



**OPTIMASI RANTAI PASOK SAYURAN MELALUI  
IMPLEMENTASI SISTEM BERBASIS DEEP LEARNING**

**PROPOSAL KUALIFIKASI**

**WANDHA INDAH SAPUTRI**  
99223142

**PROGRAM DOKTOR TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS GUNADARMA  
2024**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal disertasi yang berjudul **“Optimasi Rantai Pasok Sayuran Melalui Implementasi Sistem Berbasis Deep Learning”** ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program doktoral Teknologi Informasi (S3). Proposal disertasi ini disusun dengan tujuan tidak hanya untuk memenuhi persyaratan akademik, tetapi juga sebagai upaya untuk memberikan kontribusi yang berarti pada bidang studi yang ditekuni

Proposal ini merupakan langkah awal dari serangkaian proses penelitian yang panjang dan penulis menyadari bahwa masih banyak tantangan yang harus dihadapi. Namun, dengan bantuan dan dukungan dari semua pihak, penulis yakin bahwa penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik dan membuahkan hasil yang diharapkan. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian Proposal Disertasi ini kepada:

1. Yayasan Pendidikan Gunadarma yang telah memberikan beasiswa kepada Penulis untuk melanjutkan studi Program Doktor Teknologi Informasi di Universitas Gunadarma.
2. Prof. Dr. E. S. Margianti, SE., MM., dan Prof. Suryadi H.S., S.Si., MMSI., selaku Rektor dan Wakil Rektor II Universitas Gunadarma yang telah memberikan kesempatan dan kepercayaan kepada Penulis untuk melanjutkan studi Program Doktor Teknologi Informasi di Universitas Gunadarma.
3. Prof. Dr. Sarifuddin Madenda, selaku Ketua Program Doktor Teknologi Informasi Universitas Gunadarma sekaligus Promotor yang dengan sabar dan ikhlas membimbing, mengarahkan, memberi masukan dan memotivasi dalam menyelesaikan disertasi.
4. Prof. Dr. Eri Prasetyo Wibowo, selaku Sekretaris Program Doktor Teknologi Informasi Universitas Gunadarma.
5. Dr. Diana Tri Susetianingtias, S.Kom., M.M.S.I. selaku ko promotor yang selalu meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan masukan yang sangat bermanfaat bagi Penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.

6. Dr. Dewi Putrie Lestari, S.Si., M.Si., selaku ko promotor yang selalu meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan masukan yang sangat bermanfaat bagi Penulis dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
7. Kedua orang tua yang selalu memberikan kasih sayang dan doa, serta dukungan baik semangat maupun materil, sehingga Penulis mampu menyelesaikan Proposal ini.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan proposal disertasi ini, yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Tuhan Yang Maha Kuasa senantiasa memberikan bimbingan dan kekuatan kepada kita semua dalam menghadapi setiap langkah ke depan.

Jakarta, Agustus 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Permasalahan .....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah Penelitian.....	5
1.5 Kontribusi dan Manfaat.....	5
BAB II TELAAH PUSTAKA	1
2.1. Artificial Intelligence.....	7
2.2. Machine Learning.....	9
2.3. Convolutional Neural Network (CNN) .....	10
2.4. Data Citra .....	10
2.5. Manajemen Rantai Pasok .....	20
2.6. Area Cakupan Rantai Pasok .....	21
2.7. Kualitas Sayur Kangkung.....	23
2.8. Blackbox Testing.....	24
2.9. Kajian Penelitian .....	25
BAB III METODE PENELITIAN	46
3.1. Skema Penelitian	46
3.2. Studi Literatur	46
3.3. Studi Lapangan	47
3.4. Identifikasi Rantai Pasok	47
3.5. Pemodelan Rantai Pasok	48
3.6. Identifikasi Aktor Rantai Pasok	50
3.7. Desain Sistem Informasi Rantai Pasok	51
3.7. Desain Model Identifikasi dan Klasifikasi Kualitas	54

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pengembangan AI.....	7
Gambar 2. 2 Bagan Artificial Intelligence.....	8
Gambar 2. 3 Kategori Machine Learning .....	9
Gambar 2. 4 Convolutional Neural Network (CNN).....	10
Gambar 2. 5 Citra Biner.....	11
Gambar 2. 6 Citra Grayscale .....	12
Gambar 2. 7 Citra Warna.....	12
Gambar 2. 8 Ruang Warna RGB .....	15
Gambar 2. 9 Ruang Warna HSV .....	15
Gambar 2. 10 Ruang Warna HSL.....	16
Gambar 2. 11 Ruang Warna CMYK .....	17
Gambar 2. 12 Ilustrasi Rantai Pasok pada Industri Pertanian .....	21
Gambar 2. 13 Flowchart Dari Algoritma Untuk Mengevaluasi Fitur Lokal Dan Warna..	26
Gambar 2. 14 Diagram Alir Perancangan Sistem Klasifikasi Kangkung Yang Mengalami Kerusakan Atau Terpapar Bahan Kimia.....	27
Gambar 2. 15 Aliran Diagram Kerja Sistem. ....	29
Gambar 2. 16 Diagram Alir Dari Klasifikasi Sistem Sawi.....	30
Gambar 2. 17 Diagram Alir Dari Klasifikasi Jenis Bayam .....	31
Gambar 2. 18 Diagram Alir Dari Klasifikasi Jenis Bayam .....	32
Gambar 2. 19 Diagram Alir Dari Sistem Klasifikasi Sayuran .....	33
Gambar 2. 20 Fishbone.....	44
Gambar 3. 1 Skema Penelitian.....	46
Gambar 3. 2 Kualitas Kangkung yang Tidak Diterima .....	48
Gambar 3. 3 Kualitas Kangkung yang Diterima .....	48
Gambar 3. 4 Rantai Pasok Sayur Kangkung .....	49
Gambar 3. 5 Rantai Pasok PT. Sayuran Pagi.....	50
Gambar 3. 6 Aktor Utama pada Rantai Pasok.....	51
Gambar 3. 7 Activity Diagram Mengelola Aktivitas.....	53
Gambar 3. 8 Activity Diagram Identifikasi Kualitas Sayuran Menggunakan Model DL.	54
Gambar 3. 9 Alur Pengembangan Sistem Dari Identifikasi Dan Klasifikasi Kualitas Sayur Kangkung.....	55

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Identifikasi Kualitas Sayuran.....	39
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Sistem Informasi Rantai Pasok.....	41

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Teknologi informasi terus mengalami perkembangan bersamaan dengan perkembangan kehidupan manusia yang tidak luput berperan dalam menciptakan, menyimpan, dan menyebarkan informasi. Kemampuan baru dalam mengelola informasi, berkomunikasi, dan mengambil keputusan dengan cepat, dapat memudahkan dalam beraktifitas. Teknologi informasi telah berperan dalam efisiensi operasional, inovasi produk, kualitas produk, dan pengembangan rantai pasok yang lebih baik di berbagai sektor, seperti sektor pertanian, sektor kesehatan, sektor perbankan, dan sebagainya.

AI (*Artificial Intelligence*) merupakan salah satu bagian penting dari teknologi informasi untuk menciptakan dan mengembangkan algoritma untuk meniru atau bahkan melampaui kemampuan manusia dalam berbagai tugas, termasuk pengenalan pola dan pengambilan keputusan yang cepat dan akurat. Penerapan teknologi AI ini memiliki dampak perubahan dalam sektor pertanian, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memperkuat pengambilan keputusan dalam manajemen rantai pasok, memastikan produk pertanian seperti sayur dan buah dapat didistribusi lebih efisien dan efektif.

Rantai pasok berperan penting dalam sektor pertanian untuk menentukan kualitas dan kesegaran produk hingga ke konsumen. Sayuran merupakan produk yang mudah rusak sehingga diperlukan rantai pasok yang optimal agar proses kemasan, penyimpanan, dan distribusi produk dilakukan secara khusus (Tsao, 2013). Hal ini disetujui oleh Hasan and Naim (2018), bahwa kelebihan rantai pasok sayuran dapat memperhatikan rasa dan kualitas dari sayuran tersebut. Penggunaan rantai pasok juga direkomendasikan oleh Kirci, Isaksson, and Seifert (2022) agar mengurangi kerusakan produk dengan memanfaatkan sistem pelacakan. Rantai pasok sayuran tidak hanya penting untuk pola makan masyarakat saja, tetapi juga untuk meningkatkan ekonomi suatu negara (Musriadin, 2020).

Salah satu jenis sayuran yang memiliki nilai jual paling tinggi adalah sayur Kangkung. Berdasarkan *bwqualitygrowers* (perusahaan tani terbesar di Florida sejak 1870), Kangkung mengandung mineral dan vitamin (vitamin A dan C), zat besi, dan magnesium. Konsumsi kangkung dapat membantu mengontrol diabetes, memperbaiki gejala kecemasan dan depresi, dan mencegah anemia. Selain dampak kesehatan, Kangkung merupakan tanaman yang memiliki nilai tinggi dan dapat meningkatkan pendapatan serta berkontribusi pada pengurangan kemiskinan di negara-negara berkembang (Hasan & Naim, 2018). Kesadaran masyarakat yang meningkat akan kesehatan menjadikannya semakin memperhatikan kualitas produk sayuran, termasuk kangkung. Tingginya konsumsi terhadap sayuran membuat peluang usaha pertanian cukup menjanjikan (Novita & Wilujeng, 2021). Hal ini mendorong pengembangan sistem yang menjamin bahwa hanya kangkung berkualitas baik yang diberikan kepada konsumen, sehingga dapat memenuhi permintaan konsumen akan produk yang berkualitas.

Manajemen rantai pasok sayuran menghadapi berbagai tantangan, termasuk sensitivitas produk terhadap kondisi lingkungan seperti suhu dan cahaya, serta kebutuhan akan pengemasan dan distribusi yang efektif untuk mencegah kerusakan. Penggunaan teknologi informasi menawarkan peluang untuk revolusi industri mengelola kualitas dan distribusi produk. Sistem berbasis *Deep Learning* dapat mendeteksi dan mengklasifikasikan kondisi sayuran, memonitor kondisi selama penyimpanan dan transportasi, serta mengoptimalkan operasi logistik.

Kesadaran masyarakat terhadap gaya hidup sehat semakin meningkat, sehingga perubahan pola konsumsi masyarakat dapat menjadi peluang bagi produsen sayuran untuk mencari informasi perilaku konsumen dan kepuasannya (Suharyani, Dolorosa, & Nudin, 2022). Penilaian kualitas sayuran hidroponik dilihat melalui karakteristik kebersihan, kesegaran, dan warna. Sayuran hidroponik memiliki nilai kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan sayuran konvensional (Hadianti, Noor, & Yusuf, 2019). Kualitas yang baik sudah menjadi ciri khas pada sayuran hidroponik, sehingga penting untuk tetap menjaga kualitas sayuran semenjak masa panen dan diharapkan dapat memberikan kepuasan konsumen. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Fajarani, Wildayana, and Putri



(2021) dalam menentukan preferensi konsumen terhadap keputusan pembelian sayuran di supermarket Diamond Palembang, hasilnya menyatakan bahwa terdapat empat jenis sayuran yang mengalami peningkatan permintaan, diantaranya adalah sawi, pakcoy, bayam, dan kangkung. Penelitian ini juga menjelaskan bahwa sayuran organik yang disukai konsumen di Supermarket yaitu sayuran yang berwarna daun hijau muda, lama kesegaran sayuran sedang yaitu 2-3 hari, daun yang lebar dan tidak berlubang, juga kemasan menggunakan plastik transparan.

Salah satu perusahaan yang menjual berbagai jenis sayuran hidroponik di kawasan Jabodetabek adalah PT. Sayuran Pagi yang menjual mulai sayuran daun dan sayuran buah. Perusahaan ini didirikan untuk memenuhi kebutuhan kesehatan serta menjamin nutrisi dan keamanan pangan melalui sayuran berkualitas. Moto yang diusung adalah 'Kesegaran di Setiap Pagi' menjadikan sayuran pagi sebagai penyalur utama sayuran yang berkualitas tinggi di pasar nasional.

PT. Sayuran Pagi menghadapi beberapa tantangan dalam pengelolaan lahan dan distribusi sayur Kangkung. Lahan yang belum dimanfaatkan secara optimal menyebabkan kekurangan dalam memenuhi pesanan konsumen. Selain itu, sensitivitas Kangkung terhadap perubahan suhu dan cahaya menambah kesulitan dalam menjaga konsistensi kualitas saat distribusi. Kurangnya fasilitas kendaraan berpendingin atau gudang yang memadai juga meningkatkan risiko kerusakan sayur, terutama selama perjalanan jauh. Saat ini, PT. Sayuran Pagi masih mengandalkan spreadsheet dan WhatsApp untuk komunikasi dan pencatatan, yang kurang mendukung transparansi dan kecepatan pembaruan informasi. Penggunaan form kertas untuk konfirmasi pengiriman oleh pengemudi menyebabkan keterlambatan dalam pembaruan status dan laporan.

Proses seleksi kualitas sayur berdasarkan visual masih dilakukan secara konvensional. Hal ini tidak efisien (Issa, Munishi, & Mubarack, 2022), karena memiliki tingkat akurasi yang berbeda dari setiap operator yang dipengaruhi oleh faktor subjektif seperti kelelahan. Sistem yang mempermudah penyeleksian kualitas sayur secara otomatis dibutuhkan karena belakangan ini banyak industri yang telah beralih dari pemeriksaan manual ke pemeriksaan otomatis dalam inspeksi kualitasnya (Huang & Pan, 2015). Kriteria standar kualitas kangkung di

PT. Sayuran Pagi diantaranya adalah warna daun hijau segar, tekstur daun tidak rusak seperti tidak berlubang, tidak ada goresan, tidak sobek, dan faktor lain yang menyebabkan daun menjadi rusak.

Penerapan inspeksi kualitas secara otomatis memungkinkan industri untuk mengelola kualitas produk secara efisien dengan biaya yang lebih terjangkau dan waktu pengiriman yang lebih cepat kepada konsumen (Rababaah & Demi-Ejegi, 2012). Salah satu pengimplementasian inspeksi kualitas secara otomatis adalah dengan menggunakan *deep learning*. Penelitian Ocsan, Raharjo, and Safitri (2021) melakukan deteksi kualitas sayur kangkung menggunakan metode KNN dan GLCM (*Gray Level Co-Occurrence Matrix*). Matriks ini digunakan untuk mengekstraksi ciri tekstur citra. KNN berguna untuk mengklasifikasikan objek yang memiliki kemiripan objek paling dekat dengan objek lainnya. Percobaan dilakukan dua kali, hasil pada percobaan kedua lebih baik karena citra yang diambil pada daun kangkung lebih banyak dibandingkan pada percobaan pertama, hal ini menyebabkan adanya perbedaan nilai antar piksel semakin kecil dan terdapat kemiripan pada nilai tekstur. Hasil implementasi dalam mengklasifikasi kesegaran daun kangkung pada kelas daun rusak sebesar 71,42%.

Penelitian Nababan and Jannah (2023) menggunakan algoritma KNN dalam mengklasifikasi jenis sayur Bayam, Kol, Wortel, dan Terong berdasarkan citra warna. KNN digunakan karena memberikan kelebihan dalam mengklasifikasi jenis sayuran, termasuk mengenali jenis sayuran yang belum pernah dilihat sebelumnya, dan mudah dalam penerapannya. Sampel yang digunakan sebanyak 40 sampel, dan hasil klasifikasi yang dihasilkan sebesar 87,5%.

Penelitian ini mengusulkan untuk mengeksplorasi dan mengembangkan sistem berbasis *Deep Learning* yang mampu mendeteksi kualitas sayuran secara akurat dan efisien, dengan fokus khusus pada aplikasi dalam rantai pasok sayuran. Dengan meningkatkan teknologi dan praktik manajemen dalam rantai pasok, diharapkan dapat memastikan kualitas dan keamanan sayur kangkung hingga ke tangan konsumen, sekaligus mengatasi tantangan yang dihadapi oleh industri pertanian modern.

## **1.2 Batasan Masalah Penelitian**

Batasan masalah dibuat berdasarkan keputusan apa yang akan dimasukkan dan apa yang akan dikeluarkan. Berikut merupakan yang jadi pembatas dalam pengambilan data pada penelitian ini.

1. Penelitian ini fokus pada sayuran Kangkung, namun sistem yang dikembangkan bisa diterapkan pada jenis sayuran lain dengan fitur kualitas serupa.
2. Data diambil di PT. Sayuran Pagi yang berlokasi di Jl. Puri Sriwedari, Ciracas, Cibubur, Jakarta Timur, DKI Jakarta.

## **1.3 Rumusan Permasalahan**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membentuk dataset kualitas sayuran untuk pengoptimalan rantai pasok?
2. Bagaimana membangun model klasifikasi kualitas sayuran untuk pengoptimalan rantai pasok?
3. Bagaimana membuat sistem rantai pasok yang optimal berdasarkan klasifikasi kualitas sayuran?

## **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan penelitian diatas, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut.

1. Menghasilkan dataset kualitas sayuran Kangkung.
2. Menghasilkan model klasifikasi kualitas sayuran kangkong untuk pengoptimalan rantai pasok
3. Menghasilkan sistem informasi rantai pasok dan kontrol kualitas sayuran sebagai pendukung pengambilan keputusan yang efektif dalam manajemen rantai pasok.

## **1.5 Kontribusi dan Manfaat**

Penelitian ini diharapkan memberi manfaat dan berkontribusi dalam

pengimplementasiannya bagi masyarakat luas, berikut merupakan manfaat yang diharapkan dari penelitian ini.

1. Kontribusi Keilmuan

Melalui pengembangan dan integrasi algoritma pembelajaran mesin yang mendeteksi kualitas sayuran secara real-time, penelitian ini memperkenalkan efisiensi baru dan mendukung keputusan yang lebih informatif dalam industri pertanian, yang pada gilirannya dapat memperluas praktik-praktik berkelanjutan serta meningkatkan standar kesehatan dan keamanan pangan.

2. Kontribusi Purwarupa

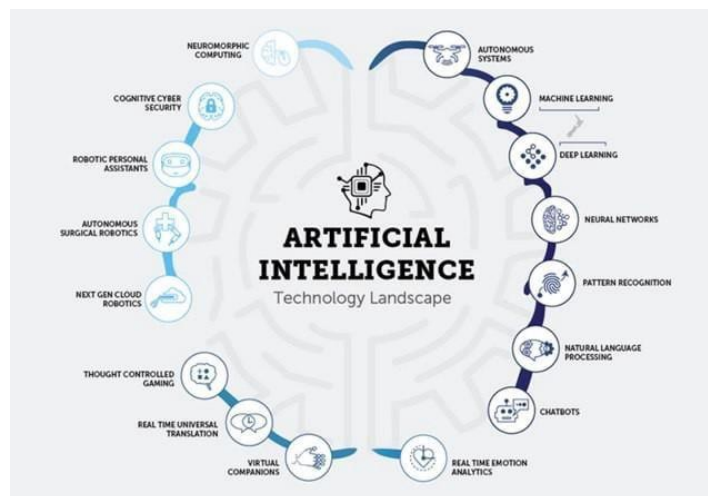
Menghasilkan purwarupa sistem berbasis Deep Learning untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam inspeksi kualitas kangkung, mengurangi limbah, memperbaiki kepuasan konsumen, mendukung kesehatan publik, meningkatkan transparansi operasional, dan membuka peluang pasar baru termasuk ekspor. Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi komprehensif untuk memaksimalkan efektivitas rantai pasok sayuran.

