

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan Masalah

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bekerja di bidang pertanian dan perekonomian Indonesia bergantung pada sektor pertanian. Salah satu hasil pertanian yang memiliki permintaan tinggi di Indonesia yaitu selada. Namun, produksi selada di Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan pasar yang terus meningkat. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2020), produksi selada di Indonesia hanya mencapai 101.129 ton, sementara permintaan pasar mencapai 300.204 ton[1]. Untuk menjamin kualitas dan kuantitas produksi selada yang baik, perlu adanya perhatian khusus terhadap pengendalian hama dan penyakit agar tanaman selada dapat tumbuh optimal tanpa adanya gangguan. Selada (*Lactuca Sativa L.*) merupakan sayuran yang dapat hidup pada daerah beriklim tropis dan subtropis[2]. Selada banyak diminati di pasaran karena memiliki banyak manfaat untuk kesehatan dan cocok untuk berbagai hidangan. Diantara manfaat dari selada yaitu dapat mencegah dehidrasi, menangkal radikal, bebas, membantu menurunkan tekanan darah, dan menurunkan berat badan. Permintaan akan selada ini terus meningkat seiring dengan berjalannya waktu karena meningkatnya konsumsi selada oleh masyarakat.

Selada memiliki berbagai penyakit yang dapat menyebabkan kondisi selada menjadi kurang baik bahkan juga dapat menyebabkan selada menjadi mati. Beberapa penyakit pada selada ini ada yang dapat menular dan ada juga yang tidak dapat menular ke selada lainnya. Adapun penyakit menular yang menginfeksi tanaman selada yaitu mata kodok dan embun tepung. Penyakit yang sering menyerang tanaman selada adalah penyakit mata kodok dimana penyakit ini bisa menyebar ke seluruh tanaman selada apabila tidak segera dilakukan pencegahan[3]. Penyakit Embun tepung pada selada menyukai kondisi yang hangat dan kering dan terjadi terutama pada selada dewasa. Spora ini dapat tersebar di udara melalui arus angin[4].

Penyakit menular ini harus diminimalisir oleh petani agar hasil panen selada tidak turun. Jika satu tanaman selada terinfeksi penyakit-penyakit ini, maka tanaman ini dapat menularkan penyakitnya ke tanaman selada lain yang masih sehat jika tanaman yang sakit ini tidak cepat ditangani.

Dengan adanya permasalahan sulit dan tidak efisiennya waktu petani untuk mendeteksi penyakit-penyakit menular pada selada dengan memantau kondisi selada satu persatu karena banyaknya selada yang dibudidayakan, maka dibutuhkan solusi yang mampu mengatasi permasalahan ini. *Stakeholder* dari permasalahan ini adalah petani selada. Solusi yang ditawarkan untuk permasalahan ini berfokus pada deteksi dua jenis penyakit menular pada tanaman selada, yaitu mata kodok dan embun tepung. Dengan mengetahui selada yang terinfeksi penyakit tersebut, petani dapat mencegah penyebaran penyakitnya sehingga dapat meningkatkan produksi selada dan meningkatkan perekonomian petani selada.

1.1.1 Informasi Pendukung Masalah

Tanaman selada memiliki tantangan seperti penyakit yang menjadi ancaman signifikan terhadap hasil dan kualitas dari tanaman selada sebagai sayuran berdaun yang banyak dikonsumsi[5]. Deteksi penyakit bertujuan untuk meminimalkan kesalahan dalam diagnosis dan mempercepat waktu identifikasi penyakit pada selada[6]. Penyakit embun tepung muncul sebagai bubuk putih yang mempengaruhi daun bagian atas dan bawah permukaan. Daun yang lebih tua terinfeksi lebih dulu dan menunjukkan gejala yang paling parah. Awalnya penyakit ini menyebabkan kurangnya kilau daun kemudian hasil infeksi yang parah menyebabkan daun menguning, berubah bentuk, dan akhirnya mengalami kondisi kematian sel dan jaringan[7]. Pada sebuah penelitian melalui uji Postulat Koch, inokulasi jamur *Cercospora* spp. pada tanaman selada sehat terbukti memicu gejala bercak daun dan pembusukan yang persis seperti di lapangan. Hal ini mengonfirmasi bahwa jamur tersebut merupakan patogen yang bisa menginfeksi dan menular secara aktif pada tanaman selada[8]. Penyebarannya melalui spora yang dihasilkan di kedua sisi bercak daun, yang terciprat oleh hujan, dan terbawa angin saat hujan. Penyakit ini dapat bertahan hidup di sisa-sisa tanaman, dan juga pada gulma. Suhu tinggi (25-

