

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman bayam (*Amaranthus spp*) merupakan salah satu jenis sayuran daun yang banyak dikonsumsi masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi, seperti zat besi, vitamin A, dan serat. Bayam juga memiliki siklus pertumbuhan yang singkat, sehingga menjadi pilihan utama bagi petani untuk dibudidayakan secara cepat dan berulang. Namun untuk mendapatkan hasil panen yang optimal, Diperlukan pemantauan pertumbuhan tanaman secara rutin mulai dari fase awal tanam, fase pertumbuhan daun, hingga fase siap panen. Dalam praktiknya, pemantauan sering kali dilakukan secara manual melalui pengamatan langsung, yang bersifat subjektif dan dapat menyebabkan perbedaan penilaian antar pengamat.

Berdasarkan hasil wawancara, sebagian besar petani di desa Kepenuhan Raya Jalur 4 SP 1 telah membudidayakan bayam menggunakan sistem hidroponik selama lebih dari dua tahun. Jenis bayam yang paling sering ditanam adalah bayam hijau dan merah dengan frekuensi tanam dan panen yang tinggi, bahkan dapat mencapai 8–10 kali dalam setahun. Sistem hidroponik memungkinkan penanaman dilakukan sepanjang tahun tanpa bergantung pada musim hujan.

Pertumbuhan bayam pada sistem hidroponik umumnya melalui tiga fase utama yang dapat diamati secara jelas. Fase awal dimulai sejak benih ditanam hingga bibit beradaptasi pada media tanam, di mana suplai nutrisi dasar dan pencahayaan yang memadai menjadi faktor penentu keberhasilan pertumbuhan awal. Fase pertumbuhan ditandai dengan perkembangan daun secara bertahap,

perubahan warna daun menjadi lebih segar, dan peningkatan ukuran batang. Pada tahap ini, pemantauan bertujuan memastikan tanaman tumbuh sehat dan seragam. Fase terakhir adalah fase panen, ketika daun telah berukuran lebar, berwarna hijau atau merah tua, dan batang memiliki kekokohan yang cukup untuk dipetik.

Meskipun sistem hidroponik mampu memberikan pertumbuhan yang cepat dan stabil, identifikasi fase pertumbuhan masih banyak dilakukan secara manual dengan mengamati bentuk, ukuran, dan tekstur daun. Perubahan tekstur seperti permukaan halus pada fase awal, mulai kasar atau sedikit bergelombang pada fase pertumbuhan, hingga lebih tegas pada fase siap panen dapat menjadi indikator visual yang penting. Namun, pengamatan manual terhadap ciri-ciri ini memerlukan waktu lebih banyak, terutama pada lahan berskala besar, dan berpotensi menimbulkan ketidaktepatan dalam menentukan waktu panen. Kondisi ini mendorong perlunya sistem pemantauan otomatis yang mampu mengidentifikasi setiap fase pertumbuhan bayam secara akurat, cepat, dan efisien berdasarkan parameter visual seperti ukuran, bentuk, dan tekstur daun untuk mendukung keputusan panen..

Sejauh ini, hampir semua petani hidroponik belum menggunakan alat bantu atau aplikasi teknologi untuk memantau pertumbuhan tanaman secara otomatis. Namun, mereka menyatakan bahwa penggunaan foto daun untuk menentukan tahap pertumbuhan sangat mungkin membantu, terutama jika disediakan contoh visual yang jelas. Sebagian besar petani hidroponik sangat tertarik apabila tersedia sistem atau aplikasi yang dapat menunjukkan fase pertumbuhan tanaman secara otomatis berdasarkan gambar daun, mereka berharap sistem tersebut mudah digunakan oleh

pengguna tanpa memerlukan keterampilan teknis yang rumit, dapat diakses melalui perangkat seluler (HP) sehingga memudahkan pemantauan kapan saja dan di mana saja, serta mampu memberikan informasi yang akurat terkait tahap pertumbuhan tanaman. Informasi ini diharapkan dapat menjadi dasar pendukung keputusan waktu panen yang tepat, sehingga produktivitas dan kualitas hasil panen dapat ditingkatkan. Petani juga menyampaikan harapan agar teknologi pertanian terus dikembangkan untuk membantu mereka dalam mengelola tanaman secara efisien dan akurat.

Fase vegetatif merupakan fase perkembangan bagian vegetatif tanaman meliputi akar, batang dan pucuk (*flush*). Akar merupakan suatu bagian terpenting tanaman yang berperan dalam menyediakan unsur hara dan air dari tanah untuk proses metabolisme tanaman. Sehingga apabila pertumbuhan akar tanaman terganggu maka pertumbuhan pucuk (*flush*) tanaman akan terganggu pula. Pertumbuhan akar akan meningkat, kemudian laju pertumbuhannya akan melambat, dan akan kembali meningkat sesuai dengan umur tanaman. Fase generatif tanaman merupakan fase perkembangan bagian generatif tanaman meliputi adanya pembentukan dan perkembangan kuncup-kuncup bunga, buah, dan terjadinya pembesaran serta pendewasaan pada organ-organ penyimpan makanan. Fase generatif terjadi apabila tanaman sudah melalui fase vegetatif[1].

Penelitian menggunakan algoritma *Decision Tree*, yang merupakan model prediktif dalam data *mining*. *Decision Tree* memanfaatkan struktur pohon untuk membuat keputusan dari analisis data variabel. Dalam eksplorasi dan analisis data, model ini membantu mengidentifikasi pola, hubungan, dan informasi penting.

Keunggulan *Decision Tree* adalah kemampuannya memvisualisasikan keterkaitan variabel, memudahkan pengambilan keputusan dalam kompleksitas data. Model ini dimulai dari simpul tunggal dan bercabang sesuai pilihan yang ada. Kunci dalam memahami dan mengoptimalkan hasil analisis penelitian ini[2].

Klasifikasi adalah teknik ekstraksi data dimana data yang disimpan dalam dataset dianalisis untuk memperoleh aturan yang menggambarkan partisi dataset ke dalam himpunan kelas tertentu [34]. Perbedaan mendasar dari klasifikasi biasa dan klasifikasi spasial adalah dilibatkannya atribut spasial [19] yang dalam penelitian ini merepresentasikan suatu lokasi. atribut spasial tersebut disimpan dalam suatu DBMS yang dapat menangani data dalam bentuk geometri, dimana atribut non-spasial digunakan sebagai penjelasnya. Secara umum, klasifikasi *spatial decision tree* memiliki konsep yang sama dengan algoritme dasarnya, yakni ID3, dimana setiap simpul internal merepresentasikan suatu variabel, sedangkan simpul daun merepresentasikan suatu kelas[3].

Decision Tree adalah sebuah diagram alir yang berbentuk seperti struktur pohon yang mana setiap internal *node* menyatakan pengujian terhadap suatu atribut, setiap cabang menyatakan *output* dari pengujian tersebut dan *leaf node* menyatakan kelas-kelas atau distribusi kelas. *Node* yang paling atas disebut sebagai *root node* atau *node* akar, *classifier* inilah yang akan digunakan untuk menyusun kelas-kelas yang terkandung dari data, misalnya untuk *Decision Tree* maka kelas-kelas tersebut digambarkan dalam bentuk pohon. *Decision Tree* merupakan metode *machine learning* yang dapat menghasilkan model prediktif berdasarkan serangkaian keputusan logis. Dalam konteks kesehatan, implementasi algoritma *Decision Tree*

dapat membantu mengklasifikasikan risiko seseorang terkena penyakit jantung berdasarkan data yang terkait[4].

Decision Tree merupakan salah satu metode klasifikasi dengan memodelkan prediksi menggunakan struktur pohon atau struktur hirarki. Proses klasifikasi menggunakan *packages scikit learn* secara *default* langsung menggunakan algoritma *Classification and Regression Trees (CART)* untuk membentuk pohon keputusan. Proses klasifikasi menggunakan feature ekstraksi tekstur GLCM yang bertujuan untuk menghasilkan nilai dari data gambar yang akan digunakan untuk proses klasifikasi menggunakan model klasifikasi *Decision Tree*[5].

Klasifikasi dapat diartikan sebagai pelatihan kerja untuk menargetkan fungsi yang memetakan setiap set atribut ke salah satu dari sejumlah label kelas yang tersedia. Algoritma klasifikasi menggunakan data pelatihan atau biasa disebut data training untuk membuat model. Model ini kemudian akan digunakan untuk memprediksi label kelas dari data baru atau yang belum dikenal [3]. Sebelum ke tahap klasifikasi citra daun akan melalui tahap *pre-processing* yaitu dengan menambahkan salah satu fitur yaitu LBP. Fitur *Local Binary Pattern* (LBP) merupakan fitur bentuk untuk mengenali pola bentuk daun [6].

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana merancang dan mengimplementasikan metode klasifikasi citra digital tahapan pertumbuhan tanaman bayam hidroponik secara otomatis dengan memanfaatkan ekstraksi fitur *Local Binary Pattern* (LBP) dan algoritma *Decision Tree* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan metode klasifikasi citra digital tahapan pertumbuhan tanaman bayam hidroponik secara otomatis dengan memanfaatkan ekstraksi fitur *Local Binary Pattern* (LBP) dan algoritma *Decision Tree* untuk memperoleh hasil klasifikasi yang akurat dan efektif.

1.4 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan memperjelas ruang lingkup penelitian ini, beberapa batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya mencakup tahapan pertumbuhan tanaman bayam dengan jenis bayam hijau, bayam merah, bayam brazil, Yang terdiri dari tiga fase utama, yaitu:
 - a. Fase awal tumbuh (*seedling*)
 - b. Fase pertumbuhan daun (*vegetatif*)
 - c. Fase siap panen (*generative*)
2. Jumlah dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1500 scitra, yang diperoleh dari *Kaggle* dan sumber terbuka lainnya. Dataset terdiri dari gambar tanaman bayam dengan latar belakang yang bervariasi, kemudian dilakukan preprocessing sebelum digunakan untuk pelatihan model.
3. Metode yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada ekstraksi fitur *Local Binary Pattern* (LBP) dan klasifikasi menggunakan algoritma *Decision Tree*.

4. Pelatihan dan pengujian model dilakukan sepenuhnya menggunakan *Google Colab* sebagai *platform* utama. *Colab* dipilih karena menyediakan akses komputasi GPU secara daring dan mempermudah integrasi dengan *Python* dan *library* yang digunakan.
5. Antarmuka (*interface*) sistem yang dikembangkan bersifat sederhana dan hanya digunakan untuk mengunggah gambar, menampilkan hasil klasifikasi, serta informasi tahap pertumbuhan. Tidak mencakup penyimpanan data historis atau integrasi dengan sensor otomatis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk membantu petani atau pengguna dalam mengklasifikasikan tahapan pertumbuhan tanaman bayam secara otomatis menggunakan citra digital, sehingga proses pemantauan tanaman menjadi lebih cepat dan akurat. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi pengembang dan peneliti dalam penerapan teknologi pengolahan citra digital di bidang pertanian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dari skripsi ini terdiri dari pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas pada masing-masing yang diuraikan menjadi beberapa bagian sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini berisi teori-teori yang mendasari penelitian, seperti pengolahan citra digital, klasifikasi citra, ekstraksi fitur menggunakan *Local Binary Pattern* (LBP), serta algoritma *Decision Tree* sebagai metode klasifikasi. Bab ini juga membahas penelitian-penelitian terdahulu yang relevan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan-tahapan dalam pelaksanaan penelitian, mulai dari identifikasi masalah, pengumpulan data, *preprocessing* citra bayam, proses ekstraksi fitur dengan metode LBP, klasifikasi algoritma *Decision Tree*, Perancangan sistem, implementasi sistem, serta evaluasi hasil klasifikasi.

BAB 4 ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi analisis kebutuhan sistem dan perancangan sistem klasifikasi citra digital tanaman bayam. Perancangan mencakup struktur dataset, alur proses klasifikasi, serta integrasi antara metode LBP dan *algoritma Decision Tree*.

BAB 5 IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN

Bab ini berisi proses implementasi sistem klasifikasi citra menggunakan metode ekstraksi LBP dan algoritma *Decision Tree*, pengujian sistem terhadap data uji, serta evaluasi performa sistem *Black Box* dan UAT

BAB 6 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran untuk penelitian atau pengembangan sistem di masa mendatang.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Citra Digital

Kemajuan teknologi di bidang pengolahan citra (*Image Processing*) pada saat ini telah menjadi daya tarik tersendiri bagi manusia untuk di eksplorasi sehingga menjadi pengetahuan yang dapat diterima dan dipahami dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan perkembangan tersebut, kreativitas identifikasi terhadap suatu objek tidak lepas dari pengolahan citra digital. Citra adalah representasi objek dua dimensi dari dunia visual, menyangkut berbagai macam disiplin ilmu yang mencakup seni, *human vision*, astronomi, teknik, dan sebagainya. Merupakan suatu kumpulan piksel-piksel atau titik-titik yang berwarna yang berbentuk dua dimensi[7].

Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*) merupakan bidang ilmu yang mempelajari tentang bagaimana suatu citra itu dibentuk, diolah, dan dianalisis sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Pengolahan citra adalah setiap bentuk pengolahan sinyal dimana input adalah gambar, seperti foto atau video bingkai, sedangkan *output* dari pengolahan gambar dapat berupa gambar atau sejumlah karakteristik atau parameter yang berkaitan dengan gambar. Citra digital yang dihasilkan dari pengujian tersebut memvisualisasikan daun. Citra daun yang dihasilkan akan diolah dan diperoleh sebuah hasil luas daun dengan menggunakan *computer vision*[8].

Citra digital merupakan sebuah penerapan/representasi numerik dari suatu citra dua dimensi (2D). Citra digital dapat dilihat dan dikelola dengan perangkat

lunak untuk menampilkan citra seperti “*Windows photo viewer*”. *Web browser* dapat menampilkan format citra standar, seperti GIF, JPEG, dan PNG dan *Web browser* yang menampilkan format SVG[9].

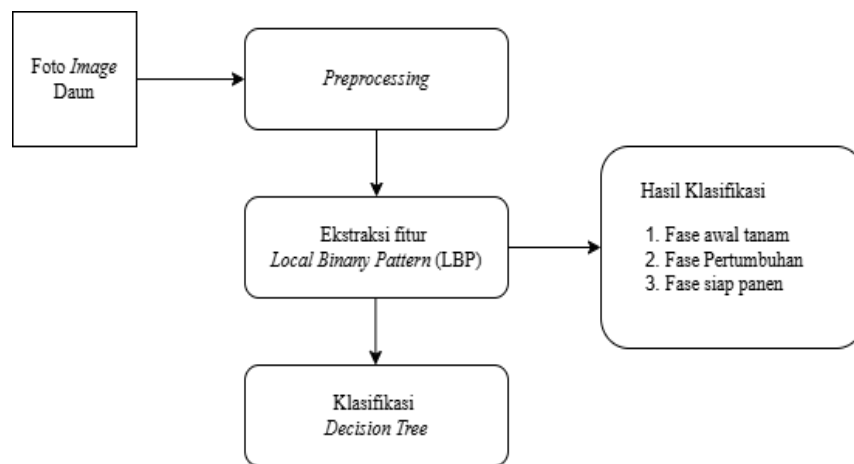
2.2 Tanaman Bayam

Bayam (*Amaranthus spp*) merupakan sumber pangan kaya gizi dan berperan penting dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Namun budidaya tanaman ini rentan terhadap penyakit, terutama bercak coklat pada daun yang dapat mempengaruhi produktivitas dan kualitas tanaman secara signifikan di Kota Palopo. Dinas Pertanian, instansi yang bertanggung jawab terhadap pengembangan sektor pertanian, menghadapi kendala besar dalam mengidentifikasi dan menangani masalah penyakit bayam secara cepat dan efektif. Penggunaan teknologi dibidang pertanian adalah kunci untuk menghadapi tantangan ini[10].

Dilihat dari masa waktu panen yang singkat, banyak pembudidaya yang membudidayakan tanaman bayam. Sayuran jenis bayam ini memiliki rasa yang enak, memiliki banyak manfaat untuk kesehatan tubuh dan harganya terjangkau, bayam juga dapat diolah menjadi berbagai jenis makanan. Selain pembudidaya mendapatkan keuntungan dari segi ekonomi, tanaman membantu kita dalam menciptakan udara yang bersih dan lingkungan yang sejuk. Penyiraman pada tanaman berguna untuk menjaga kesegaran dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Aliran air saat menyiram tidak boleh terlalu kuat karena bisa merusak tanaman bayam yang mempunyai batang yang tidak kuat[11].

Tanaman bayam dikembangkan di Indonesia ada dua jenis, yaitu *Amaranthus tricolor* L dan *Amaranthus hybridus* L. Salah satu jenis tanaman

bayam adalah *Amaranthus tricolor* L. Bayam memiliki dua varietas, yaitu bayam hijau (dikenal juga dengan bayam putih, bayam cina, atau bayam sekul) dan bayam merah. Bayam merupakan sumber mineral dan nutrisi yang baik yang dapat diberikan secara efektif dan dalam jumlah berapa pun. Selain itu, bayam mengandung serat yang membantu pencernaan makanan di lambung dan membantu mencegah kanker lambung serta penyakit alami lainnya[12].



Gambar 2.1 Gambaran sistem Klasifikasi

2.2.1 Bayam Hijau (*Amaranthus Hybridus L*)

Bayam hijau (*Amaranthus Hybridus L*) merupakan jenis tumbuhan yang biasa ditanam dan dimanfaatkan sebagai sayuran hijau. Bayam hijau banyak digemari masyarakat Indonesia karena rasanya enak, lunak, dapat memberikan rasa dingin dalam perut dan dapat memperlancar pencernaan. Selain itu, bayam hijau juga mudah diperoleh dipasar-pasar dengan harga yang relatif murah. Beberapa khasiat bayam yaitu merupakan sumber vitamin A, B dan C, protein, lemak, karbohidrat kalium, amaratin, serta mineral-mineral yang penting seperti kalsium, fosfor dan besi yang bermanfaat dalam mendorong pertumbuhan dan

menjaga kesehatan. Kandungan besi pada bayam relatif lebih tinggi dibanding sayuran daun lain sehingga tanaman ini sangat baik dikonsumsi oleh penderita anemia[13].



Gambar 2.2 Bayam Hijau (*Amaranthus Hybridus L*)

Sumber : [13].

Bayam hijau merupakan salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan secara hidroponik. Kandungan gizi yang terdapat pada bayam hijau yaitu protein, karbohidrat, zat besi, kalsium, vitamin A, vitamin C, natrium, kalium dan magnesium[14].

Bayam hijau (*Amaranthus viridis L.*) salah satu jenis tanaman sayuran yang kaya nutrisi seperti karbohidrat berkualitas tinggi, serat makanan, lipid (omega-3 dan omega-6), asam amino *esensial*, *squalene*, tokoferol, senyawa fenolik, flavonoid, fitat, vitamin dan mineral. Banyaknya nutrisi pada tanaman ini diduga menjadi penyebab permintaannya juga tinggi[15].