## BAB II

### TELAAH PUSTAKA

#### 2.1. Artificial Intelligence

*Artificial Intelligence* (AI) merupakan mesin kecerdasan buatan yang digunakan untuk melakukan beberapa fungsi mirip manusia (Karim, Bangun, Purnama, Harahap, Irmayani, Nasution, Haris, & Munthe, 2020). *Artificial Intelligence* (AI) memiliki peran penting di masa sekarang, teknologi ini mencakup perubahan besar dalam realitas dan mempengaruhi hampir seluruh aspek kehidupan pada era teknologi yang sedang berlangsung saat ini, teknologi kecerdasan buatan ini semakin maju dan semakin canggih (Farwati, Salsabila, Navira, & Sutabri, 2023). Berikut merupakan gambar 2.1 yang menampilkan pengembangan dari AI.



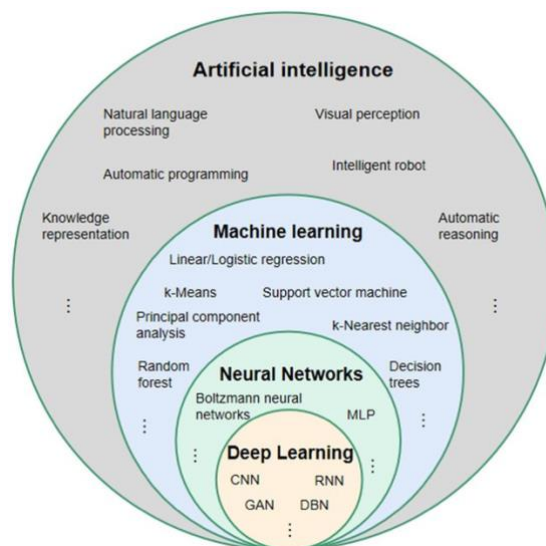
Gambar 2. 1 Pengembangan AI  
(Fahmi, 2022)

*Artificial Intelligence* (AI) mampu menghubungkan setiap perangkat, hingga *user* dapat mengotomatisasi seluruh perangkat tersebut tanpa harus berada di lokasi. Saat ini sudah banyak mesin yang mampu menginterpretasi suatu kondisi atau kejadian tertentu menggunakan bantuan *Artificial Intelligence*. Terdapat beberapa kelebihan yang ada pada AI, salah satunya adalah dapat didokumentasikan, cara kerja yang lebih cepat, dan memiliki hasil yang lebih baik (Lubis, 2021).

Penggunaan teknologi AI di setiap aspek kehidupan manusia merupakan

suatu solusi yang dapat memberikan kontribusi penting dalam keberlangsungan siklus kehidupan (Farwati et al., 2023). Pada awal diciptakannya komputer adalah sebagai alat hitung, akan tetapi komputer memiliki performansi yang lebih baik, sehingga diharapkan bisa terus dikembangkan untuk mengerjakan pekerjaan yang dilakukan oleh manusia, maka dari itu, peran komputer saat ini sudah mendominasi kehidupan manusia (Pasaribu & Widjaja, 2022). AI biasanya digunakan untuk prediksi hasil panen, deteksi penyakit dan pengendalian penyakit tanaman, manajemen tanaman, pengendalian hama, manajemen irigasi, manajemen nutrisi tanah, pemantauan produksi dan pemantauan penyimpanan produk pertanian (Liakos, Busato, Moshou, Pearson, & Bochtis, 2018)

AI adalah kecerdasan buatan yang hebat dibandingkan kecerdasan alami manusia mengenai kecepatan dan ketepatan. Hal ini terlihat dari kemampuannya dalam bersaing dengan kecepatan manusia, bahkan melebihinya, dan ketepatan AI dalam menjalankan program yang tidak diragukan (Farwati et al., 2023). Berikut merupakan gambar 2.2 yang menampilkan bagan dari bagian AI.



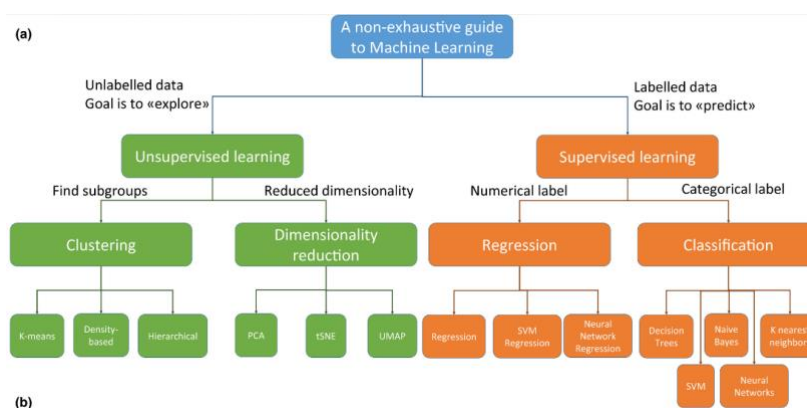
Gambar 2. 2 Bagan Artificial Intelligence  
(Song Li, Yu-Qing Deng, Zhi Ling Zhu, 2021)

Machine learning menjadi bagian dari AI, yang memungkinkan mesin untuk belajar dari data dan pembelajaran sebelumnya, sehingga dapat meningkatkan kemampuan dalam mengerjakan pekerjaan yang dilakukan oleh manusia, seperti yang dikemukakan oleh Pasaribu & Widjaja (2022).

## 2.2. Machine Learning

*Machine Learning* (ML) merupakan pendekatan AI yang sering digunakan untuk melakukan tugas manusia yang memiliki dua aplikasi utama, yaitu klasifikasi dan prediksi. *Machine Learning* membutuhkan data pelatihan, karena memiliki ciri khas yaitu adanya proses pelatihan (Ahmad, 2017). *Machine Learning* yang paling banyak digunakan saat ini adalah *Decision Support System* (DSS), *Support Vector Machine* (SVM), dan *Neural Network* (NN).

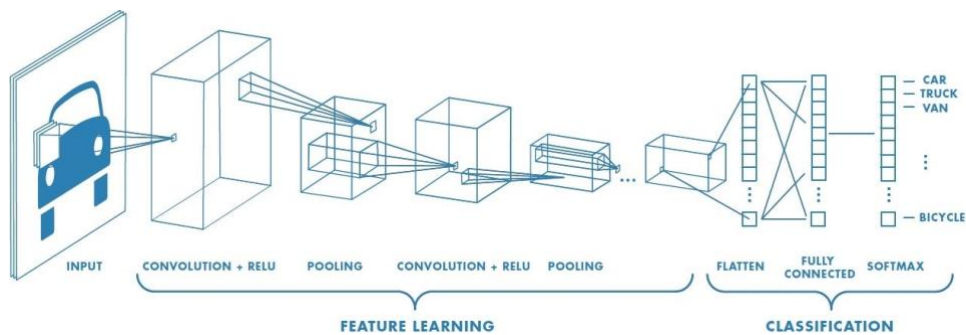
Proses pembelajaran *machine learning* merupakan usaha untuk memperoleh kecerdasan melalui dua tahap, yaitu latihan (*training*) dan pengujian (*testing*) (Huang, Zhu, & Siew, 2006). *Machine Learning* berfokus pada pertanyaan tentang bagaimana merancang program komputer yang mampu meningkatkan kinerja secara otomatis berdasarkan pengalaman yang pernah didapatkan? (Mitchell, 1997). *Machine Learning* terdiri dari dua kategori, yaitu (Badillo, Banfai, Birzele, Davydov, Hutchinson, Kam-Thong, Siebourg-Polster, Steiert, & Zhang, 2020) Pembelajaran tanpa pengawasan (*unsupervised learning*) dan pembelajaran terawasi (*supervised learning*). *Unsupervised Learning* merupakan pembelajaran dengan data yang tidak berlabel yang bertujuan untuk mengeksplorasi data agar menemukan struktur. Sedangkan *Supervised Learning* merupakan pembelajaran dengan data yang tidak berlabel dengan tujuan untuk memprediksi nilai atau kelas berdasarkan inputan data. Berikut merupakan gambar 2.3 yang menampilkan kategori pada *machine learning*.



Gambar 2. 3 Kategori Machine Learning  
(Badillo et al., 2020)

### 2.3. Convolutional Neural Network (CNN)

CNN adalah jaringan yang mempelajari, mengekstrak, dan mengklasifikasikan fitur secara otomatis dan memiliki konvolusional yang berlapis (Ilham & Rochmawati, 2020). *Convolutional layer* menjadi lapisan utama pada CNN, dimana operasi konvolusi merupakan penjumlahan hasil perkalian antara matriks pada citra input dengan matriks pada filter (Setiawan, 2021). CNN dijelaskan sebagai kerangka kerja (*framework*) dalam pembelajaran mendalam (*deep learning*) yang paling klasik dan umum (Xin & Wang, 2019). Berikut merupakan gambar 2.4 arsitektur convolutional neural network.



Gambar 2. 4 Convolutional Neural Network (CNN)  
(Mukhlisatun nada, 2019)

Jaringan Syaraf Tiruan (JST) dari CNN yang dikembangkan beberapa tahun terakhir sudah banyak digunakan di berbagai bidang pengolahan gambar karena kemampuannya dalam menangani klasifikasi dan pengenalan gambar, serta telah banyak digunakan peneliti karena terdapat berbagai jenis CNN yang memiliki lebih banyak fungsionalitas dan daya komputasi (Zhang, Li, & Du, 2018). CNN memiliki berbagai aplikasi dalam pengenalan gambar dan video, sistem rekomendasi, klasifikasi gambar, segmentasi gambar, analisis gambar medis, pemrosesan bahasa alami, antarmuka brain-computer, dan data deret waktu keuangan (Nagamani, Babu, & Kumar, 2022).

### 2.4. Data Citra

Citra merupakan salah satu bentuk data yang dibutuhkan oleh manusia selain data teks, suara, atau video. Data ini bukan hanya sebagai bentuk komunikasi antar manusia, tetapi juga sebagai media komunikasi antara manusia dengan komputer. Informasi pada suatu citra bersifat subjektif, sehingga dibutuhkan pengolahan citra guna mendapatkan informasi citra yang dibutuhkan (Sulistiyanti, Setyawan, & Komarudin, 2016).



### 2.4.1 Jenis Data Citra

Menurut (Sutoyo, Mulyanto, Suhartono, & Nurhayati, 2009), data citra digital yang sering digunakan diantaranya adalah citra biner, citra grayscale dan citra warna. Berikut merupakan penjelasan dari ketiga data citra tersebut.

#### 1. Citra Biner (Monokrom)

Citra biner atau citra hitam putih memiliki dua kemungkinan nilai pixel, yaitu hitam dan putih. Dalam citra biner, hanya diperlukan 1 bit untuk mewakili nilai setiap pixel, sehingga setiap byte dapat menampung informasi 8 titik (pixel). (Efran Fernando Ade Pratama, Khairil, & Jumadi, 2022). Berikut merupakan gambar 2.5 menampilkan contoh dari citra biner.



Gambar 2. 5 Citra Biner  
(Rinaldi Munir, 2019)

#### 2. Citra Skala Keabuan (Grayscale)

Citra grayscale menampilkan gradasi warna hitam dan putih, sehingga menghasilkan warna abu-abu yang bervariasi. Intensitas warna pada citra grayscale berkisar antara 0 (hitam) dan 255 (putih). Jumlah warna yang dapat ditampilkan dalam citra grayscale tergantung pada jumlah bit yang disediakan pada memori untuk menampung informasi warna. Semakin besar jumlah bit yang digunakan, semakin halus dan beragam gradasi warna yang dapat dihasilkan dalam citra grayscale (Efran Fernando Ade Pratama et al., 2022). Berikut merupakan gambar 2.6 yang menampilkan citra grayscale



Gambar 2. 6 Citra Grayscale  
(Pemrograman Matlab, 2022)

### 3. Citra Warna (True Color)

Warna merupakan sebuah reaksi yang dirasakan visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh suatu objek. Setiap warna memiliki panjang gelombang yang berbeda-beda (Marleen & Wibisono, 2013). Citra warna memiliki warna yang dihasilkan dari kombinasi tiga warna dasar RGB (Red, Green, Blue). Setiap warna dasar menggunakan 8 bit (1 byte), yang berarti memiliki 255 gradasi warna. Dengan demikian, setiap piksel memiliki kombinasi warna sebanyak  $28.28.28 = 16$  juta warna atau disebut true color. Penyimpanan citra true color di dalam memori berbeda dengan citra grayscale, di mana setiap piksel citra grayscale diwakili oleh 1 byte dan setiap piksel citra true color diwakili oleh 3 byte, masing-masing untuk warna merah, hijau, dan biru (Efran Fernando Ade Pratama et al., 2022). Berikut merupakan gambar 2.7 yang menampilkan contoh citra warna.



Gambar 2. 7 Citra Warna  
(Syaf Unica Indonesia, 2022)

### 2.4.2 Pengolahan Data Citra

Pengolahan citra merupakan salah satu teknik untuk mengolah citra agar menghasilkan citra yang lebih baik dari sebelumnya supaya mendapatkan citra baru dan dapat diinterpretasi oleh komputer (Ardi Wijaya & Franata, 2020). Teknik pengolahan citra yang umum digunakan adalah pengolahan filter, transformasi fourier, segmentasi citra, deteksi tepi, pengenalan pola. Pengolahan citra dapat dilakukan menggunakan berbagai cara, seperti menggunakan perangkat lunak khusus untuk pemrosesan citra, *library* pada bahasa pemrograman tertentu atau menggunakan *platform* Matlab juga Python (Liu, Snetkov, & Lima, 2017).

Tujuan pengolahan citra diantaranya adalah memperbaiki kualitas gambar yang dilihat dari dua aspek, yaitu aspek radiometric dan aspek geometric. Aspek radiometric adalah dengan meningkatkan kontras, transformasi warna, restorasi citra, sedangkan aspek geometric dilakukan dengan rotasi citra, translasi citra, mengubah skala. Pengolahan citra dapat menarik informasi atau pengenalan objek yang terkandung pada citra, dan melakukan kompresi data yang berfungsi untuk menyimpan data, transmisi data, dan waktu proses data (Fachrizza Sidi Pratama & Wiraputra, 2019). Citra berwarna lebih disenangi dibandingkan citra hitam putih (*greyscale*) karena citra berwarna dapat menampilkan warna objek seperti warna aslinya (Marleen & Wibisono, 2013).

Terdapat beberapa proses yang digunakan pada pengolahan citra, diantaranya adalah sebagai berikut.

a. Preprocessing

Preprocessing merupakan teknik mengolah data citra berbentuk digital, sehingga data tersebut dapat digunakan untuk tahap selanjutnya. Langkah yang perlu dilakukan pada tahap preprocessing adalah meningkatkan kualitas citra, menghapus warna citra yang mengganggu, memulihkan citra, transformasi, dan menentukan persentase citra yang akan diamati.

b. Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses memisahkan citra menjadi objek yang berbeda agar dapat fokus pada area tertentu saat mengekstrak fitur. Sedangkan (Edha, Sitorus, & Ristian, 2020) memberikan pengertian bahwa Segmentasi

citra merupakan potongan dari tahap preprocessing yang bertujuan untuk memisahkan beberapa objek yang dibutuhkan dengan objek yang tidak dibutuhkan atau background objek. Metode segmentasi yang biasa digunakan adalah thresholding, multithresholding, deteksi tepi, k-means clustering, filter gabor, fuzzy c-means clustering, watershed, dan lain-lain.

c. Ekstrasi Fitur

Ekstrasi fitur merupakan proses identifikasi karakteristik citra yang mewakili aspek tertentu untuk berbagai tujuan seperti pengenalan objek, analisis tekstur, atau klasifikasi. Berbagai fitur dapat diekstraksi dari gambar yang terdiri dari warna, bentuk, ukuran, dan tekstur. Penggunaan ekstrasi fitur juga bertujuan untuk mengenali objek dan mengklasifikasikan objek.

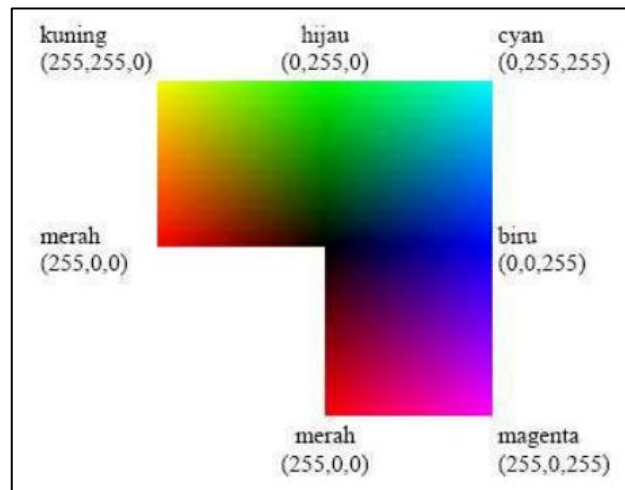
### **2.4.3 Ruang Warna Citra**

Ruang warna merupakan metode untuk mengatur, menciptakan, dan memvisualisasikan warna. Metode yang biasa digunakan untuk mengolah citra digital diantaranya adalah RGB, CMY, HSL, dan HSV (M. Swedia, 2010). Uraian terkait ruang-ruang warna dijelaskan pada berikut ini.

1. Ruang Warna RGB

Ruang warna standar yang didasari pada akuisisi frekuensi warna oleh sensor elektronik. Ruang warna ini disebut juga sebagai ruang warna aditif, karena semua warna dimulai dari hitam dan dibentuk dengan menambahkan warna dasar dari Red, Green, dan Blue (Madenda, 2015).