35°C) dan kelembapan tinggi atau hujan mendukung terjadinya wabah penyakit ini[9].

PT. Kebun Pangan Jaya (Kebun Sayur Pamulang) mengalami kerugian yang cukup signifikan dalam proses produksinya pada tahun 2017, yang disebabkan oleh beberapa faktor. Kerugian tersebut berhubungan langsung dengan ketidakmampuan perusahaan untuk mencapai target produksi yang telah ditetapkan, yaitu 500 kg per bulan. Produksi selada hidroponik yang dihasilkan selalu bervariasi dan tidak pernah mencapai target tersebut, dengan selisih terbesar terjadi pada bulan Desember (450 kg lebih rendah dari target) dan Oktober (426 kg lebih rendah dari target), yang menyebabkan kerugian karena tidak dapat memenuhi permintaan konsumen. Fluktuasi produksi ini dipengaruhi oleh cuaca yang berubah-ubah, kesalahan dalam pengelolaan oleh pekerja, serta serangan hama dan penyakit pada tanaman. Meskipun perusahaan sudah berusaha menanggulangi hama dan penyakit dengan menggunakan pestisida dan yellow trap, masalah tersebut tetap berdampak pada hasil produksi yang tidak maksimal, yang mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan[10].

Pada solusi yang telah ada sebelumnya, dilakukan implementasi oleh sistem pakar menggunakan algoritma *Forward Chaining* untuk mendeteksi penyakit pada tanaman selada. Algoritma *Forward Chaining* digunakan untuk logika inferensi dalam menentukan penyakit berdasarkan gejala. Solusi ini menggunakan pendekatan *blackbox* dengan berbagai skenario uji gejala penyakit tanaman selada. Hasil diagnosa menyediakan informasi penting tentang identifikasi penyakit, penyebaran, dan cara pengendaliannya, memberikan panduan yang berguna bagi petani[5]. Namun, solusi ini masih memiliki kekurangan dalam akurasi karena metode *Forward Chaining* bergantung pada data gejala yang diinputkan, jika data yang dimasukkan tidak akurat atau tidak lengkap, hasil diagnosis yang diberikan sistem bisa kurang akurat. Metode ini mengharuskan petani mengamati gejala secara rinci dan memasukkan data secara manual, yang bisa merepotkan dan memakan waktu, serta rentan terhadap kesalahan, terutama bagi petani yang kurang terlatih atau terbatas waktunya.

Pada solusi lain yang sudah ada dilakukan perancangan aplikasi pada *smartphone* untuk deteksi kematangan tanaman selada berbasis Android menggunakan nilai RGB citra secara *real-time*. Aplikasi ini dirancang dengan menggunakan pustaka OpenCV yang dapat digunakan untuk mendeteksi kondisi tanaman dengan pengolahan citra. Ada tiga kondisi yang digunakan sebagai parameter yaitu belum matang (BM), matang (M) dan terlalu matang (TM) dengan rentang nilai RGB untuk setiap kondisi berbeda-beda. Aplikasi ini dapat mendeteksi kematangan selada secara *real-time* menggunakan teknologi berbasis *smartphone*, yang memberikan kemudahan bagi petani untuk memantau tanaman mereka[11]. Namun, Pendekatan ini hanya menggunakan nilai RGB untuk menentukan kematangan. Ini dapat membuat hasil dari pendeteksian tidak akurat karena faktor lain seperti tekstur atau kelembapan juga dapat mempengaruhi kondisi tanaman.

