

LAPORAN PROYEK AKHIR

**ALAT PENDETEKSI KEMATANGAN BUAH JERUK
BERASTAGI DAN WOKAN BERDASARKAN TINGKAT
KEASAMAN BUAH MENGGUNAKAN SENSOR
SPEKTRAL AS7263 DAN MIKROKONTROLER ESP32**

Widya Veronika Sianturi
NIM. 2120301048

Pembimbing
Mochamad Susantok, S.ST.,M.T.

PROGRAM STUDI
TEKNIK ELEKTRONIKA TELEKOMUNIKASI
POLITEKNIK CALTEX RIAU
2025

LEMBAR PENGESAHAN

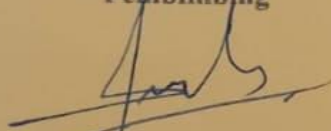
**Alat pendeteksi Kematangan Buah Jeruk Berastagi dan
Wokan berdasarkan Tingkat Keasaman Buah
Menggunakan Sensor Spektral AS7263 dan
Mikrokontroler ESP32**

Widya Veronika Sianturi
NIM.2120301048

Proyek Akhir ini diajukan Sebagai salah satu persyaratan untuk
memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) di Politeknik Caltex
Riau

Pekanbaru, 2025
Disetujui Oleh:

Pembimbing

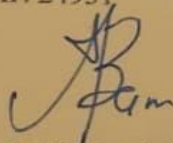


Mochamad Susantok, S.ST., M.T.
NIP. 018015

Penguji



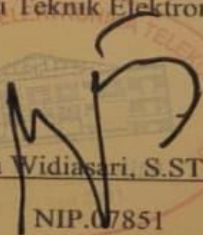
1. Furqon Andika, S.Pd., M.T
NIP. 24951



2. Yuli Triyani, S.S.T., M. Eng
NIP.068206

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi



Cyntia Widiasari, S.ST., M.T
NIP.07851

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam proyek akhir saya yang berjudul “**Alat pendeteksi Kematangan Buah Jeruk Berastagi dan Wokan berdasarkan Tingkat Keasaman Buah Menggunakan Sensor Spektral AS7263 dan Mikrokontroler ESP32**” adalah benar hasil karya saya, dan tidak mengandung karya ilmiah atau tulisan yang pernah diajukan di suatu perguruan tinggi manapun.

Setiap kata yang ditulis tidak mengandung plagiat, pernah ditulis maupun diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam laporan penelitian ini dan disebutkan pada daftar pustaka. Saya siap menanggung seluruh akibat apabila terbukti melakukan plagiat.

Pekanbaru, 2025

Widya Veronika Sianturi
NIM. 2120301048

ABSTRAK

Penentuan tingkat kematangan buah jeruk secara akurat sangat penting untuk menjamin kualitas dan rasa. Metode manual yang mengandalkan pengamatan visual sering kali kurang akurat dan berisiko merusak buah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat yang dapat mendeteksi kematangan buah jeruk dari Berastagi dan Wokan tanpa merusaknya, dengan berfokus pada tingkat keasaman buah menggunakan sensor spektral AS7263 dan mikrokontroler ESP32. Sistem ini berfungsi dengan menganalisis pola refleksi cahaya *Near-Infrared* (NIR) pada panjang gelombang tertentu yang berhubungan dengan keasaman buah sebagai indikator kematangan. Pengujian dilakukan pada jarak 0, 1, dan 2 cm, dengan hasil terbaik diperoleh pada jarak 1 cm dan kanal R, karena menunjukkan nilai reflektansi yang stabil, signifikan, dan tidak tumpang tindih antara kategori asam dan manis. Data ambang batas ditentukan melalui pengujian awal yang terlebih dahulu dicoba oleh sepuluh orang responden kemudian diukur, data tersebut selanjutnya dianalisis menggunakan grafik box plot untuk menetapkan ambang batas klasifikasi. Setelah itu, hasil klasifikasi diuji menggunakan confusion matrix untuk membandingkan akurasi sistem dengan validasi manual. Pada pengujian terhadap jeruk Berastagi, alat menunjukkan hasil yang sangat bagus dengan nilai akurasi, spesifisitas, PPV, dan NPV masing-masing mencapai 100%. tanpa ada perbedaan antara hasil klasifikasi alat dan penilaian responden. Sementara itu, pada jeruk Wokan, akurasi sebesar 86,7%, spesifisitas 87,5%, PPV 95%, dan NPV 70% dari data tersebut mengindikasikan bahwa sistem mampu membedakan rasa manis dan asam dengan tingkat presisi yang baik. Dengan demikian, alat ini berpotensi menjadi solusi praktis, efisien, dan akurat dalam membantu proses seleksi buah jeruk matang secara otomatis tanpa merusak sampel.