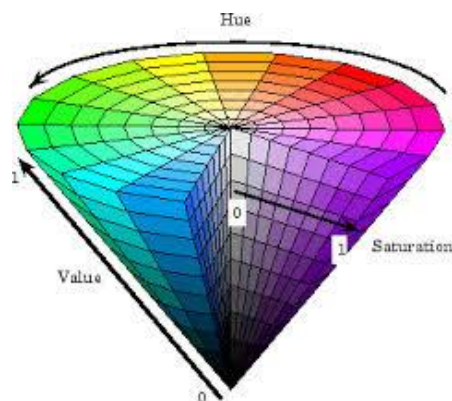
Model warna RGB digunakan secara luas pada dunia digital, khususnya pada tampilan layar handphone, laptop, televisi, dan perangkat elektronik lainnya yang setiap hasil warnanya merupakan gabungan intensitas cahaya dari ketiga warna dasar tersebut. Masing-masing warna pada model RGB memiliki nilai antara 0 hingga 255 sesuai urutannya, yaitu Red, Green, dan Blue. Artinya, masing-masing komponen terdapat 256 tingkat warna (Hermana, Zulkarnain, & Riadi, 2018). Berikut merupakan gambar 2.8 yang menampilkan contoh gambar representasi citra warna Red, Green, dan Blue.



Gambar 2. 8 Ruang Warna RGB  
(Amrullah. Swedia. Cahyanti. dan Septian. 2022)

## 2. Ruang Warna HSV

Ruang yang tersusun atas 3 komponen yaitu Hue, Saturation, dan Value. Hue berhubungan dengan kemurnian atau corak warna, Saturation berhubungan dengan tingkat kejenuhan warna, dan Value berhubungan dengan tingkat kecerahan warna (Putra & Wibawa, 2017). Sedangkan menurut Gonzalez, Woods, and Eddins (2004), komponen Hue menyatakan warna sebenarnya yang digunakan untuk membedakan warna dan menentukan warna kemerahan, kehijauan, dan sebagainya dari cahaya. Sedangkan Saturation menyatakan kedalaman suatu warna yang menyatakan kemurnian dari warna tersebut. Kemudian Value adalah ukuran dari besarnya kecerahan pada warna, dengan kisaran antara warna hitam hingga putih. Berikut merupakan gambar 2.9 yang menampilkan ruang warna HSV.

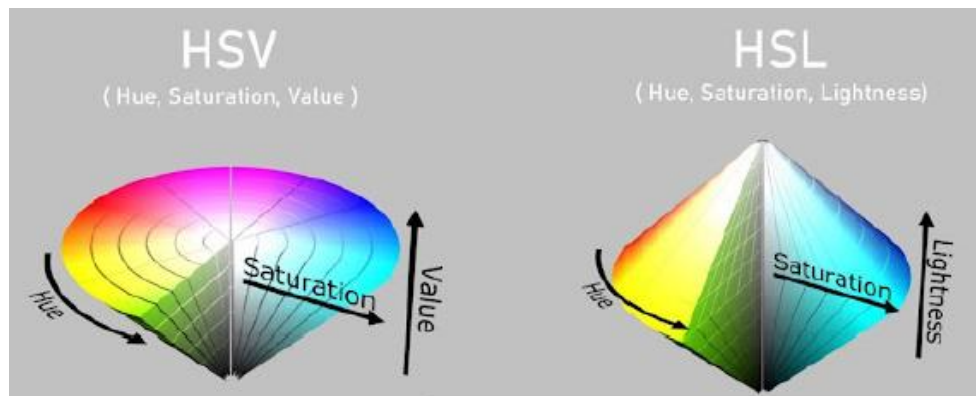


Gambar 2. 9 Ruang Warna HSV  
(Teknik Elektro Semantic Scholar, 2017)

### 3. Ruang Warna HSL

Ruang yang mengacu pada Hue, Saturation, dan Lightness (atau luminance) dan dipresentasikan pada koordinat silindris 3D (Madenda, 2015). Warna HSL biasanya digunakan untuk memfilter objek berwarna, sangat cocok pada citra yang keadaan backgroundnya tidak konsisten karena pengaruh cahaya (Sugandi & Dewi, 2018).

HSL berbeda dengan HSV, keduanya sama-sama digunakan untuk memahami cara melihat warna, tetapi berbeda dalam penggambaran warnanya berdasarkan dari lightness dan value. Berikut merupakan gambar 2.10 yang menampilkan perbedaan HSV dengan HSL.



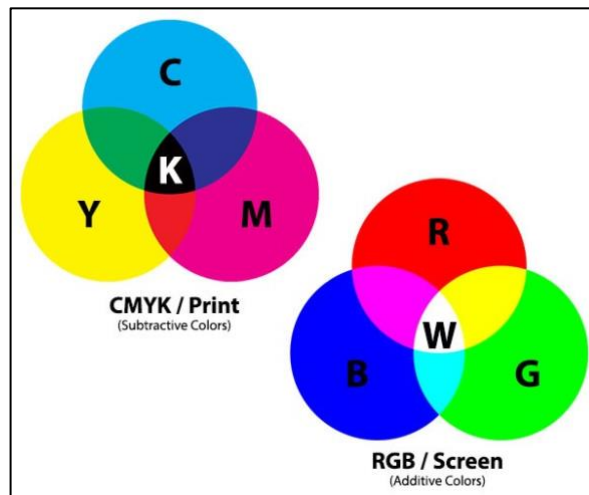
Gambar 2. 10 Ruang Warna HSL  
(Ahmad Zainudin S.Kom, M.Kom, 2023)

Jadi perbedaannya ada pada Value dengan Lightness. Lightness bertugas untuk mempercerah setiap warna Hue dari tingkat paling bawah (Hitam) sampai ke tingkat yang paling cerah (Putih), sedangkan Value hanya mencerahkan warna Hue dari posisi bawah (Hitam) sampai ke titik maksimal Hue yang dipilih.

### 4. Ruang Warna CMYK

Berawal dari komponen warna Cyan (C), Magenta (M), dan Yellow (Y). Gabungan dari ketiga warna tersebut seharusnya menghasilkan warna hitam, tetapi realitanya menghasilkan warna cokelat gelap. Maka ditambahkan warna pelengkap yaitu Black (K) agar dapat menghasilkan warna hitam sempurna (Madenda, 2015). Sehingga, untuk menghasilkan suatu gambar agar mendapat hasil yang relatif sempurna dibutuhkan setidaknya 4 tinta

yaitu: Cyan, Magenta, Yellow dan Black (Nizirwan Anwar, 2023). Alasan ini yang menjadikan semua printer menggunakan tinta berwarna CMYK (Madenda, 2015). Berikut merupakan gambar 2.11 yang menampilkan representasi CMYK.



Gambar 2. 11 Ruang Warna CMYK  
(Contohblog.com, 2020)

#### 2.4.4 Citra Tekstur

Analisis tekstur digunakan untuk mengetahui pola dari suatu citra manusia, karena komputer tidak bisa membedakan tekstur-tekstur citra seperti kemampuan manusia, sehingga berperan penting dalam analisis pada komputer. Tekstur citra dapat dibedakan dari kerapatan, keseragaman, keteraturan, kekasaran, dan lain-lain (Santoso, Christyono, & Indriani, 2007).

Analisis tekstur pada umumnya digunakan untuk mengklasifikasi dan menginterpretasi suatu citra. Proses klasifikasi citra berdasarkan tekstur biasanya membutuhkan beberapa tahapan ekstraksi ciri. Terdapat tiga macam metode ekstraksi ciri, yaitu metode statistik, metode spektral dan metode struktural (Pujiyanta & Rizqiawan, 2016).

Metode statistik menggunakan analisis distribusi derajat keabuan melalui histogram untuk mengevaluasi tingkat kontras, granularitas, dan kekasaran suatu area berdasarkan keterkaitan antar pixel pada citra. Pendekatan statistik ini juga diterapkan secara luas, sehingga disesuaikan agar dapat menganalisis tekstur alami yang bersifat tidak terstruktur, terutama pada sub-pola dan himpunan aturan

mikrostruktur. Nilai-nilai yang didapatkan bisa dihitung oleh parameter dan rumus berikut (Hutasoit, 2020) .

- a. Mean : untuk mengukur dispersi citra

$$\mu = \sum_{n=0}^n fn P(fn) \quad 2-1$$

- b. Variance : untuk menampilkan variasi elemen pada histogram

$$\sigma^2 = \sum_{n=0}^n (fn - \pi)^2 P(fn) \quad 2-2$$

- c. Skewness : menampilkan tingkat kemiringan kurva histogram citra

$$\alpha_{4=\frac{1}{\sigma^4}} \sum_{n=0}^n (fn - \pi)^4 p(fn) - 3 \quad 2-3$$

- d. Entropy : menampilkan ukuran ketidakaturan bentuk pada citra

$$H = \sum_{n=0}^n p(fn) 2_{\log} p(fn) \quad 2-4$$

Dengan:

fn = nilai intensitas keabuan

$\mu$  = nilai mean

P(fn) = nilai histogram

$\sigma$  = standar deviasi dari nilai intensitas keabuan

Sedangkan metode struktural berhubungan dengan penyusunan bagian bagian terkecil suatu citra. Contoh metode struktural adalah model fraktal (Fahmi, 2016). Analisis metode ini menggunakan deskripsi primitif tekstur dan aturan sintaktik. Metode struktural banyak digunakan untuk pola makrostruktur (Sinaga, 2020).

#### 2.4.5 Confussion Matrix

Model yang sudah dibuat harus diukur tingkat kinerjanya agar menjadi pertimbangan dala memilih model yang paling baik. Salah satu teknik yang biasanya digunakan untuk mengukur tingkat kinerja tersebut adalah confussion matrix, yaitu Teknik untuk mengukur efisiensi algoritma yang direpresentasikan dengan TN, TP, FN, dan FP (Fafaza, Rohman, Pramunendar, Winarsih, Saraswati, Saputra, Ratmana, & Shidik, 2024). Kinerja model klasifikasi umumnya dihitung menggunakan matriks ini seperti tabel dibawah ini.



Kelas Sebenarnya	Positive	Negative
Positive	A: True Positive	B: False negative
Negative	C: False positive	D: True negative

(Manik & Saragih, 2017)

True positive (TP): jumlah data positif yang benar diklasifikasi

True negative (TN): jumlah data negatif yang benar diklasifikasi

False positive (FP): jumlah data negatif yang salah diklasifikasi sebagai data positif.

False negative (FN): jumlah data positif yang salah diklasifikasi sebagai data negatif

Perhitungan nilai *confusion matrix* membutuhkan rumus agar menghasilkan nilai yang dibutuhkan, yaitu nilai accuracy, precision dan recall yang ditampilkan dalam bentuk persentase (Andika, Azizah, & Respatiwan, 2019). Berikut penjelasan singkat mengenai ketiga perhitungan.

a. *Precision*

*Precision* merupakan tingkat ketepatan antara informasi yang diinginkan oleh pengguna dari jawaban yang diberikan sistem. Rumus yang digunakan untuk mengukur nilai presisi adalah sebagai berikut.

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \quad 2-5$$

Contoh perhitungan *Recall* diambil dari penelitian (Hayati, Singasatia, & Muttaqin, 2023) adalah sebagai berikut.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{71}{71 + 0} + \frac{95}{95 + 70} + \frac{88}{88 + 0} + \frac{58}{58 + 5} + \frac{67}{67 + 0} + \frac{56}{56 + 5} + \frac{76}{76 + 0} = \frac{511}{591} = 0,86$$

b. *Recall*

*Recall* merupakan tingkat keberhasilan sistem dalam memanggil sebuah informasi kembali. Rumus yang digunakan untuk mengukur nilai recall adalah sebagai berikut.

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \quad 2-6$$

Contoh perhitungan *Recall* diambil dari penelitian (Hayati et al., 2023) adalah sebagai berikut.

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} = \frac{71}{71 + 5} + \frac{95}{95 + 1} + \frac{88}{88 + 2} + \frac{58}{58 + 28} + \frac{67}{67 + 0} + \frac{56}{56 + 28} + \frac{76}{76 + 0} = \frac{511}{591} = 0,86$$

c. *Accuracy*

*Accuracy* merupakan tingkat kedekatan antara nilai prediksi dengan nilai

aktual. Rumus yang digunakan untuk mengukur nilai akurasi adalah sebagai berikut.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad 2-7$$

Contoh perhitungan *Accuracy* diambil dari penelitian (Hayati et al., 2023) seperti berikut.

$$Accuracy = \frac{71 + 95 + 88 + 58 + 67 + 56 + 76}{591} = \frac{511}{591} = 0,86$$

d. F1 Score

F1 Score merupakan perbandingan antara *precision* dan *recall*. Tujuannya adalah untuk menghitung keakuratan pada model. Berikut merupakan persamaannya (Argina, 2020).

$$F1\ Score = \frac{2 \times Precision \times Recall}{Precision + Recall}$$

## 2.5. Manajemen Rantai Pasok

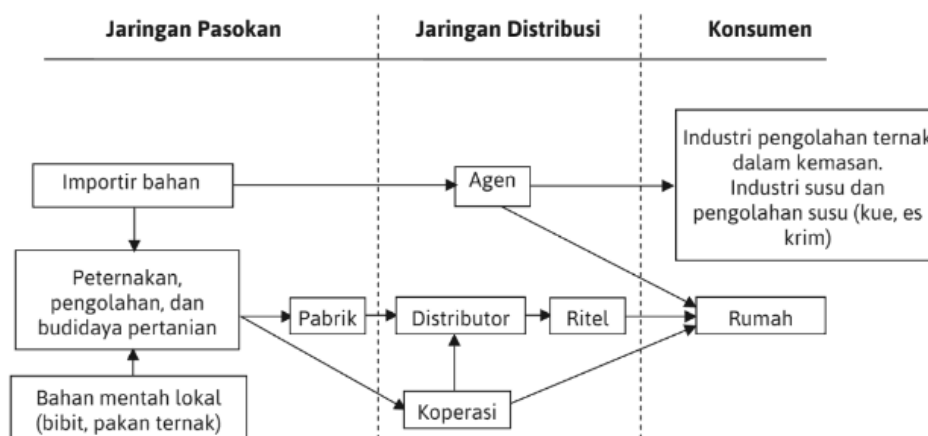
Manajemen rantai pasok (SCM) merupakan ilmu manajemen logistik yang terintegrasi untuk mengoordinasikan seluruh proses perusahaan agar perusahaan dapat mempersiapkan dan mengirimkan produk kepada konsumen yang mencakup proses perencanaan (plan), sumber input (source), pengolahan bahan baku (produksi), transportasi, distribusi, pergudangan (deliver), sistem informasi, pembayaran barang, sampai barang dikonsumsi oleh konsumen, juga ada tahap terakhir yaitu pengembalian produk jika ditemukan barang rusak (Martono, 2019).

Tujuan utama dari SCM adalah untuk memastikan pengiriman produk tepat waktu sehingga dapat memuaskan konsumen, mengurangi biaya, meningkatkan kinerja seluruh rantai pasok (bukan hanya satu perusahaan), mengurangi waktu, serta memusatkan kegiatan perencanaan dan distribusi (Sariyun Naja Anwar, 2013). Operasional yang efisien dari rantai pasok tergantung dari lengkap dan akurat atau tidaknya aliran data produk yang diminta dari pengecer hingga ke konsumen (Wuwung, 2013). Manajemen rantai pasok juga berhubungan dengan pengembangan produk, jaminan kualitas produk, proses pembayaran yang mudah, layanan purna jual, dan layanan informasi (Indrajit & Djokopranoto, 2005).

Integrasi menyeluruh pada sistem SCM akan memicu konsekuensi, baik

positif maupun negatif dalam interaksi antar pelaku (Martono, 2019). Peneliti Gichuru, Iravo, and Arani (2015) meyakini bahwa integrasi ini dapat memberikan keuntungan secara strategis, taktis, dan operasional. Keuntungannya adalah memfasilitasi kolaborasi Rantai Pasok yang memungkinkan perusahaan untuk bekerja sama lebih baik dengan para pemasok dan distributor, meningkatkan pangsa pasar, dan peluncuran produk baru yang lebih baik (Susanto, Othman, Tjaja, Rahayu, Gunawan, & Saptari, 2023). Berikut merupakan gambar 2.12 yang menampilkan ilustrasi dari rantai pasok pada industri pertanian.

#### Pertanian



Gambar 2. 12 Ilustrasi Rantai Pasok pada Industri Pertanian (Martono, 2019)

Gambar diatas menampilkan diagram rantai pasok dari produk susu sapi yang dimulai dari produk tersebut diproduksi, diolah, dan didistribusikan kepada konsumen. Rantai pasok ini melibatkan banyak pihak yang memiliki peran penting untuk memastikan bahwa produk susu dapat sampai ke tangan konsumen dengan aman dan berkualitas. Interaksi antara pihak-pihak dalam rantai pasokan susu sapi contohnya adalah dari peternak sapi yang menjual susu sapi mentahnya kepada industri pengolahan ternak dalam kemasan, kemudian industri pengolahan ternak dalam kemasan menjual produk susu mereka kepada distributor. Pihak distributor menjual produk susu mereka kepada ritel, hingga akhirnya ritel menjual produk susu mereka kepada konsumen.

#### 2.6. Area Cakupan Rantai Pasok

Area cakupan SCM menurut Pujawan (2005) meliputi perencanaan,

pengadaan, produksi, distribusi, dan pengendalian mutu produk dan layanan secara efisien dan terkoordinasi untuk memenuhi permintaan pelanggan dan mencapai keunggulan kompetitif. Area cakupan dari SCM adalah sebagai berikut.

**a. Product Development**

Riset Pasar dengan menganalisis untuk memahami kebutuhan dan preferensi konsumen, mengembangkan produk dengan merancang produk baru berdasarkan hasil riset pasar, kolaborasi dengan pemasok di proses ini untuk memastikan ketersediaan bahan dan inovasi material, dan kerjasama dengan distributor dan pengecer untuk mendapatkan masukan pasar dan memastikan distribusi produk yang efektif.

**b. Procurement**

Kegiatan ini terdiri dari memilih pemasok yang tepat, mengevaluasi kinerja pemasok secara berkala, melakukan pembelian bahan baku dan komponen yang diperlukan, serta memonitor risiko yang terkait dengan rantai pasok. Selain itu, penting untuk memelihara hubungan baik dengan pemasok agar memastikan kelancaran dan keandalan pasokan.

**c. Planning and Control**

Kegiatan ini mencakup peramalan permintaan untuk memprediksi kebutuhan pasar, perencanaan kapasitas untuk memastikan sumber daya yang memadai, serta perencanaan produksi dan persediaan untuk mengoptimalkan proses manufaktur dan pengelolaan stok.

**d. Production and Quality Control**

Kegiatan ini mencakup proses produksi dan kontrol kualitas untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi standar yang ditetapkan. Langkah ini penting untuk menjaga kualitas produk, meminimalkan cacat, dan meningkatkan kepuasan konsumen.

**e. Distribution**

Kegiatan ini mencakup perencanaan jaringan distribusi untuk memastikan jangkauan yang efektif, penjadwalan pengiriman untuk ketepatan waktu, serta memelihara hubungan dengan perusahaan jasa pengiriman guna menjamin layanan yang andal. Langkah ini memastikan produk sampai ke konsumen dengan tepat

waktu dan dalam kondisi baik.

