buah kakao yang diambil akan dianalisis juga oleh sebuah model CNN lainnya, yang akan memprediksi tingkat kerusakan pada buah tersebut, sehingga dari hasil tersebut bersama hasil deteksi penyakit dapat dihitung harga jual dari buah kakao tersebut yang mengacu pada harga jual buah kakao pasar yang harganya konsisten sama sama pada berbagai tempat/lokasi pasar. Sehingga cocok untuk digunakan sebagai harga jual buah acuan untuk membuat harga jual buah kakao sama dan konsisten pada satu daerah.

Penjelasan fitur dasar yang ada pada solusi :

1. *Computing Performance* : Menggunakan unit komputasi untuk mengumpulkan data sensor dan memproses fungsi deteksi penyakit dan prediksi tingkat kerusakan buah.
2. *Sensor Capability* : Menggunakan sensor suhu, kelembapan tanah dan sensor cahaya sebagai sensor utama
3. *Accuracy of Results* : Terdapat 4 komponen utama dalam melakukan pendeteksian ini, yaitu sebuah *Smartphone*, sensor suhu, suhu kelembapan, serta model *Deep learning*.
4. *Computation Method* : Sistem pendeteksian menggunakan model CNN sebagai model pengolahan citra.

Fitur tambahan yang dipenuhi :

1. *Low Power*, daya yang digunakan hanya diperlukan dalam menggunakan komponen IoT-nya
2. *Low Cost*, biaya yang dibutuhkan masih dibawah Rp 2.000.000,-

3. Sistem Pemantauan Penyakit Kakao Berbasis IoT dengan Jaringan Sensor Nirkabel menggunakan Algoritma *Decision Tree*

Solusi ini menggunakan jaringan sensor nirkabel (*Wireless Sensor Network*/WSN) yang tersebar di lahan kakao untuk memantau kondisi tanaman dan lingkungan, mengidentifikasi potensi penyakit. *Node* sensor mengukur parameter penting seperti kelembapan daun, suhu tanaman, serta kelembapan tanah. Data dikirimkan secara nirkabel ke pusat pengolahan untuk dianalisis dan dilaporkan kepada petani melalui aplikasi *mobile*.

Sensor nirkabel dipasang di berbagai titik lahan kakao untuk memantau faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi kesehatan tanaman kakao, seperti kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara dan cahaya. Data dari sensor ini dikirimkan secara *real-time* melalui jaringan nirkabel (misalnya, LoRa atau Zigbee) ke sebuah *gateway* pusat, yang kemudian mengolah dan menganalisis data dengan menggunakan algoritma *Decision Tree*.

Algoritma ini bekerja dengan membuat aturan keputusan berdasarkan data yang diterima dari sensor. Misalnya, jika rata-rata nilai kelembapan tanah berada di atas 80% dan suhu di bawah 25°C, algoritma akan memprediksi kemungkinan serangan penyakit jamur dan potensi estimasi harga jual buah kakao berkurang hingga 50% dari harga pasar. *Decision Tree* secara sistematis memisahkan data menjadi beberapa cabang keputusan, memeriksa kombinasi faktor-faktor lingkungan yang mengarah pada munculnya penyakit atau hama tertentu.

Jika kondisi lingkungan menunjukkan adanya risiko, sistem akan memberikan notifikasi peringatan kepada petani melalui aplikasi *mobile*, menyarankan tindakan pencegahan seperti mengurangi irigasi atau menerapkan pestisida.

Penjelasan fitur dasar yang ada pada solusi :

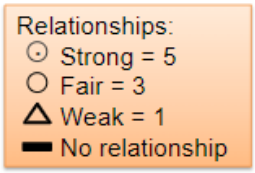
1. *Computing Performance* : Sistem memiliki unit komputasi yang dapat mendeteksi potensi penyakit yang akan menyerang buah kakao berdasarkan data yang telah dikumpulkan *Node-Node* sensor yang tersebar.
2. *Sensor Capability*: Menggunakan sensor suhu, kelembapan tanah, ph tanah, kelembapan udara, tekanan udara dan cahaya.
3. *Accuracy of Results* : Terdapat 7 komponen utama dalam melakukan pendeteksian ini, yaitu *Node* sensor suhu, kelembapan tanah, ph tanah, kelembapan udara, tekanan udara dan cahaya serta algoritma *machine learning* sederhana seperti *Decision Tree*.
4. *Computation Method* : Sistem menggunakan model dengan algoritma *Decision Tree*.