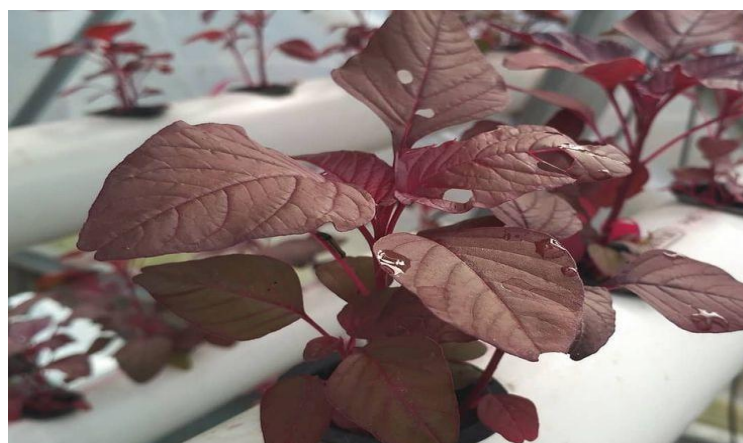
2.2.2 Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L*)

Bayam merah (*Amaranthus tricolor L*) merupakan tanaman sayuran yang termasuk dalam *family Amaranthaceae*. Bayam merah di Indonesia merupakan bahan sayur yang bergizi tinggi dan digemari oleh semua lapisan masyarakat.

Selain itu bayam merah memiliki nutrisi yaitu vitamin A, vitamin B, vitamin C, K, folat dan zat besi[14].

Bayam merah (*Alternanthera amoenavoss*) merupakan sayuran yang memiliki gizi yang tinggi dan khususnya banyak disukai masyarakat Indonesia. Bayam merah jenis tanaman sayuran ini yang paling diminati setelah bayam hijau, nilai keunggulan nutrisi sayuran bayam merah terutama dalam kandungan vitamin C, asam *amino thiamine*, dan *niacin riboflavin*. Setelah itu, bayam merah juga kaya akan mineral. Selanjutnya pada bayam merah memiliki vitamin A yaitu (β -carotene) mencapai 80-90 %, β -carotene merupakan provitamin A yang sangat penting bagi pembentukan vitamin A yang berfungsi sebagai antioksidan[16].

Bayam merah merupakan tanaman yang telah digunakan sebagai makanan dalam bentuk sayur dan sebagai sumber antioksidan alami. Bayam merah mengandung antioksidan alami seperti senyawa antosianin, flavonoid, betalain, polifenol dan karotenid[17].



Gambar 2.1 3 Bayam Merah (*Amaranthus tricolor L*)

Sumber : <https://id.pinterest.com/pin/menanam-bayam-merah-warna-merah>

2.2.3 Bayam Brazil (*Alternanthera sissoo*)

Tanaman bayam brazil berasal dari benua Amerika dan belum dibudidayakan di Indonesia secara luas. Pengembangannya pada pertanian perkotaan lahan sempit terkendala dengan kondisi rendahnya intensitas cahaya sehingga memungkinkan bayam brazil tidak dapat tumbuh dengan optimal[18].

Bayam Brazil (*Alternanthera sissoo*) menjadi salah satu komoditas alternatif yang menjanjikan. Tanaman ini dikenal memiliki nilai nutrisi tinggi, mengandung senyawa bioaktif seperti flavonoid, antioksidan, dan mineral penting seperti Ca, Zn, dan Fe sertamemiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap berbagai kondisi lingkungan[19].



Gambar 2.4 Bayam Brazil (*Alternanthera sissoo*)

Sumber : <https://tribratanews.polri.go.id/blog/kesehatan-7/bayam-brazil>

2.3 Sistem Hidroponik

Hidroponik adalah cara bercocok tanam tanpa menggunakan tanah. Tanah sebenarnya merupakan tempat tumbuhnya tanaman yang dapat digantikan dengan media *inert*, seperti pasir, arang, *rock wool*, *cotton wool*, kerikil, dll. Di daerah dengan lahan/profitabilitas yang buruk, metode hidroponik menghasilkan praktik pertanian yang berkembang dengan baik (Rohman et al., 2021; Yulita & Ardiansyah, 2023). Metode bercocok tanam hidroponik dapat menghasilkan hasil produksi yang berkualitas tinggi dan dapat meningkatkan nilai jual hasil panen[20].

Hidroponik merupakan cara menanam tanaman dengan menggunakan media tanam berupa air. Cara ini digemari karena kita tidak perlu pusing memikirkan memikirkan dimana tanaman akan ditanam kita dapat menggunakan bahan bekas dan dapat diletakkan dimanapun. Selain itu bercocok tanam dengan teknik hidroponik tergolong mudah dan dapat dilakukan siapa saja dan mengasah kreativitas untuk mengolah dan menciptakan media baru untuk bercocok tanam[21].

Hidroponik merupakan salah satu sistem pertanian masa depan karena dapat diusahakan di berbagai tempat, baik di desa, di kota, di lahan terbuka, atau di atas apartemen sekalipun. Luas tanah yang sempit, kondisi tanah kritis, hama dan penyakit yang tak terkendali, keterbatasan jumlah air irigasi, musim yang tidak menentu, dan mutu yang tidak seragam bisa ditanggulangi dengan sistem hidroponik. Hidroponik dapat diusahakan sepanjang tahun tanpa mengenal musim. Pemeliharaan tanaman hidroponik pun lebih mudah karena tempat budidayanya relatif bersih, media tanamnya steril, tanaman terlindung dari terpaan

hujan, serangan hama dan penyakit relatif kecil, serta tanaman lebih sehat dan produktivitas lebih tinggi[22].

2.4 Ekstraksi Fitur

Fitur merupakan karakteristik unik dari suatu objek di dalam citra yang hendak dibedakan dengan objek lainnya. Informasi yang telah diekstrak kemudian digunakan sebagai parameter masukan untuk membedakan antara objek satu dengan lainnya pada tahapan identifikasi/klasifikasi. Fitur-fitur yang biasa diamati adalah fitur warna, fitur bentuk, dan fitur tekstur. Fitur-fitur tersebut dapat dikenali karena beberapa objek mempunyai pola-pola tertentu, sehingga mudah dibedakan oleh manusia. Pada fitur warna, biasanya objek benda dikenali dengan adanya perbedaan warna di ruang warna tertentu[23].

Tahapan ekstraksi fitur dilakukan dalam sentimen dimana pembelajaran mesin tidak bisa diinput dalam bentuk string. Metode ekstraksi menghasilkan bobot kata yang akan diubah ke dalam bentuk *vektor* dari setiap kata yang ada pada dokumen[24].

Bentuk adalah suatu fitur citra yang digunakan untuk mendeteksi objek atau batas wilayah. Fitur bentuk dari suatu citra digital dapat ditentukan oleh tepi atau besaran momentnya. Pada fitur ini besaran moment digunakan oleh banyak peneliti dengan memanfaatkan nilai transformasi fourier citra. Dalam menentukan fitur bentuk, proses yang bisa digunakan yaitu diantaranya deteksi tepi, *thresholding*, segmentasi dan perhitung *moment* (seperti mean, median dan standard deviasi dari setiap lokal citra).[25].

2.5 *Machine Learning*

Machine learning merupakan cabang ilmu komputer yang meneliti bagaimana suatu mesin dapat menyelesaikan masalah tanpa diprogram secara eksplisit. Sedangkan, Mitchell menjelaskan bahwa *Machine Learning* adalah kemampuan *computer* untuk melakukan pembelajaran dari pengalaman (*experience*) E terhadap tugas (*task*) T yang dibebankan dengan kinerjanya (*performance*) P yang terukur. *Machine learning* melibatkan proses *structural* dimana setiap tahap membangun versi mesin yang lebih baik[26].

Machine learning adalah bidang interdisipliner yang luas yang dibangun atas konsep dari ilmu komputer, statistik, ilmu kognitif, teknik, teori pengoptimalan dan banyak disiplin matematika dan *sains*. Ada banyak aplikasi untuk pembelajaran mesin namun penambangan data merupakan yang paling signifikan diantara semuanya. Pembelajaran mesin dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori besar yaitu *supervised machine learning* dan *unsupervised machine learning*. *Supervised machine learning* merupakan teknik yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara atribut input dengan atribut target. Salah satu kategori dari *supervised machine learning* adalah klasifikasi[27].

Machine learning merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dan ilmu komputer yang berfokus pada penggunaan data dan algoritma untuk meniru cara manusia belajar dan secara bertahap dapat meningkatkan akurasi. Semakin bagus algoritma *machine learning* yang digunakan maka akan semakin baik pula keputusan yang keluar[28].