## **2.7. Kualitas Sayur Kangkung**

Kangkung merupakan sayuran hijau yang kaya akan vitamin, mineral, dan mudah didapatkan dengan harga murah. Budidayanya pun terbilang mudah. Oleh karena itu, kangkung memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai komoditas tanaman hortikultura (Fevria & Aliciafarma, 2021). Menurut (Natascha-plantura.garden), Kangkung mengandung kalori yang sangat rendah dan sekitar 90% berisi air dan kaya nutrisi. Lebih banyak menambahkan sayuran kangkung dalam diet dapat membantu untuk melawan penyakit seperti diabetes.

Kangkung direkomendasikan untuk dikonsumsi secara berkelanjutan untuk menjaga nutrisi, mengingat jumlah dan keragaman nutrisi yang terkandung di dalamnya, karena merupakan sumber serat nabati, karbohidrat, dan mineral (terutama K, Fe, Mg, dan Mn) yang baik (Umar, Hassan, Dangoggo, & Ladan, 2007), selain itu Kangkung juga mengandung berbagai zat seperti vitamin A, vitamin B1, vitamin C, protein, kalsium, fosfor, dan zat besi. Zat besi sangat penting bagi tubuh, karena membentuk sel darah merah. Kelelahan, pusing, dan penglihatan kabur adalah ciri awal anemia akibat kekurangan zat besi, sehingga sangat baik untuk mengatasi anemia (Fevria & Aliciafarma, 2021).

Kualitas sayuran berperan penting dalam menjaga kesehatan manusia. Sayuran yang segar dan memiliki kualitas tinggi mengandung nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh. Kondisi pertumbuhan tanaman, metode budidaya, dan waktu panen berperan sebagai faktor yang mempengaruhi kualitas sayuran. Konsumsi sayuran yang baik mampu mendukung sistem kekebalan tubuh, menjaga keseimbangan gula darah, dan mengurangi risiko penyakit kronis. Maka dari itu, penting bagi konsumen untuk memilih sayuran dengan baik dan hati-hati, memastikan bahwa sayuran yang dipilih berasal dari sumber yang terpercaya dan diproduksi dengan standar kualitas yang tinggi.

Pasar swalayan membutuhkan sayuran hidroponik karena permintaan yang semakin meningkat (Suyono, Timisela, & Tuhumury, 2023). Kebutuhan pada restoran, kafe, dan hotel pun juga memiliki permintaan yang meningkat pada sayuran jenis ini. Standar kualitas sayuran di pasar swalayan adalah sayuran harus berukuran seragam, bebas

kerusakan, dan segar. Sedangkan syarat untuk suatu café lebih fleksibel, diantaranya adalah kondisi yang utuh, warnanya solid tanpa ada bekas terbakar, tidak ada lubang bekas hama atau penyakit, memiliki rasa yang netal, tidak berlubang bekas hama atau penyakit, krispi, renyah, dan tahan lama (Herwibowo & Budiana, 2014).

Menurut (Susanto et al., 2023), Supermarket menetapkan standar yang tinggi terhadap kualitas sayuran yang biasanya sulit dipenuhi oleh sebagian besar petani. Karena standar ini sangat tinggi, sehingga banyak produk petani yang tidak memenuhi syarat dan akhirnya ditolak oleh supermarket. Ketika kualitas sayuran tidak memenuhi standar, supermarket sebagai pembeli besar melakukan pemotongan harga atau pembatasan pembelian di masa pembelian selanjutnya. Susanto et al. (2023) dan Tayibnapis and Wuryaningsih (2019) berpendapat bahwa hal ini sangat merugikan petani karena tidak memiliki posisi tawar yang baik, sehingga tidak berdaya menghadapi pasar.

## **2.8. Blackbox Testing**

Blackbox testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada fungsionalitas dan perilaku perangkat lunak dari sudut pandang pengguna. Tujuannya adalah untuk menemukan fungsi yang tidak berfungsi, kesalahan antarmuka, kesalahan struktur data, kesalahan performansi, serta kesalahan lainnya yang dapat mempengaruhi kinerja perangkat lunak (Yahya Dwi Wijaya & Astuti, 2021). Salah satu teknik blackbox testing adalah Equivalence Partitioning, yaitu pengujian berbasis masukan data di setiap form pada sistem informasi penilaian kinerja yang dilakukan secara lebih efektif dan efisien untuk memastikan bahwa perangkat lunak dapat berfungsi dengan benar terhadap berbagai input yang dianggap setara (Yahya Dwi Wijaya & Astuti, 2021).

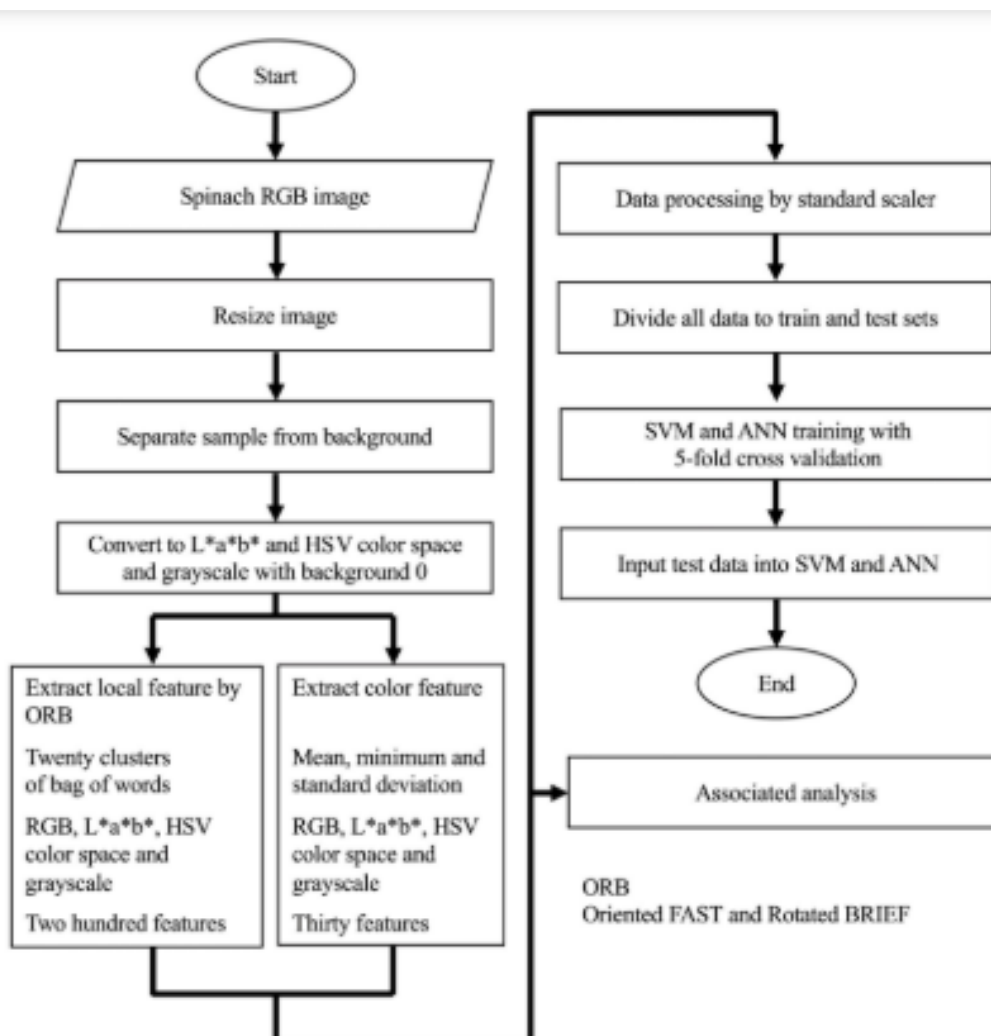
Metode lain pada blackbox testing adalah Boundary Value Analysis (BVA), atau Analisis Nilai Batas, merupakan teknik pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian nilai di tepi rentang data yang diuji (Mustaqbal, Firdaus, & Rahmadi, 2015). Hal ini dilakukan dengan cara menentukan nilai batas bawah dan nilai batas atas dari data tersebut, dan kemudian menguji perangkat lunak dengan nilai-nilai tersebut. Penggunaan teknik black box testing menjadi alat yang berharga untuk meningkatkan kualitas perangkat lunak, karena membantu menghasilkan perangkat lunak yang lebih stabil, andal, dan mudah digunakan, yang pada akhirnya mengarah pada kepuasan pengguna yang lebih tinggi.

## 2.9. Kajian Penelitian

Beberapa penelitian terkait identifikasi tanaman dengan objek citra daun telah dilakukan peneliti terdahulu. Kajian penelitian identifikasi tanaman berdasarkan karakteristik citra daun dijelaskan berikut.

### **Predicting Sensory Evaluation Of Spinach Freshness Using Machine Learning Model And Digital Images (Kento KoyamaID, Marin Tanaka, Byeong-Hyo Cho, Yusaku Yoshikawa, Shige Koseki, 2021)**

Penelitian ini mengembangkan model klasifikasi kesegaran daun bayam berbasis pemrosesan citra berdasarkan evaluasi sensorik. Memprediksi hasil evaluasi visual kesegaran oleh manusia menggunakan metode pembelajaran mesin dan gambar ponsel cerdas adalah biaya efektif, cepat, dan dapat direproduksi kapan saja atau di mana saja. Sampel menggunakan 100 tanaman bayam yang didapatkan di Jepang. Akuisisi gambar didapatkan menggunakan hp dan ruang penerangan, total gambar daun bayam yang diambil adalah 1045 gambar. Dua belas subjek non-terlatih melakukan evaluasi sensorik terhadap gambar-gambar bayam menggunakan panduan evaluasi sensorik yang telah dikembangkan. Kesegaran diklasifikasikan menjadi empat tingkat: tidak terlalu segar; tidak segar; segar; dan sangat segar. Total 100 sampai 145 sampel yang digunakan untuk setiap evaluasi sensorik Hasil evaluasi sensorik kemudian digunakan sebagai label kebenaran. Pemrosesan gambar dan ekstraksi fitur dilakukan dengan menghilangkan latar belakang gambar menggunakan algoritma binarisasi dan metod Otsu dan fitur-fitur warna yang diekstraksi menggunakan metode ORB (Oriented FAST and Rotated BRIEF). Fitur-fitur ini kemudian digunakan untuk melatih model klasifikasi. Dua model pembelajaran mesin, yaitu SVM dan ANN, digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kesegaran bayam. Hasil klasifikasi menggunakan model SVM dan ANN menunjukkan akurasi keseluruhan di atas 70%, yang mirip dengan akurasi evaluasi panel individu. Terdapat korelasi positif antara fitur warna dan fitur lokal (mencakup informasi tentang tekstur atau pola yang terdapat dalam gambar) yang diekstraksi dari gambar bayam dengan nilai evaluasi sensorik. Berikut merupakan gambar 2.13 yang menampilkan flowchart dari algoritma untuk mengevaluasi fitur lokal dan warna.



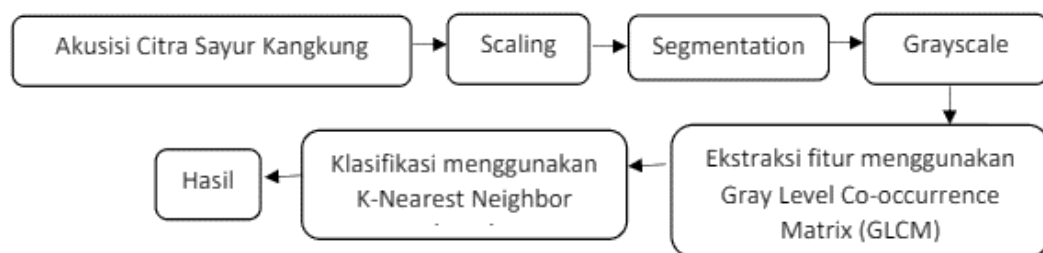
Gambar 2. 13 Flowchart Dari Algoritma Untuk Mengevaluasi Fitur Lokal Dan Warna

### Klasifikasi Kesegaran Sayur Kangkung Dan Deteksi Terpapar Bahan Kimia Menggunakan Metode GLCM Dan KNN (Rufus Ocsan, Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T., Irma Safitri, S.T., M.Sc., 2021)

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang mampu mengklasifikasikan kualitas sayur kangkung dan mendeteksi apakah terpapar bahan kimia atau telah mengalami pembusukan. Metode yang digunakan untuk ekstraksi fitur adalah GLCM dari citra digital sayur kangkung, serta pengklasifikasian menggunakan metode K-Nearest Neighbor. GLCM digunakan karena dianggap menjadi metode yang efektif untuk menganalisis tekstur citra. Citra digital digunakan sebagai basis untuk analisis, dengan pengolahan citra digital dilakukan melalui tahap preprocessing untuk mengatasi masalah seperti noise dan objek-objek



pengganggu. Preprocessing melibatkan langkah-langkah seperti scaling, segmentation, dan grayscaling untuk mempersiapkan citra sebelum dilakukan ekstraksi fitur. Data diambil menggunakan kamera Canon 550D. Kemudian, proses preprocessing dilakukan menggunakan perangkat lunak Adobe Photoshop 2020. Ekstraksi fitur menggunakan GLCM. Hasil dari ekstraksi fitur digunakan sebagai masukan untuk proses klasifikasi. Proses klasifikasi dilakukan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN), di mana objek yang memiliki kemiripan paling dekat dengan objek lainnya diklasifikasikan ke dalam kelas yang sesuai. Hasil akhir dari penelitian ini adalah kemampuan sistem untuk mengklasifikasikan sayur kangkung menjadi tiga kategori: segar tanpa terpapar bahan kimia, segar terpapar bahan kimia, dan mengalami kerusakan. Metode ekstraksi fitur GLCM dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN) telah berhasil diimplementasikan dalam klasifikasi kesegaran sayur kangkung dan deteksi terpapar bahan kimia. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali dengan tingkat akurasi tertinggi pada percobaan ke dua 88,88% dan percobaan pertama sebesar 42,85% pada pengujian di arah sudut  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$  dengan nilai  $k = 1$ . Hal ini menunjukkan kemampuan sistem dalam mengklasifikasikan sayur kangkung yang mengalami kerusakan atau terpapar bahan kimia. Berikut merupakan gambar 2.14 yang menunjukkan diagram alir perancangan sistem klasifikasi kangkung yang mengalami kerusakan atau terpapar bahan kimia.

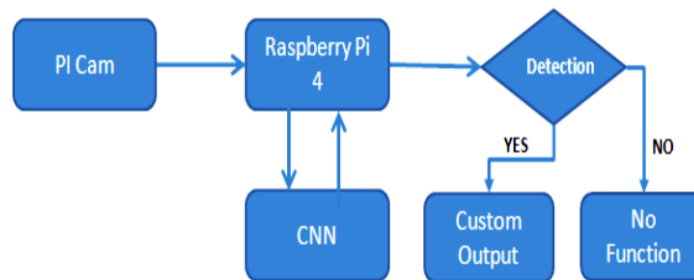


Gambar 2. 14 Diagram Alir Perancangan Sistem Klasifikasi Kangkung Yang Mengalami Kerusakan Atau Terpapar Bahan Kimia

#### **Spinach Variety Identification System Employing CNN Based Image Processing [T. Nagamani, S.Ramesh Babu, M.B.Bheema Kumar, 2022]**

Penelitian ini mengembangkan sebuah aplikasi seluler untuk mengidentifikasi berbagai jenis bayam menggunakan alat pemrosesan gambar berbasis CNN terlatih. Beberapa varietas bayam mengandung kadar asam oksalat dan purin yang tinggi,

jika dikonsumsi secara berlebihan dapat menyebabkan pembentukan batu ginjal akibat akumulasi oksalat, serta dapat menyebabkan peradangan pada sendi yang mengarah ke arthritis. Sangat penting untuk mengidentifikasi jenis bayam dan juga nutrisi yang terkandung di dalamnya untuk menghindari komplikasi dan efek kesehatan yang merugikan bagi beberapa orang yang memiliki alergi karena adanya histamin pada bayam. Sistem ini terdiri dari Raspberry Pi 4, kamera Pi, dan fungsi output kustom. Sistem yang diusulkan dilatih menggunakan YoloV3 yang dilatih di Google COLAB dengan data gambar yang berisi dua varietas bayam. Kamera Pi menangkap data gambar dan kemudian dikirim ke Raspberry Pi. Raspberry Pi memproses gambar dan memberikan masukan ke model, dan keluarannya diteruskan ke output kustom untuk proses berbasis pengguna. Model CNN yang dilatih diunggah ke papan Raspberry Pi untuk kebutuhan pemrosesan gambar ini. Raspberry Pi 4 Model B adalah produk terbaru dalam rangkaian komputer Raspberry Pi yang populer. Ini menawarkan peningkatan revolusioner dalam kecepatan prosesor, kinerja multimedia, memori, dan konektivitas dibandingkan dengan Raspberry Pi 3 Model B+ generasi sebelumnya, sambil mempertahankan kompatibilitas mundur dan konsumsi daya yang mirip. Proses identifikasi yang mudah bagi konsumen akan membantu meningkatkan penjualan dan produksi, karena setiap varietas bayam memiliki nilai kesehatan yang berbeda. Dengan analisis data pasokan dan permintaan, serta identifikasi tanaman yang terkena penyakit atau cacing, bisnis pertanian dapat diperluas dengan lancar. Integrasi visi komputer dan pembelajaran mesin dalam teknologi ini membuka pintu untuk penggunaan teknik serupa dalam berbagai kebutuhan lainnya. Dengan demikian, proyek ini menunjukkan potensi besar untuk memberikan solusi yang inovatif dan efisien dalam mengelola dan meningkatkan produktivitas dalam industri pertanian dan bidang lainnya. Berikut merupakan gambar 2.15 yang menampilkan aliran diagram kerja sistem ini.

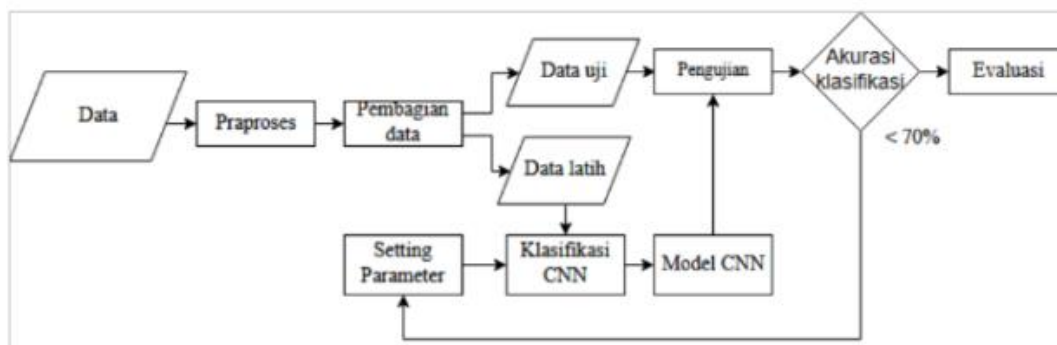


Gambar 2. 15 Aliran Diagram Kerja Sistem.