Solusi ketiga yang sudah ada yaitu dirancang sebuah sistem deteksi Tip Burn pada selada hidroponik menggunakan metode *thresholding* pada warna *hue saturation value* digunakan untuk mendeteksi adanya penyakit tip burn pada daun selada. Solusi ini menggunakan modul kamera sebagai masukan pada proses deteksi, kemudian hasil tangkapan citra tersebut diproses di komputer untuk mendapatkan hasil deteksi melalui aplikasi antarmuka pengguna. Sistem deteksi penyakit ini menggunakan fitur warna *Hue, Saturation dan Value* (HSV) yang mana fitur warna HSV ini digunakan untuk menganalisis perubahan warna daun yang terinfeksi penyakit. Pada proses deteksi penyakit digunakan metode segmentasi *thresholding* dengan hasil berupa daun selada normal dan daun selada tip burn. Pada data uji yang dilakukan pada solusi ini terdapat satu data uji yang tidak akurat. Ini bisa terjadi dikarenakan penggunaan kamera yang resolusinya tidak cukup tinggi[12].

1.1.2 Analisis Masalah

a. Aspek Ekonomi

Solusi yang ditawarkan akan membantu petani mengurangi kerugian panen dan biaya sehingga meningkatkan keuntungan

b. Aspek Lingkungan

Solusi dapat mengurangi penggunaan pestisida sehingga menurunkan risiko pencemaran tanah dan air

c. Aspek Waktu dan Sumber Daya Manusia

Solusi dapat menghemat waktu dan tenaga petani dengan pemantauan otomatis

d. Aspek Kesejahteraan

Solusi dapat meningkatkan hasil panen, sehingga kesejahteraan petani lebih terjamin

1.1.3 Kebutuhan yang Harus Dipenuhi

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, kebutuhan yang harus dipenuhi oleh sistem untuk menyelesaikan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

- Alat yang dibangun harus dapat mendeteksi selada yang terinfeksi salah satu dari dua penyakit menular, yaitu mata kodok dan embun tepung
- Alat yang dibangun harus dapat memberikan informasi kepada petani bahwasannya terdapat selada yang terinfeksi salah satu dari dua penyakit menular
- Alat yang dibangun harus menggunakan algoritma yang mampu memproses data secara akurat untuk mendeteksi selada yang terinfeksi salah satu dari dua penyakit menular, yaitu mata kodok dan embun tepung

1.1.4 Tujuan

Tujuan yang diharapkan dari solusi yang mengatasi masalah di atas sebagai berikut :

- Membuat sistem yang dapat mendeteksi penyakit mata kodok dan embun tepung
- Membuat sistem yang dapat memberikan informasi ke petani bahwa terdapat selada yang terinfeksi penyakit mata kodok dan embun tepung
- Membuat sistem yang dapat mendorong petani untuk mencegah penularan penyakit pada selada

1.2 Solusi

Solusi yang akan diberikan untuk mengatasi permasalahan sulitnya mendeteksi penyakit menular pada selada secara manual akan berfokus pada kondisi daun

selada. Solusi yang diberikan harus mengetahui daun selada yang terinfeksi penyakit menular.

1.2.1 Karakteristik Produk

1. Fitur Dasar

Solusi yang ditawarkan untuk mengatasi masalah di atas harus memiliki beberapa fitur dasar sebagai berikut :

a. *Sensing Capability*

Sistem mampu mendeteksi daun selada yang terinfeksi penyakit mata kodok dan embun tepung

b. *Notification Capability*

Sistem mampu memberikan informasi kepada petani(*user*) mengenai selada yang terinfeksi penyakit mata kodok dan embun tepung

c. Akurat

Sistem mampu bekerja dengan baik karena menggunakan komponen dan metode yang terbaik sehingga menghasilkan output dengan tingkat akurasi yang tinggi.