Fitur tambahan yang dipenuhi :

1. *Low Cost*, biaya yang dibutuhkan masih dibawah Rp 2.000.000,-
2. *Low Power*, daya yang digunakan hanya diperlukan untuk *node-node* sensor sistemnya

1.2.3 Analisa Usulan Solusi

Untuk mengetahui solusi mana yang terbaik maka kita perlu melakukan analisa terhadap solusi solusi yang telah diberikan. untuk metode analisa yang akan digunakan adalah metode *House* of *Quality* (HoQ). *House* of *Quality* atau yang biasa disingkat HoQ merupakan sebuah alat yang mendukung metode *Quality Function Development*.



	Weight Factor	Computing Performance	Sensing Capability	Accuracy Of Results	Computational Methods		Importance Rating	% Of Importance	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
		↑	↑	↑	↑						
Low Cost	5	△	△	△	▬		5	26,32%	△	⊙	⊙
Low Power	4	△	△	△	△		4	21,05%	⊙	⊙	○
Easy To Use	3	▬	⊙	⊙	○		3	15,79%	○	○	⊙
Fast Workmanship	3	▬	⊙	⊙	⊙		3	15,79%	△	△	△
Information System	4	△	▬	▬	▬		4	21,05%	⊙	⊙	⊙
							19	100%	3	4,05	3,95
Importance Rating		13	39	39	28	131					
% of Importance		9,92%	29,77%	29,77%	21,37%	100%					
Solusi 1		⊙	⊙	○	⊙	3,91					
Solusi 2		⊙	○	⊙	⊙	3,91					
Solusi 3		⊙	⊙	△	△	2,46					

Gambar 1. 3 House Of Quality (HoQ)

Dapat dilihat pada Gambar 1.3 telah didapat nilai hubungan fitur dasar dan fitur tambahan yaitu 131 (*importance rating*). Dari nilai tersebut selanjutnya akan dicari persentase dari masing masing fitur dasar dan fitur tambahan. selanjutnya akan dilakukan perhitungan dari solusi yang telah diajukan. dengan cara nilai dari fitur dasar terhadap masing masing solusi yang diajukan.

Pada hubungan antara fitur dasar dan fitur tambahan didapatkan bahwa, fitur *low cost* memiliki hubungan lemah dengan *computing performance* karena pada

dasarnya performa komputasi berbanding lurus dengan biayanya. *low cost* juga memiliki hubungan yang lemah dengan kapabilitas sensor karena alasan yang sama dengan sebelumnya yaitu jika ingin mendapatkan sensor dengan kapabilitas yang tinggi maka akan dibutuhkan pula biaya yang tinggi untuk memperolehnya. Selanjutnya hubungan antara *low cost* dengan *accuracy* of results memiliki hubungan yang lemah karena untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi diperlukan juga komponen-komponen pendukung yang dapat mewadahi untuk mencapai tingkat akurasi yang tinggi tersebut, selanjutnya *low cost* tidak memiliki hubungan sama sekali dengan *computational method.*

Fitur *low power* memiliki hubungan lemah dengan *computing performance* karena pada dasarnya performa komputasi berbanding lurus dengan daya yang diperlukan sistem. *low power* juga memiliki hubungan yang lemah dengan kapabilitas sensor karena alasan yang sama dengan sebelumnya yaitu jika ingin mendapatkan sensor dengan kapabilitas yang tinggi maka biasanya akan dibutuhkan pula daya yang seimbang untuk mencapainya. Selanjutnya hubungan antara *low power* dengan *accuracy of results* memiliki hubungan yang lemah karena untuk mendapatkan tingkat akurasi yang tinggi biasanya membutuhkan proses komputasi yang lumayan besar yang akan membutuhkan daya yang besar pula, selanjutnya *low power* memiliki hubungan yang lemah dengan *computational method* karena pada jenis metode komputasi memiliki arsitektur yang berbeda sehingga akan mempengaruhi beban proses pada sistem, dan secara tidak langsung juga akan berpengaruh pada daya dari sistem tersebut.