### **Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Varietas Pada Citra Daun Sawi Menggunakan Keras [Ahmad Kurniadi, Kusrini, Moh. Fal Sadikin, 2020]**

Penelitian ini mengamati pentingnya mengklasifikasi varietas dari sayuran sawi, karena memiliki banyak varietas yang berbeda, namun masih banyak orang yang merasa kesulitan untuk membedakannya secara tepat. Tiga varietas sawi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sawi pakchoy, sawi putih, dan sawi caisim. Ketidaktahuan ini dapat mengarah pada kurangnya kesadaran dalam melestarikan varietas-varietas tersebut. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, digunakan CNN agar bisa mengklasifikasikan citra sayuran sawi dengan akurasi yang tinggi. Tahapan yang digunakan pada penelitian ini berawal dari akuisisi data citra yang diambil menggunakan kamera digital di dalam ruangan dengan pencahayaan yang stabil dan latar belakang berwarna putih. Format data adalah RGB, yang artinya seluruh dataset citra yang digunakan memiliki warna, bukan grayscale. Kemudian proses setting parameter, meliputi jumlah epoch, jumlah batch, ukuran dimensi citra, dimensi citra, jumlah filter, ukuran convolution layer, dan ukuran pooling layer. Kemudian proses selanjutnya adalah praproses menggunakan beberapa software seperti JavaScript, Python 3.6.4, dan R Studio 1.1.419. Kemudian pembagian data menjadi data latih dan data uji. Resize dan Combine untuk menyamakan ukuran. Pengubahan ukuran ini menandakan bahwa setiap citra siap untuk dilakukan analisis menggunakan metode CNN. Proses klasifikasi dilakukan dengan menggunakan struktur jaringan CNN dan fungsi aktivasi ReLU. Hasil akhir dari penelitian ini adalah nilai akurasi, yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model. Akurasi dapat direpresentasikan menggunakan confusion matrix. Hasil akurasi, presisi, dan recall dari data latih dan data uji dianalisis untuk mengevaluasi

kinerja model. Dengan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN), pengklasifikasi citra sawi dapat dilakukan dengan akurasi yang cukup baik, sekitar 84%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode CNN menggunakan library Keras efektif dalam mengklasifikasikan citra sawi pakcoy, sawi putih, dan sawi caisim. Berikut merupakan gambar 2.16 yang menampilkan diagram alir dari klasifikasi sistem sawi.

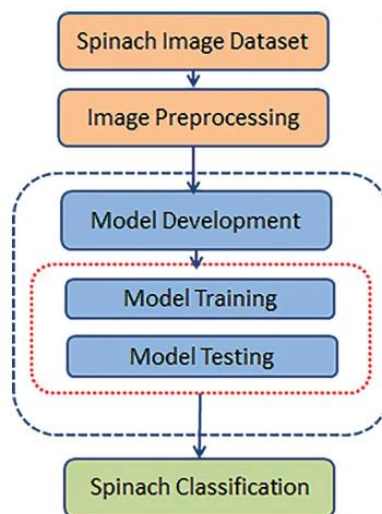


Gambar 2. 16 Diagram Alir Dari Klasifikasi Sistem Sawi

**A Novel Convolutional Neural Networks Based Spinach Classification and Recognition System [Sankar Sennan, Digvijay Pandey, Youseef Alotaibi, Saleh Alghamdi, 2022]**

Penelitian ini mengusulkan arsitektur CNN baru untuk mengklasifikasikan bayam, yaitu Daun Amaranth, Black nightshade, Daun Kari, dan Daun Kelor. Hal ini karena penelitian terdahulu yang dilakukan oleh penelitian ini tidak memberikan hasil akurasi yang tinggi. Kontribusi peneliti adalah melakukan analisis dengan berbagai model deep learning dalam tinjauan pustaka dan mengidentifikasi keterbatasan-keterbatasan mereka. Mengusulkan model CNN yang baru untuk mengklasifikasikan kategori bayam, yaitu daun amaranth, black nightshade, daun kari, dan daun kelor. Untuk meningkatkan akurasi klasifikasi bayam, variasi rasio pelatihan dan validasi dari dataset dilakukan dan rasio terbaik untuk klasifikasi bayam ditentukan. Model ini menggunakan dataset sendiri untuk mengklasifikasikan bayam yang berisi 400 gambar dengan empat kelas, dan setiap jenis memiliki 100 gambar. Dataset ini diambil menggunakan smartphone Redmi dengan kamera 12 megapiksel dan diambil dalam posisi yang sama (bentuk potrait). Pra-pemrosesan gambar dilakukan dengan menghapus latar belakang dan ukurannya diubah menjadi 256x256 piksel. Menggunakan dua lapisan konvolusi

dengan ukuran kernel  $3 \times 3$  dan jumlah filter 32. Setelah operasi konvolusi, model CNN menerapkan fungsi aktivasi ReLu, dan kemudian dilakukan max pooling dengan ukuran  $8 \times 8$ . Proses yang serupa berlaku untuk lapisan-lapisan konvolusi berikutnya, yang masing-masing menghasilkan representasi fitur yang semakin kompleks dari gambar input. Pada lapisan terakhir, dilakukan klasifikasi menggunakan fungsi aktivasi softmax, yang cocok untuk klasifikasi multi-kelas. CNN yang diusulkan mencapai akurasi klasifikasi 97,5%. Selain itu, kinerja CNN yang diusulkan dibandingkan dengan klasifikasi yang populer, yaitu SVM, Random Forest, Visual Geometry Group 16 (VGG16), Visual Geometry Group 19 (VGG19), dan Residual Network 50 (ResNet50). CNN yang diusulkan memberikan kinerja yang lebih unggul daripada model lainnya, yaitu SVM 83%, Random Forest 85%, VGG16 93%, VGG19 94,5%, dan ResNet50 95%. Berikut merupakan gambar 2.17 yang menampilkan diagram alir dari klasifikasi jenis bayam.

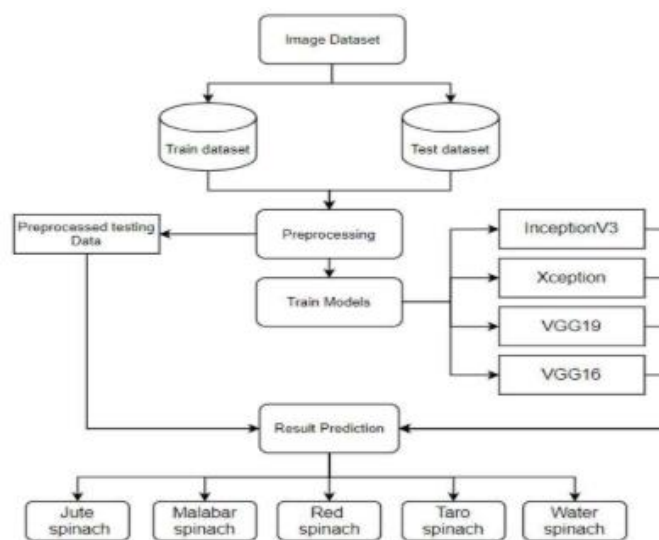


Gambar 2. 17 Diagram Alir Dari Klasifikasi Jenis Bayam

**Deep Learning Based Classification System For Recognizing Local Spinach [Mirajul Islam, Nushrat Jahan Ria, Jannatul Ferdous Ani, Abu Kaisar Mohammad Masum, Sheikh Abujar, Syed Akhter Hossain, 2022]**

Penelitian ini mengidentifikasi bayam secara otomatis menggunakan deep learning. Metode ini memanfaatkan dataset yang terdiri dari lima spesies bayam. Empat model CNN digunakan untuk mengklasifikasikan bayam. Dataset didapat sebanyak total 3785 gambar. Gambar tersebut kemudian dibagi menjadi dua, yaitu set pelatihan 80%, dan set pengujian 20%. Kemudian masuk ke proses pra-

pemrosesan. Proses ini meliputi konversi RGB, filtering, resize & rescaling, dan kategorisasi. Setelah tahapan-tahapan ini dilakukan, data gambar telah diproses dan siap digunakan dalam algoritma klasifikasi. Kemudian data dilatih dengan empat model berbeda untuk klasifikasi, yaitu InceptionV3, Xception, VGG19, dan VGG16. Keempat model ini memberikan hasil yang sangat akurat untuk klasifikasi gambar. Dari keempat model yang digunakan, VGG16 mencapai akurasi tertinggi, yaitu 99.79%, InceptionV3 (99,74%), Xception (99,47%), dan VGG19 (99,26%). Berikut merupakan gambar 2.18 yang menampilkan diagram alir klasifikasi jenis bayam.



Gambar 2. 18 Diagram Alir Dari Klasifikasi Jenis Bayam

### **Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Dalam Klasifikasi Citra Sayur [Adli Abdillah Nababan, Miftahul Jannah, 2023]**

Penelitian ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada masyarakat tentang penilaian sayuran berdasarkan warna serta meningkatkan kesadaran umum untuk mengonsumsi sayuran segar berdasarkan warna. Penelitian ini mengklasifikasi sayuran jenis Bayam, Kol, Wortel dan Terong berdasarkan citra warna menggunakan metode K-NN. Penelitian ini menggunakan total 80 sampel data, 40 data untuk data training, dan 40 data lainnya untuk data pengujian. Langkah pertama adalah pengolahan citra dengan mengkonversi citra RGB menjadi citra grayscale. Kemudian tahap selanjutnya adalah resizing menjadi 400x400 piksel. Hal ini dilakukan untuk memastikan proses komputasi tidak terlalu berat.

Kemudian klasifikasi dengan K-NN dengan menentukan nilai k (jumlah tetangga terdekat). Nilai k yang digunakan adalah sebanyak 5, yang berarti proses klasifikasi mempertimbangkan lima tetangga terdekat untuk menentukan klasifikasi citra uji. Metode tersebut digunakan karena efektif dalam mengklasifikasikan objek baru berdasarkan atributnya dan kemiripannya dengan contoh-contoh data latih yang sudah terlabel. K-NN memiliki beberapa keunggulan, termasuk kemampuannya untuk mengenali jenis sayuran yang belum pernah dilihat sebelumnya, toleransi terhadap perubahan dalam data latih, dan kemudahan implementasinya. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa metode KNN mampu mengklasifikasikan jenis sayuran dengan akurasi sebesar 87,5% terhadap 40 sampel data pengujian gambar. Berikut merupakan gambar 2.19 yang menampilkan diagram alir dari sistem klasifikasi sayuran.



Gambar 2. 19 Diagram Alir Dari Sistem Klasifikasi Sayuran

Beberapa penelitian terkait sistem informasi rantai pasok juga telah dilakukan oleh peneliti terdahulu. Beberapa kajian penelitian rantai pasok dijelaskan berikut.

**Perancangan E-SCM Berbasis Web Pada Industri Pertanian Jagung [Annasia Oktaviana Fauzi, Ruthbatul Aliyah, Yusuf Amrozi, 2021]**

Jurnal ini menyajikan penelitian tentang implementasi sistem Manajemen Rantai Pasok Elektronik (E-SCM) untuk mendukung industri pertanian jagung menggunakan teknologi berbasis web yang mengintegrasikan PHP dan MySQL. Penelitian ini bertujuan untuk memudahkan pengelolaan informasi rantai pasok dan aktivitas distribusi jagung yang penting dalam menghadapi tantangan logistik dan operasional yang sering dihadapi oleh industri pertanian. Penelitian ini dimulai dengan menguraikan pentingnya jagung sebagai komoditas penting di sektor pertanian, yang menjadi bahan pangan utama serta bahan baku industri. Dari sinilah muncul kebutuhan untuk mengoptimalkan manajemen rantai pasok menggunakan solusi teknologi. Penulis kemudian mengembangkan sistem E-SCM yang tidak hanya fokus pada peningkatan efisiensi pengiriman dan distribusi tapi juga pada peningkatan aksesibilitas dan transparansi informasi antar pelaku industri, termasuk petani, distributor, dan konsumen akhir. Metodologi yang digunakan melibatkan wawancara dengan para stakeholder industri dan studi literatur untuk mendesain sistem yang responsif terhadap kebutuhan nyata industri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan signifikan memperbaiki proses manajemen dan distribusi dalam rantai pasok jagung, menawarkan solusi yang efektif dan efisien dengan memanfaatkan teknologi informasi. Kesimpulannya adalah bahwa E-SCM yang dirancang berhasil menyederhanakan operasional, meningkatkan koordinasi antar pihak, dan mendukung pengambilan keputusan yang berbasis data. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah integrasi lebih lanjut dari teknologi seperti data real-time dan analisis prediktif untuk lebih meningkatkan responsivitas dan adaptabilitas sistem terhadap dinamika pasar. Secara keseluruhan, jurnal ini menawarkan wawasan tentang teknologi digital yang dapat mengatasi tantangan tradisional dalam manajemen rantai pasok pertanian, khususnya dalam konteks industri jagung.

**Pengelolaan Rantai Pasok Terintegrasi Untuk Efisiensi Pemenuhan Produk**



**Perishable [Isbat Uzzin Nadhori, Ahmad Syauqi Ahsan, 2017]**

Jurnal ini fokus dalam pengembangan sistem informasi rantai pasok terintegrasi untuk produk pertanian yang mudah rusak, seperti buah dan sayuran. Sistem yang diusulkan bertujuan mengintegrasikan seluruh informasi rantai pasok, mulai dari produsen hingga konsumen untuk memastikan bahwa semua pihak dapat mengakses dan mengelola data yang relevan terkait dengan aktivitas mereka. Diagram UML digunakan untuk mendesain sistem, penelitian ini mengembangkan model yang memungkinkan visualisasi jelas dari fungsi dan alur kerja, yang mencakup penjadwalan penanaman, panen, dan distribusi berdasarkan permintaan aktual. Salah satu temuan kunci dari penelitian ini adalah bahwa peningkatan jumlah slot lahan yang tersedia untuk penanaman dapat signifikan mengurangi jumlah pesanan yang tidak terpenuhi, menunjukkan pentingnya manajemen sumber daya yang efisien. Sistem yang dikembangkan juga memungkinkan pembaruan data secara real-time, memfasilitasi respons yang cepat terhadap perubahan permintaan pasar dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi produksi. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan gambaran penting tentang integrasi teknologi informasi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional rantai pasok produk pertanian perishable. Meskipun tidak secara spesifik menyebutkan penggunaan teknologi seperti MySQL atau PHP, fokus utamanya adalah pada kemampuan sistem untuk mengelola informasi secara efektif dan mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam manajemen rantai pasok.

**Pembangunan Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok pada PT Garuda Mas Semesta [Diki Yuliawan, Wina Witanti Puspita Nurul Sabrina, 2018]**

Penelitian ini dilakukan di PT Garuda Mas Semesta yang mengalami keterlambatan dalam produksi akibat pembelian bahan baku yang tidak efisien, karena proses dokumentasi secara manual dan komunikasi yang kurang terintegrasi dengan supplier menyebabkan pembuatan Purchasing Order menjadi lambat dan tidak efektif. Untuk mengatasi ini, peneliti mengembangkan sebuah sistem berbasis teknologi informasi yang menggunakan PHP dan MySQL untuk memfasilitasi komunikasi data yang lebih baik dan integrasi informasi antar departemen serta

dengan supplier. Sistem dikembangkan diharapkan tidak hanya meningkatkan kelancaran pasokan bahan baku dan pengiriman pesanan, tapi juga memperbaiki hubungan kerjasama antar departemen dalam perusahaan dan dengan para supplier. Penggunaan metodologi waterfall dalam pengembangan perangkat lunak memungkinkan proses yang terstruktur dan sistematis, yang menjamin bahwa setiap fase pengembangan dapat diikuti dengan jelas dan efisien. Meskipun sistem yang dikembangkan menunjukkan banyak kelebihan, seperti peningkatan integrasi data dan efisiensi operasional, ada beberapa kekurangan yang patut diperhatikan. Sistem tersebut tidak mengintegrasikan teknologi lain seperti Internet of Things (IoT), yang bisa meningkatkan otomatisasi dan efektivitas lebih lanjut. Selain itu, ketergantungan pada kerjasama aktif dari supplier untuk pembaruan data mungkin juga menjadi hambatan jika tidak semua pihak memiliki kapasitas atau kesediaan yang sama. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan informasi tentang bagaimana penerapan sistem informasi yang terintegrasi dapat mengatasi masalah logistik dan manajemen rantai pasok di industri manufaktur, sekaligus menawarkan pelajaran berharga tentang pentingnya adaptasi teknologi dalam memperkuat proses bisnis.

**E-Supply Chain Management Menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD) pada Unit Usaha Budidaya Hidroponik [Ari Lathifah, Evy Nurmiati, 2022]**

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem e-SCM di unit usaha Puji Hidroponik menggunakan metode RAD (Rapid Application Development). Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengatasi berbagai masalah operasional yang dihadapi oleh unit tersebut, termasuk pengelolaan informasi yang tidak terintegrasi dan distribusi sayuran hidroponik yang tidak efisien. Penelitian ini berhasil menciptakan sebuah sistem yang memungkinkan integrasi data dan proses bisnis yang lebih efisien antara Puji Hidroponik dan para stakeholder terkait, seperti supplier dan pelanggan. Hasilnya adalah sistem ini memudahkan manajemen informasi terkait ketersediaan bahan baku dan distribusi produk, serta membantu menghindari penumpukan stok dan memperluas basis pelanggan. Sistem ini juga menawarkan kemudahan dalam pengambilan keputusan karena adanya akses

informasi real-time. Kesimpulannya, implementasi e-SCM di Puji Hidroponik menawarkan sejumlah peningkatan signifikan dalam efisiensi dan efektivitas operasional. Ini menunjukkan potensi besar dari penerapan teknologi informasi dalam manajemen rantai pasok, khususnya dalam sektor agribisnis seperti budidaya hidroponik, yang membutuhkan koordinasi yang cermat antara berbagai proses bisnis dari produksi hingga ke tangan konsumen.

#### **Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok Air Minum dengan Implementasi Metode RAD [Yahdi Kusnadi, Eni Irfiani, Andri Suandi, 2023]**

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem informasi manajemen rantai pasok untuk perusahaan distribusi air minum CV. D&D Jaya, yang masih menggunakan sistem pengelolaan data manual, menyebabkan lambatnya proses dan tingginya tingkat kesalahan. Sistem ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pengelolaan data dengan mengotomatisasi proses yang sebelumnya memerlukan waktu dan tenaga yang signifikan. Tujuan utamanya adalah untuk menciptakan sistem informasi yang dapat mengintegrasikan data terkait kegiatan perusahaan, termasuk barang masuk dan keluar, serta transaksi penjualan, sehingga dapat mempercepat proses, mengurangi kesalahan, dan menghasilkan laporan yang lebih akurat dan cepat. Penelitian ini menggunakan metode Rapid Application Development (RAD), yang merupakan pendekatan pengembangan yang mengutamakan pembuatan prototipe yang cepat dan umpan balik iteratif. Proses pengembangan terdiri dari empat tahap utama: perencanaan kebutuhan, desain sistem, pengembangan dan pengumpulan umpan balik, serta implementasi produk. Data dikumpulkan melalui observasi langsung di CV. D&D Jaya, wawancara dengan staf administrasi, dan studi pustaka dari berbagai referensi terkait. Penelitian ini menghasilkan desain sistem yang terdiri dari beberapa komponen utama, termasuk halaman untuk operator dan admin, serta diagram UML seperti use case dan activity diagram. Sistem ini dirancang agar operator dapat mengelola data pasokan barang, transaksi penjualan, dan laporan. Admin memiliki kemampuan tambahan untuk mengelola data pengguna, pelanggan, dan barang. Dengan sistem yang dikembangkan, proses pengelolaan data diharapkan menjadi

lebih cepat dan lebih akurat, dengan data yang tersimpan secara aman dalam basis data terintegrasi. Kesimpulannya adalah sistem yang dikembangkan ini dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi pengelolaan data di perusahaan air minum. Komputerisasi data mengurangi kesalahan dan mempercepat proses pelaporan. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan solusi yang signifikan untuk meningkatkan efisiensi operasional di perusahaan distribusi air minum.

### 2.9.1 Penelitian Terdahulu Terkait Identifikasi Kualitas Sayuran

Penelitian terkait identifikasi kualitas pada sayuran dilakukan oleh beberapa penelitian, diantaranya adalah tabel berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu Identifikasi Kualitas Sayuran

No	Judul	Objek Penelitian	Parameter	Algoritma	Kelebihan	Kekurangan
1	<i>Predicting Sensory Evaluation Of Spinach Freshness Using Machine Learning Model And Digital Images</i> (Kento Koyama, Marin Tanaka, Byeong-Hyo Cho, Yusaku Yoshikawa, Shige Koseki, 2021)	Bayam	Fitur tekstur atau pola dan warna	SVM, ANN	Model yang diusulkan cepat untuk mengevaluasi kesegaran daun bayam.	Model yang dikembangkan memiliki akurasi prediksi lebih dari 70%
2	<i>Klasifikasi Kesegaran Sayur Kangkung Dan Deteksi Terpapar Bahan Kimia Menggunakan Metode Glcm Dan Knn</i> [Rufus Ocsan , Dr. Ir. Jangkung Raharjo, M.T. , Irma Safitri, S.T., M.Sc, 2021]	Kangkung (batang dan daun) Kale	Tekstur	GLCM dan KNN	Tingkat akurasi tertinggi dicapai pada percobaan kedua sebesar 88,88% dengan nilai k=1.	Pengujian hanya dilakukan pada sudut tertentu dan nilai k tertentu, sehingga kemungkinan terdapat kombinasi parameter yang belum dieksplorasi.
3	<i>Spinach Variety Identification System Employing CNN Based Image Processing</i> [T. Nagamani, S.Ramesh Babu, M.B.Bheema Kumar, 2022]	Bayam	Tidak secara spesifik disebutkan	CNN	Menunjukkan potensi besar untuk menggabungkan Raspberry Pi 4 dengan algoritma pembelajaran mesin yang efektif untuk solusi identifikasi dan klasifikasi yang inovatif di bidang pertanian	Tidak ada hasil akurasi yang dilampirkan dan kesuksesan pada sistem ini

No	Judul	Objek Penelitian	Parameter	Algoritma	Kelebihan	Kekurangan
4	<i>Implementasi Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Varietas Pada Citra Daun Sawi Menggunakan Keras</i> [Ahmad Kurniadi, Kusrini, Moh. Fal Sadikin, 2020]	<b>Daun Sawi</b>	<b>Tekstur</b>	CNN	Menghasilkan nilai tingkat akurasi sebesar 84%	Nilai akurasi masih bisa ditingkatkan lebih lanjut. Tidak ada analisis yang mendalam tentang berbagai parameter yang digunakan
5	<i>A Novel Convolutional Neural Networks Based Spinach Classification and Recognition System</i> [Sankar Sennan, Digvijay Pandey, Youseef Alotaibi, Saleh Alghamdi, 2022]	<b>Daun Bayam</b>	<b>Warna, Bentuk, Tepi Daun</b>	CNN	Akurasi klasifikasi yang tinggi (97.5%). Membandingkannya dengan metode SVM, Random Forest, Visual Geometry Group 16 (VGG16), Visual Geometry Group 19 (VGG19), dan Residual Network 50 (ResNet50).	Tidak ada evaluasi yang dilakukan terhadap generalisasi model pada dataset lain selain dari dataset yang digunakan dalam penelitian ini. Tidak disertakan analisis yang mendalam terhadap waktu pelatihan
6	<i>Deep Learning Based Classification System For Recognizing Local Spinach</i> [Mirajul Islam, Nushrat Jahan Ria, Jannatul Ferdous Ani, Abu Kaisar Mohammad Masum, Sheikh Abujar, Syed Akhter Hossain, 2022]	<b>Bayam</b>	<b>Tepi, tekstur, pola, dan detail untuk membedakan antar jenis bayam</b>	CNN: VGG16	Tingkat akurasi mencapai 99.79%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa VGG16 memiliki akurasi tertinggi, diikuti oleh VGG19, Xception, dan InceptionV3.	Preprocessing tambahan seperti augmentasi data untuk meningkatkan keragaman data dan meningkatkan kinerja model perlu dilakukan
7	<i>Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Dalam Klasifikasi Citra Sayur</i> [Adli Abdillah Nababan, Miftahul Jannah, 2023]	<b>Bayam, Kol, Wortel dan Terong</b>	<b>Warna</b>	K-NN	Tingkat akurasi yang cukup tinggi (87,5%) dalam mengenali 40 data gambar sayur berdasarkan warna.	Jumlah sampel data yang terbatas (80 data). Hanya menggunakan fitur warna untuk klasifikasi, tanpa mempertimbangkan fitur lain seperti bentuk atau tekstur.

## 2.9.2 Penelitian Terdahulu Terkait Sistem Informasi Rantai Pasok

Sedangkan penelitian terkait sistem informasi rantai pasok yang sudah dilakukan oleh beberapa penelitian adalah sebagai berikut.

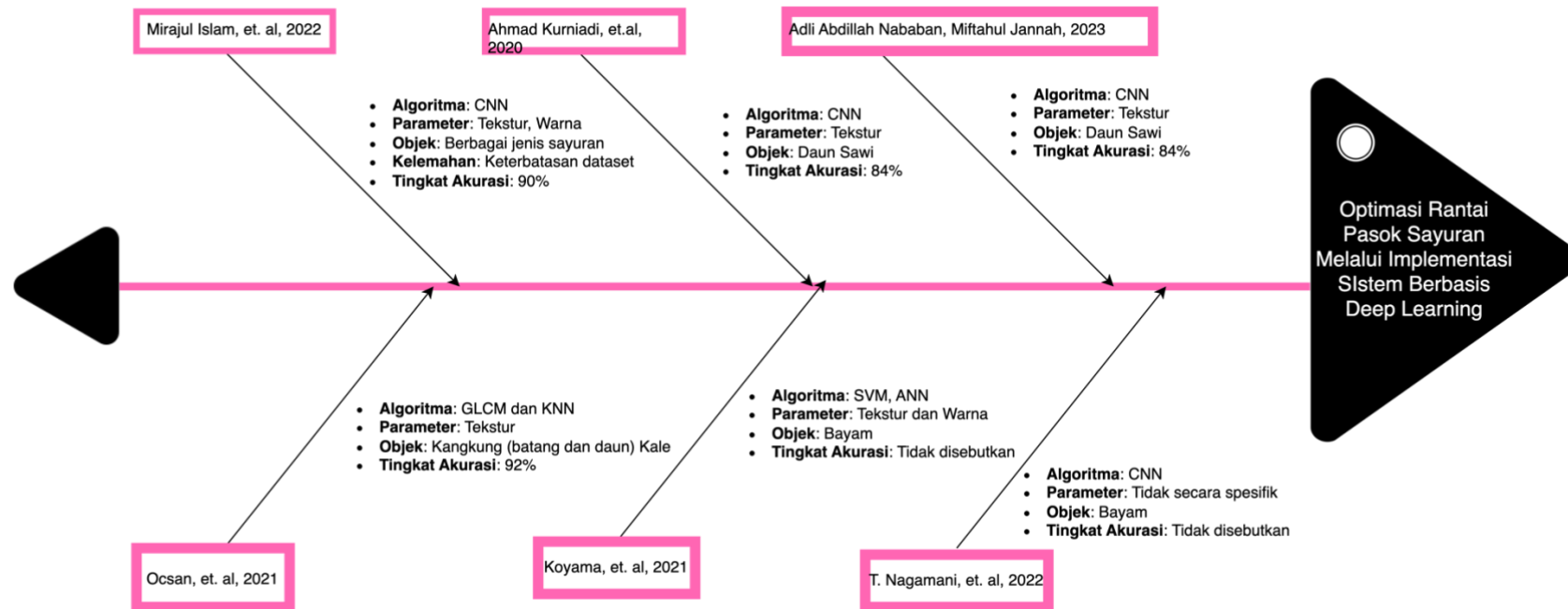
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu Terkait Sistem Informasi Rantai Pasok

No	Judul	Tujuan	IoT	Metode	Teknologi	Platform	UML	Penguji an	Data	Kesimpulan	Kelebihan	Kekurangan
1	<b><i>Perancangan E-SCM Berbasis Web Pada Industri Pertanian Jagung</i></b> [Annasia Oktaviana Fauzi, Ruthbatul Aliyah, Yusuf Amrozi, 2021]	Merancang E-SCM berbasis web agar memudahkan pertanian jagung mengelola aktivitas pendistribusian rantai pasok dan pembuatan pelaporan	X	Waterfall	PHP (Hypertext Preprocessor) dan MySQL	Web	Activity Diagram, Diagram Konteks, User Interface	X	Data persediaan, Data pendistribusian, Data penjualan, Data Supplier, Data Petani	Implementasi ini memudahkan para pelaku industri dalam mengelola informasi dan aktivitas distribusi, serta membuat laporan, yang akhirnya berkontribusi pada peningkatan operasional dan kinerja industri pertanian jagung.	Mengintegrasikan teknologi web dalam manajemen rantai pasok, yang memungkinkan pelaku industri untuk melacak status pengiriman dan persediaan secara real-time, membantu dalam perencanaan dan pengambilan keputusan. MySQL dan PHP digunakan untuk pengembangan web, menawarkan stabilitas, skalabilitas, dan dukungan yang besar.	Tidak menyebutkan integrasi dengan teknologi lain seperti IoT yang dapat memberikan keuntungan lebih dalam pemantauan dan kontrol rantai pasok secara otomatis.

2	<b><i>Pengelolaan Rantai Pasok Terintegrasi Untuk Efisiensi Pemenuhan Produk Perishable</i></b> [Isbat Uzzin Nadhori, Ahmad Syauqi Ahsan, 2017]	Membangun sistem informasi rantai pasok terintegrasi yang melibatkan semua pihak yang terlibat, dan memungkinkan untuk mengelola dan mengakses informasi yang diperlukan.	X	RAD (Rapid Application Development)	X	X		Usecase diagram, activity diagram	X	Data produk, Data penjadwalan, Data permintaan, Data produksi, Data Distribusi, Data Stok.	Sistem yang dikembangkan berhasil menunjukkan bahwa dengan meningkatkan jumlah slot lahan yang tersedia dapat mengurangi jumlah pesanan yang tidak terpenuhi. Sistem juga mampu menangani permintaan yang pasti dari pengecer dan permintaan yang tidak pasti dari konsumen individu dengan efektif.	Berhasil mengembangkan sistem yang mengintegrasikan informasi dari semua tingkatan rantai pasok, yang memungkinkan pengelolaan lebih efisien dan transparan, serta memudahkan koordinasi dan kolaborasi antar anggota rantai pasok. Dengan adanya sistem ini, penjadwalan tanam, panen, dan distribusi dapat dilakukan dengan lebih tepat waktu, berdasarkan data permintaan yang akurat.	Tidak adanya penggunaan teknologi Internet of Things (IoT), yang bisa meningkatkan pemantauan kondisi produk secara real-time. Hal ini membatasi efektivitas sistem dalam mengambil keputusan yang tepat dan cepat berdasarkan kondisi aktual dari produk selama distribusi.
---	--	---	---	-------------------------------------	---	---	--	-----------------------------------	---	--	--	---	--



3	<b>Pembangunan Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok pada PT Garuda Mas Semesta</b> [Diki Yuliawan, Wina Witanti Puspita Nurul Sabrina, 2018]	Meningkatkan efisiensi manajemen rantai pasok melalui pengembangan sistem informasi rantai pasok yang terintegrasi, untuk mengatasi masalah keterlambatan bahan baku dan pencatatan data yang tidak efisien.	X	Waterfall	PHP (Hypertext Preprocessor) dan MySQL	X	Usecase diagram, class diagram	X	Data Bahan Baku, Data Supplier, Data Pesanan, Data Produksi, Data Logistik, Data Keuangan.	Sistem yang dikembangkan membantu pengelolaan pemesanan bahan baku dan rekapitulasi data produksi, yang meningkatkan efisiensi dan mengurangi kesalahan seperti redundansi data.	Metodologi waterfall memungkinkan pendekatan sistematis dan terstruktur dalam pengembangan perangkat lunak, memudahkan pemantauan dan evaluasi pada setiap tahap pengembangan	Tidak ada integrasi dengan teknologi mutakhir seperti IoT, yang bisa meningkatkan otomatisasi dan efisiensi lebih jauh.
5	<b>Rancang Bangun Sistem Informasi Manajemen Rantai Pasok Air Minum dengan Implementasi Metode RAD</b> [Yahdi Kusnadi, Eni Irfiani, Andri Suandi, 2023]	Mengembangkan sistem informasi manajemen rantai pasok untuk perusahaan distribusi air minum yang masih menggunakan sistem manual.	X	RAD (Rapid Application Development)	X	Web	Use Case Diagrams, Activity Diagrams, Entity Relationship Diagram (ERD)	X	Data barang masuk dan keluar, Data transaksi, Data pengguna, Data pelanggan, Data inventaris	Sistem ini dapat mempercepat pengolahan data, meminimalisir kesalahan, dan menyediakan laporan yang lebih akurat dan cepat.	Sistem yang dikembangkan membantu mengurangi waktu dan upaya yang diperlukan untuk pengelolaan data, meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kesalahan yang sering terjadi dalam pencatatan manual	Fokus utamanya adalah pada pembuatan aplikasi berbasis web untuk memudahkan administrasi dan pengelolaan data. Penelitian ini tidak memberikan detail spesifik tentang teknologi yang digunakan, seperti bahasa pemrograman, sistem manajemen basis data, atau platform pengembangan yang digunakan.



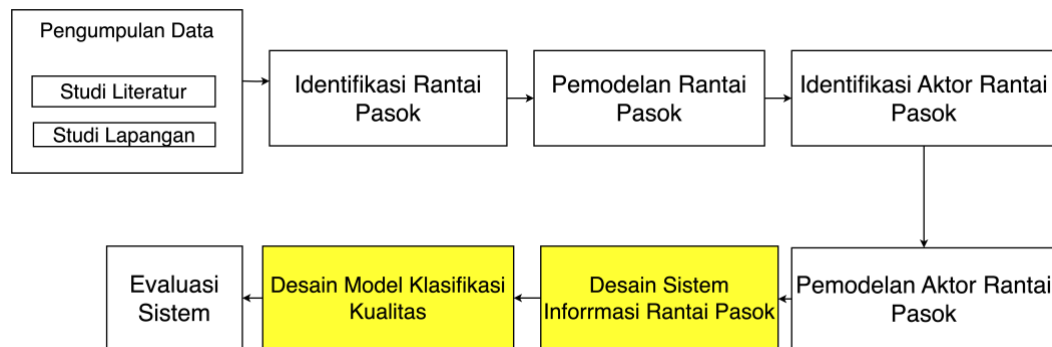
Gambar 2. 20 Fishbone

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Skema Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan sistem rantai pasok pada PT. Sayuran Pagi khususnya pada sayuran Kangkung. Berikut merupakan gambar 3.1 yang menampilkan skema penelitian pada penelitian ini.



Gambar 3. 1 Skema Penelitian

Proses penelitian ini dimulai dari pengumpulan data melalui studi literatur jurnal-jurnal terkait, dan juga studi ke lapangan langsung di PT. Sayuran Pagi dengan melakukan observasi dan wawancara. Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi permasalahan rantai pasok, di mana proses ini adalah untuk mengidentifikasi dan menganalisis masalah yang ada pada rantai pasok sayuran. Tahapan selanjutnya adalah menentukan model rantai pasok PT. Sayuran Pagi. Pada model rantai pasok ini selanjutnya dilakukan identifikasi aktor dari rantai pasok, kemudian dilakukan pemodelan aktor rantai pasok sesuai perannya masing-masing. Langkah selanjutnya adalah mendesain model klasifikasi kualitas sayuran Kangkung. Proses berlanjut ke desain sistem informasi rantai pasok, fase ini berkaitan dengan pembuatan sistem informasi yang akan digunakan untuk mendukung efisiensi rantai pasok. Pada tahap akhir dilakukan evaluasi sistem, untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sebagaimana mestinya dan memenuhi tujuan penelitian.

### **3.2. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data rantai pasok yang efektif dan akurat menjadi kunci dalam memastikan kualitas sayuran untuk sampai ke konsumen. Melalui penggunaan teknologi canggih seperti sensor IoT, kita dapat mengawasi segala aspek pertumbuhan hingga distribusi sayuran. Teknologi ini tidak hanya memungkinkan deteksi dini terhadap masalah yang mungkin terjadi selama transportasi—seperti perubahan suhu atau kelembapan yang tidak sesuai—tetapi juga membantu dalam melacak histori pemeliharaan tanaman, penggunaan pestisida, dan asal-usul benih. Cara ini menjadikan konsumen bisa merasa lebih aman dengan kualitas produk yang mereka konsumsi, sementara para pelaku usaha dapat mengurangi risiko kerusakan dan kehilangan, serta meningkatkan kepercayaan pelanggan. Ini membuktikan bahwa integrasi teknologi dalam rantai pasok sayuran bukan hanya menguntungkan dari segi ekonomi, tetapi juga sangat vital untuk memastikan standar kualitas dan kesegaran produk yang tinggi. Cara yang digunakan pada penelitian ini untuk mengumpulkan data adalah studi literatur dan studi lapangan.

#### **1. Studi Literatur**

Dalam rangka memahami rantai pasok dan kualitas pada perusahaan sayuran hidroponik, studi literatur dilakukan guna mengetahui pemetaan alur distribusi dan pengelolaan sumber daya. Berbagai literatur didapatkan dari jurnal dan studi kasus terkait. Kajian ini menggunakan basis data seperti Google Scholar dengan kata kunci seperti ‘rantai pasok sayuran’ dan ‘deteksi kualitas sayuran kangkung secara otomatis’. Hasil literatur ini dijadikan acuan untuk mengembangkan strategi yang lebih baik dalam mengelola rantai pasok dan mengembangkan sistem yang lebih baik untuk deteksi dan klasifikasi kualitas sayur Kangkung.

#### **2. Studi Lapangan**

Studi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi secara langsung rantai pasok dan memeriksa kualitas sayuran kangkung yang diproduksi oleh PT. Sayuran Pagi. Observasi langsung di fasilitas produksi memungkinkan pengumpulan data tentang proses budidaya, pemeliharaan, panen, dan pengambilan gambar kangkung hidroponik. Berikut merupakan gambar data kualitas kangkung berdasarkan standar

kualtas dari PT. Sayuran Pagi.



*Gambar 3. 2 Kualitas Kangkung yang Tidak Diterima*



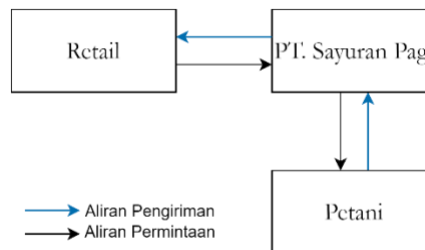
*Gambar 3. 3 Kualitas Kangkung yang Diterima*

Proses wawancara juga dilakukan untuk memahami pengelolaan rantai pasok dan pengendalian kualitas yang diterapkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman menyeluruh tentang efektivitas rantai pasok dalam mendukung kualitas dan ketersediaan kangkung hidroponik, serta memastikan bahwa produk yang sampai ke konsumen memenuhi standar yang ditentukan.

## **2.2. Identifikasi Rantai Pasok**

Berdasarkan data observasi dan wawancara yang dilakukan di PT. Sayuran Pagi sebagai perusahaan sayuran hidroponik, rantai pasok sayur Kangkung terdiri dari beberapa aktor dan jalur distribusi. Terdapat empat aktor pada rantai pasok

sayur Kangkung yaitu petani, PT. sayuran pagi, dan retailer. Berikut merupakan gambar 3.4 yang menampilkan rantai pasok sayur Kangkung di PT. Sayuran Pagi.

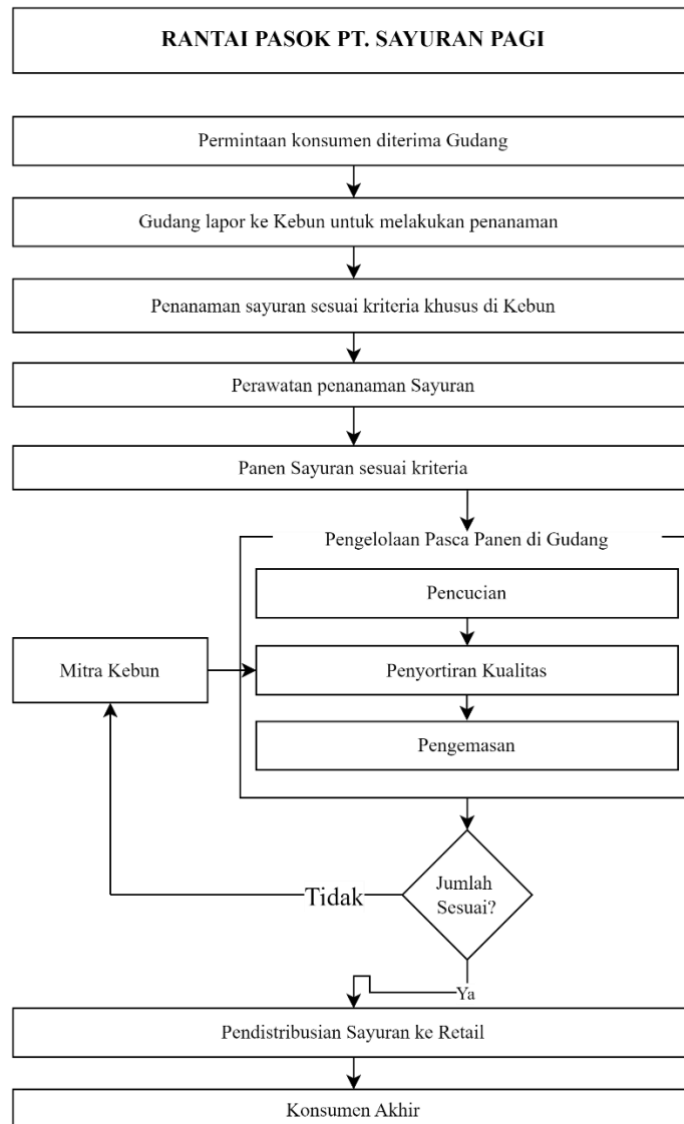


Gambar 3. 4 Rantai Pasok Sayur Kangkung

Proses distribusi sayuran pada rantai pasok ini dimulai ketika retail mengajukan permintaan produk ke gudang. Gudang koordinasi dengan kebun untuk memulai proses penanaman setelah permintaan diterima. Kebun bertanggung jawab atas seluruh proses penanaman, pemeliharaan, dan pemanenan sayuran. Pencucian dilakukan setelah panen sebelum dikirim kembali ke gudang. Di gudang, sayuran menjalani proses identifikasi kualitas untuk memastikan hanya sayuran yang memenuhi standar yang akan diproses lebih lanjut. Sayuran yang lolos seleksi kualitas kemudian dikemas dan ditimbang dengan cermat. Sayuran yang tidak lolos seleksi kualitas kemudian dijual ke orang lain sebagai pakan ternak atau dijadikan pupuk kompos, dengan mengubah limbah organik menjadi pupuk yang berguna dan ramah lingkungan, yang dapat digunakan kembali di kebun untuk memperkaya tanah. Proses terakhir dalam rantai ini adalah distribusi, di mana produk yang telah siap dikirim ke berbagai outlet retail, seperti supermarket dan restoran. Di titik ini, sayuran tersedia bagi konsumen untuk dibeli dan dikonsumsi. Seluruh alur ini memastikan bahwa sayuran yang sampai di tangan konsumen adalah segar dan berkualitas tinggi.

### 2.3. Tahapan Rantai Pasok

Rantai pasok sayuran merupakan serangkaian proses yang kompleks dan terintegrasi, mulai dari produksi di tingkat petani hingga diistribusi ke konsumen akhir. Pada bagian ini, akan dibahas bagaimana sayuran bergerak melalui berbagai tahapan dalam rantai pasok, termasuk pemanenan, penyimpanan, pengolahan, dan distribusi. Berikut merupakan gambar 3.5 yang menampilkan rantai pasok sayuran Kangkung pada PT. Sayuran Pagi yang berjalan saat ini.



*Gambar 3. 5 Rantai Pasok PT. Sayuran Pagi*

Diagram tersebut menggambarkan proses rantai pasok sayuran di PT. Sayuran Pagi yang dimulai dari permintaan konsumen terhadap sayuran dengan kriteria khusus. Proses ini diawali ketika ada permintaan dari konsumen yang memenuhi kriteria tertentu yang diterima oleh gudang. Gudang melaporkan kepada kebun untuk melakukan penanaman sayuran sesuai dengan kriteria tersebut, setelah itu dilakukan perawatan penanaman sayuran hingga tiba waktunya untuk panen terhadap sayuran sesuai kriteria yang telah ditetapkan. Pada tahap pasca panen, Kangkung dibersihkan dan di sortir kualitasnya, kemudian ditimbang dan dicatat, dan dilakukan pengecekan kuantitas. Jika kuantitas sesuai, sayuran akan

didistribusikan ke konsumen (retail), jika kuantitas tidak memenuhi kriteria, maka akan mengambil Sayuran dari mitra untuk kemudian dilakukan penyortiran kualitas di Gudang, jika kualitas sesuai maka akan dipilih, dan jika tidak akan di reject dan dikembalikan ke mitra. Proses ini akan berlangsung sampai jumlah yang didapatkan sesuai dengan permintaan retail. Setelah penyortiran pada kualitas mitra selesai, dilanjutkan dengan proses pengemasan. Sayuran Kangkung dikemas sesuai permintaan, menggunakan kantong plastik logo Sayuran Pagi dengan berat 250 gr perbungkusnya. Sayur Kangkung yang sudah dikemas diangkut menuju mobil minibus milik PT. Sayuran Pagi pribadi untuk dikirim ke konsumen/ Retail. Proses ini memastikan bahwa sayuran yang sampai ke konsumen akhir memenuhi standar kualitas dan kuantitas yang ditentukan. Sayuran Kangkung yang tiba di gudang penyimpanan retail mengalami proses sortasi kualitas, yang bertujuan untuk menentukan Kangkung yang masuk standar kualitas retail tersebut, Sayuran Kangkung yang sudah melewati tahap sortasi kemudian disimpan ke keranjang milik retail dan ditimbang. Kangkung yang memenuhi standar kualitas adalah jumlah yang dihitung oleh pihak retail. Sedangkan kangkung yang tidak memenuhi standar kualitas retail akan dilakukan pengembalian ke gudang PT. Sayuran Pagi.

## 2.4. Identifikasi Aktor Rantai Pasok

Aktor-aktor dalam rantai pasok PT. Sayuran Pagi terdiri dari berbagai pihak yang saling berperan dan berinteraksi untuk memastikan aliran sayuran dari petani hingga konsumen berjalan lancar. Setiap aktor pada rantai pasok ini memiliki peran penting dalam memastikan produk sayuran kangkung tersedia bagi konsumen dengan kualitas yang baik dan dalam jumlah yang cukup. Di dalam rantai pasok terdapat empat aktor utama, yaitu Petani, PT. Sayuran Pagi, Retail, dan Konsumen seperti pada gambar 3.6 berikut.

Petani	PT. Sayuran Pagi	Retail	Konsumen
Merencanakan produksi, termasuk menentukan jenis tanaman atau produk, kapan dan berapa banyak yang akan ditanam atau diproduksi.	Merencanakan pengadaan bahan baku atau produk dari petani.	Merencanakan pengadaan produk dari perusahaan.	Konsumen membuat pesanan atau membeli produk.
Melakukan proses produksi pertanian, termasuk menanam, memelihara, dan memanen	Melakukan penyortiran kualitas Sayuran	Proses pengadaan produk dari perusahaan.	Penerimaan produk dari retailer atau pengecer.
Mengirimkan hasil produksi ke PT. Sayuran Pagi	Merencanakan pengiriman produk ke retailer atau pengecer.	Merencanakan pengiriman produk ke konsumen	
	Melakukan pengiriman produk ke retailer.	Proses pengiriman produk ke konsumen	

Gambar 3. 6 Aktor Utama pada Rantai Pasok

Berdasarkan gambar di atas, peran dari masing-masing aktor adalah sebagai

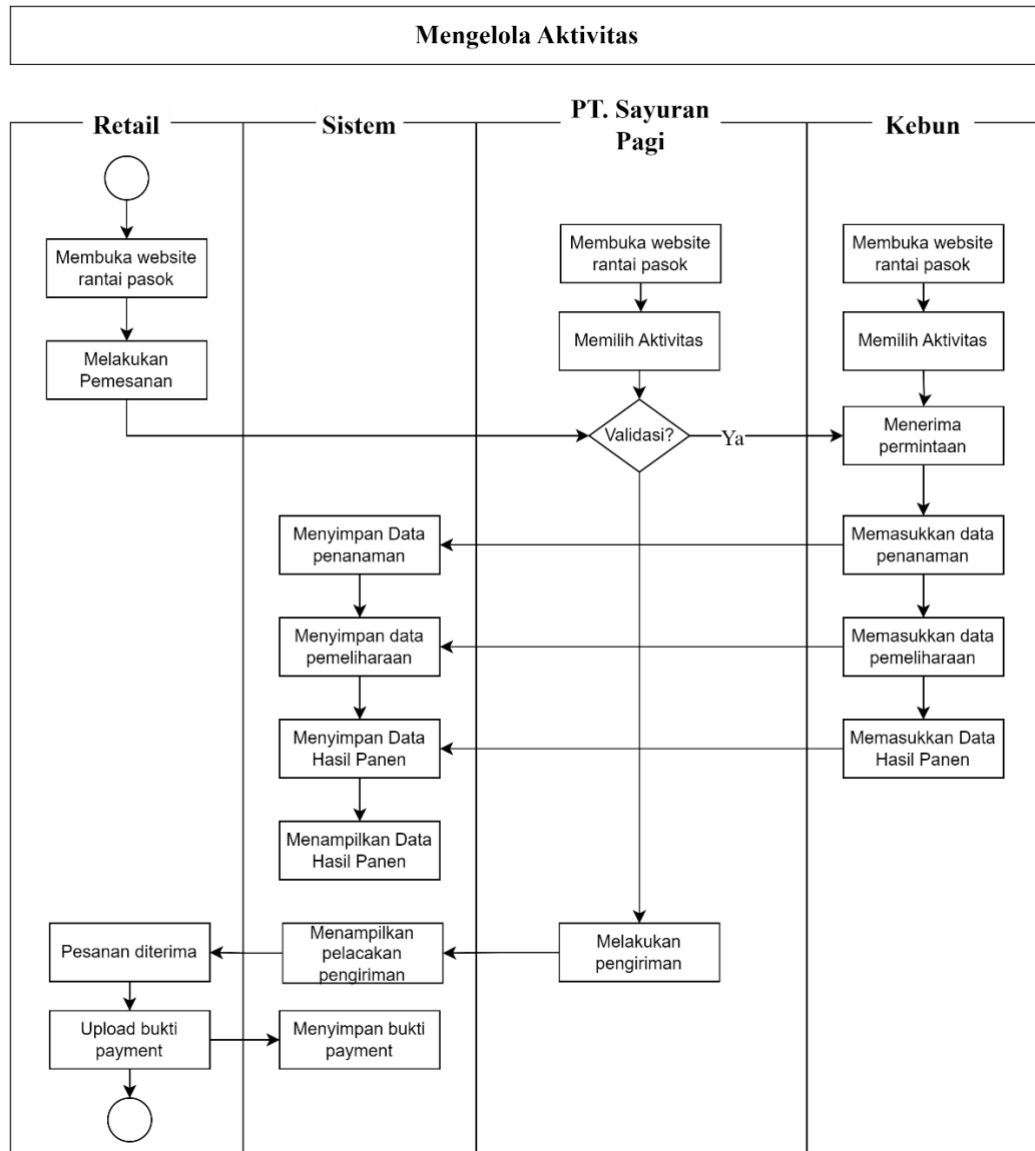


berikut:

1. Petani: Bertanggung jawab dalam merencanakan dan melaksanakan produksi sayuran Kangkung. Ini termasuk penentuan jenis tanaman yang akan ditanam, penentuan waktu tanam, dan jumlah produksi. Proses produksi meliputi tahapan menanam, memelihara, dan memanen tanaman. Setelah panen, petani mengirimkan hasil produksi ke PT. Sayuran Pagi sebagai tahap selanjutnya dalam rantai pasok.
2. PT. Sayuran Pagi: Berfungsi sebagai penghubung antara petani dan pasar yang lebih luas. Tugas utamanya adalah merencanakan pengadaan bahan baku atau produk dari petani. PT. Sayuran Pagi juga bertanggung jawab dalam memeriksa kualitas sayuran yang diterima dari petani, memastikan hanya produk berkualitas yang diproses lebih lanjut, selanjutnya perusahaan ini merencanakan pengiriman produk ke berbagai retailer, memastikan distribusi berjalan lancar.
3. Retail: Bertugas merencanakan pengadaan produk dari PT. Sayuran Pagi. Retailer ini juga berperan dalam menjamin kelancaran proses pengadaan dan pengiriman produk ke konsumen. Retailer juga memastikan bahwa produk yang diterima sesuai dengan permintaan pasar dan standar kualitas yang ditetapkan.
4. Konsumen: Pihak yang membeli dan mengonsumsi sayuran kangkung. Dalam rantai pasok, konsumen berada di ujung rantai, di mana mereka melakukan pembelian produk dari retailer.

### **3.7. Desain Sistem Informasi Rantai Pasok**

Desain informasi rantai pasok sayuran dalam studi ini difokuskan pada penciptaan sistem yang transparan dan efisien untuk memantau dan mengelola aliran sayuran dari petani hingga ke konsumen. Data yang dikumpulkan mencakup volume produksi, waktu panen, kondisi pengiriman, dan profil permintaan pasar. Berikut merupakan gambar 3.7 yang menampilkan *activity diagram* mengelola aktivitas.