Kata kunci: Sensor AS7263, NIR (*Near-Infrared*), *Non-Destruktif*, Tingkat Keasaman, Jeruk Wokan, Jeruk Berastagi

ABSTRACT

Accurately determining the ripeness of citrus fruits is crucial to ensure quality and flavor. Manual methods that rely on visual observation are often inaccurate and risk damaging the fruit. This study aims to design and develop a tool that can detect the ripeness of citrus fruits from Berastagi and Wokan without damaging them, focusing on the acidity level of the fruit using an AS7263 spectral sensor and an ESP32 microcontroller. This system functions by analyzing Near-Infrared (NIR) light reflection patterns at specific wavelengths that are related to the acidity of the fruit as an indicator of ripeness. Tests were conducted at distances of 0, 1, and 2 cm, with the best results obtained at a distance of 1 cm and the R channel, because it showed stable, significant, and non-overlapping reflectance values between the sour and sweet categories. Threshold data was determined through initial testing, which was first tried by ten respondents and then measured. The data was then analyzed using a box plot graph to determine the classification threshold. After that, the classification results were tested using a confusion matrix to compare the system's accuracy with manual validation. In testing on Berastagi oranges, the tool showed excellent results with accuracy, specificity, PPV, and NPV values each reaching 100%. There was no difference between the tool's classification results and respondents' assessments. Meanwhile, on Wokan oranges, the accuracy was 86.7%, specificity 87.5%, PPV 95%, and NPV 70%. The data indicated that the system was able to distinguish sweet and sour flavors with a good level of precision. Thus, this tool has the potential to be a practical, efficient, and accurate solution in assisting the process of selecting ripe citrus fruit automatically without damaging the sample.

Keywords: AS7263 Sensor, NIR (Near-Infrared), Non-Destructive, Acidity Level, Wokan Orange, Berastagi Oran

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus atas kasih dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proyek akhir yang berjudul **“Alat pendeteksi Kematangan Buah Jeruk Berastagi dan Wokan berdasarkan Tingkat Keasaman Buah Menggunakan Sensor Spektral AS7263 dan Mikrokontroler ESP32”**.

Proyek akhir dibuat sebagai sebuah syarat dalam menyelesaikan jenjang Diploma IV Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi Politeknik Caltex Riau.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak sebagaimana sudah memberi bantuan maupun motivasi secara tidak langsung dan langsung. Ucapan terima kasih tersebut penulis tunjukkan terhadap:

1. Tuhan Yesus Kristus atas kasih karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini tepat waktu
2. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir tepat waktu.
3. Bapak Dadang Syarif Sihabudin Sahid, S. Si, M.Sc. selaku Direktur Politeknik Caltex Riau
4. Ibu Cyntia Wideasari, S.S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi.
5. Ibu Yuli Triyani, S.ST., M. Eng selaku coordinator Proyek Akhir yang telah memberikan dukungan dalam pengerjaan proyek akhir ini.
6. Bapak Mochammad Susantok, S.ST., M.T Selaku Dosen Pembimbing yang memberikan ilmu serta bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan proyek akhir.
7. Bapak Furqon Andika, S.Pd., M. T dan Ibu Yuli Triyani, S.ST., M. Eng selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran yang membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektronika Telekomunikasi yang telah memberikan bekal ilmu kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Generasi 21 Teknik Elektronika Telekomunikasi Politeknik Caltex Riau.

Penulis sadar bahwa laporan tugas akhir ini belum sepenuhnya sempurna dengan demikian kritik serta saran yang bersifat membangun begitu diharapkan oleh penulis dan penulis berharap bahwa bisa memberi wawasan dan pengetahuan terhadap pembaca, khususnya penulis sendiri.