d. *Data Logging*

Sistem dapat menyimpan data historis tentang kondisi selada yang memungkinkan petani untuk melacak kondisi selada dari waktu ke waktu.

e. *Energy Consumptions*

Sistem dapat bekerja dengan menggunakan konsumsi energi yang minimal

2. Fitur Tambahan

Selain fitur dasar, solusi yang akan diberikan juga memiliki fitur tambahan yang dapat menjadi nilai tambah pada solusi yaitu sebagai berikut :

- a. Solusi dapat diselesaikan kurang dari 6 bulan
- b. Solusi tidak memerlukan perawatan khusus
- c. Biaya untuk solusi ini tidak melebihi Rp. 5.000.000,-
- d. Solusi memiliki kerangka yang kokoh

1.2.2 Usulan Solusi

Dari pembahasan masalah sebelumnya yaitu tentang masalah sulitnya mendeteksi penyakit menular pada selada secara manual maka diberikan beberapa usulan solusi sebagai berikut :

1.2.2.1 Solusi 1 : Sistem deteksi penyakit menular pada selada berbasis kamera dengan Faster R-CNN (*Region-based Convolutional Neural Networks*)

Pada solusi ini akan dibangun sistem yang dapat memantau kondisi daun selada dan mendeteksi penyakit embun tepung dan mata kodok pada daun selada menggunakan kamera. Sistem menggunakan algoritma faster R-CNN yang dilatih dengan dataset gambar daun selada yang menunjukkan pola penyakit embun tepung dan mata kodok pada daun selada. Jika salah satu dari penyakit tersebut terdeteksi, maka mikroprosesor akan memberikan sinyal berupa notifikasi ke petani bahwasannya terdapat selada yang terinfeksi penyakit embun tepung atau mata kodok.

Faster R-CNN (*Faster Region-based Convolutional Neural Network*) adalah algoritma deteksi objek berbasis dua tahap (*two-stage object detection*). Komponen pertama adalah jaringan konvolusi mendalam yang bertugas menghasilkan proposal wilayah pada gambar. Komponen kedua adalah detektor Fast R-CNN yang menggunakan wilayah-wilayah tersebut untuk mengidentifikasi dan mengenali objek. Kedua komponen ini bekerja bersama-sama untuk membentuk sistem deteksi objek yang efisien[13][14].

RPN adalah jaringan saraf konvolusi yang dirancang untuk memprediksi lokasi objek (*bounding box*) dan memberikan skor objek secara simultan di setiap lokasi gambar. Proses ini dilakukan dengan membagi gambar menjadi area-area kecil menggunakan metode *sliding window*, kemudian mengkategorikan area tersebut sebagai wilayah "positif" (mengandung objek) atau "negatif" (tidak mengandung objek). Untuk mempermudah penghitungan, RPN dan jaringan Fast R-CNN berbagi lapisan konvolusi yang sama. Setelah itu, wilayah yang diusulkan oleh RPN dianalisis lebih lanjut oleh Fast R-CNN untuk mendeteksi jenis objek dalam gambar dengan lebih akurat. RPN menggunakan metode anchor box untuk menyesuaikan

skala dan rasio berbagai ukuran objek dalam gambar. Dengan pendekatan ini, jaringan mampu mengakomodasi variasi ukuran dan bentuk objek. RPN dilatih menggunakan fungsi kerugian (*loss function*) multi-tugas, yang mencakup kerugian klasifikasi (untuk menentukan apakah wilayah mengandung objek) dan kerugian regresi (untuk memperkirakan kotak pembatas objek). Kombinasi metode ini memungkinkan Faster R-CNN untuk menghasilkan deteksi yang cepat dan akurat, bahkan dalam gambar yang kompleks. Model Faster R-CNN memiliki kelebihan berupa kemampuan deteksi yang baik dengan akurasi yang tinggi. Namun, kekurangannya adalah waktu komputasi yang relatif lama[13][15].