Pada fitur *easy to use* tidak memiliki hubungan yang sedang dengan *computing performance*, *easy to use* memiliki hubungan yang erat dengan *sensing capability* karena untuk mencapai kapabilitas sensor yang tinggi maka akan diperlukan pula susunan sistem yang sedemikian rupa, misal berapa banyak sensornya maka juga akan mempengaruhi *interface* dari alatnya nanti agar mudah dan nyaman digunakan pengguna. *Easy to use* memiliki hubungan erat dengan *accuracy of results* karena biasanya untuk mendapat tingkat akurasi yang tinggi akan berpengaruh pada cara kita menggunakan alatnya. *Easy to use* memiliki hubungan yang sedang dengan metode komputasi karena jenis metode komputasi yang dipilih akan cukup

berpengaruh terhadap penggunaan alatnya, seperti metode komputasi yang menggunakan analisis data numerik akan terasa lebih nyaman oleh pengguna karena tidak perlu mengambil gambar seperti pada metode komputasi yang menggunakan analisis citra.

Pada fitur *fast workmanship* tidak memiliki hubungan yang sedang dengan *computing performance*, selanjutnya *fast workmanship* memiliki hubungan yang erat dengan *sensing capability* karena untuk mencapai kapabilitas sensor yang tinggi maka akan mempengaruhi waktu pengerjaan alat, misal waktu untuk mengkalibrasikan sensornya, dan lain-lain. *Fast workmanship* memiliki hubungan erat dengan *accuracy of results* karena biasanya untuk mendapatkan sistem dengan tingkat akurasi yang tinggi perlu waktu juga untuk mencapainya. *Fast workmanship* memiliki hubungan yang erat dengan metode komputasi karena jenis metode komputasi yang dipilih akan sangat berpengaruh juga terhadap lama pengerjaan alatnya.

Pada fitur *information system* memiliki hubungan yang lemah dengan *computing performance* karena secara tidak langsung jenis performa komputasi yang dimiliki sistem, akan mempengaruhi bentuk fitur sistem informasi solusi tersebut. Sedangkan pada fitur dasar lainnya *information system* tidak memiliki hubungan sama sekali.

Didapatkan untuk nilai terhadap masing masing solusi yang diajukan adalah :

1. [(5x 9,92%) + (5 x 29,77%) + (3 x 29.77%) + (5 x 21,37%)] = 3,91
2. [(5 x 9,92%) + (3 x 29,77%) + (5 x 29,77%) + (5 X 21,37%)] = 3,91
3. [(5 x 9,92%) + (5 x 29,77%) + (1 x 29,77%) + (1 X 21,37%)] = 2,46

Didapatkan nilai perhitungan fitur dasar seperti di atas karena terdapat selisih yang tipis antara solusi 1 dan solusi 2 maka sebaiknya dilakukan perhitungan terhadap fitur tambahan, dengan hasil sebagai berikut.

1. [(1 x 26,32%) + (5 x 21,05%) + (3 x 15,79%) + (1 X 15,79%) + (5 X 21,05%)] = 3

2. [(5 x 26,32%) + (5 x 21,05%) + (3 x 15,79%) + (1 X 15,79%) + (5 X 21,05%)] = 4,05

3. [(5 x 26,32%) + (3 x 21,05%) + (5 x 15,79%) + (1 X 15,79%) + (5 X 21,05%)] = 3,95