Pekanbaru, 2025

Widya Veronika Sianturi
NIM. 2120301048

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
<i>ABSTRACT</i>	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Landasan Teori	11

2.2.1	Kematangan Buah berdasarkan Tingkat Keasaman	11
2.2.2	Sensor AS7263.....	11
2.2.3	Mikrokontroler ESP32.....	12
2.2.4	Pengolahan Data <i>Non-Machine Learning</i>	13
2.2.5	Visualisasi Data pada Display Lokal (OLED).....	14
BAB III		16
PERANCANGAN		16
3.1	Gambaran Umum.....	16
3.2	Flowchart Pengerjaan Sistem.....	16
3.3	Blok Diagram Sistem.....	18
3.4	Perancangan Skematik.....	19
3.5	Perancangan Mekanik.....	20
3.6	Metode Pemilahan Sensorik Berbasis Pengalaman.....	21
3.7	Flowchart Cara Kerja	21
3.8	Metode Pengujian	23
BAB IV		25
PENGUJIAN DAN ANALISIS		25
4.1	Pengambilan Data Ambang Batas	25
4.2	Penentuan Ambang Batas	25
4.3	Pengujian Ambang Batas Kematangan Buah.....	28
4.4	Hasil Klasifikasi Alat dan Validasi Manusia.....	32
4.5	Analisis Hasil Klasifikasi Alat dan Validasi Manusia	35

4.6 Implementasi dan Penggunaan Alat	35
BAB V.....	37
PENUTUP.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sensor AS7263	12
Gambar 2.2 ESP 32	12
Gambar 2.3 OLED.....	15
Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Sistem	17
Gambar 3.2 Blok Diagram	18
Gambar 3.3 Rangkaian Skematik	20
Gambar 3.4 Perancangan Mekanik.....	20
Gambar 3.5 Flowchart Cara Kerja.....	22
Gambar 4.1 Grafik Ambang Batas Jeruk Berastagi.....	26
Gambar 4.2 Grafik Ambang Batas Jeruk Wokan	27
Gambar 4.3 Tahapan Melakukan Pengukuran	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	8
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Ambang Batas Jeruk Berastagi.....	30
Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Ambang Batas Jeruk Wokan	31
Tabel 4.3 Tabel Confusion Matrix Buah Berastagi	33
Tabel 4.4 Tabel Confusion Matrix Buah wokan	33

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Buah–buahan merupakan salah satu produk pertanian yang banyak diminati masyarakat. Jeruk merupakan salah satu buah yang banyak mengandung vitamin gizi. Permintaan terhadap produk jeruk cukup tinggi karena jeruk sangat digemari masyarakat Indonesia dan harga jeruk yang relatif terjangkau (Megawaty Manurung, 2023). Kematangan buah merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas buah, salah satu tanda utama kematangan adalah tingkat keasaman buah dimana seiring proses buah matang kandungan asam pada buah diubah menjadi manis. Ciri ciri buah jeruk yang sudah matang dan manis biasanya dapat dilihat secara manual dari warna kulit, tekstur kulit, dan permukaan jeruk yang keras. Namun konsumen terkadang masih kesulitan untuk memilih secara manual antara jeruk matang dan mentah.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh (Sulistyo, et al., Agustus 2021) mengembangkan *spektrometer* portabel berbasis *Near Infrared* (NIR) dengan sensor AS7263 untuk mengestimasi kandungan total padatan terlarut (TPT) dan vitamin C pada jeruk siam (*Citrus nobilis*) secara *non-destruktif*. Studi ini memanfaatkan algoritma jaringan saraf tiruan ensemble (*neural network ensemble*, NNE) dengan metode optimasi berbasis algoritma genetika (GA). Sementara itu, penelitian (NAFISAH , 2019) juga melakukan penelitian yang sama dengan menentukan tingkat kematangan buah stroberi secara *non-destruktif* menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Penelitian ini memanfaatkan alat spektrometer NIRFlex N-500 untuk mengukur parameter kematangan, yaitu total padatan terlarut (TPT) dan kekerasan daging buah, pada tiga tingkat umur petik stroberi (12, 14, dan 16 hari setelah pembentukan buah).

Industri perkebunan telah menggunakan spektroskopi NIR yang tidak merusak bahan untuk bahan pangan. Penggunaan metode NIR untuk mendeteksi mutu secara tidak merusak (*non destruktif*)

juga memiliki keuntungan lain. Analisinya dapat dilakukan dengan kecepatan tinggi (dalam beberapa detik), akurat, tidak menimbulkan polusi, dan tidak menggunakan bahan kimia (Helmy, Suci, & Sirai, 2023). NIR adalah salah satu metode *non-destruktif* yang telah diuji dalam proses penilaian kualitas buah, dibandingkan dengan analisis kimia yang merusak, spektrum NIR memiliki sejumlah keuntungan terutama pengukuran dengan sangat cepat. (Suhandy, 210).

Sistem ini akan dikembangkan menggunakan sensor spektral AS7263 dan mikrokontroler ESP32 dengan metode yang akan digunakan dalam pemilihan jeruk manis dan asam adalah metode pemilahan sensorik berbasis pengalaman. Jeruk dibagi menjadi dua kategori asam dan manis, tanpa memanfaatkan alat ukur kimia seperti refractometer untuk mengukur total padatan terlarut. Metode ini lebih menekankan pada pengamatan pola spektral masing masing kategori, meskipun bersifat subjektif dengan dukungan sensor spectral AS7263 dan ESP32 diharapkan analisis pola spektral ini dapat memberikan korelasi antara karakteristik rasa dan panjang gelombang cahaya yang dipantulkan.

Pada penelitian lain dengan judul Perancangan Sistem Pendeteksi Kematangan Buah Dengan Segmentasi Warna Berbasis Mikrokontroler Mappi32" Oleh (MONICA, 2024) membahas pengembangan sistem otomatis untuk deteksi kematangan buah menggunakan teknologi pengolahan citra digital. Latar belakang penelitian ini didasarkan pada peningkatan produksi buah di Indonesia, yang masih tersebar luas di daerah pedesaan. Karena warna adalah indikator utama dalam menentukan kematangan buah-buahan, penelitian ini memperkenalkan mikrokontroler mappi32 dengan metode pewarnaan HSV (warna, saturasi, nilai) untuk secara otomatis mengoptimalkan proses penyortiran. Penelitian ini menggunakan berbagai metode pengolahan citra, seperti ambang adaptif, ambang batas OTS, dan ambang batas dengan *filter Gauss*, untuk meningkatkan akurasi deteksi warna buah. Tes ini akan dilakukan pada stroberi dan jeruk pada prototipe penggalangan dana mini. Penelitian ini berfokus pada warna buah sebagai indikator utama dalam penentuan kematangan buah dimana terdapat beberapa kondisi

buah jeruk secara warna sudah matang tetapi rasa buah masih asam atau bisa dikatakan matang sempurna.

Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk mengembangkan alat yang mampu mendeteksi tingkat kematangan buah jeruk secara *non-destruktif* menggunakan sensor AS7263 dan ESP 32. Teknologi ini memanfaatkan analisis pola spektral reflektansi pada panjang gelombang tertentu untuk kategori manis atau asam yang akan diuji langsung oleh beberapa orang dalam mengelompokkan buah jeruk asam atau manis dan kemudian mengukur *range* ambang batas pada kedua kondisi tersebut. Dengan adanya penelitian ini diharapkan konsumen dapat lebih mudah memilih buah jeruk yang sudah matang sempurna dengan rasa yang manis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, diangkatlah permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana kinerja alat dalam menyajikan hasil deteksi kematangan buah jeruk dengan cepat dan mudah dipahami oleh pengguna?
2. Bagaimana pengaruh panjang gelombang cahaya yang terdeteksi oleh sensor spektral AS7263 dalam menentukan akurasi penentuan tingkat kematangan buah jeruk berdasarkan tingkat keasamannya?
3. Seberapa akurat alat pendeteksi ini dalam menilai tingkat kematangan buah jeruk berdasarkan tingkat keasamannya, jika dibandingkan dengan penilaian langsung dari konsumen?

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian masalah ini, telah ditentukan batasan masalah sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengukuran tingkat keasaman sebagai parameter utama dalam menentukan kematangan buah jeruk.

2. Sistem dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk pengolahan data.
3. Pengujian alat dilakukan pada jenis jeruk berastagi dan wongan, sehingga hasilnya mungkin tidak sepenuhnya dapat diaplikasikan pada semua varietas jeruk.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan alat pendeteksi kematangan buah jeruk yang mengandalkan tingkat keasaman, dengan menggunakan sensor spektral AS7263 dan mikrokontroler ESP32. Alat ini dirancang agar dapat digunakan oleh konsumen untuk memilih jeruk dengan tingkat kematangan yang optimal. Informasi mengenai kematangan akan ditampilkan secara akurat dan mudah dipahami melalui pola spektral yang sesuai dengan masing-masing kategori jeruk.

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Membantu konsumen dalam memilih buah jeruk yang memiliki kematangan optimal, sehingga mereka dapat menikmati rasa dan kualitas terbaik.
2. Menyediakan teknologi *non-destruktif* yang memungkinkan pembeli untuk memilih buah tanpa merusaknya

1.5 Metodologi Penelitian

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan proyek akhir ini adalah :

1. Konsultasi dan Diskusi
Pada tahap awal, dilakukan konsultasi dan diskusi secara rutin dengan dosen pembimbing untuk mendapatkan masukan dan panduan yang tepat dalam penyusunan dan pengembangan proyek akhir. Diskusi ini bertujuan untuk menyusun langkah-

langkah proyek yang jelas dan mendalami aspek teknis terkait.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan dan kajian literatur dari berbagai sumber, seperti jurnal ilmiah, buku, dan penelitian sebelumnya yang relevan. Tujuan studi literatur ini adalah untuk memahami konsep dasar dan teknologi yang akan diterapkan, serta menemukan metode untuk pengembangan sistem yang efisien.

3. Perancangan Sistem

Pada tahapan ini, melakukan perancangan menggunakan metode *NON-Machine learning*.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data spektral dari jeruk yang telah dipilah dalam kelompok manis dan asam. Data spektral diambil menggunakan sensor AS7263 yang terintegrasi dengan ESP32, yang akan mengukur intensitas cahaya reflektansi pada enam panjang gelombang inframerah-dekat. Data ini dikumpulkan dari masing-masing kelompok jeruk untuk membangun dataset yang mencerminkan pola spektral khas setiap kategori.

5. Pengujian Sistem

Pada tahap ini, sistem akan diuji dalam berbagai skenario untuk memastikan akurasi deteksi pola spektral. Skenario pengujian meliputi pengukuran jeruk dari kelompok manis dan asam serta jeruk yang tidak dipilah sebelumnya.

6. Evaluasi

Setelah itu akan dilakukan evaluasi untuk sejauh mana sistem dapat mendeteksi pola spektral yang khas untuk jeruk manis dan asam.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan proyek akhir ini terdiri dari empat bab yang saling terkait, sistematika penulisan laporan proyek akhir ini terbagi menjadi:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tentang pembahasan beberapa hasil penelitian terdahulu dan landasan teori yang diperlukan untuk merancang sistem.

BAB III PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan tentang perancangan dan pembangunan alat yang terdiri dari hardware. Perancangan berisi flowchart, blok diagram pada proyek dalam pembuatan proyek akhir ini.

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai hasil pengujian yang dilakukan. Hasil yang didapat kemudian dianalisa dan dituangkan dalam bentuk laporan

BAB V PENUTUP

Berisi kesimpulan dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya serta saran-saran yang dapat membantu mengevaluasi dan menyempurnakan tugas akhir ini untuk pengembangan selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya menggunakan *Near Infrared* seperti penelitian oleh (Sulistyo, et al., Agustus 2021) mengembangkan spektrometer portabel berbasis *Near Infrared* (NIR) dengan sensor AS7263 untuk mengestimasi kandungan total padatan terlarut (TPT) dan vitamin C pada jeruk siam (*Citrus nobilis*) secara *non-destruktif*. Studi ini memanfaatkan algoritma jaringan saraf tiruan *ensemble* (*neural network ensemble*, NNE) dengan metode optimasi berbasis algoritma genetika (GA).

Sementara itu, penelitian (NAFISAH, 2019) juga melakukan penelitian yang sama dengan menentukan tingkat kematangan buah stroberi secara *non-destruktif* menggunakan *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Penelitian ini memanfaatkan alat spektrometer NIRFlex N-500 untuk mengukur parameter kematangan, yaitu total padatan terlarut (TPT) dan kekerasan daging buah, pada tiga tingkat umur petik stroberi (12, 14, dan 16 hari setelah pembentukan buah).