1.2.2.2 Solusi 2 : Sistem deteksi penyakit menular pada selada berbasis kamera dengan YOLO

Pada solusi ini akan dibangun sistem yang menggunakan kamera dan algoritma YOLO untuk mendeteksi penyakit mata kodok dan embun tepung pada daun selada. Kamera akan mengambil gambar daun selada kemudian gambar akan diproses oleh algoritma YOLO. Algoritma ini akan mendeteksi setiap detail kecil pada gambar yang diambil oleh kamera, sehingga dapat mendeteksi penyakit menular pada selada. Ketika penyakit menular terdeteksi, mikroprosesor akan mengirimkan notifikasi kepada petani terkait selada yang terinfeksi penyakit menular.

Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) adalah suatu teknik dalam deteksi objek yang termasuk dalam area visi komputer dan pembelajaran mendalam. Algoritma ini dirancang untuk mengenali dan menentukan lokasi objek yang terdapat pada gambar atau video dengan kecepatan dan akurasi tinggi. YOLO memungkinkan deteksi objek secara *real-time*, sehingga mampu memproses dan mengidentifikasi objek dalam gambar atau video dengan sangat cepat[16]. Berbeda dengan kebanyakan algoritma sistem deteksi lainnya, YOLO menerapkan jaringan syaraf tunggal pada keseluruhan gambar. Jaringan akan membagi gambar menjadi wilayah-wilayah kemudian memprediksi *bounding box* (kotak pembatas) dan probabilitas. Setiap kotak pembatas di hitung probabilitasnya untuk pengklasifikasian sebagai objek atau bukan. Pada bagian akhir akan dipilih kotak pembatas dengan nilai yang paling tinggi untuk dijadikan sebagai pemisah objek satu dengan yang lain[17].

1.2.2.3 Solusi 3 : Sistem deteksi penyakit pada selada menggunakan pengolahan citra digital berbasis *Local Binary Pattern* (LBP)

Sistem bekerja dengan cara mengambil gambar daun selada melalui kamera yang dipasang di atas lahan. Gambar yang diambil kemudian diproses menggunakan teknik LBP yang menghasilkan pola biner yang menggambarkan tekstur lokal pada daun selada. Fitur tekstur yang dihasilkan dari proses ini kemudian dianalisis untuk mendeteksi tanda-tanda penyakit seperti embun tepung dan mata kodok, yang memiliki pola tekstur yang khas dan berbeda. Jika sistem menemukan pola yang sesuai dengan salah satu penyakit tersebut, mikroprosesor akan mengirimkan notifikasi kepada petani untuk memberitahukan bahwa terdapat selada terinfeksi penyakit tersebut.

Local Binary Pattern merupakan metode yang digunakan sebagai ukuran tekstur grayscale yang terbukti efektif dan invariant terhadap pencahayaan yang berbeda. Metode ini teruji ampuh untuk mendeskripsikan tekstur, karena memiliki daya pembeda yang akurat, serta mempunyai toleransi terhadap perubahan *grayscale*. LBP dimanfaatkan untuk deskripsi tekstur dan didukung oleh komposisi pola mikro yang dapat dijelaskan oleh sebuah operator. Operator tersebut bekerja dengan cara memberikan label pada piksel dengan melakukan *thresholding* pada setiap piksel tetangga sebagai nilai tengah dan mengubah hasilnya menjadi nilai 0 atau 1 (biner). Oleh sebab itu, *fundamental pattern* ini sebagai *uniform pattern* karena mengandung dua *bitwise transition* dari 0 ke 1 dan sebaliknya. Apabila piksel bernilai kurang dari nilai tengah (piksel yang diolah) maka akan diberi nilai 0, sedangkan piksel yang memiliki nilai lebih dari nilai tengah maka akan diberi nilai 1. Kekurangan dari LBP yaitu algoritma ini tidak selalu akurat dalam memodelkan pola tekstur global yang kompleks. Teknik ini lebih cocok untuk menggambarkan pola tekstur lokal dalam citra[18][19].

1.2.3 Analisis Usulan Solusi

Berdasarkan usulan solusi yang diberikan, dilakukan analisis dengan *House of Quality(HOQ)* seperti pada tabel 1.1 dibawah ini.

Tabel 1.1 *House of Quality*

Konstrain/Karakteristik	Importance Rating	Percentage Rating	▲	▲	▲	▲	▼	Percentage Rating	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
			Sensing Capability	Notification Capability	Akurat	Data Logging	Energy Consumptions				
Harga $\leq$ 5.000.000	5	33,3 %	▲	○	▲		○	33,3 %	●	●	●
Menggunakan kerangka yang kokoh	3	20%	○	○	○	○		20%	○	○	○
Tidak memerlukan perawatan khusus	2	13,3 %	○		●			13,3 %	○	○	○
Selesai < 6 bulan	5	33,3 %	○	○	▲	○		33,3 %	○	●	●
Importance Rating			35	39	39	24	15		3,663	4,329	4,329
Percentage Rating			23%	25,7 %	25,7 %	15,7 %	9,9 %				
Solusi 1			●	○	●	○	▲	3,776	Relationship matrix		
Solusi 2			●	○	●	○	○	3,974			
Solusi 3			●	○	▲	○	●	3,144			
									▲	Weak	1
										No relation	0

Pada fitur tambahan diberikan *importance rating* pada setiap fiturnya dari rentang 1-5. untuk fitur harga $\leq$ 5.000.000 memiliki rating 5 karena fitur ini penting dalam perancangan solusi, fitur menggunakan kerangka yang kokoh memiliki rating 3 karena fitur ini cukup penting, selanjutnya fitur tidak memerlukan perawatan khusus memiliki rating 2 karena pentingnya fitur ini tidak terlalu signifikan, dan yang terakhir fitur selesai < 6 bulan memiliki rating 5 karena solusi ini harus dapat selesai kurang dari 6 bulan.

Hubungan antara *sensing capability* dengan harga yang $\leq$ 5.000.000 kurang berhubungan karena jika ingin *sensing capability* yang tinggi maka akan menggunakan komponen yang terbaik sehingga harga yang dibutuhkan akan meningkat bukan menurun. Hubungan *notification capability* dengan harga yang $\leq$ 5.000.000 hubungannya sedang karena jika *notification capability* ingin ditingkatkan maka harga dapat bisa meningkat dan juga bisa tidak sesuai dengan sistem yang dirancang. Hubungan Akurat dengan harga yang $\leq$ 5.000.000 kurang berhubungan atau hubungannya rendah karena jika ingin akurat yang tinggi maka komponen yang terbaik sehingga harga yang dibutuhkan akan meningkat bukan

menurun. Hubungan *energy consumptions* dengan harga yang $\leq 5.000.000$ hubungannya sedang karena jika *energy consumptions* ingin diminimalkan maka harga dapat bisa meningkat dan juga bisa tidak sesuai dengan sistem yang dirancang.

Hubungan antara *sensing capability* dengan menggunakan kerangka yang kokoh hubungannya sedang karena jika ingin *sensing capability* meningkat maka komponen harus tetap terjaga dengan menggunakan kerangka yang kokoh, namun tanpa kerangka yang kokoh jika sistem tidak terganggu oleh lingkungan *sensing capability* tetap bisa maksimal. Hubungan *notification capability* dengan menggunakan kerangka yang kokoh hubungannya sedang karena notifikasi dapat terganggu jika komponen terganggu, tetapi jika tidak ada gangguan eksternal pada komponen sistem maka notifikasi dapat berfungsi dengan baik. Hubungan akurat dengan menggunakan kerangka yang kokoh hubungannya sedang karena jika komponen terjaga dengan menggunakan kerangka yang kokoh maka akurasi akan tinggi dan tanpa kerangka yang kokoh akurasi tetap bisa maksimal jika sistem tidak terganggu oleh lingkungan. Hubungan akurat dengan menggunakan kerangka yang kokoh hubungannya sedang karena data dapat hilang atau tidak terekam jika komponen terganggu, tetapi jika tidak ada gangguan eksternal pada komponen sistem maka data logging dapat berfungsi dengan baik.

Hubungan antara *sensing capability* dengan tidak memerlukan perawatan khusus hubungannya sedang karena komponen memang perlu diperhatikan atau diberi perawatan untuk waktu tertentu agar mengetahui kendala pada komponen, namun tidak baik juga untuk melakukan perawatan terus menerus atau terlalu sering karena ini dapat mengurangi *sensing capability* nya. Hubungan akurat dengan tidak memerlukan perawatan khusus hubungannya kuat karena jika ingin akurat yang tinggi lebih baik jangan melakukan perawatan agar akurasinya tetap baik dan stabil.

Hubungan antara *sensing capability* dengan selesai < 6 bulan hubungannya sedang karena *sensing capability* dapat meningkat dengan waktu kecil atau besar dari 6 bulan. Hubungan *notification capability* dengan selesai < 6 bulan hubungannya sedang karena *notification capability* dapat meningkat dengan waktu kecil atau besar dari 6 bulan. Hubungan akurat dengan selesai < 6 bulan hubungannya kecil

atau berlawanan karena jika ingin akurasi yang tinggi maka untuk pemrograman sistem itu akan memerlukan waktu yang cukup lama. Hubungan *data logging* dengan selesai <6 bulan hubungannya sedang karena *data logging* dapat meningkat dengan waktu kecil atau besar dari 6 bulan.

Pada solusi 1, *sensing capability* kuat karena menggunakan kamera, kemudian *notification capability* sedang karena dapat memberikan notifikasi yang tidak kompleks, selanjutnya akuratnya tinggi karena menggunakan algoritma *faster R-CNN*, lalu untuk data loggingnya sedang karena solusi ini akan memberikan data yang tidak cukup kompleks, dan terakhir *energy consumptions* nya berlawanan karena solusi 1 ini menggunakan konsumsi energi yang tinggi karena algoritmanya yang kompleks. Pada solusi 2, *sensing capability* kuat karena menggunakan kamera, kemudian *notification capability* sedang karena dapat memberikan notifikasi yang tidak kompleks, selanjutnya akuratnya tinggi karena menggunakan algoritma YOLO, lalu untuk data loggingnya sedang karena solusi ini akan memberikan data yang tidak cukup kompleks, dan terakhir *energy consumptions* nya sedang karena solusi 2 ini menggunakan konsumsi energi yang sedang. Pada solusi 3, *sensing capability* sedang karena kuat karena menggunakan kamera, kemudian *notification capability* sedang karena dapat memberikan notifikasi yang tidak kompleks, selanjutnya akuratnya rendah karena metode LBP tidak selalu akurat dalam memodelkan pola tekstur global yang kompleks, dan terakhir *energy consumptions* nya kuat karena solusi 3 ini menggunakan konsumsi energi yang rendah.

Dari penjelasan analisis *house of quality* yang telah dijabarkan, berikut perhitungan ketiga solusi terhadap fitur dasar yaitu:

$$\text{Solusi 1 : } (5 \times 23\%) + (3 \times 25,7\%) + (5 \times 25,7\%) + (3 \times 15,7\%) + (1 \times 9,9\%) = 3,776$$

$$\text{Solusi 2 : } (5 \times 23\%) + (3 \times 25,7\%) + (5 \times 25,7\%) + (3 \times 15,7\%) + (3 \times 9,9\%) = 3,974$$

$$\text{Solusi 3 : } (5 \times 23\%) + (3 \times 25,7\%) + (1 \times 25,7\%) + (3 \times 15,7\%) + (5 \times 9,9\%) = 3,144$$