1.2.3.1 Analisa Usulan Solusi 1

Perbandingan antara solusi 1 dengan seluruh fitur dasar memiliki nilai akumulasi sebesar 3,91. Solusi 1 berhubungan kuat dengan fitur *computing performance* karena solusi ini solusi ini dirancang dengan unit komputasi yang yang dapat melakukan sistem deteksi secara *realtime* menggunakan model deteksi objek berbasis CNN dengan performa yang mumpuni dalam tugas deteksi objek. Berhubungan kuat dengan *sensing capability* karena sistem ini memiliki sensor yang cukup kapabel dalam mendukung sistem deteksinya salah satunya sensor kamera webcam 2k, kamera mampu menangkap gambar dengan resolusi yang lumayan tinggi yang nantinya akan mendukung sistem objek deteksinya. Berhubungan sedang dengan *Accuracy Of Results* karena sistem ini dirancang fokus pada efisiensinya dalam mendeteksi buah kakao dalam jumlah sebanyak mungkin, sehingga memungkinkan proses deteksi semua kakao di kebun lebih cepat, dengan mengorbankan sedikit akurasinya. Berhubungan erat metode komputasi karena sistem ini menggunakan model deteksi objek berbasis CNN yang mendukung kondisi lingkungan sistemnya agar bekerja untuk mencapai tujuannya dengan lebih efisien.

Perbandingan antara solusi 1 dengan seluruh fitur tambahan memiliki nilai akumulasi sebesar 3. Solusi 1 berhubungan lemah dengan fitur *low cost* karena solusi ini memiliki komponen yang lumayan harganya jika dibandingkan dengan sensor lainnya, yaitu drone yang memiliki kisaran harga 2-3 juta rupiah. Berhubungan kuat dengan *low power* karena sistem ini hanya memiliki 2 komponen

hardware dalam sistemnya yang butuh daya yaitu drone, dan kamera webcam, yang masing-masing sudah memiliki sistem manajemen daya serta catu daya bawaan pabrik yang sudah efisien. Berhubungan sedang dengan *Easy to Use* karena selain aplikasi *mobile* sebagai *interface* dari sistem ini, terdapat kontroler drone juga yang mungkin butuh waktu dalam pembiasaan penggunaannya. Berhubungan lemah dengan *fast workmanship* karena untuk melakukan pengembangan sistem ini lumayan membutuhkan waktu yang lama, terutama pada saat menyinkronkan sistem yang ada pada drone dengan aplikasi. Berhubungan kuat dengan *information system* karena sistem ini dirancang untuk memiliki sistem informasi terkait penyakit-penyakit buah kakao serta cara menanganinya pada aplikasinya.

1.2.3.2 Analisa Usulan Solusi 2

Perbandingan antara solusi 2 dengan seluruh fitur dasar memiliki nilai akumulasi sebesar 3,91. Solusi 1 berhubungan kuat dengan fitur *computing performance* karena solusi ini solusi ini dirancang untuk memiliki unit komputasi yang cukup kuat, tahan lama, mampu untuk memonitoring data yang diambil dari sensor-sensornya dalam 24 jam. Berhubungan sedang dengan *sensing capability* karena sistem ini memiliki beberapa sensor sebagai komponen pendukung dalam sistem pendeteksiannya diantaranya sensor suhu, kelembapan tanah dan sensor cahaya. Berhubungan kuat dengan *Accuracy Of Results* karena sistem ini dirancang untuk memiliki tingkat akurasi yang tinggi, tetapi solusi ini tidak memiliki kapabilitas efisiensi pendeteksian buah kakao dalam jumlah yang sangat banyak seperti solusi pertama. Berhubungan erat metode komputasi karena sistem ini menggunakan sebuah model ML dengan arsitektur CNN yang merupakan salah satu arsitektur di bidang *machine learning* yang paling cocok dalam melakukan analisis citra.

Perbandingan antara solusi 2 dengan seluruh fitur tambahan memiliki nilai akumulasi sebesar 4,05. Solusi 2 berhubungan kuat dengan fitur *low cost* karena solusi ini memiliki komponen yang harganya cukup relatif murah yaitu sensor suhu, sensor kelembapan tanah, cahaya dan mikrokontroler. dengan estimasi total biaya untuk komponennya adalah 500 ribu hingga 1 juta. Berhubungan kuat dengan *low power* karena sistem ini hanya perlu menyuplai daya untuk komponen IoT dari sistemnya. Berhubungan sedang dengan *Easy to Use* karena sistem deteksinya yang

terletak pada aplikasinya yang bersifat *one-shot* atau dalam kata lain sistem ini hanya dapat mendeteksi penyakit pada beberapa jumlah kakao pada satu waktu, maka tingkat kemudahan penggunaan sistem ini menurun ketika pengguna perlu mendeteksi penyakit pada banyak buah kakao. Berhubungan lemah dengan *fast workmanship* karena untuk melakukan pengembangan sistem ini lumayan membutuhkan waktu yang lama, terutama pada saat menyinkronkan sistem yang ada pada aplikasi dengan komponen IoT-nya. Berhubungan kuat dengan *information system* karena sistem ini dirancang memiliki sistem informasi terkait penyakit-penyakit buah kakao serta cara menanganinya pada aplikasinya.

