

**SKRIPSI**

**DETEKSI KEMATANGAN PADA BUAH SALAK DI POHON  
MENGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR HSV DAN  
KLASIFIKASI SVM**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**DWIJATO GAMAS PURWOATMOJO  
D121 17 1322**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2024**

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**DETEKSI KEMATANGAN PADA BUAH SALAK DI POHON  
MENGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR HSV DAN  
KLASIFIKASI SVM**

Disusun dan diajukan oleh

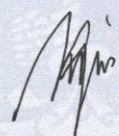
**DWIJATO GAMAS PURWOATMOJO**

**D121 17 1322**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
Pada tanggal 02 Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



**Dr. Ir. Ingrid Nurtanio, M.T.**

NIP. 19610813 198811 2 001

Ketua Program Studi,



**Prof. Dr. Ir. Indrabanu, ST, MT, M. Bus. Sys., IPM, ASEAN. Eng**

NIP. 19750716 200212 1 004

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Dwijato Gamas Purwoatmojo  
NIM : D121171322  
Program Studi : Teknik Informatika  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

### DETEKSI KEMATANGAN PADA BUAH SALAK DI POHON MENGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR HSV DAN KLASIFIKASI SVM

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 02 Agustus 2024

Yang Menyatakan



**DWIJATO GAMAS PURWOATMOJO**  
NIM. D121 17 1322

## ABSTRAK

**DWIJATO GAMAS PURWOATMOJO.** *Deteksi Kematangan Pada Buah Salak di Pohon Menggunakan Ekstraksi Fitur HSV dan Klasifikasi SVM (dibimbing oleh Ingrid Nurtanio)*

Indonesia adalah salah satu negara tropis di Asia Tenggara yang kaya akan berbagai jenis buah, termasuk salak. Buah salak memiliki umur simpan yang singkat, kurang dari seminggu, karena proses pematangannya yang cepat dan kandungan air yang tinggi, sekitar 78%. Deteksi kematangan buah salak yang akurat dan tepat waktu sangat penting dalam manajemen panen dan distribusi buah salak ke pasar. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah merancang sistem untuk mendeteksi kematangan buah salak di pohon menggunakan ekstraksi fitur HSV dan klasifikasi SVM.

Penelitian ini menggunakan citra buah salak di pohon yang diambil dengan kamera *smartphone* sebagai data input. Sebanyak 100 data awal digunakan dan setelah proses segmentasi, diperoleh total 128 data per tandan. Data ini kemudian dibagi menjadi 102 untuk pelatihan dan 26 untuk pengujian. Nilai fitur yang diekstraksi adalah fitur warna.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa deteksi kematangan buah salak di pohon menggunakan SVM mencapai akurasi 89%. Parameter yang digunakan adalah kernel *rbf* dengan nilai *Cost* ( $C$ ) = 1000 dan *gamma* = 0,1 yang diperoleh dari *Grid Search*. Model ini kemudian diimplementasikan ke dalam sistem berbasis Android dengan akurasi sebesar 85%.

Kata Kunci: Salak, HSV, SVM, android

## ABSTRACT

**DWIJATO GAMAS PURWOATMOJO.** *Ripeness Detection on Salak Fruit on Trees Using HSV Feature Extraction and SVM Classification* (supervised by Ingrid Nurtanio)

Indonesia is one of the tropical countries in Southeast Asia that is rich in various types of fruits, including salak. Salak fruit has a short shelf life, less than a week, due to its rapid ripening process and high water content, around 78%. Accurate and timely ripeness detection of salak fruit is crucial in the management of harvesting and distribution to the market. Therefore, the aim of this study is to design a system to detect the ripeness of salak fruit on trees using HSV feature extraction and SVM classification.

This study uses images of salak fruit on trees taken with a smartphone camera as input data. A total of 100 initial data were used, and after the segmentation process, a total of 128 data per fruit were obtained. This data was then divided into 102 for training and 26 for testing. The features extracted are color features.

The results of the study indicate that ripeness detection of snake fruit on trees using SVM achieves an accuracy of 89%. The parameters used are a rbf kernel with a Cost (C) value of 1000 and *gamma* value of 0,1 obtained from *Grid Search*. This model was then implemented into an Android-based system with an accuracy of 85%.

Keywords: Salak, HSV, SVM, android

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Salak.....	4
2.1.1 Salak Madu ( <i>Salacca edulis Reinw</i> ) .....	5
2.2 Visi Komputer.....	5
2.3 <i>You Only Look Once</i> (YOLO).....	6
2.3.1 YOLOv5 .....	7
2.4 Ekstraksi Fitur HSV .....	7
2.4.1 Ruang Warna RGB .....	8
2.4.2 Ruang Warna HSV .....	9
2.5 <i>Support Vector Machine</i> .....	10
2.5.1 <i>Hard-Margin SVM / Linear SVM</i> .....	11
2.5.2 <i>Soft Margin SVM</i> .....	12
2.5.3 Kernel SVM.....	13
2.6 <i>GrabCut</i> .....	14
2.7 <i>Confusion Matrix</i> .....	15
2.8 <i>Pickle</i> .....	16
2.9 <i>FastAPI</i> .....	16
2.10 Android .....	17
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Tahapan Penelitian .....	18
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	20
3.3 Instrumen Penelitian.....	20
3.4 Teknik Pengambilan Data .....	21
3.5 Perancangan Implementasi Sistem.....	21
3.5.1 <i>Input Data</i> .....	23
3.5.2 <i>Labeling Data</i> .....	23
3.5.3 <i>Preprocessing Data</i> .....	24
3.5.4 Ekstraksi Fitur.....	25

3.5.5 <i>Data Splitting</i> .....	27
3.5.6 <i>Training Model YOLOv5</i> .....	27
3.5.7 Proses Deteksi YOLOv5.....	28
3.5.8 Klasifikasi dengan Algoritma SVM .....	31
3.5.9 Evaluasi Model .....	31
3.5.10 Integrasi Model kedalam Sistem Berbasis Android .....	32
3.6 Analisis Kerja Sistem.....	34
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>35</b>
4.1 Hasil .....	35
4.1.1 Analisis Hasil <i>Training Model YOLOv5</i> .....	35
4.1.2 Klasifikasi Algoritma <i>Support Vector Machine</i> .....	37
4.1.3 Sistem Android .....	39
4.1.4 Pengujian Model <i>Support Vector Machine</i> .....	41
4.1.5 Pengujian Model pada Sistem Android .....	42
4.2 Pembahasan.....	45
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1 Kesimpulan .....	47
5.2 Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Arsitektur YOLO.....	7
Gambar 2 Ruang Warna RGB .....	8
Gambar 3 Representasi Sistem Warna HSV .....	9
Gambar 4 <i>Hard Margin SVM</i> .....	11
Gambar 5 <i>Hyperplane</i> terbaik yang memisahkan antar dua kelas positif (+1) dan negatif (-1) .....	11
Gambar 6 Beberapa misklasifikasi pada <i>Soft Margin SVM</i> .....	12
Gambar 7 Kernel SVM untuk memisahkan data secara <i>Linear</i> .....	13
Gambar 8 Tahapan Penelitian .....	18
Gambar 9 <i>Flowchart</i> Perancangan Sistem .....	22
Gambar 10 Proses <i>labeling</i> .....	24
Gambar 11 Konversi Citra RGB ke HSV .....	26
Gambar 12 Nilai HSV .....	26
Gambar 13 <i>Split Dataset</i> .....	27
Gambar 14 Alur proses deteksi .....	28
Gambar 15 Contoh hasil prediksi oleh model.....	30
Gambar 16 Proses pengembangan model kedalam android .....	32
Gambar 17 Proses deteksi kematangan buah salak di pohon dengan aplikasi android.....	33
Gambar 18 Grafik <i>loss</i> pada YOLO .....	35
Gambar 19 Hasil deteksi YOLO pada sampel .....	36
Gambar 20 <i>Confusion matrix</i> pada model YOLO .....	36
Gambar 21 Hasil penentuan parameter dari metode <i>Grid Search</i> kernel ' <i>rbf</i> ' .....	37
Gambar 22 Hasil penentuan parameter dari metode <i>Grid Search</i> kernel ' <i>linear</i> ' .....	38
Gambar 23 <i>Confusion Matrix</i> latih performa model.....	38
Gambar 24 Tampilan Halaman utama .....	39
Gambar 25 Tampilan <i>Select Image</i> .....	40
Gambar 26 Tampilan hasil deteksi.....	41
Gambar 27 <i>Confusion Matrix</i> uji performa model.....	41
Gambar 28 Tampilan sistem setelah <i>user</i> memasukkan gambar untuk data uji ...	42
Gambar 29 Hasil <i>bounding box</i> data uji.....	43
Gambar 30 Hasil <i>Preprocessing</i> data uji .....	43
Gambar 31 Hasil Nilai fitur data uji.....	44
Gambar 32 Hasil Deteksi pada Data Uji .....	44
Gambar 33 Tampilan hasil deteksi.....	44
Gambar 34 Proses deteksi dan hasil deteksi .....	46



**DAFTAR TABEL**

Tabel 1 Jenis Kernel SVM .....	14
Tabel 2 <i>Confusion Matrix</i> .....	15
Tabel 3 Pengaturan parameter pada proses <i>training</i> model .....	28
Tabel 4 <i>Confusion Matrix</i> .....	34
Tabel 5 <i>Confusion matrix</i> pada data uji aplikasi android.....	45

**DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL**

---

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
YOLO	<i>You Only Look Once</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
HSV	<i>Hue, Saturation, Value</i>
RGB	<i>Red, Green, Blue</i>
JPG	<i>Joint Photographic Group</i>
RBF	<i>Radial Basis Function</i>
TP	<i>True Positive</i>
FP	<i>False Positive</i>
FN	<i>False Negative</i>
TN	<i>True Negative</i>
API	<i>Application Programming Interface</i>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Beberapa Contoh Dataset Primer .....	52
Lampiran 2 Dataset Ekstraksi Fitur HSV.....	52
Lampiran 3 Lembaran Perbaikan Skripsi.....	56

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“DETEKSI KEMATANGAN PADA BUAH SALAK DI POHON MENGGUNAKAN EKSTRAKSI FITUR HSV DAN KLASIFIKASI SVM”** ini dapat diselesaikan dengan baik sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan jenjang Strata-1 pada Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan karena menyadari segala keterbatasan yang ada. Dalam penulisan skripsi ini, penulis menghadapi berbagai kendala dan masalah. Namun, berkat usaha maksimal, kemampuan yang Tuhan anugerahkan, serta bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penulisan skripsi ini akhirnya dapat diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa pencipta alam semesta yang senantiasa memberikan kasih karunia serta hikmatnya kepada penulis.
2. Kedua orang tua terkasih, Alm. Bapak Sutanto Jakatiyasa dan Ibu Margaretha Sapu' Tangdiesu di Manokwari yang selalu memberikan doanya kepada penulis.
3. Kakak Terkasih, Taneth Jeafrika Kurniasari yang meskipun jauh di Manokwari namun tetap memberikan dukungan kepada penulis, baik dalam bentuk motivasi maupun finansial.
4. Dosen Pembimbing Ibu Dr. Ir. Ingrid Nurtanio M.T. yang senantiasa menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian yang luar biasa dalam mengarahkan penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys.,IPM,ASEAN. Eng., atas ilmu, nasihat, wawasan dan pengalaman yang diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan.

6. Segenap Dosen dan Staf Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu semasa perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir penulis.
7. Keluarga Penulis, yang senantiasa memberikan dukungan moral kepada penulis.
8. Tetangga penulis, Bapa Dayat, Bunda, Ibu Jihan dan Bapa Jihan yang sudah menganggap dan memperlakukan penulis sebagai keluarga di Makassar.
9. Teman-teman di Departemen Teknik Informatika, khususnya angkatan 2017, yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas segala bentuk dukungan dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah banyak membantu maupun mempermudah penulis dalam mengerjakan tugas akhir ini. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini baik dari segi isi maupun penyajian.

Oleh karena itu, penulis mengharapkan adanya saran serta masukan yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan semua pihak.

Gowa, 02 Agustus 2024

Penulis,  
Dwijato Gamas Purwoatmojo

# **BAB 1.**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Indonesia merupakan salah satu negara tropis di daerah Asia Tenggara yang memiliki keanekaragaman jenis buah, salah satunya adalah Salak. Buah salak, yang memiliki nama lain *salacca zalacca*, merupakan salah satu buah yang memiliki nilai ekonomi tinggi di banyak negara tropis. Buah salak memiliki kelezatan dan kandungan gizi yang tinggi seperti karbohidrat sebanyak 20,9 gram dan kalsium sebanyak 28 miligram dan tidak mengandung lemak. Selain itu, Buah salak terkenal akan rasa manisnya yang khas dan tekstur dagingnya yang lembut. Berdasarkan hal-hal yang telah disebutkan tadi membuat buah salak diminati baik di pasar lokal maupun pasar internasional. Oleh karena itu, buah salak menjadi salah satu komoditas penting dalam industri pertanian di Indonesia (Mandiri, 2010).

Kualitas dan kematangan buah salak adalah faktor penting yang memengaruhi daya tarik dan daya jual buah ini di pasar. Salak memiliki umur simpan kurang dari seminggu karena proses pematangan buahnya cepat dan mengandung kadar air yang cukup tinggi yaitu sekitar 78% (Ong & Law, 2009). Buah salak yang dipanen terlalu dini cenderung kurang manis dan memiliki kualitas rasa yang rendah. Di sisi lain, buah yang dipanen terlalu matang mungkin rentan terhadap kerusakan fisik dan memiliki umur simpan yang lebih singkat. Oleh karena itu, deteksi kematangan buah salak yang akurat dan tepat waktu adalah aspek penting dalam manajemen panen dan pasokan buah salak ke pasar.

Metode deteksi kematangan saat ini bisa dibilang masih bersifat tradisional yang dimana sebagian besar bergantung pada pengamatan visual oleh petani atau pekerja pascapanen. Namun, metode ini tidak selalu konsisten dan dapat dipengaruhi oleh subjektivitas manusia. Selain itu, proses ini memerlukan waktu dan tenaga kerja yang signifikan, terutama jika dilakukan dalam skala besar.

Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi pemrosesan citra telah berkembang pesat. Salah satunya adalah ekstraksi fitur warna HSV. Ekstraksi warna dilakukan untuk membantu pengklasifikasian tingkat kematangan. HSV menjelaskan warna berdasarkan terminologi *Hue*, *Saturation*, *Value*. *Hue* akan membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan, kehijauan dsb. *Saturation* menjelaskan tingkat kemurnian dari suatu warna. *Value* menjelaskan jumlah cahaya yang diterima oleh mata kita (Dalimunthe, 2021). Penggunaan teknologi ini dalam deteksi kematangan buah-buahan telah menunjukkan potensi yang signifikan untuk mengatasi masalah keterbatasan dalam deteksi kematangan buah salak.

Namun, hingga saat ini, hanya ada sedikit penelitian yang spesifik tentang deteksi kematangan buah salak. Oleh karena itu, penulis membuat judul penelitian “**Deteksi Kematangan pada buah salak di pohon menggunakan ekstraksi fitur HSV dan Klasifikasi SVM**” yang bertujuan untuk mengisi kesenjangan ini dengan mengembangkan sistem otomatis untuk mendeteksi kematangan buah salak berdasarkan analisis citra. Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam manajemen panen dan pengelolaan pasokan buah salak.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana cara mendeteksi kematangan pada buah salak menggunakan metode ekstraksi fitur HSV?
2. Bagaimana tingkat keakuratan sistem deteksi kematangan pada buah salak menggunakan metode ekstraksi fitur HSV dan klasifikasi SVM?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan akhir dari penelitian ini yakni:

1. Untuk mengetahui cara mendeteksi kematangan buah salak menggunakan ekstraksi fitur HSV secara akurat berdasarkan citra visual.
2. Untuk mengetahui tingkat keakuratan pengolahan citra menggunakan ekstraksi fitur HSV dan klasifikasi SVM dalam mendeteksi kematangan buah salak.

### 1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan pada penelitian ini yakni :

- 1) Untuk membantu petani salak dalam meminimalisir pengambilan buah yang belum matang.
- 2) Dapat mengetahui proses Deteksi Kematangan buah Salak hanya dengan citra buah yang dilakukan secara cepat dan subjektif.

### 1.5 Ruang Lingkup

Berdasarkan beberapa hal yang dicantumkan pada rumusan masalah, maka ruang lingkup dari penelitian ini yakni :

1. Parameter yang digunakan adalah warna.
2. Metode yang digunakan adalah metode ekstraksi fitur HSV.
3. Metode Klasifikasi yang digunakan adalah *Support Vector Machine* (SVM)
4. Pengambilan data dilakukan saat cuaca yang cerah di area kebun salak.
5. Objek yang diteliti adalah buah salak.



## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Salak**

Salak (*Salacca zalacca*) adalah salah satu buah tropis asli Indonesia. Buah ini termasuk dalam keluarga Palmae dengan batang-batang tertutup oleh pelepah dan yang tersusun sangat rapat dan juga buahnya bersisik coklat tersusun di dalam tandan (tersekap diantara pelepah daun. Salak mempunyai rasa daging yang kelat, asam, dan manis (Adirahmanto dkk., 2013).

Salak adalah sejenis palma yang memiliki ketinggian terbatas, namun dengan daun yang dapat mencapai panjang hingga 6 meter, sehingga sering kali jatuh ke tanah; daun-daunnya berbentuk pinat dan memiliki pelepah tegak yang sangat berduri, dengan duri-duri mencapai panjang hingga 15 cm. Bunganya kecil dan berwarna putih krem. Bunga-bunga ini memiliki bentuk seperti bintang dengan lima kelopak yang berbeda, masing-masing berujung runcing. Bunga-bunga berkembang dalam infloresensia bercabang besar di antara daun-daun; bunga jantan memiliki panjang 50-90 cm, dengan bunga-bunga berpasangan berwarna merah kecokelatan dan 6 benang sari; bunga betina memiliki panjang 20-30 cm dengan 15-40 bunga berpasangan, memiliki kelopak tabung berwarna kuning hijau di bagian luar dan merah di bagian dalam, dengan 6 staminod dan stilus merah tiga bagian. Periode berbunga *Salacca zalacca* bervariasi tergantung pada kondisi iklim, tetapi umumnya terjadi selama musim hujan. Selama tahap ini, serangga seperti lebah berperan penting dalam penyerbukan bunga (Bissanti, 2023).

Buahnya dikenal sebagai "buah salak" karena kulitnya yang bersisik berwarna coklat kekuningan, menyerupai kulit ular, berukuran sekitar sama dengan buah ara matang besar, namun lebih meruncing ke atas; buah-buah ini berkelompok dalam tandan di pangkal pelepah daun.

Buahnya berbentuk oval dan berdiameter 6 – 8 cm. Karena pelepahnya yang berduri, panen buah ini sulit dilakukan. Daging buahnya dapat dimakan dan dapat dikupas dengan cara mengelupaskannya dari ujung. Di dalamnya terdapat tiga lobus

yang mengandung biji yang besar dan tidak dapat dimakan. Lobus-lobus ini mirip dengan dan memiliki tekstur seperti bongkol besar bawang putih.

### **2.1.1 Salak Madu (*Salacca edulis Reinw*)**

Salak Madu adalah salah satu kultivar salak pondoh (rasa manis walau masih muda) yang telah menjadi komoditas unggulan di Daerah Sleman, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Salak Madu mulai dikenal pada saat diidentifikasi untuk pertama kalinya di Dusun Sempu (Balerante), desa Wonokerto, Kecamatan Turi, kabupaten Sleman. Ciri yang paling menonjol dari salak madu ini adalah daun lebih pendek jika dibandingkan dengan jenis salak pondoh lainnya. Warna kulit buah saat muda coklat kehitaman setelah tua berangsur coklat kekuningan mengkilat. Susunan sisik membentuk pola garis. Pada daging buah tua terdapat banyak cairan dengan rasa manis seperti madu, dengan tekstur lembut.

Keunggulan salak madu jika dibandingkan dengan salak lain yang telah ada diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Bunga betina (calon buah) muncul pada setiap ketiak daun sehingga menjamin kontinuitas produksi.
2. Dapat berbuah sepanjang musim dan panen raya pada bulan Januari
3. Digemari masyarakat karena rasa lebih manis seperti madu khususnya pada buah tua
4. Tekstur daging buah lembut (Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Sleman, 2003).

## **2.2 Visi Komputer**

Visi komputer adalah bidang studi dalam kecerdasan buatan dan ilmu komputer yang berfokus pada memungkinkan komputer untuk memahami dan menafsirkan informasi dari gambar atau video digital dengan cara yang mirip dengan penglihatan manusia. Penglihatan manusia memungkinkan untuk melihat dan memahami dunia di sekitar mereka, sementara visi komputer bertujuan untuk menduplikasi efek penglihatan manusia dengan secara elektronik melihat dan memahami sebuah gambar. Tujuan utama visi komputer adalah untuk

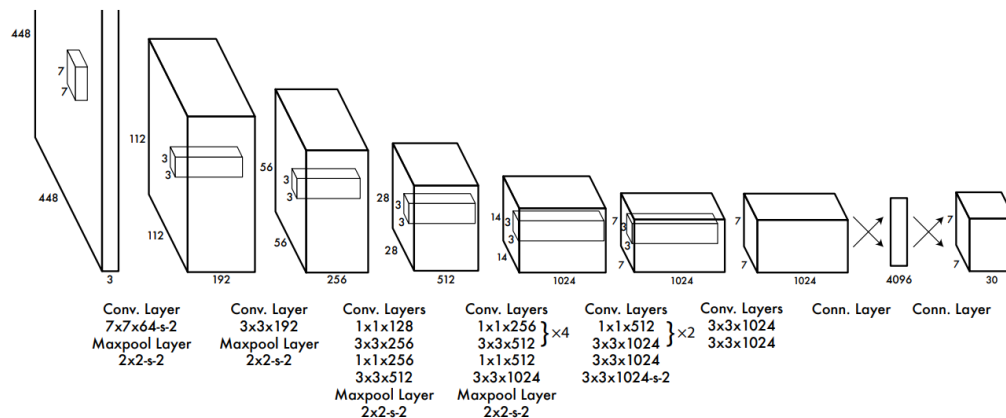
mengembangkan teknik-teknik yang memungkinkan mesin untuk "melihat," memahami, dan melakukan analisis visual secara otomatis (Sonka dkk., 2008).

Visi Komputer menjadi semakin penting dan efektif dalam beberapa tahun terakhir karena aplikasinya yang luas di berbagai bidang seperti pengawasan dan pemantauan cerdas (*smart surveillance*), kesehatan dan kedokteran, olahraga dan rekreasi, robotika, drone, mobil *self-driving*, dan lain sebagainya. Tugas pengenalan visual, seperti klasifikasi gambar, pelokalan, dan deteksi, adalah inti dari pemanfaatan aplikasi ini yang mana telah menghasilkan kinerja yang mumpuni dalam tugas dan sistem pengenalan visual (Arnita dkk., 2022).

### **2.3 *You Only Look Once (YOLO)***

YOLO adalah salah satu metode deteksi objek yang paling populer dalam visi komputer. YOLO muncul dalam bidang visi komputer dengan sebuah makalah yang dirilis pada tahun 2015 oleh Joseph Redmon et al., berjudul “*You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection*” dan segera mendapatkan banyak perhatian oleh peneliti dari bidang visi komputer lainnya. Tujuan dari algoritma YOLO adalah untuk mendeteksi sebuah objek dengan cara memprediksi secara akurat *bounding box* yang berisi objek tersebut dan melokalisasi objek berdasarkan koordinat dari *bounding box* (Thuan, 2021).

YOLO adalah jaringan neural konvolusional yang menggabungkan prediksi beberapa lokasi *bounding box* dan kategori ke dalam satu tahap. YOLO tidak memilih metode jendela geser atau metode ekstraksi proposal untuk melatih jaringan, melainkan langsung memilih model pelatihan seluruh gambar. Arsitekturnya ditunjukkan sebagai berikut (Shi dkk., 2019).



Gambar 1 Arsitektur YOLO

### 2.3.1 YOLOv5

YOLOv5 merupakan algoritma deteksi banyak objek (*multiple object detection*) yang dikembangkan oleh Ultralytics. Secara keseluruhan, arsitektur YOLOv5 terdiri dari 3 bagian utama yaitu *backbone*, *neck*, dan *head*. Pada YOLOv5 dilakukan berbagai teknik augmentasi data untuk meningkatkan kemampuan model dalam melakukan generalisasi dan mengurangi *overfitting*. Teknik-teknik augmentasi tersebut terdiri dari *mosaic augmentation*, *copy-paste augmentation*, *random affine transformations*, *mix-up augmentation*, *albumentations*, *HVS augmentation*, dan *random horizontal flip*. Selain itu, diterapkan juga beberapa strategi *training* yang dapat meningkatkan performa model dalam melakukan deteksi seperti, *multiscale training*, *autoanchor*, *warmup and cosine LR scheduler*, *exponential moving average*, *mixed precision training*, dan *hyperparameter evolution*. Pada *training* menggunakan YOLOv5, nilai *loss* atau kerugian dikomputasikan menggunakan tiga kombinasi komponen yang terdiri dari *classes loss*, *objectness loss*, dan *location loss* (Cahyani, 2023).

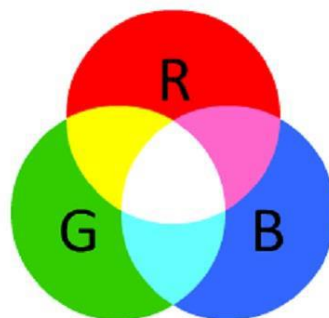
### 2.4 Ekstraksi Fitur HSV

Ekstraksi fitur HSV adalah proses mengubah representasi warna dari citra dari ruang warna RGB (*Red, Green, Blue*) ke ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*). Ruang warna HSV dianggap lebih dekat dengan persepsi warna manusia dan lebih efektif dalam berbagai aplikasi visi komputer seperti segmentasi citra, deteksi objek, dan pengenalan pola.

### 2.4.1 Ruang Warna RGB

RGB adalah suatu model warna yang terdiri atas 3 buah warna: merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang ditambahkan dengan berbagai cara untuk menghasilkan bermacam-macam warna. Model warna RGB adalah model warna berdasarkan konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu *red, green dan blue*. Dalam suatu ruang yang sama sekali tidak ada cahaya, maka ruangan tersebut adalah gelap total. Tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0, 0, 0).

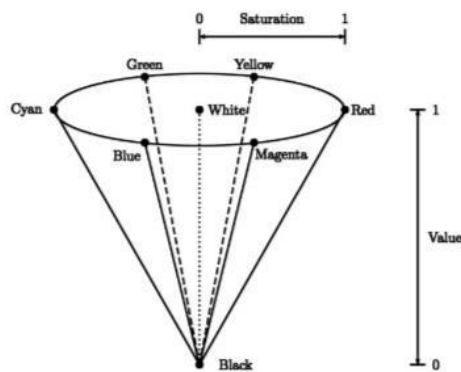
Apabila kita menambahkan cahaya merah pada ruangan tersebut, maka ruangan akan berubah warna menjadi merah misalnya RGB (255, 0, 0), semua benda dalam ruangan tersebut hanya dapat terlihat berwarna merah. Demikian apabila cahaya kita ganti dengan hijau atau biru. Seperti yang diketahui bahwa RGB atau *Red, Green, Blue* merupakan sistem pewarnaan untuk *digital appearance* dan banyak sekali digunakan untuk monitor komputer, video, layar ponsel dll. Sistem warna RGB terdiri dari 100% Red, 100% Green dan 100% Blue yang menghasilkan 100 % putih. Tidak ada hitam di RGB. Apabila kita melanjutkan percobaan memberikan 2 macam cahaya primer dalam ruangan tersebut seperti (merah dan hijau), atau (merah dan biru) atau (hijau dan biru), maka ruangan akan berubah warna masing-masing menjadi kuning, atau magenta atau cyan. Warna-warna yang dibentuk oleh kombinasi dua macam cahaya tersebut disebut warna sekunder (Prabowo dkk., 2018).



Gambar 2 Ruang Warna RGB

### 2.4.2 Ruang Warna HSV

*HSV (hue, saturation, value)* merupakan salah satu sistem warna yang digunakan manusia dalam memilih warna. Sistem ini dinilai lebih dekat daripada sistem *RGB* dalam mendeksripsikan sensasi warna oleh mata. Model warna *HSV* mendefinisikan warna dalam terminologi *Hue*, *Saturation* dan *Value*. *Hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning. *Hue* digunakan untuk membedakan warna-warna dan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greeness*), dsb, dari cahaya. *Hue* berasosiasi dengan panjang gelombang cahaya. *Saturation* menyatakan tingkat kemurnian suatu warna, yaitu mengindikasikan seberapa banyak warna putih diberikan pada warna. *Value* adalah atribut yang menyatakan banyaknya cahaya yang diterima oleh mata tanpa memperdulikan warna (Dalimunthe, 2021).



Gambar 3 Representasi Sistem Warna HSV

Untuk mencari nilai HSV tiap citra, maka menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$Mean\ HSV = \frac{\sum H}{N} + \frac{\sum S}{N} + \frac{\sum V}{N} \quad (1)$$

Perhitungan nilai *mean* adalah hasil bagi dari total penjumlahan komponen warna keseluruhan piksel dibagi dengan total piksel bukan warna hitam.

## 2.5 Support Vector Machine

*Support Vector Machine* (SVM), salah satu *supervised learning* untuk analisis klasifikasi dan regresi, awalnya diperkenalkan oleh Cortes dan Vapnik pada tahun 1992. Metode ini terus memegang signifikansi sebagai metode yang kuat dan diterima secara luas, berdiri sebagai landasan dalam praktik pembelajaran mesin kontemporer. SVM, dalam bentuk konvensional, membangun sebuah *hyperplane* untuk memisahkan kelas-kelas yang berbeda dalam data secara efektif (Deng dkk., 2024). SVM merupakan sistem pembelajaran menggunakan ruang berupa fungsi-fungsi linear dalam sebuah ruang fitur yang berdimensi tinggi yang dilatih menggunakan algoritma pembelajaran berdasarkan pada teori optimasi dengan mengimplementasikan *learning bias* (Santosa & Amalia, 2022). Rumus perhitungan *hyperplane* algoritma SVM dijabarkan dalam persamaan 2.

$$f:w.x+b=0 \quad (2)$$

Keterangan:

$f$  = fungsi *hyperplane*

$w$  = parameter *hyperplane* (garis tegak lurus antara garis *hyperplane* dan titik *support vector*)

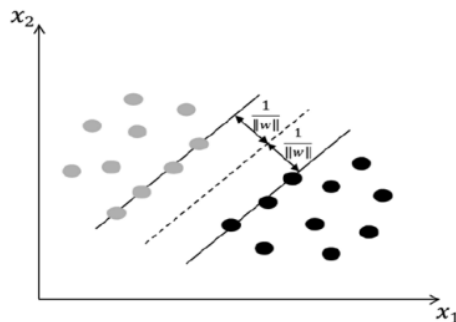
$x$  = data *input* SVM ( $x_1$  = index kata,  $x_2$  = bobot kata)

$b$  = parameter *hyperplane* nilai bias

Penggunaan algoritma SVM memiliki beberapa keunggulan, antara lain model yang dibangun sangat bergantung pada subset titik data tertentu yang dikenal sebagai *support vector*, yang membantu dalam interpretasi model tersebut. Selain itu, SVM menggunakan teknik kernel, tetapi hanya data yang dipilih yang berkontribusi dalam pembuatan model klasifikasi. Hal ini membuat SVM lebih efisien karena tidak memerlukan seluruh data latih pada setiap iterasi pelatihan.

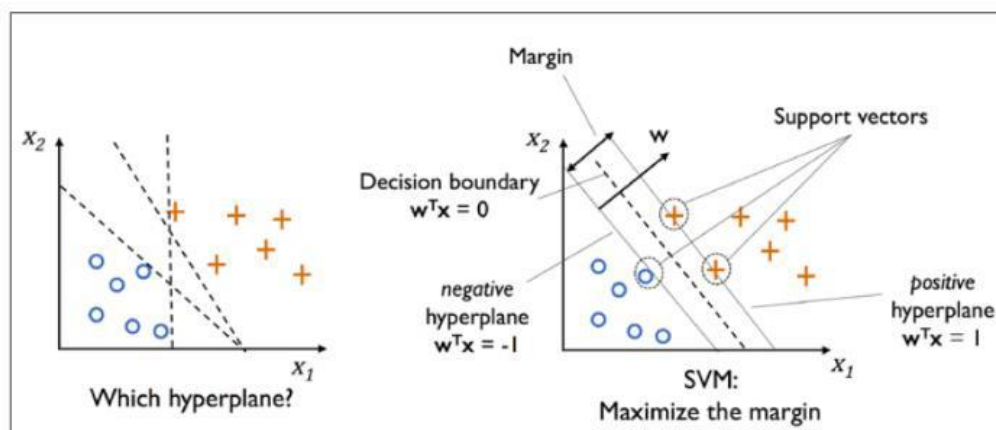
### 2.5.1 Hard-Margin SVM / Linear SVM

Teknik SVM merupakan *classifier* yang menemukan *hyperplane* dengan kasus data yang digunakan merupakan data dengan dua kelas yang sudah terpisah secara linear seperti pada gambar berikut:



Gambar 4 *Hard Margin SVM*

Pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa antara kelas positif dan kelas negatif sudah terpisah secara total terlihat dari lingkaran abu-abu yang berada dekat dengan garis  $x_2$  sedangkan untuk lingkaran hitam terletak dekat dengan garis  $x_1$  (Awad & Khanna, 2015).



Gambar 5 *Hyperplane* terbaik yang memisahkan antar dua kelas positif (+1) dan negatif (-1)

*Hyperplane* yang ditemukan SVM diilustrasikan seperti pada Gambar 5 diatas, posisinya berada di tengah-tengah antara dua kelas, artinya jarak antara *hyperplane* dengan objek-objek data berbeda dengan kelas yang berdekatan (terluar) yang paling dekat dengan *hyperplane* disebut *support vector*. Objek yang disebut *support vector* paling sulit diklasifikasikan dikarenakan posisi yang hampir tumpang tindih



(*overlap*) dengan kelas lain. Mengingat sifatnya yang kritis, hanya *support vector* inilah yang diperhitungkan untuk menemukan *hyperplane* yang paling optimal oleh SVM (Samsudiney, 2019).

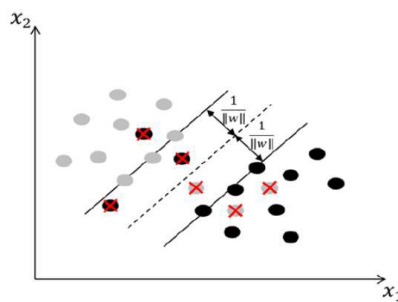
Pencarian lokasi *hyperplane* optimal merupakan inti dari metode SVM. Diasumsikan bahwa terdapat data *learning* dengan *data points*  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) memiliki dua kelas  $y_i = \pm 1$  yaitu kelas positif (+1) dan kelas negatif (-1) sehingga akan diperoleh *decision function* pada persamaan (3).

$$f(x) = \text{sign}(w \cdot x + b) \quad (3)$$

Dimana (.) merupakan skalar sehingga  $w \cdot x \equiv x^T w$

### 2.5.2 Soft Margin SVM

Ketika data yang digunakan tidak sepenuhnya dapat dipisahkan, *slack variables*  $\xi_i$  diperkenalkan ke dalam fungsi objektif SVM untuk memungkinkan kesalahan dalam misklasifikasi. Dalam hal ini, SVM bukan lagi *hard margin classifier* yang akan mengklasifikasi semua data dengan sempurna melainkan sebaliknya yaitu SVM *soft margin classifier* dengan mengklasifikasikan sebagian besar data dengan benar, sementara memungkinkan model untuk membuat misklasifikasi beberapa titik di sekitar batas pemisah. Berikut merupakan gambar ketika data termasuk ke dalam *soft margin SVM* (Awad & Khanna, 2015).

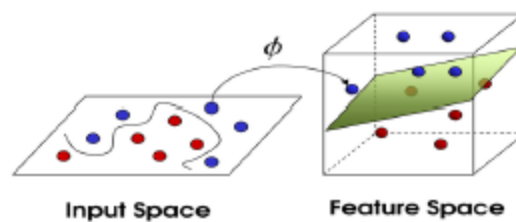


Gambar 6 Beberapa misklasifikasi pada *Soft Margin SVM*

Pada Gambar 6, terlihat bahwa data dari kedua kelas tidak sepenuhnya terpisah. Beberapa lingkaran abu-abu tersebar di sekitar area lingkaran hitam, dan sebaliknya, beberapa lingkaran hitam tersebar di sekitar lingkaran abu-abu.

### 2.5.3 Kernel SVM

Ketika terdapat permasalahan data yang tidak terpisah secara linear dalam ruang *input*, *soft margin svm* tidak dapat menemukan *hyperplane* pemisah yang kuat yang meminimalkan misklasifikasi dari *data points* serta menggeneralisasi dengan baik. Untuk itu, kernel dapat digunakan untuk mentransformasi data ke ruang berdimensi lebih tinggi yang disebut sebagai kernel, dimana akan menjadikan data terpisah secara *linear* (Awad & Khanna, 2015).



Gambar 7 Kernel SVM untuk memisahkan data secara *Linear*

Data disimpan dalam bentuk kernel yang mengukur kesamaan atau ketidaksamaan objek data. Kernel dapat dibangun untuk berbagai objek data mulai dari data kontinu dan data diskrit melalui urutan data dan grafik. Konsep substitusi kernel berlaku bagi metode lain dalam analisis data, tetapi SVM merupakan yang paling terkenal dari metode dengan jangkauan kelas luas yang menggunakan kernel untuk merepresentasikan data dan dapat disebut sebagai metode berbasis kernel (Campbell & Ying, 2011).

Secara umum, ada tiga fungsi kernel yang sering digunakan, yaitu *Linear*, *Polynomial* dan *Radial Basis Function* (Al Farobi, 2021). Bentuk formula pemetaan oleh setiap fungsi kernel dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Jenis Kernel SVM

Jenis Kernel	Definisi
<i>Linear</i>	$H(x,x') = (x,x')$
<i>Polynomial</i>	$H(x,x') = ((x,x')+c)^d$
<i>RBF</i>	$H(x,x') = \exp(-\ x,x'\ _2^2)$

Penggunaan kernel dilakukan pada percobaan untuk menentukan parameter kernel dan menghasilkan keakuratan yang terbaik dalam proses klasifikasi. Kernel linear digunakan pada saat data yang diklasifikasikan dapat dengan mudah dipisahkan dengan sebuah garis atau *hyperplane*, sementara untuk kernel *non-linear* digunakan pada saat data yang digunakan dipisah dengan menggunakan garis lengkung atau sebuah bidang pada ruang yang mempunyai dimensi tinggi (Parapat, 2017).

## 2.6 GrabCut

Algoritma *GrabCut* dirancang oleh Carsten Rother, Vladimir Kolmogorov & Andrew Blake dari Microsoft Research Cambridge, UK. Dalam makalah mereka, "GrabCut": ekstraksi latar depan interaktif menggunakan potongan grafik *iterated*. Algoritma diperlukan untuk ekstraksi latar depan dengan interaksi pengguna minimal, dan hasilnya adalah *GrabCut*.

Pada citra digital *GrabCut* adalah teknik segmentasi berbasis graf yang memerlukan inisialisasi yang diinterpretasikan langsung oleh manusia. Teknik segmentasi ini digunakan dalam beberapa penelitian karena kehandalannya melakukan segmentasi terhadap citra dengan latar belakang kompleks.

Cara kerja *GrabCut* dari sudut pandang pengguna, Awalnya pengguna menggambar persegi panjang di sekitar wilayah latar depan (wilayah latar depan harus sepenuhnya di dalam persegi panjang). Kemudian algoritma mensegmentasikannya secara iteratif untuk mendapatkan hasil terbaik. Selesai Tetapi dalam beberapa kasus, segmentasi tidak akan baik-baik saja, seperti, mungkin telah menandai beberapa wilayah latar depan sebagai latar belakang dan sebaliknya. Dalam hal ini, pengguna perlu melakukan *touch-up* yang bagus. Berikan beberapa sapuan pada gambar di mana beberapa hasil yang salah ada (Asih dkk., 2020).

## 2.7 Confusion Matrix

Umumnya pengukuran kinerja dapat dilakukan dengan menggunakan *Confusion Matrix*. *Confusion Matrix* juga biasa disebut tabel kontingensi atau error matrix, dipilih karena merupakan aturan yang mencakup tata letak tabel yang spesifik sehingga memungkinkan visualisasi kinerja algoritma yang menghasilkan evaluasi sistem yang komprehensif. Pada pengukuran kinerja menggunakan *Confusion Matrix*, terdapat empat kondisi sebagai representasi hasil proses klasifikasi.

Pada jenis klasifikasi biner yang hanya memiliki 2 keluaran kelas, *Confusion Matrix* dapat disajikan seperti pada Tabel 2 (Irianty & Kambori, 2024).

Tabel 2 *Confusion Matrix*

	<i>Actual : Positive</i>	<i>Actual : Negative</i>
<i>Predict : Positive</i>	TP	FN
<i>Predict : Negative</i>	FP	TN

Keterangan:

TP (*True Positive*) : data positif yang diprediksi benar sebagai data positif

TN (*True Negative*) : data negatif yang diprediksi benar sebagai data negatif

FP (*False Positive*) : data positif yang diprediksi salah sebagai data negatif

FN (*False Negative*) : data negatif yang diprediksi salah sebagai data positif

Akurasi merupakan akurasi sistem secara menyeluruh dihitung dengan persamaan

4.

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (4)$$

## 2.8 *Pickle*

*Pickle* adalah sebuah modul pada standard library python, yang dapat digunakan untuk menyimpan dan membaca data ke dalam sebuah file. *Pickle*, yang merupakan bagian dari pustaka *Python* secara *default*, adalah modul penting setiap kali Anda perlu persistensi antara sesi pengguna. Sebagai modul, *Pickle* menyediakan untuk menyimpan benda-benda *Python* antara proses. *Pickle* memprogram untuk database, game, forum, atau beberapa aplikasi lain yang harus menyimpan informasi di antara sesi, *Pickle* berguna untuk menyimpan pengidentifikasi dan pengaturan. Modul *Pickle* dapat menyimpan hal-hal seperti tipe data seperti *boolean*, *string*, *array byte*, daftar, kamus, fungsi, dan banyak lagi (Perdana dkk., 2022).

## 2.9 *FastAPI*

*FastAPI* merupakan sebuah *web framework* modern yang memiliki performa tinggi yang membangun API dengan Python berdasarkan petunjuk tipe standar Python (Tiangolo, 2024). Setelah dirilis pada tahun 2018, *fastAPI* memiliki performa yang tinggi mengalahkan flask. *FastAPI* dan *flask* memiliki fungsi untuk membangun sebuah *Application Programming Interface* (API). Pada dasarnya, *fastAPI* dibangun pada *Asynchronous Server Gateway Interface* (ASGI), sedangkan flask dibangun pada *Web Server Gateway Interface* (WSGI). Oleh karena itu, ASGI merupakan *server* yang digunakan sebagai penerus WSGI dikarenakan ASGI mampu bekerja hingga *throughput* tinggi yang tidak dapat ditangani oleh WSGI (Shin & Han, 2021).

## 2.10 Android

Android adalah sistem operasi untuk perangkat mobile berbasis linux. Android menyediakan platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri untuk digunakan oleh bermacam peranti bergerak. Android umum digunakan di *smartphone* dan juga tablet PC. Fungsinya sama seperti sistem operasi *Symbian* di *Nokia*, *IOS* di *Apple* dan *Blacberry OS*. Android merupakan salah satu perangkat lunak untuk perangkat mobile yang saat ini cukup populer, android dikembangkan berbasis linux yang mencakup *SO*, *middleware* dan aplikasi.

Berikut merupakan keunggulan penggunaan android.

- a. Kelengkapan, android memberikan banyak tools yang dapat digunakan dalam membangun sebuah perangkat lunak, dan tingkat keamanannya juga sudah teruji.
- b. Terbuka, sebagai salah satu platform yang menyediakan lisensi open source, maka *SO* android ini bisa dikembangkan dan digunakan oleh siapa saja.
- c. Bebas, sifat *SO* android ini memungkinkan pengguna mengembangkan sistem yang dibuat gratis ataupun tidak ada royalti yang harus dibayarkan (Medikano dkk., 2023).