Karena perbedaan hubungan ketiga usulan solusi dengan fitur dasar tidak mencapai 1, maka dibutuhkan perhitungan hubungan ketiga usulan solusi dengan fitur

tambahan. Berikut perhitungan menggunakan *house of quality* ketiga solusi terhadap fitur tambahan yaitu:

$$\text{Solusi 1 : } (5 \times 33,3\%) + (3 \times 20\%) + (3 \times 13,3\%) + (3 \times 33,3\%) = 3,663$$

$$\text{Solusi 2 : } (5 \times 33,3\%) + (3 \times 20\%) + (3 \times 13,3\%) + (5 \times 33,3\%) = 4,329$$

$$\text{Solusi 3 : } (5 \times 33,3\%) + (3 \times 20\%) + (3 \times 13,3\%) + (5 \times 33,3\%) = 4,329$$

Pada solusi 1, harga $\leq 5.000.000$ kuat karena harga dari komponen yang digunakan pada solusi ini kurang dari 5.000.000. Fitur menggunakan kerangka yang kokoh bernilai sedang karena kerangka dapat melindungi komponen yang digunakan, namun juga tidak menjamin dapat menjaga alat jika terjadi kondisi ekstrim seperti badai atau beban berat. Fitur tidak memerlukan perawatan khusus bernilai sedang karena meskipun tidak diperlukan perawatan khusus, solusi masih memerlukan perawatan ringan. Solusi ini dapat diselesaikan kurang dari 6 bulan walaupun cukup lama dalam pengembangannya dibandingkan dengan solusi 2 dan 3.

Pada solusi 2, harga $\leq 5.000.000$ kuat karena harga dari komponen yang digunakan pada solusi ini kurang dari 5.000.000. Fitur menggunakan kerangka yang kokoh bernilai sedang karena kerangka dapat melindungi komponen yang digunakan, namun juga tidak menjamin dapat menjaga alat jika terjadi kondisi ekstrim seperti badai atau beban berat. Fitur tidak memerlukan perawatan khusus bernilai sedang karena meskipun tidak diperlukan perawatan khusus, solusi masih memerlukan perawatan ringan. Solusi ini dapat diselesaikan kurang dari 6 bulan.

Pada solusi 3, harga $\leq 5.000.000$ kuat karena harga dari komponen yang digunakan pada solusi ini kurang dari 5.000.000. Fitur menggunakan kerangka yang kokoh bernilai sedang karena kerangka dapat melindungi komponen yang digunakan, namun juga tidak menjamin dapat menjaga alat jika terjadi kondisi ekstrim seperti badai atau beban berat. Fitur tidak memerlukan perawatan khusus bernilai sedang karena meskipun tidak diperlukan perawatan khusus, solusi masih memerlukan perawatan ringan. Solusi ini dapat diselesaikan kurang dari 6 bulan.

Total jumlah pemenuhan hubungan antara ketiga usulan solusi dengan fitur dasar dan fitur tambahan yaitu:

1. Solusi 1 = $3,776 + 3,663 = 7,439$
2. Solusi 2 = $3,974 + 4,329 = 8.303$
3. Solusi 3 = $3,144 + 4,329 = 7,473$

Setelah dijumlahkan, diperoleh bahwa solusi 2 yaitu sistem deteksi penyakit menular pada selada berbasis kamera dengan YOLO memiliki nilai yang paling tinggi diantara solusi lainnya.

1.2.4 Solusi yang Dipilih

Setelah dilakukan analisis menggunakan *house of quality* didapatkan hasil bahwa solusi kedua yang memiliki nilai lebih tinggi dibanding solusi lain dengan nilai 8.303. Perbandingan antara solusi 1 dan 2 pada fitur dasar hanya berbeda pada bagian *energy consumptions*. Solusi 1 menggunakan algoritma *faster R-CNN* yang konsumsi energinya cukup tinggi karena algoritma memiliki 2 tahap yang membuatnya cukup kompleks, sedangkan pada solusi 2 menggunakan algoritma YOLO yang konsumsi energinya cukup rendah karena algoritmanya yang tidak terlalu kompleks. Solusi ini akan menggunakan kamera untuk mendeteksi penyakit menular pada daun selada, kemudian ketika sistem mendeteksi penyakit tersebut maka akan dikirimkan notifikasi ke petani bahwasannya terdapat selada yang terinfeksi penyakit menular.