1.2.3.3 Analisa Usulan Solusi 3

Perbandingan antara solusi 3 dengan seluruh fitur dasar memiliki nilai akumulasi sebesar 2,46. Solusi 3 berhubungan sedang dengan fitur *computing performance* karena solusi ini solusi ini dirancang untuk memiliki unit komputasi yang cukup kuat, tahan lama, mampu untuk memonitoring data yang diambil dari sensor-sensornya dalam 24 jam. Berhubungan sedang dengan *sensing capability* karena sistem ini dirancang untuk memiliki cukup banyak sensor yang merupakan komponen utama sistem pendeteksiannya seperti sensor suhu, kelembapan tanah, ph tanah, kelembapan udara, tekanan udara dan cahaya. Berhubungan lemah dengan *Accuracy Of Results* karena sistem pendeteksian pada solusi ini berorientasi pada data-data lingkungan yang dibaca oleh sensor-sensornya sehingga tingkat akurasinya cukup rendah jika dibandingkan kedua solusi sebelumnya yang dilengkapi dengan analisis citra. Berhubungan lemah dengan metode komputasi karena sistem ini menggunakan algoritma sederhana seperti *Decision Tree* yang lebih sederhana dan efisien serta dapat melakukan pemantauan berbasis aturan dan keputusan preventif.

Perbandingan antara solusi 3 dengan seluruh fitur tambahan memiliki nilai akumulasi sebesar 3,95. Solusi 3 berhubungan kuat dengan fitur *low cost* karena solusi ini memiliki komponen yang harganya cukup relatif murah yaitu sensor suhu, sensor kelembapan tanah, ph tanah, sensor kelembapan udara, sensor tekanan udara, sensor cahaya dan mikrokontroler, dengan estimasi total biaya untuk komponennya adalah 750 ribu hingga 1.5 juta. Berhubungan sedang dengan *low power* karena

sistem ini perlu menyuplai daya untuk masing-masing *Node* dari jaringan sensornya. Berhubungan kuat dengan *Easy to Use* karena sistem deteksinya dilakukan otomatis secara berkala oleh sistemnya berdasarkan data-data yang didapatkan dari sensor-sensor sistemnya, jadi pengguna tinggal memantau dari aplikasinya saja. Berhubungan lemah dengan *fast workmanship* karena untuk melakukan pengembangan sistem ini lumayan membutuhkan waktu yang lama, terutama pada saat menyinkronkan *Node-Node* pada jaringan sensornya. Berhubungan kuat dengan *information system* karena sistem ini dirancang untuk memiliki sistem informasi terkait penyakit-penyakit buah kakao serta cara menanganinya pada aplikasinya.

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Berdasarkan analisis yang dilakukan berdasarkan fitur dasar didapatkan bahwa solusi pertama "Drone Dengan Sensor Kamera untuk Deteksi Penyakit Kakao dengan Analisis Harga Jual dan Penanganannya berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN)" dan solusi kedua "Sistem pendeteksi penyakit, penanganan serta prediksi harga jual buah kakao yang terintegrasi IoT dan aplikasi *mobile* yang berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN)" memiliki nilai yang sama. Oleh karena itu diperlukan analisis lebih lanjut dengan cara melakukan analisis pada setiap solusi berdasarkan fitur tambahannya. Hasilnya, didapatkan solusi kedua memiliki nilai paling tinggi dengan solusi lainnya yang disusul oleh solusi ketiga dan solusi pertama secara berurutan. Jadi solusi paling efektif untuk menyelesaikan masalah ini adalah solusi kedua yaitu Sistem pendeteksi penyakit, penanganan serta prediksi harga jual buah kakao yang terintegrasi IoT dan aplikasi *mobile* yang berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN).