

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 Pengenalan Masalah**

Tanaman cabai (*Capsicum annuum*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang sangat penting dalam sektor pertanian di Indonesia. Selain berfungsi sebagai bahan pokok hampir di semua masakan khas Nusantara, cabai juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pendapatan para petani di berbagai daerah. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi cabai besar di Indonesia mencapai 1,55 juta ton pada tahun 2023, sementara untuk cabai rawit mencapai 1,51 juta ton [1]. Tingginya permintaan yang stabil, baik dari rumah tangga, industri makanan, maupun pasar ekspor, menjadikan cabai memiliki peranan vital dalam mendukung ketahanan pangan dan perekonomian nasional.

Meskipun potensi produksinya besar, budidaya cabai di Indonesia dihadapkan pada tantangan serius berupa serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang sering kali terlambat diantisipasi. Fokus utama permasalahan terletak pada pengenalan gejala visual (*symptoms*) yang muncul pada fisik tanaman, di mana gejala tersebut merupakan indikator biologis dari serangan penyakit spesifik yang dapat menular dengan cepat. Sebagai contoh, munculnya gejala bercak-bercak nekrotik (kematian jaringan) berwarna hitam atau abu-abu pada daun sering kali merupakan manifestasi awal dari penyakit Antraknosa (*Colletotrichum sp.*) ataupun penyakit bercak daun (*Cercospora sp.*). Jika tidak ditangani, bercak ini akan meluas menyebabkan kerontokan daun dan pembusukan buah. Di sisi lain, gejala perubahan warna daun menjadi kuning terang (*chlorosis*) yang disertai pengeringan helai daun adalah tanda khas serangan virus kuning (*Gemini Virus*) yang dibawa oleh vektor kutu kebul. Ketidakmampuan membedakan gejala-gejala ini pada tahap dini sering kali berujung pada ledakan populasi penyakit yang sulit dikendalikan.

Masalah identifikasi ini memiliki dampak sistemik yang merugikan, terutama bagi petani yang masih mengandalkan metode pengamatan manual. Keterbatasan mata manusia dalam memantau ribuan tanaman di lahan luas sering menyebabkan fenomena *missed detection*, di mana gejala penyakit berukuran mikro atau yang tersamar oleh pantulan cahaya matahari terlewatkan. Akibatnya, petani baru menyadari adanya infeksi ketika penyakit sudah menyebar luas, yang memaksa penggunaan pestisida kimia secara berlebihan.

Hal ini tidak hanya meningkatkan biaya produksi secara drastis, tetapi juga berpotensi menurunkan kualitas hasil panen dan mencemari lingkungan. Secara makro, kegagalan panen akibat penyakit ini berkontribusi langsung pada fluktuasi pasokan yang memicu kenaikan harga cabai di pasaran dan mengganggu stabilitas inflasi. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam terhadap parameter identifikasi penyakit sangat penting untuk meningkatkan ketepatan diagnosis serta mencegah penyebaran yang lebih luas.

### 1.1.1 Informasi Pendukung

Secara umum, petani cabai cenderung tidak menerapkan pendekatan terpadu untuk mengendalikan hama, terutama karena kurangnya pengetahuan dan keterampilan. Sebagian besar pengendalian hama dilakukan melalui penggunaan pestisida kimia secara berlebihan, demi mencegah penurunan produktivitas atau kegagalan panen yang dapat merugikan, meskipun penggunaan pestisida seharusnya mengikuti prinsip enam tepat, yaitu tepat sasaran, tepat mutu, tepat jenis, tepat waktu, tepat dosis, dan tepat cara.

#### a. Data dan Fakta

Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian, produksi cabai nasional dalam beberapa tahun terakhir mengalami fluktuasi akibat tingginya tingkat serangan hama dan penyakit. Beberapa data yang mendukung permasalahan ini antara lain:

1. Tanaman cabai umumnya mulai terserang penyakit diantaranya pada fase transplanting hingga fase generatif[3].

2. Gejala umum tanaman cabai yang terlihat secara visual oleh petani diantaranya; bercak daun, kelayuan, dan perubahan warna daun. Adapun bentuk visual dari tanda-tanda diatas ditunjukkan pada gambar 1.1 dibawah ini.



**Gambar 1.1 Bentuk Visual Bercak Daun dan Virus Kuning**

3. Penyakit bercak daun dan virus kuning merupakan dua patogen utama pada tanaman cabai dengan karakteristik kerusakan dan metode penanganan yang berbeda. Bercak daun yang disebabkan oleh infeksi jamur *Cercospora capsici* memunculkan gejala *lesi nekrotik* "mata katak" pemicu defoliasi, yang pengendaliannya difokuskan pada sanitasi lingkungan dan aplikasi fungisida. Sebaliknya, virus kuning yang disebarluaskan oleh vektor kutu kebul (*bemisia tabaci*) bersifat sistemik dan tidak dapat diobati, dengan gejala klorosis cerah, deformasi daun, serta kekerdilan permanen, sehingga penanganannya mewajibkan tindakan eradikasi total tanaman terinfeksi dan pemutusan rantai penyebaran vektor menggunakan insektisida serta perangkap kuning. [4].
4. Serangan virus *Cucumber Mosaic Virus* (CMV) dan *Chili Veinal Mottle Virus* (ChiVMV). Terdapat gejala umum yaitu, keriting daun, belang kuning, serta pertumbuhan tanaman yang terhambat. Virus ini ditularkan melalui vektor serangga seperti kutu daun dan kutu kebul yang sangat sulit dikendalikan secara manual[5].

### **b. Solusi yang sudah ada**

Dalam mengatasi permasalahan ini, adapun solusi yang telah diterapkan di lapangan, tetapi memiliki keterbatasan, diantaranya:

1. Penggunaan pestisida.

Banyak petani menggunakan pestisida sebagai solusi utama dalam mengendalikan hama dan penyakit. Namun, penggunaan pestisida yang belum menggunakan metode enam tepat dan berlebihan menyebabkan resistensi hama, pencemaran lingkungan, serta membahayakan kesehatan manusia. Hal ini disebabkan karena masih dilakukan secara manual dengan pengetahuan yang ada.

2. Pengamatan manual oleh petani.

Sebagian besar petani masih bergantung pada pengamatan visual untuk mengidentifikasi penyakit. Namun, metode ini sering kali kurang akurat karena keterbatasan pengetahuan dan ketidaktepatan dalam membedakan gejala penyakit.

3. Sistem pakar berbasis teknologi.

Beberapa aplikasi berbasis sistem pakar sudah mulai dikembangkan, tetapi kekurangannya kebanyakan masih berbasis teks dan gambar statis, serta belum mengadopsi teknologi berbasis kecerdasan buatan (AI) dan *Internet of Things* (IoT) untuk deteksi otomatis.

4. Teknologi *smart greenhouse*.

Sistem ini memanfaatkan *embedded system* dan *internet of things* (IoT) yang bertujuan untuk mengoptimalkan kondisi iklim mikro yang diperlukan untuk pertumbuhan. Sistem ini menggunakan logika *fuzzy* untuk mengukur suhu dan kelembaban saja, kekurangannya belum dapat mendeteksi hama dan penyakit secara visual[6].

5. *Smart Farming*.

Sistem ini bertujuan untuk mengembangkan sistem penyiraman otomatis pada green house cabai keriting dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Dengan menggunakan sensor kelembaban dan pH tanah, sistem ini dapat memantau kondisi tanah secara *real-time*[7]. Kekurangan dari sistem *smart farming* ini, sistem

hanya menganalisis kelembaban dan pH tanah saja dengan tujuan untuk melakukan penyiraman otomatis, sehingga sistem ini belum dapat mendeteksi penyakit dan hama pada cabai.

### **1.1.2 Analisis Masalah**

#### **a. Aspek**

##### **1. Aspek Ekonomi**

Tanaman yang terinfeksi mengalami gangguan pertumbuhan dan penurunan hasil panen. Sebuah studi menunjukkan bahwa penyakit seperti antraknosa dan layu bakteri dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 50–100% jika tidak ditangani dengan tepat.

##### **2. Aspek Lingkungan**

Karena kesulitan dalam mengidentifikasi penyakit secara akurat, petani cenderung menggunakan pestisida atau fungisida secara berlebihan, yang berpotensi merusak keseimbangan ekosistem dan mencemari tanah serta air.

##### **3. Aspek Sosial**

Ketidakpastian dalam mendeteksi dan mengendalikan penyakit menambah tekanan psikologis dan beban kerja bagi petani, yang sering kali harus melakukan berbagai metode coba-coba untuk menangani infeksi.

### **1.1.3 Kebutuhan yang harus dipenuhi**

1. Sistem dapat mendeteksi dini penyakit menular yang lebih akurat dan efisien.
2. Sistem dapat mengirimkan notifikasi kepada petani.
3. Sistem mudah dan dapat digunakan oleh petani.

### **1.1.4 Tujuan**

Dari analisa masalah dan rincian kebutuhan yang telah dijelaskan, maka alat yang dirancang bertujuan membuat suatu sistem yang dapat memantau dan mendeteksi dini penyakit menular pada tanaman cabai yang akurat, efisien, dan mudah digunakan sehingga petani dapat mendeteksi, mencegah, dan menangani penyakit lebih cepat, mengurangi kehilangan hasil panen pertanian.

## 1.2 Solusi

### 1.2.1 Karakteristik Produk

#### a. Fitur Dasar

- 1) *Computing Performance* : sistem ini dapat menganalisis gejala penyakit dari gambar tanaman cabai.
- 2) *Sensing Capability* : sistem mampu menangkap dan mendeteksi penyakit pada tanaman cabai yang dideteksi melalui daun.
- 3) Sistem Notifikasi Dini: Mengirim peringatan otomatis jika ditemukan indikasi awal penyakit dan tindakan yang tepat.
- 4) Metode Komputasi : Sistem dapat melakukan pemrosesan pengelolaan data yang akurat dan menghasilkan akurasi yang tinggi.

#### b. Fitur Tambahan

- 1) *Short Time* : Produk dapat dibuat < 6 bulan
- 2) *Low Cost* : Biaya pembuatan produk < 3Jt.
- 3) *Low Power* : Produk ini harus menggunakan daya yang rendah agar dapat menghemat biaya operasi.

### 1.2.2 Usulan Solusi

#### a. Solusi 1 : Sistem deteksi penyakit pada cabai berbasis kamera RGB dan mikrokontroler dengan model sistem berbentuk kamera statis.

Solusi ini dibangun dengan sistem yang dapat memantau perkembangan tanaman cabai menggunakan kamera RGB sehingga dapat mendeteksi tanaman cabai yang terkena penyakit antraknosa, kutu kebul, dan bakteri yang terlihat dari bercak daun, bercak buah, dan layu daun pada tanaman. Sistem ini dibangun dengan menggunakan mikrokontroler yang diintegrasikan dengan kamera RGB dengan ketentuan dalam melakukan pemantauan dan tindakan sistem ini dibatasi hanya dapat melakukan pengambilan gambar ketika terdapat kondisi cahaya mencukupi untuk pengambilan gambar sehingga sistem mampu mengenali pola gambar penyakit yang diidentifikasi melalui daun dan buah. Dalam sistem ini gambar yang diambil melalui kamera RGB akan diproses menggunakan metode computer vision dengan model *Convolutional Neural Network*

(CNN) yang dilatih dengan dataset gambar daun maupun buah cabai sehingga dapat mengenali penyakit cabai. Jika salah satu penyakit terdeteksi, maka mikrokontroler akan mengolah data dan mengirimkan notifikasi kepada petani melalui sistem mikrokontroler. Sistem ini juga dapat memberikan tindakan keputusan yang tepat, dengan melakukan tindakan awal untuk penyemprotan fungisida.

*Convolutional Neural Network* (CNN) merupakan algoritma *deep learning* yang digunakan untuk memproses inputan data gambar, menentukan kepentingan (bobot dan bias yang dapat dipelajari) ke berbagai aspek dalam gambar dan berfungsi untuk membedakan objek satu dengan objek lainnya. CNN adalah salah satu jenis arsitektur neural network yang biasa digunakan pada data *image*. CNN bekerja dengan mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar, seperti warna, tekstur, pola, dan bentuk, yang tidak mudah dikenali secara manual atau oleh algoritma konvensional. Dalam sistem ini, CNN menjadi inti dari proses pengambilan keputusan, karena model ini mampu mengenali gejala penyakit secara visual lebih cepat dan akurat dibandingkan pengamatan manual oleh manusia[8].

**b. Solusi 2 : Sistem deteksi penyakit pada cabai berbasis kamera Infrared dan mikrokomputer dengan model sistem berbentuk robot berjalan.**

Solusi ini dirancang sebagai sebuah sistem robot bergerak (*mobile robot*) yang mampu melakukan pemantauan dan deteksi dini penyakit pada tanaman cabai dengan memanfaatkan kamera inframerah dan mikrokomputer. Robot berjalan di sepanjang blok tanaman cabai untuk menangkap citra termal dari daun maupun buah cabai. Citra inframerah dipilih karena tidak bergantung pada pencahayaan, sehingga sistem tetap dapat berfungsi pada kondisi minim cahaya, malam hari, maupun lahan yang terlalu gelap. Anomali suhu yang ditangkap kamera, seperti adanya bercak panas (*hotspot*) atau distribusi suhu yang tidak normal, digunakan

sebagai indikator awal adanya penyakit seperti antrknosa, serangan kutu kebul, maupun infeksi bakteri.

Citra inframerah yang diperoleh akan diproses secara langsung oleh mikrokomputer yang terintegrasi di dalam robot. Tahap awal pengolahan dilakukan dengan pra-pemrosesan citra termal, di mana data suhu pada setiap piksel citra dinormalisasi agar sesuai dengan kondisi lingkungan. Setelah itu, sistem menggunakan metode *thresholding* berbasis ambang batas suhu untuk memisahkan area sehat dan area yang terindikasi sakit. Nilai ambang ini diperoleh dari dataset citra termal cabai yang sebelumnya telah dianalisis.

Namun, untuk meningkatkan akurasi, citra termal yang telah diproses kemudian dianalisis menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). CNN bekerja dengan mengenali pola distribusi suhu yang lebih kompleks pada daun maupun buah cabai, seperti bercak panas yang khas akibat serangan jamur atau perubahan pola metabolisme akibat bakteri. CNN menghasilkan probabilitas klasifikasi penyakit, sehingga sistem dapat menentukan jenis penyakit berdasarkan *output* jaringan saraf dengan formulasi:

$$\hat{y} = \arg \max_{y \in Y} P(y|x; \theta)$$

di mana  $\hat{y}$  adalah label penyakit dengan probabilitas tertinggi yang diprediksi oleh model.

Setelah klasifikasi selesai, hasil deteksi diproses lebih lanjut untuk menentukan tindakan otomatis. Jika penyakit yang terdeteksi termasuk ke dalam kategori serangan serangga, maka robot akan mengaktifkan aktuator penyemprot yang menyalurkan cairan A (insektisida). Sebaliknya, jika penyakit yang terdeteksi berasal dari kelompok jamur atau bakteri, maka robot akan menyemprotkan cairan B (fungisida). Proses pemilihan jenis cairan ini dilakukan melalui *decision rule* berbasis klasifikasi hasil CNN dengan formulasi:

$$S = \begin{cases} \text{Insektisida (A),} & \text{jika kelas penyakit} \in \{\text{serangga}\} \\ \text{Fungisida (B),} & \text{jika kelas penyakit} \in \{\text{jamur, bakteri}\} \end{cases}$$

Disisi lain, robot juga dilengkapi sistem komunikasi yang memungkinkan mikrokomputer mengirimkan notifikasi kepada petani melalui aplikasi Telegram. Dengan demikian, petani dapat memantau kondisi lahan secara langsung dan mengetahui jika ada penyakit yang terdeteksi beserta lokasi blok tanaman yang terdampak.

Secara teoritis, penggunaan *thermal imaging* untuk deteksi penyakit tanaman didasarkan pada penelitian yang menunjukkan bahwa infeksi patogen akan memengaruhi proses fisiologis tanaman dan menyebabkan perubahan suhu permukaan daun[9]. Sementara itu, penggunaan CNN sebagai metode komputasi untuk klasifikasi citra termal telah terbukti efektif dalam penelitian terkini, seperti studi oleh Drees dkk. (2019) mengenai deteksi stres tanaman berbasis *deep learning* dari citra termal.

Dengan kombinasi teknologi robot bergerak, kamera inframerah, metode thresholding suhu, CNN untuk klasifikasi, serta *decision rule* untuk pemilihan cairan insektisida atau fungisida, sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai detektor dini penyakit pada cabai, tetapi juga mampu bertindak secara otomatis untuk melakukan penyemprotan selektif. Solusi ini mendukung efisiensi penggunaan pestisida, mengurangi dampak lingkungan, menjaga tanaman sehat tetap terlindungi, dan pada akhirnya meningkatkan produktivitas serta ketahanan hasil panen cabai.

**c. Solusi 3 : Sistem deteksi penyakit pada cabai berbasis kamera RGB dan mikrokomputer dengan bentuk sistem *cable-way* kamera.**

Solusi ini dibangun dengan sistem stasiun kamera yang dapat memantau perkembangan tanaman cabai menggunakan kamera RGB, sehingga dapat mendeteksi tanaman cabai yang mengalami penyakit seperti antraknosa, kutu kebul, dan infeksi bakteri, yang umumnya ditandai dengan bercak pada daun, dan daun kekuningan pada bagian tanaman. Sistem ini

dirancang menggunakan mikrokomputer yang diintegrasikan dengan kamera RGB, dimana sistem ini akan bergerak memantau tanaman ke setiap sisi dengan memanfaatkan teknologi *cable-way* yang optimal dan akurat dalam proses pendekalian.

Dalam sistem ini, gambar yang diambil melalui kamera RGB akan diproses menggunakan metode computer vision dengan model algoritma *You Only Look Once (YOLO)* yang telah dilatih dengan dataset berisi gambar daun dan buah cabai yang sehat maupun terinfeksi. YOLO berperan penting dalam mengenali pola visual dari gejala penyakit pada citra tanaman secara otomatis berdasarkan pembelajaran dari data sebelumnya. Setelah model mendeteksi adanya gejala penyakit, maka mikrokomputer akan mengolah hasil klasifikasi dan secara otomatis mengirimkan notifikasi kepada petani.

Algoritma *You Only Look Once (YOLO)* merupakan pendekatan revolusioner dalam bidang deteksi objek yang pertama kali diperkenalkan oleh Joseph Redmon dkk. pada tahun 2016 melalui publikasi berjudul "*You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*" dalam konferensi CVPR[9]. Dalam implementasinya, YOLO membagi gambar menjadi *grid* berukuran  $S \times S$ , di mana setiap sel *grid* bertugas memprediksi B bounding box, nilai *confidence*, serta distribusi probabilitas terhadap kelas objek. Keunggulan utama YOLO terletak pada kecepatan inferensinya yang tinggi, mampu mencapai hingga 45 *frame per second (FPS)*, menjadikannya sangat sesuai untuk aplikasi *real-time* seperti sistem pemantauan dan deteksi penyakit tanaman cabai ini.

### 1.2.3 Analisis Usulan Solusi

		Fitur Dasar									
		Rank of Importance	Computing Performance	Sensing Capability	Notifications Capability	Computational Methods	Rank of Importance	Percent of Importance	Solusi 1	Solusi 2	Solusi 3
Relationship :			↑	↑	↓	↑					
<input checked="" type="triangle"/> Berlawanan = 1 <input type="circle"/> Sedang = 3 <input checked="" type="circle"/> Berhubungan Erat = 5											
Fitur Tambahan											
Short Time		4	△	○	○	○	48	41%	○	○	○
Low Cost		4	△	△	○	△	32	28%	○	△	△
Low Power		3	○	○	○	△	36	31%	○	○	○
Importance Rating			17	25	55	19	116	100%			
Percent of Importance			15%	22%	47%	16%					
Solusi 1			○	○	○	○			3.43		
Solusi 2			○	○	○	○			3.76		
Solusi 3			○	○	○	○			4.05		

**Tabel 1.1 Tabel House of Quality**

Dapat dianalisis dari tabel 1.1 HoQ bahwa setiap karakteristik memiliki bobot persentase yang berbeda tergantung hubungan antara *constraints* dari *client* dengan karakteristik produk. Bobot-bobot persentase dari HoQ tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan akan kesesuaian solusi dengan karakteristik yang disediakan. Bobot perbandingan solusi diberikan poin 1, 2, dan 3 sesuai kecocokan solusi dengan karakteristik yang diberikan.

Dari segi harga, solusi 1 menjadi yang paling ekonomis dengan estimasi dibawah Rp3.000.000 karena hanya menggunakan mikrokontroler dan kamera standar dengan bentuk sistem statis. Solusi 2 sedikit lebih tinggi karena melibatkan kamera termal dan sistem remot kontrol yang secara umum memiliki harga lebih mahal. Sedangkan solusi 3 berpotensi melebihi batas karena menggunakan mikrokomputer seperti *Raspberry Pi*, modul kamera berkualitas, sistem stasiun kamera, serta sistem penyemprotan otomatis yang menambah biaya perangkat keras.

Dari segi *computing performance*, ketiga solusi memiliki performa pemrosesan yang berbeda namun tetap sama-sama dapat melakukan analisis penyakit dengan akurasi tinggi. Solusi 1 menggunakan komputasi sedang dengan pemrosesan CNN sederhana yang berjalan di atas mikrokontroler,

sehingga hemat energi. Solusi 2 menggunakan kamera termal yang diolah dengan pendekatan sederhana berbasis suhu, sehingga beban komputasinya lebih ringan namun hasilnya cukup terbatas dalam variasi penyakit. Sementara itu, solusi 3 memiliki komputasi tertinggi dari metode arsitektur YOLO yang tinggi yang mampu mengidentifikasi dan mengklasifikasi gejala penyakit secara lebih detail, namun dengan konsumsi daya dan biaya yang lebih tinggi.

Dari sisi *sensing capability*, ketiga solusi memiliki kemampuan yang serupa dalam mendeteksi gejala penyakit. Solusi 1 dan 3 menggunakan kamera RGB untuk mengidentifikasi perubahan warna dan bentuk pada daun atau buah tanaman cabai. Solusi 2 memiliki keunggulan tersendiri karena menggunakan kamera termal, yang mampu mendeteksi perubahan suhu pada tanaman, terutama saat penyakit mulai mempengaruhi metabolisme tanaman. Meski demikian, tidak semua penyakit menunjukkan perubahan suhu yang signifikan, sehingga akurasi termal tetap perlu diuji lebih lanjut. Oleh karena itu, secara umum ketiga solusi dinilai setara dalam aspek sensing.

Pada aspek metode komputasi, semua solusi hampir sama yaitu dapat melakukan identifikasi penyakit dengan masing-masing memiliki komputasi yang berbeda, dan mengirimkan hasil deteksi ke telegram petani.

Dari sisi waktu pembuatan, solusi 1 membutuhkan waktu paling singkat karena sistem yang dibangun relatif sederhana dan cepat dalam perakitan serta pemrograman. Solusi 2 membutuhkan waktu lebih lama karena penggunaan kamera termal dan sistem remot kontrol memerlukan penyesuaian perangkat keras dan pengolahan data khusus. Solusi 3 juga memakan waktu cukup panjang karena kompleksitas integrasi antara sistem pengenalan citra, aktuator pergerakan sistem, dan kontrol otomatis.

Untuk aspek efisiensi daya, solusi 1 unggul karena penggunaan mikrokontroler dan sensor sederhana menjadikannya sangat hemat energi.

Solusi 2 cenderung boros daya karena kamera termal dan robot kontrol berjalan memerlukan konsumsi energi yang besar. Solusi 3 juga memerlukan daya cukup tinggi, terutama untuk menjalankan model arsitektur yang tinggi dan menggerakkan kamera ke setiap titik, namun tetap lebih efisien dibanding solusi 2 karena pemrosesan dilakukan secara lokal tanpa harus mengandalkan cloud secara penuh.

Adapun untuk menentukan solusi mana yang paling baik maka dibutuhkan perhitungan terhadap bobot karakteristik solusi yang ada tabel *HoQ* tersebut. perhitungannya sesuai dengan berikut:

$$\text{Solusi 1 : } \{ (3 \times 15\%) + (5 \times 22\%) + (3 \times 47\%) + (3 \times 16\%) \} / 100 = 3.43 \%$$

$$\text{Solusi 2 : } \{ (3 \times 15\%) + (5 \times 22\%) + (3 \times 47\%) + (5 \times 16\%) \} / 100 = 3.76 \%$$

$$\text{Solusi 3 : } \{ (5 \times 15\%) + (5 \times 22\%) + (3 \times 47\%) + (5 \times 16\%) \} / 100 = 4.05\%$$

#### 1.2.4 Solusi yang dipilih

Berdasarkan analisis usulan solusi menggunakan *HoQ*, didapatkan hasil bahwa solusi ketiga yang memiliki nilai lebih tinggi dibanding solusi lain dengan nilai 4.05%, yaitu sistem deteksi penyakit pada cabai berbasis kamera RGB dan mikrokomputer dengan bentuk sistem kamera berjalan sebagai solusi untuk menyelesaikan masalah terkait penyakit pada tanaman cabai yang sulit dideteksi dini oleh petani secara terus menerus.