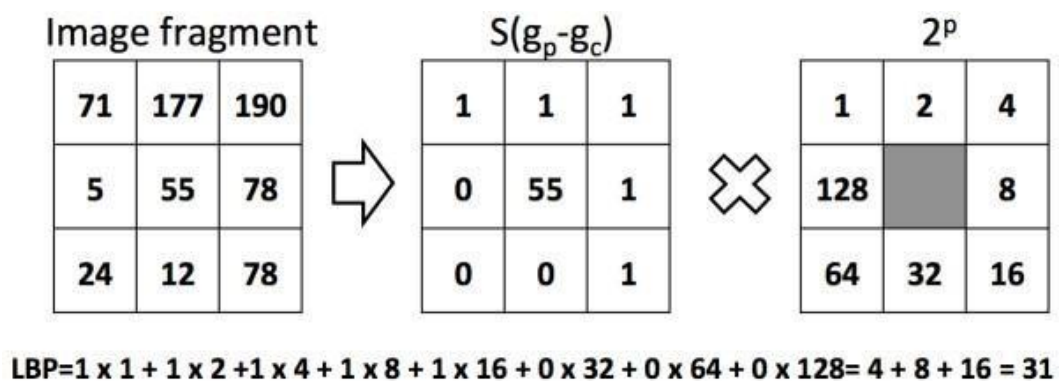
2.6 LBP (*Local Binary Pattern*)

Local Binary Pattern (LBP) digunakan pertama kali pada *texture analysis*, dan digunakan juga sebagai metode untuk *face detection* dan *face recognition*. “*Local Binary Pattern* merupakan salah satu dari banyaknya metode ekstraksi fitur pada suatu data citra *grayscale* yang ampuh untuk mendeskripsikan suatu tekstur, mempunyai daya pembeda yang akurat, dan juga memiliki toleransi terhadap perubahan *grayscale* yang *monotonic*. Operator LBP memiliki label yang ditandai dengan P dan R. P mewakili jumlah piksel ketetanggaan dan R adalah radius atau jarak antara piksel titik pusat dan piksel tetangga. Cara kerja dari metode *Local Binary Pattern* yaitu membandingkan nilai piksel pada titik pusat citra dengan nilai ketetanggaannya pada citra *grayscale*[29].

Local Binary Pattern (LBP) merupakan metode yang dipakai untuk ukuran *tekstur grayscale* yang telah terbukti efektif dan *invariant* terhadap pencahayaan yang berbeda [14]. *Mäenpää* menjelaskan penggunaan LBP dapat dipakai untuk mencari pola-pola tekstur lokal pada citra. Nilai LBP didapatkan dengan melakukan *thresholding* pada piksel-piksel tetangga yang berbentuk *circular* dengan menggunakan piksel pusat, kemudian mengalikannya dengan pembobotan *biner*. LBP bekerja dengan delapan piksel tetangga yang tersebar melingkar (*circular neighborhoods*),[30].

Metode *Local Binary Pattern* pertama kali diperkenalkan oleh Ojala et al. Menurut Ojala et al. *Local Binary Pattern* merupakan metode yang digunakan sebagai ukuran tekstur *grayscale* yang terbukti efektif dan *invariant* terhadap

pencapaian yang berbeda [9]. *Local binary pattern* (LBP) merupakan suatu metode yang menggunakan deskriptor tekstur yang dapat juga digunakan untuk pengenalan wajah, karena gambar wajah dapat dilihat sebagai sebuah komposisi *micro-texture-pattern* yaitu suatu operator non parametrik yang menggambarkan tata ruang lokal citra[31].



Gambar 2.5 Local Binary Pattern (LBP)

Sumber : [32]

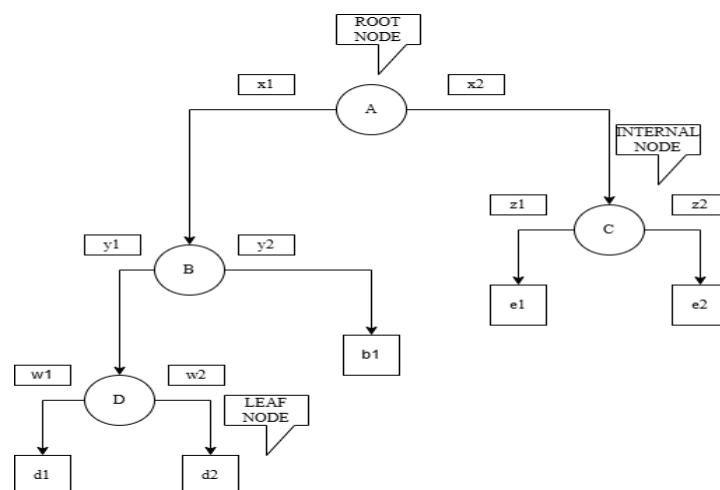
2.7 Algoritma Decision Tree

Decision tree adalah algoritma populer dan sangat efektif dengan melakukan pengklasifikasian dan prediksi. Algoritma *decision tree* dapat merepresentasikan ketentuan dari banyaknya fakta ke dalam bentuk pohon keputusan. pohon keputusan adalah struktur yang membagi sejumlah besar data menjadi sejumlah kecil data. Atribut kelas berfungsi sebagai representasi untuk simpul daun pohon keputusan. *Node* yang tidak ada termasuk node internal yang dihasilkan oleh kondisi uji atribut pada beberapa *record* dengan berbagai karakteristik dan node akhir yang terdiri dari akar[33].

Decision tree yaitu memiliki beberapa algoritma yang termasuk seperti ID3, C4.5, *CART*, algoritma tersebut sangat populer didalam klasifikasi dan ekstraksi

rule, ini termasuk dari data mining. Klasifikasi itu proses mencari pola dari sekumpulan data atau fungsi yang dapat memisahkan data kelas yang satu dengan yang lain (Fauzi & M.S, 2020). *Decision Tree* akan memperlihatkan faktor-faktor kemungkinan (probabilitas) yang akan mempengaruhi alternatif-alternatif prestasi belajar siswa. *Decision tree* akan mengubah data kedalam bentuk visual berupa diagram pohon keputusan dan aturan-aturan keputusan. Data dalam *decision tree* dinyatakan dalam bentuk tabel dengan atribut dan *record*[34].

Decision tree merupakan sebuah metode pengambilan keputusan dengan menyusun tiap opsi menjadi bercabang, atau mempresentasikan pohon. Terdapat 3 elemen dalam *decision tree*, yaitu *root node* (akar), *branches*(ranting) atau *internal node*, dan *leaf node* (daun). *Root node* adalah tujuan yang ingin dicapai, *branches* adalah opsi tindakan, lalu *leaf node* adalah hasil keputusan. Biasanya terdapat dua jenis *leaf node*, lingkaran dan persegi. Lingkaran berarti hasilnya tidak pasti atau kemungkinan dan persegi menyatakan hasil yang pasti atau keputusan[35].



Gambar 2.6 Algoritma *Decision Tree*

Sumber : [35]

2.8 *Anaconda*

Anaconda adalah distribusi *Python* dan *R* yang digunakan untuk ilmu data dan pembelajaran mesin. *Anaconda* menyediakan manajemen paket, lingkungan, dan lebih dari 1.500 paket *open-source* yang digunakan dalam sains data. Salah satu fitur utama *Anaconda* adalah *conda*, yang memungkinkan pengguna untuk membuat lingkungan yang terisolasi dengan berbagai versi *Python* dan pustaka yang berbeda. Ini sangat membantu ketika bekerja pada proyek yang memerlukan konfigurasi khusus[36].

Anaconda adalah aplikasi yang mendistribusikan bahasa pemrograman *python* dengan kualitas kinerja yang sangat baik. Aplikasi *Anaconda* memiliki tampilan yang menarik, dan menyediakan banyak library yang bisa digunakan untuk menjalankan pemrograman *python* seperti *jupyter notebook*, *jupyter lab*, dan *spyder*. *Anaconda* juga menyediakan platform yang *user friendly* sehingga bisa diakses di berbagai platform seperti *linux*, *mac*, dan *widows*. Sehingga hal tersebut sangat memanjakan pengguna[37].

2.8.1 *Python*

Python adalah sebuah bahasa pemrograman berbasis objek yang dapat di interaksi secara interaktif (Ridho, & Niani.,2022). Bahasa ini memiliki struktur data tingkat tinggi. *Python* merupakan sebuah bahasa pemrograman interpretatif yang memiliki banyak fungsi, dan didesain dengan fokus pada kejelasan dan kemudahan pemahaman kode. *Python* dianggap sebagai bahasa yang menggabungkan kemampuan dan kejelasan sintaks kode. Bahasa pemrograman *Python* dirancang khusus untuk memudahkan programmer dalam

membuat program dengan efisiensi waktu, kemudahan pengembangan, dan kompatibilitas dengan sistem. *Python* dapat digunakan untuk membuat aplikasi mandiri atau pemrograman skrip[38].

Python merupakan salah satu bahasa pemrograman yang banyak digunakan oleh perusahaan besar maupun para *developer* untuk mengembangkan berbagai macam aplikasi berbasis desktop, web dan mobile. *Python* diciptakan oleh Guido van Rossum di Belanda pada tahun 1990 dan namanya diambil dari acara televisi kesukaan *Guido Monty Python's Flying Circus*. Van Rossum mengembangkan *Python* sebagai hobi, kemudian *Python* menjadi bahasa pemrograman yang dipakai secara luas dalam industri dan pendidikan karena sederhana, ringkas, sintak intuitif dan memiliki pustaka yang luas[39].

Python adalah bahasa pemrograman tingkat tinggi yang terkenal karena sintaksisnya yang sederhana, mudah dipahami, dan fleksibel. Dikembangkan oleh Guido van Rossum, *Python* memiliki berbagai kegunaan, termasuk pengembangan perangkat lunak, analisis data, kecerdasan buatan, pengembangan web, dan lebih banyak lagi. Bahasa ini menjadi pilihan utama bagi banyak pengembang karena kombinasi kejelasan sintaksis dan kemampuan untuk menangani berbagai tugas pemrograman[40].

2.8.2 *Streamlit*

Streamlit adalah *library Python open-source* yang memudahkan pembuatan dan berbagi aplikasi *web custom* yang menarik untuk pembelajaran mesin dan sains data. Dengan *streamlit*, dapat dengan cepat dan mudah membuat dasbor interaktif, grafik, dan peta yang membantu memahami serta membagikan data[41].

Streamlit adalah *Web Application Framework* untuk memudahkan *developer* dalam pengembangan dan pembuatan aplikasi *web* yang fokus di bidang *Machine Learning* dan *Data Science*. Tidak hanya itu, *streamlit* dapat secara mudah melakukan *hosting* aplikasi *web* yang sudah dibangun. *Streamlit* tersedia dalam bentuk *library* dan dapat di-*install* melalui *Python*[42].

2.8.3 HTML (*HyperText Markup Language*)

HTML adalah bahasa markup standar yang menjadi fondasi utama dalam membangun struktur dan konten halaman *web*. Penguasaan HTML memungkinkan seseorang untuk memahami bagaimana sebuah halaman web dibangun, bagaimana elemen-elemen seperti teks, gambar, video, dan tautan disusun dan ditampilkan di peramban *web*. Tanpa pemahaman HTML yang memadai, akan sulit bagi seseorang untuk membuat atau memodifikasi halaman web secara efektif. Desa Kanyoran dipilih sebagai lokasi kegiatan bakti masyarakat ini karena potensi sumber daya manusia yang besar serta semangat untuk mengembangkan diri dalam bidang teknologi[43].

HTML adalah suatu dokumen teks biasa dan disebut sebagai *markup language* karena mengandung tanda-tanda tag untuk menentukan tampilan teks dalam bentuk dokumen dan kita tanpa harus membaca dokumen secara urut dari atas ke bawah tetapi dapat langsung menuju ke topik dengan menggunakan teks penghubung yang akan membawa anda ke suatu topik atau dokumen lain secara langsung[44].

2.8.4 *Jupyter Notebook*

Jupyter Notebook adalah program pengembangan interaktif berbasis web yang berjalani *browser default*. Setiap blok kode dapat dilakukan secara independen, membuatnya sangat fleksibel dan mudah dimainkan. Ini memungkinkan penggunaan berbagai jenis teks dalam *Notebook* yang sama. Akibatnya, keluaran kode, visualisasi, persamaan, dan teks lainnya dapat diakses di satu lokasi. Ini memudahkan untuk membuat dan mendistribusikan dokumen, serta menunjukkan kode dan temuan dengan cara yang logis dan menarik. Ini sangat ideal untuk kolaborasi karena berbasis web dan memudahkan untuk berbagi *Notebook* dengan orang lain[45].

Jupyter adalah aplikasi web gratis untuk yang digunakan untuk membuat dan membagikan dokumen yang memiliki kode, hasil hitungan, visualisasi, dan teks. *Jupyter* adalah singkatan dari tiga bahasa pemrograman *Julia*(*Ju*), *Python*(*Py*), dan *R*. Tiga bahasa pemrograman ini adalah sesuatu yang penting bagi seorang data scientist[46].

2.8.5 *OpenCV*

OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*) adalah sebuah *library* *open source python* yang dikembangkan oleh *intel* yang berfokus untuk menyederhanakan *programming* terkait citra digital. Awalnya *OpenCV* merupakan *library* yang menggunakan bahasa pemrograman *C/C++*, dan sekarang telah dikembangkan ke dalam bahasa pemrograman *python*, *java*, *matlab*. *OpenCV* mempunyai banyak fitur, antara lain: pengenalan wajah, pelacakan wajah, deteksi wajah, *kalman filtering* dan berbagai jenis metode AI (*Artificial Intelligence*).

OpenCV juga menyediakan berbagai algoritma sederhana terkait *Computer Vision* untuk low level API. Selain itu, *OpenCV* juga menggunakan *numpy*. *Numpy* merupakan salah satu *library python* yang digunakan untuk mengimplementasi *array* dan *matriks* multidimensi bersama dengan operasi matematika tingkat tinggi. *OpenCV* terutama digunakan untuk menangkap data dari video langsung karena *OpenCV* berfokus pada pemrosesan gambar dan video yang ditangkap[47].

OpenCV adalah *library open source* yang digunakan dalam *computer vision* dan *machine learning*. *OpenCV* dibangun untuk menyediakan infrastruktur umum pada *computer vision* dan mempercepat penggunaan *machine perception*. Library *OpenCV* ini memiliki lebih dari 2500 algoritma yang dioptimalkan, mencakup algoritma *computer vision* klasik dan *algoritma machine learning*[48].

2.8.6 NumPy

NumPy adalah pustaka fungsi yang memungkinkan Anda melakukan banyak tugas manipulasi data umum dengan *Python*. Banyak interaksi antara *array NumPy* dan *Python* sangat mirip dengan apa yang akan Anda lakukan dengan variabel *Python* biasa. Untuk tugas yang lebih lanjut, *NumPy* juga memiliki fungsi yang bekerja dengan aljabar *linier*, transformasi *Fourier*, dan *matriks*[49].

NumPy, singkatan dari *Numerical Python*, adalah pustaka fundamental untuk komputasi numerik di *Python*. Dikenalkan pada tahun 2005, *NumPy* menyediakan dukungan untuk *array* multidimensi dan berbagai fungsi matematika dan statistik yang efisien (Klemp, 2024). Pustaka ini sangat penting bagi para ilmuwan data dan analis karena memungkinkan mereka untuk melakukan operasi matematis yang kompleks dengan cepat dan efisien. *NumPy*

juga menjadi dasar bagi banyak pustaka lain dalam ekosistem *Python*, termasuk *Pandas* dan *SciPy*[50].

Numpy (numerical python) sebuah pustaka yang sangat penting dalam dunia pemrograman *Python*, khususnya dalam bidang manipulasi data dan komputasi numerik. Pustaka ini dirancang untuk memberikan dukungan yang kuat dalam melakukan operasi aljabar linear dan pengolahan *matriks*, yang merupakan elemen kunci dalam banyak aplikasi ilmiah dan teknik. Dengan *NumPy*, pengguna dapat dengan mudah melakukan operasi matematis yang kompleks pada *array* multidimensi, memungkinkan analisis data yang lebih efisien dan cepat. Salah satu keunggulan utama dari *NumPy* adalah kemampuannya untuk memproses data dalam jumlah besar dengan waktu pemrosesan yang relatif singkat[51].

2.8.7 *Pandas*

Pandas Profiling, sebuah *library Python* yang digunakan untuk menganalisis dataset secara otomatis. Dataset yang telah dibersihkan sebelumnya diimpor ke *Google Colab* dalam format yang sesuai, seperti CSV atau *Excel*. Dengan menggunakan *pandas profiling* maka akan diperoleh laporan profil yang mencakup informasi statistik deskriptif, visualisasi grafis, dan analisis korelasi antar variabel. Laporan profil ini disajikan dalam format HTML yang dapat dengan mudah diakses dan dibagikan secara *online* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2 sampai 5. Laporan yang dihasilkan oleh perpustakaan *Pandas Profiling* memiliki beberapa bagian, yaitu ringkasan, variabel, interaksi variabel, korelasi, nilai yang hilang, dan sampel data[52].

Pandas adalah sebuah pustaka berlisensi BSD dan bersumber terbuka yang

menyediakan struktur khusus untuk melakukan analisis data dalam bahasa pemrograman *Python*[8]. Pustaka *Pandas* dapat digunakan untuk membersihkan data mentah ke dalam bentuk yang cocok untuk dianalisis. Pustaka *Pandas* dapat pula melakukan tugas *fundamental*, misalnya melakukan penyesuaian data untuk membandingkan atau pun menggabungkan berbagai basis data[53].

2.8.8 *Scikit-Learn*

Scikit-learn adalah sebuah pustaka analisis data *open source*, dan standar emas untuk *Machine Learning* (ML) dalam ekosistem *Python*. Pustaka ini meliputi sejumlah metode algoritma data *mining*, termasuk: klasifikasi, regresi dan *clustering*[54].

Scikit-learn atau *sklearn* adalah modul untuk bahasa pemrograman *python* yang dibangun diatas *NumPy*, *SciPy*, dan *matplotlib*. *Scikit-learn* berfungsi untuk membantu melakukan *processing* data ataupun melakukan *training* data untuk kebutuhan *machine-learning*. Fitur yang dapat digunakan didalam *Scikit-learn* antara lain, seperti *Clustering*, *Classification*, *Regression*, *Dimensionality*, *Model selection*, *Preprocessing Data*, dan *Reduction*[55].

Scikit-learn adalah pustaka sumber terbuka untuk analisis data yang mencakup berbagai algoritma penambangan data. Pustaka ini mencakup metodologi untuk klasifikasi, regresi, dan pengelompokan, serta berbagai teknik lainnya[56].

2.9 *Tensor Flow*

Tensorflow adalah *library* perangkat lunak yang dikembangkan oleh Tim Google, yang bertujuan untuk mengerjakan pembelajaran mesin dan jaringan syaraf dalam penelitiannya. *Tensorflow* menggabungkan aljabar komputasi dengan teknik optimasi kompilasi, yang memfasilitasi perhitungan banyak ekspresi matematika[57].

Framework Tensorflow dikembangkan oleh *Google Brain Team* pada tahun 2015 untuk perhitungan numerik, dan sekarang banyak digunakan oleh perusahaan besar untuk pengembangan aplikasi AI, seperti klasifikasi citra, penyematan kata, dan pengembangan *chatbot* [9]. *Tensorflow* menyediakan antarmuka yang dapat mengekspresikan algoritma ML dan aplikasi untuk mengeksekusi algoritma [10]. *Tensorflow* mendukung pemodelan *Recurrent Neural Network* (RNN), *Restricted Boltzmann Machine* (RBM), *Convolutional Neural Network* dan *Dynamic Bayesian Network* (DBN), serta eksekusi paralel [10]. Nama *Tensorflow* didasarkan pada bagaimana tensor di seluruh jaringan. Tensor merupakan jenis *array* multidimensi[58].

Tensorflow adalah *library open source* yang dikembangkan oleh tim *Google Brain* untuk komputasi numerik dan *machine learning* skala besar. *Tensorflow* menggabungkan banyak model, algoritma *machine learning* dan algoritma *deep learning* (jaringan syaraf). *Tensorflow* menggunakan *Python* untuk menyediakan API *front-end* untuk membangun aplikasi dengan *framework*, sekaligus menjalankan aplikasi tersebut dengan performa tinggi. *Tensorflow* dapat melatih dan menjalankan jaringan syaraf tiruan untuk klasifikasi tulisan tangan, pengenalan

gambar, penyematan kata, *recurrent neural network*, *sequence-to-sequence models* untuk terjemahan, pemrosesan *natural language*, dan simulasi berbasis PDE (*Partial Differential Equation*)[59].

2.10 *Kaggle*

Kaggle merupakan sebuah situs yang menyediakan dataset untuk diolah menggunakan *machine learning*. Lisensi pada dataset ini pada umumnya merupakan publik domain, yang mana pada lisensi ini memiliki peraturan yang paling bebas bila dibandingkan lisensi lainnya, publik domain merupakan lisensi yang dapat digunakan khalayak umum karena pada lisensi ini sebelumnya memiliki hak cipta namun masa berlakunya sudah habis Dalam proses klasifikasi[60].

Kaggle adalah salah satu platform terkenal di dunia *Data Science* dan *Machine Learning* yang sangat bermanfaat bagi mereka yang sedang mempelajari bidang ini [15]. *Platform* ini menyediakan berbagai dataset yang sangat membantu para ilmuwan data di seluruh dunia dalam membangun dan mengembangkan model-model analitik[61].

2.11 *Google Colab (Colaboratory)*

Colaboratory, atau “*Colab*” merupakan produk dari *Google Research*. *Colab* memungkinkan siapa saja menulis dan mengeksekusi kode *python* *arbitrer* melalui *browser*, dan sangat cocok untuk *machine learning*, analisis data, serta pendidikan. Secara lebih teknis, *colab* merupakan layanan *notebook Jupyter* yang dihosting dan dapat digunakan tanpa penyiapan, serta menyediakan akses gratis ke *resource* komputasi termasuk GPU. *Resource Colab* tidak dijamin dan sifatnya

terbatas, serta batas penggunaannya terkadang berfluktuasi. Hal ini diperlukan agar *Colab* dapat menyediakan *resource* secara gratis[61].

Google Colab, singkatan dari *Google Colaboratory*, adalah *platform cloud* yang disediakan oleh *Google* untuk menjalankan dan menulis kode i melalui browser tanpa memerlukan konfigurasi tambahan, *Google Colab* memanfaatkan infrastruktur *cloud Google* dan dapat diakses melalui peramban web, tidak memerlukan instalasi perangkat lunak tambahan, dan menyediakan kemudahan kolaborasi dengan memungkinkan pengguna untuk berbagi *notebook* secara langsung dengan orang lain. *Platform* ini sangat berguna bagi para pengembang, peneliti, dan pemula dalam bidang pemrograman untuk menjalankan proyek-proyek *Python* tanpa harus khawatir tentang konfigurasi perangkat keras[62].

2.12 *Artificial Intelligence/AI*

Kecerdasan buatan, atau *Artificial Intelligence* (AI) dalam bahasa Inggris, adalah disiplin ilmu yang fokus pada pengembangan komputer dan sistem yang mampu melaksanakan tugas-tugas yang awalnya lebih baik dilakukan oleh manusia. Dalam bidang kecerdasan buatan, komputer dirancang untuk menjadi cerdas dan pintar, dengan tujuan meniru berbagai kemampuan otak manusia, seperti pemahaman bahasa, pemikiran, pengetahuan, penalaran, pemecahan masalah, dan pengambilan keputusan (Manap & Abdullah, 2020). Kecerdasan buatan, atau *Artificial Intelligence* (AI), adalah cabang pengetahuan dalam ilmu komputer yang fokus pada pengembangan sistem komputer yang menunjukkan kecerdasan dalam berbagai cara[63].

Artificial Inteligen atau biasa disingkat AI adalah sebuah teknologi terbaru

yang sangat fundamental bagi masyarakat moderen dan diprediksikan dapat merubah dinamika kehidupan manusia moderen dalam berbagai dimensi kehidupan manusia. AI sendiri merupakan konstruksi ilmu komputer dalam mengembangkan teknologi mesin cerdas untuk menjalankan tugas tugas yang sama seperti yang dilakukan manusia. Yuchen Jiang, Xiang Li dkk., menjelaskan bahwa perkembangan AI berawal dari sekitar tahun 1936 di negaranegara Barat ketika ahli matematika Alan Turing mengusulkan model matematika dari komputer ideal sebagai dasar teoritis untuk komputer elektronika[64].

2.13 Penelitian Terkait

Berikut adalah penelitian sebelumnya yang dijadikan acuan dan referensi dalam menyelesaikan masalah ini.

Tabel 2.1 Tabel Penelitian Sebelumnya

No	Nama	Tahun	Judul	Hasil
1	Harahap, Muhammad Fajar Iskandar, Said Idrus, Al Indra, Zulfahmi	2024	Sistem Pakar Identifikasi Penyakit Kelapa Sawit Dengan Metode Decision Tree Id3 Berbasis Website	Penelitian ini mengembangkan sistem pakar berbasis website untuk mengidentifikasi penyakit tanaman kelapa sawit menggunakan metode Decision Tree ID3. Sistem ini dirancang agar petani dapat mengenali gejala awal penyakit secara mandiri tanpa bergantung langsung pada pakar, sehingga kesalahan dalam penanganan seperti pemberian pupuk atau obat dapat dihindari. Dengan mengambil data dari perkebunan PTPN I Regional I Tanjung Morawa, sistem ini memproses 20 data sampel gejala penyakit dan hama, serta menghitung nilai entropy dan information gain untuk menentukan atribut terbaik sebagai dasar klasifikasi. Hasil

				pengujian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 80%, dan sistem ini terbukti mampu memberikan informasi diagnosis dan penanggulangan penyakit dengan cukup baik. Selain itu, sistem memiliki desain antarmuka yang user-friendly dan database terstruktur (menggunakan MySQL), sehingga mempermudah pengguna dalam melakukan diagnosa, menyimpan data, serta mendapatkan hasil klasifikasi yang tepat berdasarkan metode ID3.
2.	Prabowo, Rizky Lestari, Dewi Korespondensi,	2023	Klasifikasi Image Tumbuhan Obat Sirih Hijau dan Sirih Merah Menggunakan Metode Decision Tree	Penelitian ini bertujuan untuk membedakan gambar daun sirih hijau dan sirih merah secara otomatis menggunakan metode <i>Decision Tree</i>, yaitu salah satu algoritma kecerdasan buatan (AI). Peneliti mengumpulkan 2000 gambar, masing-masing 1000 gambar daun sirih hijau dan 1000 gambar sirih merah. Setiap gambar diproses dengan teknik <i>ekstraksi fitur tekstur GLCM</i> untuk mengambil ciri khas daun, seperti kontras dan keseragaman. Gambar-gambar ini kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji dengan beberapa rasio, misalnya 60:40, 70:30, hingga 80:20. Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa algoritma <i>Decision Tree</i> sangat efektif dengan akurasi rata-rata 98%, presisi 98,3%, recall 97,1%, dan F1-score 97,5%. Jika dibandingkan dengan algoritma lain seperti Naïve Bayes, <i>Decision Tree</i> terbukti lebih unggul dalam tiga aspek utama: akurasi, presisi, dan F1-score, meskipun Naïve Bayes sedikit lebih baik di recall.
3.	Honestya, Gabriela	2024	Klasifikasi Jenis Daun Herbal	Penelitian ini membandingkan metode klasifikasi citra daun

	Sajida, Mayang Ramadhanu, Agung		Menggunakan Metode Logistic Regression dan Decision Tree Classifier Berdasarkan Fitur (Warna dan Bentuk)	herbal menggunakan Logistic Regression dan Decision Tree Classifier, dengan ekstraksi fitur berdasarkan warna (HSV) dan bentuk (eksentrisitas dan metrik). Hasil pengujian pada 40 sampel citra daun dari tiga jenis herbal (anggur, ketapang, dan pisang) menunjukkan akurasi 80,93%, dengan Decision Tree Classifier menghasilkan akurasi lebih tinggi (akurasi training 100%, akurasi testing 78,31%) dibandingkan Logistic Regression (akurasi training 72,9%, akurasi testing 60,24%). Penelitian ini menyimpulkan bahwa metode Decision Tree Classifier lebih efektif untuk klasifikasi citra daun herbal berdasarkan fitur warna dan bentuk.
4.	Putu, Luh Noviana, Risma Bagus, I Nyoman Nugraha, Suweta	2023	Perbandingan Klasifikasi Citra Daun Herbal Menggunakan Metode Logistic Regression dan Decision Tree Classifier	Penelitian ini membandingkan kinerja Logistic Regression dan Decision Tree Classifier dalam mengklasifikasi citra daun herbal berdasarkan fitur warna (HSV), tekstur (GLCM), dan bentuk (eccentricity, metric). Menggunakan dataset 275 citra daun dari 25 jenis, Decision Tree Classifier menunjukkan akurasi pelatihan 100% dan akurasi pengujian 78,31%, sementara Logistic Regression mencapai akurasi pelatihan 72,9% dan akurasi pengujian 60,24%. Hasil ini menunjukkan Decision Tree Classifier lebih unggul dalam mengklasifikasi citra daun herbal berdasarkan fitur-fitur yang diteliti.
5.	Lodong, Angelika Trivena Widodo, Agus Wahyu Rahman, Muh Arif	2023	Penentuan Mutu pada Citra Buah Jeruk Keprok menggunakan Metode Local Binary Pattern (LBP)	Penelitian ini berhasil menentukan mutu jeruk keprok dari gambarnya dengan akurasi 80% menggunakan metode Local Binary Pattern (LBP). Metode ini mengekstrak fitur tekstur dari gambar jeruk keprok

				yang telah dipotong-potong dan diubah menjadi skala abu-abu. Fitur-fitur tersebut kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kelas mutu (Super, A, dan B) menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). Akurasi terbaik dicapai dengan ukuran gambar 100x100 piksel dan jarak ketetanggaan (R) sebesar 1.
6.	Sari, Christy Atika Rachmawanto, Eko Hari	2021	Fitur Esktraksi LBP dan Naive Bayes dalam Klasifikasi Jenis Pepaya Berdasarkan Citra Daun	Berikut ringkasan dari penelitian yang berjudul "Fitur Esktraksi LBP dan Naive Bayes dalam Klasifikasi Jenis Pepaya Berdasarkan Citra Daun": Penelitian ini menggunakan 150 citra daun pepaya dari lima varietas untuk mengklasifikasikan jenis pepaya berdasarkan gambar daunnya. Metode <i>Local Binary Pattern</i> (LBP) digunakan untuk ekstraksi fitur, dan <i>Naïve Bayes Classifier</i> digunakan untuk klasifikasi. Hasilnya menunjukkan akurasi 96% pada percobaan pertama dan 93% pada percobaan kedua, menunjukkan efektivitas kombinasi LBP dan <i>Naïve Bayes</i> dalam klasifikasi ini.
7.	Purnomo, Mohammed Haykal	2022	Deteksi Kualitas Biji Kopi Melalui Pengolahan Citra Digital Dengan Metode Adaptive Region Growing dan Klasifikasi Decision Tree	Penelitian ini berhasil mendeteksi kualitas tembakau menggunakan pengolahan citra digital dengan metode <i>Adaptive Region Growing</i> (ARG) dan klasifikasi <i>Decision Tree</i> . ARG mencapai akurasi 93% dalam segmentasi citra berdasarkan enam ciri statistik, sementara seleksi fitur GINI Index dengan <i>Decision Tree</i> menghasilkan akurasi 85%. Penggunaan <i>threshold</i> 150 pada ARG menghasilkan segmentasi terbaik. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan

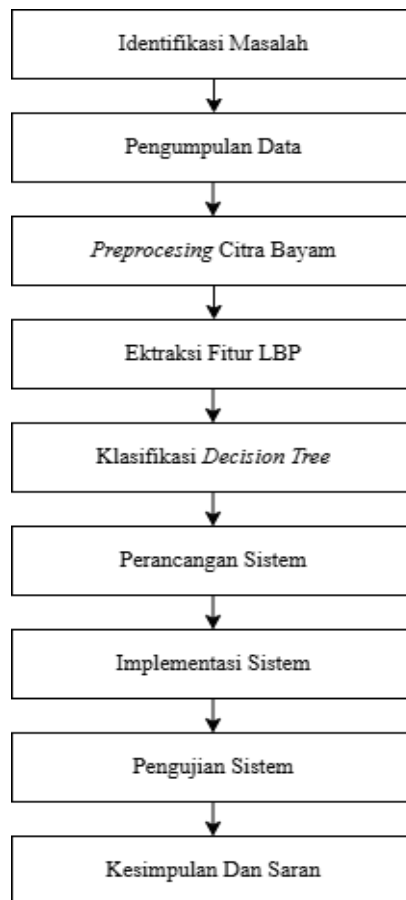
				potensi metode pengolahan citra digital untuk membantu petani dalam menentukan kualitas tembakau.
8.	Prastyaningsih, Yunita Kusrini, Wiwik	2021	Analisis Sentimen Film Agak Laen Dengan Kecerdasan Buatan: Text Mining Metode Naïve Bayes Classifier	Penelitian ini mengklasifikasikan jenis buah pepaya berdasarkan citra daunnya. Metode LBP digunakan untuk ekstraksi fitur, dan algoritma <i>Naïve Bayes Classifier</i> digunakan untuk klasifikasi. Dataset terdiri dari 150 citra daun dari 5 jenis pepaya (masing-masing 25 citra untuk pelatihan dan 5 untuk pengujian). Hasilnya menunjukkan akurasi 96% pada percobaan pertama dan 93% pada percobaan kedua (dengan penambahan data uji). LBP terbukti efektif dalam mengekstrak fitur yang relevan untuk klasifikasi ini, meskipun akurasi sedikit menurun ketika jumlah data pengujian ditambah. Berbagi Algoritma lain yang bisa digunakan? Bagaimana preprocessing citranya? Ukuran citra berapa yang dipakai?
9.	Yusuf, Muhamad Rizky Informatika, Program Studi Komputer, Fakultas Ilmu	2023	Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors Berdasarkan Ekstraksi Ciri Tekstur Local Binary Pattern (Lbp) Dan Ekstraksi Ciri Warna Hsv	Skripsi ini mengklasifikasikan tingkat kematangan buah manggis menggunakan metode K-Nearest Neighbors (KNN) dengan ekstraksi fitur tekstur LBP (Local Binary Pattern) dan ciri warna HSV. Dari 240 citra (80 citra per kelas: matang, setengah matang, mentah), model KNN dengan nilai $k=1$ menghasilkan akurasi tertinggi yaitu 98,6% setelah praproses citra, ekstraksi fitur, dan pembagian data menjadi data latih (70%) dan data uji (30%).

				Penggunaan LBP dan HSV terbukti efektif dalam klasifikasi tingkat kematangan buah manggis. Berbagi Metode praproses citra apa yang digunakan? Nilai k terbaik ditentukan bagaimana? Bagaimana pengaruh HSV terhadap akurasi?
10.	Zuhraini, Marlia Gede, I Suta Wijaya, Pasek Bimantoro, Fitri	2022	Temu Kembali Citra Menggunakan Metode Local Binary Pattern Rotation Invariant (Lbprot) dan Cosine Distance Similarity Article Info Abstract	Penelitian ini menguji metode temu kembali citra menggunakan LBPROT (Local Binary Pattern Rotation Invariant) dan Cosine Distance Similarity pada dataset Brodatz. Hasilnya menunjukkan kombinasi kedua metode menghasilkan presisi dan recall tertinggi (98,06% dan 96,78%) pada rasio data latih:uji 70:30 untuk citra normal dan 97,08% dan 96,70% untuk citra yang dirotasi 90 derajat. Namun, pada rotasi 45 derajat, presisi dan recall terendah (0%) didapatkan. Penelitian menyimpulkan bahwa LBPROT dan Cosine Distance Similarity efektif untuk temu kembali citra, terutama pada citra yang tidak dirotasi atau dirotasi 90 derajat.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara bertahap dengan pendekatan yang terstruktur dan sistematis. Setiap tahapan saling berkaitan untuk memastikan proses penelitian berjalan dengan baik dan menghasilkan model klasifikasi yang bagus. Metode yang digunakan digambarkan secara rinci dalam skema yang menggambarkan alur penelitian secara jelas dan teratur. Adapun tahapan lengkap dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut :



Gambar 2.7 Metodologi Tahapan Penelitian

3.1 Identifikasi Masalah

Dalam budidaya tanaman bayam, pemantauan pertumbuhan merupakan langkah penting untuk memastikan tanaman tumbuh dengan optimal hingga masa panen. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan kepada petani bayam di desa kepenuhan baru, diketahui bahwa sebagian besar petani telah menanam bayam menggunakan sistem hidroponik selama lebih dari 2 tahun. Jenis bayam yang paling sering dibudidayakan adalah bayam hijau. sistem hidroponik memungkinkan penanaman dilakuka sepanjang tahun tanpa tergantung musim hujan, dengan frekuensi tanam dan panen yang cukup tinggi, bahkan bisa mencapai 10 kali atau lebih dalam setahun. Untuk memantau pertumbuhan bayam petani masih menggunakan cara manual, yaitu dengan melihat langsung bentuk dan ukuran daun secara berkala. dalam praktiknya, ciri tanaman yang siap panen menurut mereka adalah daun yang sudah lebar, berwarna hijau tua, dan batang sudah cukup kokoh. Tahapan pertumbuhan yang dianggap penting oleh petani hidroponik adalah fase awal tanam, fase pertumbuhan daun dan fase menjelang panen, Setiap fase membutuhkan perhatian khusus, terutama dalam hal nutrisi dan Cahaya. Meskipun pertumbuhan tanaman di sistem hidroponik cenderung lebih cepat dan stabil, petani tetap menghadapi tantangan dalam membedakan fase pertumbuhan secara akurat, beberapa petani mengaku masih sering bingung membedakan antara fase pertumbuhan daun dan fase siap panen, apalagi jika tanaman tumbuh tidak seragam, pemantauan juga dirasa cukup menyita waktu terutama jika dilakukan setiap hari dan pada skala tanam yang besar.

Sejauh ini, hampir semua petani hidroponik belum menggunakan alat bantu atau aplikasi teknologi untuk memantau pertumbuhan tanaman secara otomatis. Namun, mereka menyatakan bahwa penggunaan foto daun untuk menentukan tahap pertumbuhan sangat mungkin membantu, terutama jika disediakan contoh visual yang jelas, sebagian besar petani hidroponik sangat tertarik apabila tersedia sistem atau aplikasi yang dapat menunjukkan fase pertumbuhan tanaman secara otomatis berdasarkan gambar daun, mereka berharap sistem tersebut mudah digunakan, bisa diakses lewat HP, dan mampu memberikan informasi yang akurat untuk mendukung keputusan panen.

3.2 Pengumpulan Data

Tahap ini berfokus pada pengumpulan citra daun tanaman bayam yang akan digunakan dalam penelitian. Data berupa gambar daun bayam pada berbagai tahapan pertumbuhan dikumpulkan untuk memastikan cakupan yang mencerminkan kondisi nyata di setiap fase, mulai dari fase awal tanam, fase pertumbuhan daun, hingga fase siap panen. sumber data dapat berasal dari dataset daring seperti *Kaggle* maupun koleksi pribadi hasil dokumentasi langsung di lapangan. Kualitas citra menjadi aspek penting yang diperhatikan untuk agar proses ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode *Local Binary Pattern* (LBP) dan klasifikasi tahapan pertumbuhan dengan algoritma *Decision Tree* dapat berjalan secara optimal dan menghasilkan output yang akurat.

3.3 Preprocessing Citra Bayam

Citra daun bayam yang diperoleh dari proses pemrosesan pengumpulan data

umumnya masih dalam bentuk mentah dan belum ideal untuk langsung digunakan dalam proses ekstraksi fitur, oleh karena itu diperlukan tahap pra-pemrosesan untuk menyiapkan citra agar sesuai dengan kebutuhan metode *Local Binary Pattern* (LBP) dan algoritma *decision tree*, beberapa langkah yang dilakukan meliputi penyesuaian ukuran (*resize*) untuk memastikan dimensi gambar seragam dan efisien dalam komputasi, konversi warna ke skala keabuan (*grayscale*) agar informasi intensitas piksel lebih mudah dianalisis, reduksi *noise* untuk menghilangkan gangguan visual yang dapat memengaruhi akurasi ekstraksi fitur, serta peningkatan kualitas citra (*enhancement*) seperti penajaman dan peningkatan kontras agar pola tekstur dan lebih jelas terlihat dan dapat dikenali dengan baik oleh sistem klasifikasi.

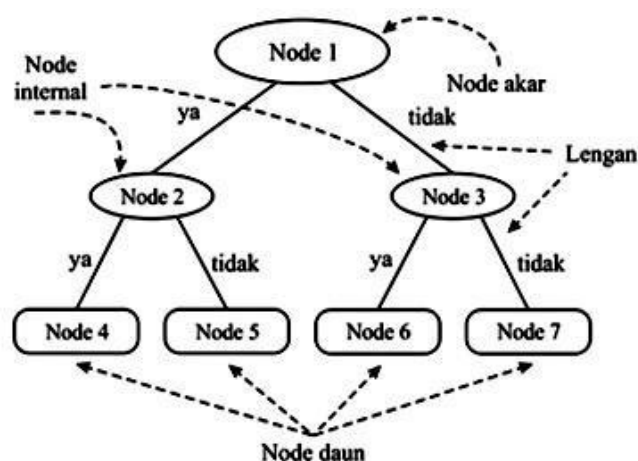
3.4 Ekstraksi Fitur *Local Binary Pattern* (LBP)

Local Binary Pattern merupakan salah satu dari banyaknya metode ekstraksi fitur pada suatu data citra *grayscale* yang ampuh untuk mendeskripsikan suatu tekstur, mempunyai daya pembeda yang akurat, dan juga memiliki toleransi terhadap perubahan *grayscale* yang *monotonic* (Turiyanto, et al., 2014). Operator LBP memiliki label yang ditandai dengan P dan R. P mewakili jumlah piksel ketetanggaan dan R adalah radius atau jarak antara piksel titik pusat dan piksel tetangga. Cara kerja dari metode *Local Binary Pattern* yaitu membandingkan nilai piksel pada titik pusat citra dengan nilai ketetanggaannya pada citra *grayscale*. Jika nilai pada sekelilingnya lebih kecil dari nilai piksel pusat maka bernilai 0 dan sebaliknya apabila nilai sekelilingnya memiliki nilai sama atau lebih besar dari nilai piksel pusat, maka bernilai 1. Kemudian nilai biner tersebut disusun searah dengan

jarum jam, dan hasil bilangan biner tersebut selanjutnya diubah ke nilai desimal yang akan menggantikan nilai piksel pada titik pusat[29].

3.5 Klasifikasi *Decision Tree*

Decision Tree merupakan algoritma klasifikasi yang bekerja secara bertahap dari akar hingga daun pohon keputusan. Proses klasifikasi dimulai dengan mengevaluasi fitur tertentu pada data untuk membagi data ke dalam cabang-cabang berdasarkan kondisi yang paling informatif. Cabang terakhir (*leaf*) menunjukkan hasil klasifikasi berupa kelas atau label. Algoritma *decision tree* dapat merepresentasikan ketentuan dari banyaknya fakta ke dalam bentuk pohon keputusan. Pohon keputusan adalah struktur yang membagi sejumlah besar data menjadi sejumlah kecil data. Atribut kelas berfungsi sebagai representasi untuk simpul daun pohon keputusan. *Node* yang tidak ada termasuk node internal yang dihasilkan oleh kondisi uji atribut pada beberapa *record* dengan berbagai karakteristik dan node akhir yang terdiri dari akar



Gambar 2.8 Pohon Keputusan Algoritma *Decision Tree*

(Sumber : <https://pemrogramanmatlab.com/data-mining-menggunakan-matlab/pohon-keputusan-menggunakan-matlab/>)

3.6 Perancangan Sistem

Tahap ini meliputi perancangan sistem yang akan mengimplementasikan proses klasifikasi tahapan pertumbuhan tanaman bayam berdasarkan citra digital daun menggunakan metode ekstraksi fitur LBP dan algoritma *Decision Tree*. Perancangan dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berjalan secara efisien, akurat, dan mudah digunakan. Aspek-aspek yang dirancang meliputi antarmuka pengguna (*user interface*) yang memungkinkan *input* dan tampilan hasil klasifikasi secara intuitif, alur proses yang menggambarkan tahapan mulai dari *input* citra hingga *output* klasifikasi, serta pemilihan teknologi pendukung seperti bahasa pemrograman, *framework*, dan pustaka pemrosesan citra yang sesuai untuk mendukung implementasi metode yang digunakan dalam penelitian ini.

3.7 Implementasi Sistem

Beberapa komponen pendukung yang berperan penting dalam implementasi sistem diantaranya adalah perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Adapun spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai berikut:

1. Perangkat keras (*hardware*), antara lain:

Processor : Intel Core i3

Memory : 4GB RAM

System type : *Windows 11 Home Single Language* 64-bit (10.0, Build 26100)

Harddisk : 500 GB

2. Perangkat lunak (*software*), antara lain:

Sistem operasi : *Windows 11*

Tools : *Jupyter Notebook*

3.8 Pengujian Sistem

Sistem yang telah dibuat diuji untuk mengevaluasi keakuratan dan performa klasifikasi tahapan pertumbuhan tanaman bayam berdasarkan citra digital. Pengujian sistem ini dilakukan dengan cara menggunakan *Black Box*. Dalam Pengujian *Black Box* ini berfokus pada perangkat lunak untuk mendapatkan hasil yang baik, apabila terjadi *error* atau tidak sesuai dengan tujuan yang diharapkan maka dilakukan penganalisa sistem kembali hingga tidak ditemukan.

3.8.1 *Black Box* Testing

Ada beberapa langkah yang harus dilakukan dan diperhatikan pada cara kerja *Black Box* Testing yaitu sebagai berikut :

- a. Memahami kebutuhan dan spesifikasi perangkat lunak atau aplikasi yang akan diuji
- b. Menentukan *input* yang akan digunakan dalam pengujian
- c. Menentukan *output* yang akan dihasilkan dalam pengujian
- d. Menerapkan *test case* atau skenario buatan untuk menguji *input* yang sudah dipilih
- e. Melakukan pengujian
- f. Melakukan *review* dan evaluasi

Yang akan di uji dengan menggunakan *black box* testing adalah semua fungsi menu dan tombol pada aplikasi yang dibangun, menguji apakah semua

berjalan dengansesuai dengan *output* yang diinginkan.

Black box testing merupakan pengujian kualitas perangkat lunak yang berfokus pada fungsionalitas perangkat lunak, pengujian *black box* testing bertujuan untuk menemukan fungsi yang tidak benar kesalahan antarmuka kesalahan pada struktur data, kesalahan perfomansi, kesalahan inisialisasi dan terminasi.

3.8.2 *User Acceptance Testing* (UAT)

User Acceptance Testing (UAT) adalah pengujian terhadap sistem yang telah dilakukan pengembangan dengan pengujinya yaitu *user* (pengguna) dimana dihasilkan dokumen yang dapat menjadikan sebagai bukti *user* (pengguna) menerima pengembangan aplikasi dan menganggap kebutuhan pengguna telah terpenuhi hasil ujinya