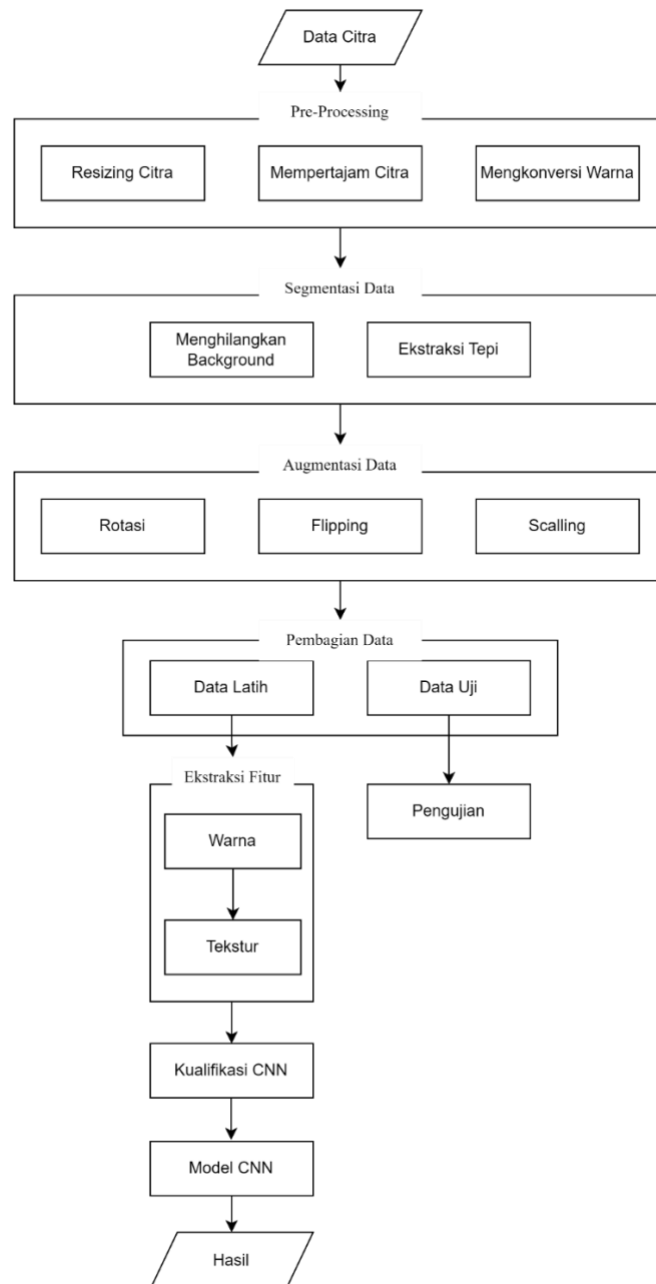
Gambar 3. 7 Activity Diagram Mengelola Aktivitas

Diagram alur kerja di atas menggambarkan proses manajemen rantai pasok sayuran melalui platform website terintegrasi yang melibatkan beberapa pihak: Retail, Sistem, PT. Sayuran Pagi, dan Kebun. Proses dimulai ketika Retail membuka website untuk melakukan pemesanan sayuran. Sistem menerima dan memvalidasi pemesanan ini. Data terkait penanaman, pemeliharaan, dan hasil panen sayuran diinput dan dikelola dalam sistem ini. PT. Sayuran Pagi mengakses data ini untuk mengelola proses penanaman dan pemeliharaan berdasarkan permintaan dari Retail. Kebun bertanggung jawab atas penanaman dan

pemeliharaan fisik sayuran dan memasukkan informasi terkait hasil panen ke dalam sistem. Setelah sayuran siap dikirim, informasi ini ditampilkan ke Retail melalui sistem yang juga memungkinkan pelacakan pengiriman. Retail melakukan pembayaran dan meng-upload bukti pembayaran ke sistem. Proses ini menutup siklus rantai pasok dengan pengiriman sayuran yang efisien dan terdokumentasi dengan baik, menghubungkan semua pihak terkait melalui teknologi website untuk memastikan kelancaran distribusi.

### **3.8. Desain Model Klasifikasi Kualitas**

Klasifikasi melibatkan penglihatan visual menggunakan kamera untuk menangkap gambar yang kemudian dianalisis untuk menentukan karakteristik fisik seperti warna, tekstur, dan bentuk daun Kangkung. Klasifikasi dilakukan melalui pengolahan citra menggunakan algoritma pembelajaran mesin, khususnya CNN, yang mampu mengkategorikan kangkung ke dalam berbagai tingkat kualitas. Penjelasan ini meliputi bagaimana data diproses dan bagaimana model dibuat dan diuji untuk memastikan akurasi dalam mengklasifikasikan kualitas kangkung. Tujuan utama dari subbab ini adalah untuk memberikan gambaran lengkap tentang proses dari pengolahan citra gambar sayur kangkung. Berikut merupakan gambar 3.9 yang menampilkan alur pengembangan sistem dari klasifikasi kualitas sayur kangkung.



Gambar 3. 8 Alur Pengembangan Sistem Klasifikasi Kualitas Sayur Kangkung

Klasifikasi kualitas sayuran kangkung berdasarkan visual diawali dengan input gambar, kemudian ke tahap pre-processing citra yang berfungsi untuk meningkatkan kualitas citra mencakup resizing ukuran data, pertajam citra, dan mengkonversi warna. Proses segmentasi citra yang digunakan untuk memisahkan sayuran dari latar belakang. Tahap augmentasi data bertujuan untuk memperbanyak data dengan variasi yang beragam dengan melakukan flipping, cropping, dan

scaling. Data dibagi menjadi data pelatihan dan data uji. Ekstraksi fitur untuk mengidentifikasi karakteristik unik dari sayuran, contohnya mengekstraksi tekstur, ukuran, dan warna daun. Penggunaan algoritma *Machine Learning* untuk mendeteksi sayuran dengan dataset yang sudah disiapkan untuk selanjutnya bisa dikelaskan hasil pendeteksiannya.

- Ahmad, A. (2017). Mengenal artificial intelligence, machine learning, neural network, dan deep learning. *J. Teknol. Indones.*, no. October, 3.
- Andika, L. A., Azizah, P. A. N., & Respatiwan, R. (2019). Analisis Sentimen Masyarakat terhadap Hasil Quick Count Pemilihan Presiden Indonesia 2019 pada Media Sosial Twitter Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier. *IJAS (Indonesian Journal of Applied Statistics)*, 2(1), 34-41. doi:<https://doi.org/10.13057/ijas.v2i1.29998>
- Anwar, N. (2023). Pengenalan Warna Terhadap Objek Dengan Model Analisis Elemen Data Warna Gambar Berbasis Deep Neural Network. *BULLET: Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 2(1), 23-31.
- Anwar, S. N. (2013). Manajemen Rantai Pasokan (Supply Chain Management): Konsep dan Hakikat.
- Argina, A. M. (2020). Penerapan Metode Klasifikasi K-Nearest Neighbor pada Dataset Penderita Penyakit Diabetes. *Indonesian Journal of Data Science*, 1(2), 29-33. doi:<https://doi.org/10.33096/ijodas.v1i2.11>
- Badillo, S., Banfai, B., Birzele, F., Davydov, I. I., Hutchinson, L., Kam-Thong, T., . . . Zhang, J. D. (2020). An introduction to machine learning. *Clinical Pharmacology Therapeutics*, 107(4), 871-885. doi:<https://doi.org/10.1002/cpt.1796>
- Edha, H., Sitorus, S. H., & Ristian, U. (2020). Penerapan metode transformasi ruang warna hue saturation intensity (HSI) untuk mendeteksi kematangan buah mangga harum manis. *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 8(1). doi:<http://dx.doi.org/10.26418/coding.v8i1.39188>
- Fafaza, S. A., Rohman, M. S., Pramunendar, R. A., Winarsih, N. A. S., Saraswati, G. W., Saputra, F. O., . . . Shidik, G. F. (2024). Prediksi Banjir Berdasarkan Indeks Curah Hujan Menggunakan Deep Neural Network (DNN). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 8(1), 173-184. doi:<http://dx.doi.org/10.30865/mib.v8i1.7098>
- Fahmi, R. (2016). *Analisis Gray Level Difference Method Dan Metode Naive Bayes Mengidentifikasi Penyakit Lidah Manusia*. Universitas Komputer Indonesia,
- Farwati, M., Salsabila, I. T., Navira, K. R., & Sutabri, T. (2023). Analisa Pengaruh Teknologi Artificial Intelligence (Ai) Dalam Kehidupan Sehari-Hari. *JURSIMA*, 11(1), 39-45. doi:<https://doi.org/10.47024/js.v11i1.563>
- Fevria, R., & Aliciafarma, S. (2021). *Comparison of Nutritional Content of Water Spinach (Ipomoea aquatica) Cultivated Hydroponically and Non-Hydroponically*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Gichuru, M., Iravo, M., & Arani, W. (2015). Collaborative Supply Chain Practices on Performance of Food and Beverages Companies: A Case Study of Del Monte Kenya Ltd. *International Journal of Academic Research in Business Social Sciences*, 5(11), 17-31.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2004). *Digital image processing using MATLAB*: Pearson Education India.
- Hayati, N. J., Singasatia, D., & Muttaqin, M. R. (2023). Object Tracking Menggunakan Algoritma You Only Look Once (YOLO) v8 untuk

- Menghitung Kendaraan. *Komputa: Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 12(2), 91-99.  
doi:<https://doi.org/10.34010/KOMPUTA.V12I2.10654>
- Herwibowo, K., & Budiana, N. (2014). *Hidroponik sayuran*: Penebar Swadaya Grup.
- Huang, G.-B., Zhu, Q.-Y., & Siew, C.-K. (2006). Extreme learning machine: theory and applications. *Neurocomputing*, 70(1-3), 489-501.  
doi:<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2005.12.126>
- Hutasoit, R. (2020). Perancangan Aplikasi Identifikasi Kematangan Jambu Madu Dengan Metode Ekstraksi Ciri Statistik. *Journal of Computer System Informatics*, 2(1), 156-162.
- Ilham, F., & Rochmawati, N. (2020). Transliterasi Aksara Jawa Tulisan Tangan ke Tulisan Latin Menggunakan CNN. *Journal of Informatics Computer Science*, 1(04), 200-208. doi:<https://doi.org/10.26740/jinacs.v1n04.p200-208>
- Indrajit, R. E., & Djokopranoto, R. (2005). Strategi manajemen pembelian dan supply chain. *Jakarta: Grasindo*.
- Karim, A., Bangun, B., Purnama, I., Harahap, S. Z., Irmayani, D., Nasution, M., . . . Munthe, I. R. (2020). *Pengantar teknologi informasi*: Yayasan Labuhanbatu Berbagi Gemilang.
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors (Switzerland)*, 18(8), 2674.
- Liu, F., Snetkov, L., & Lima, D. (2017). *Summary on fruit identification methods: A literature review*. Paper presented at the 2017 3rd International Conference on Economics, Social Science, Arts, Education and Management Engineering (ESSAEME 2017).
- Lubis, M. S. Y. (2021). *Implementasi Artificial Intelligence Pada System Manufaktur Terpadu*. Paper presented at the Seminar Nasional Teknik (SEMNASTEK) UISU.
- M. Swedia, E. R. C. (2010). Algoritma Tranformasi Ruang Warna. *Vis. Basic6, Vis. Basic.NET dan java*, 1-94.
- Madenda, S. (2015). *Pengolahan Citra & Video Digital* (A. M. Drajat Ed.). Jakarta: Penerbit erlangga.
- Manik, F. Y., & Saragih, K. S. (2017). Klasifikasi Belimbing Menggunakan Naïve Bayes Berdasarkan Fitur Warna RGB. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems)*, 11(1), 99-108.  
doi:<https://doi.org/10.22146/ijccs.17838>
- Marleen, O., & Wibisono, S. (2013). Pendeteksian Pantulan Sinar di Area Serviks pada Citra Servikografi. *SEMNASTEKNOMEDIA ONLINE*, 1(1), 17-209.
- Martono, R. V. (2019). *Dasar-Dasar Manajemen Rantai Pasok*: Bumi Aksara.
- Mustaqbal, M. S., Firdaus, R. F., & Rahmadi, H. (2015). Pengujian aplikasi menggunakan black box testing boundary value analysis (studi kasus: Aplikasi prediksi kelulusan smnptn). *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 1(3).

- Nagamani, T., Babu, S. R., & Kumar, M. B. (2022). Spinach variety identification system employing cnn based image processing. *Journal of Algebraic Statistics*, 13(1), 923-931.
- Pasaribu, M., & Widjaja, A. (2022). *Kajian Akademis & Praktik Artificial Intelligence: Perspektif Manajemen Strategis* (digital ed.). Jakarta: KPG (Kepustakaan Populer Gramedia).
- Pratama, E. F. A., Khairil, K., & Jumadi, J. (2022). Implementasi Metode K-Means Clustering Pada Segmentasi Citra Digital. *Jurnal Media Infotama*, 18(2), 291-301. doi:<https://doi.org/10.37676/jmi.v18i2.2899>
- Pratama, F. S., & Wiraputra, A. R. (2019). Case Of Disclosure Of Human Smuggling Network By Police In Dumai In The Lens Of Immigration Crackdown. *Journal of Law Border Protection*, 1(2), 33-47.
- Pujawan, I. N. (2005). Supply chain management, Guna Widya. In: Surabaya.
- Pujiyanta, A., & Rizqiawan, S. (2016). Identifikasi Kematangan Mentimun Berdasarkan Tekstur Kulit Buah dengan Fuzzy C-Mean.
- Putra, I. M. A. W., & Wibawa, I. M. S. (2017). PENERAPAN SEGMENTASI MULTI KANAL DALAM MENDETEKSI SEL PARASIT PLASMODIUM SP. *Dinamika*, 8(1), 18-29.
- Santoso, I., Christyono, Y., & Indriani, M. (2007). *Kinerja Pengenalan Citra Tekstur menggunakan Analisis Tekstur Metode Run Length*. Paper presented at the Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI).
- Setiawan, W. (2021). *Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network: Teori dan Aplikasi*: Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Sinaga, A. S. R. M. (2020). *Ekstraksi Ciri Komunikasi Non-Verbal Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Fuzzy C-Means*: CV. PENERBIT QIARA MEDIA.
- Sugandi, B., & Dewi, S. (2018). Sistem Inspeksi Kecacatan pada Kaleng Menggunakan Filter Warna HSL dan Template Matching. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika*, 4(2), 124-130.
- Sulistiyanti, S. R., Setyawan, F., & Komarudin, M. (2016). Pengolahan Citra, Dasar dan Contoh Penerapannya. In. yogyakarta: Teknosain.
- Susanto, E., Othman, N. A., Tjaja, A. I. S., Rahayu, S. T., Gunawan, S., & Saptari, A. (2023). The Impact of Collaborative Networks on Supply Chain Performance: A Case Study of Fresh Vegetable Commodities in Indonesia. *AGRARIS: Journal of Agribusiness Rural Development Research*, 9(1), 79-99. doi:<https://doi.org/10.18196/agraris.v9i1.134>
- Sutoyo, T., Mulyanto, E., Suhartono, V., & Nurhayati, D. (2009). *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- Suyono, F., Timisela, N. R., & Tuhumury, M. T. (2023). Rantai Pasok Sayuran Hidroponik Di Pasar Modern Dian Pertiwi Kota Ambon. *JURNAL AGRICA*, 16(1), 41-52. doi:<https://doi.org/10.31289/agrica.v16i1.8027>
- Tayibnapis, A. Z., & Wuryaningsih, L. E. (2019). Evamping the supply chain of fruit and vegetable in East Java Province, Indonesia. *International Journal of Management Business Studies*, 7(2), 9-15.
- Umar, K., Hassan, L., Dangoggo, S., & Ladan, M. (2007). Nutritional composition of water spinach (*Ipomoea aquatica* Forsk.) leaves. *Journal of Applied Sciences*. doi:<https://doi.org/10.3923/jas.2007.803.809>



- Wijaya, A., & Franata, H. (2020). Peningkatan Hasil Segmentasi Deteksi Tepi Menggunakan Morphology Pada Pengolahan Citra. *JUKOMIKA (JURNAL ILMU KOMPUTER DAN INFORMATIKA)*, 3(6), 549-562.
- Wijaya, Y. D., & Astuti, M. W. (2021). Pengujian Blackbox Sistem Informasi Penilaian Kinerja Karyawan Pt Inka (Persero) Berbasis Equivalence Partitions. *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, 4(1), 22-26. doi:<https://doi.org/10.32502/digital.v4i1.3163>
- Wuwung, S. C. (2013). Manajemen rantai pasokan produk cengkeh pada Desa Wawona Minahasa Selatan. *Jurnal EMBA: Jurnal Riset Ekonomi, Manajemen, Bisnis Dan Akuntansi*, 1(3).
- Xin, M., & Wang, Y. (2019). Research on image classification model based on deep convolution neural network. *EURASIP Journal on Image Video Processing*, 2019, 1-11. doi:<https://doi.org/10.1186/s13640-019-0417-8>
- Zhang, M., Li, W., & Du, Q. (2018). Diverse region-based CNN for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27(6), 2623-2634. doi:<https://doi.org/10.1109/TIP.2018.2809606>
- Fajarani, E., Wildayana, E., & Putri, N. E. (2021). Preferensi konsumen terhadap keputusan pembelian sayuran organik di supermarket diamond Kota Palembang. *Jurnal Prodi Agribisnis*, 2(1), 38-50.
- Hadiani, I., Noor, T. I., & Yusuf, M. N. (2019). Persepsi konsumen terhadap atribut sayuran hidroponik (suatu kasus pada konsumen sayuran hidroponik saat car free day (cf) kabupaten ciamis). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 6(3), 470-480.
- Hasan, A. H. R., & Naim, S. J. (2018). The vegetable supply chain of Bangladesh: is it capable to meet the requirements of international trade. *Journal of business studies*, 2, 173-184.
- Huang, S.-H., & Pan, Y.-C. (2015). Automated visual inspection in the semiconductor industry: A survey. *Computers in Industry*, 66, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.10.006>
- Issa, I., Munishi, E., & Mubarak, K. (2022). Intermediaries' role in urban fresh fruits and vegetables supply chain in Dar Es Salaam, Tanzania. *International Journal of Research in Business Social Science*, 11(8), 73-82. doi:<https://doi.org/10.20525/ijrbs.v11i8.2105>
- Kirci, M., Isaksson, O., & Seifert, R. (2022). Managing perishability in the fruit and vegetable supply chains. *MDPI : Sustainability*, 14(9), 5378. doi:<https://doi.org/10.3390/su14095378>
- Musriadin, S. (2020). Peranan Generasi Milenial Terhadap Industri Pertanian Masa Depan. Retrieved from <https://febi.umkendari.ac.id/home/berita/220/peranan-generasi-milenial-terhadap-industri-pertanian-masa-depan#>
- Nababan, A. A., & Jannah, M. (2023). IMPLEMENTASI ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR DALAM KLASIFIKASI CITRA SAYUR. *Jurnal Sains Riset*, 13(2), 640-648. doi:10.47647/jsr.v10i12
- Novita, U. D., & Wilujeng, W. W. (2021). Persepsi Konsumen Terhadap Sayuran Hidroponik Di Kabupaten Sambas. *Obis*, 3(2), 8-12.

- Ocsan, R., Raharjo, J., & Safitri, I. (2021). Klasifikasi Kesegaran Sayur Kangkung Dan Deteksi Terpapar Bahan Kimia Menggunakan Metode Glcm Dan Knn. *eProceedings of Engineering*, 8(2).
- Rababaah, A. R., & Demi-Ejegi, Y. (2012). *Automatic visual inspection system for stamped sheet metals (AVIS 3 M)*. Paper presented at the IEEE International Conference on Computer Science and Automation Engineering (CSAE).
- Suharyani, A., Dolorosa, E., & Nudin, I. (2022). Kepuasan Konsumen Sayuran Hidroponik Di Kota Pontianak: Sebuah Analisis Customer Satisfaction Index (CSI). *JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics)*, 15(3), 247-256. doi:10.19184/jsep.v15i3.31631
- Tsao, Y.-C. (2013). Designing a fresh food supply chain network: An application of nonlinear programming. *Journal of Applied Mathematics*, 2013, 1-8.