Penelitian lainnya, yang berjudul "Pendugaan Nilai Kemanisan dan Kekerasan Buah Anggur Menggunakan NIRS (*Near Infrared Spectroscopy*)," ditulis oleh (NURRAHMAN, 2022). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan metode *non-destruktif* dalam menilai tingkat kematangan buah anggur berdasarkan parameter total padatan terlarut (TPT) dan kekerasan buah, dengan memanfaatkan teknologi *Near Infrared Spectroscopy* (NIRS). Metode konvensional yang masih digunakan untuk menentukan kematangan anggur biasanya dilakukan secara visual. Sayangnya, pendekatan ini seringkali menimbulkan ketidakakuratan dalam proses pemanenan dan dapat berdampak negatif pada kualitas buah jika dipanen terlalu awal. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan 240 sampel anggur yang diambil dari tiga tingkat umur panen yang berbeda, yaitu 85, 90, dan 95 hari setelah bunga mekar (HSBM). Pengukuran reflektan

dilakukan dengan menggunakan spektrometer NIRFlex N-500 berbasis serat optik, sementara pengukuran total padatan terlarut dan kekerasan buah dilakukan secara destruktif menggunakan refraktometer dan rheometer.

Ketiga penelitian ini menunjukkan bahwa sensor spektral dapat digunakan untuk mendeteksi kematangan buah secara *Non-Destrutif*. Penelitian yang akan dilakukan ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis sensor AS7263 dan mikrokontroler ESP32 tanpa menggunakan *machine learning*, dengan fokus pada analisis spektral reflektansi untuk mendeteksi kematangan buah jeruk berdasarkan kategori manis atau asam.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Susanto B. Sulistyo, Arif Sudarmaji, Siswanton, Agus Margiwiyatno, Masrukhi, Asna Mustofa, Rifah Edianti, Riana Listianti, Hety Handayani Hidayat	Portable <i>NEAR INFRARED SPECTRO METER</i> dengan Sensor AS7263 Untuk Pendugaan Sifat Kimia Jeruk Siam (<i>CITRUS NOBILIS</i>) secara NON-DESTRUKTIF	Metode Non Destruktif untuk mengestimasi sifat kimia buah jeruk Siam (Citrus nobilis), khususnya Total Padatan Terlarut (TPT) dan vitamin C.	Teknologi ini dapat diaplikasikan untuk estimasi sifat kimia buah secara <i>non-destruktif</i> dimana hasil rata-rata TPT jeruk Siam adalah 10,0 °Brix. Kandungan vitamin C rata-rata adalah 57,4 mg/100 g.

2	Resti Fauzi Nafisah	Penentuan Tingkat Kematangan Buah Stroberi Secara <i>NON-DESTRUKTIF</i> Menggunakan <i>Near Infrared Spectroscopy</i> (NIRS)	Menggunakan Teknologi <i>Near Infrared Spectroscopy</i> (NIRS) menggunakan metode <i>Partial Least Squares</i> (PLS)	Teknologi NIRS efektif digunakan untuk menduga tingkat kematangan buah secara <i>non-destruktif</i> .
3	Hasbi Andi Nurrahman	Pendugaan nilai kemanisan dan Kekerasan Buah Anggur Menggunakan NIRS (<i>Near Infrared Spectroscopy</i>)	penelitian ini menggunakan metode <i>Near Infrared Spectroscopy</i> (NIRS) sebagai teknik <i>non-destruktif</i> untuk memprediksi tingkat kematangan buah anggur, yang didasarkan pada total	Hasil penelitian menunjukkan bahwa total padatan terlarut (TPT) dan kekerasan buah anggur menunjukkan pola perubahan yang berbeda seiring

NO	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
			padatan terlarut (TPT) dan kekerasan buah. Sebanyak 240 sampel buah anggur diambil, dengan tiga tingkat umur panen yang berbeda, yaitu 85, 90, dan 95 hari setelah bunga mekar (HSBM).	bertambahnya umur panen. Nilai TPT meningkat dari 14,93 %Brix pada umur 85 hari setelah bunga mekar (HSBM) menjadi 16,33 %Brix pada 95 HSBM.
4	Widya Veronika Sianturi	Alat pendeteksi Kematangan Buah Jeruk berdasarkan Tingkat Keasaman Buah Menggunakan Sensor Spektral AS7263.	Metode pemilihan sensorik berbasis pengalaman. Metode ini mengandalkan penilaian manusia pengalaman untuk mengklasifikasi jeruk.	Teknologi ini diharapkan dapat mendeteksi buah yang matang dan manis sehingga pembeli tidak kecewa.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kematangan Buah berdasarkan Tingkat Keasaman

Salah satu cara untuk mengetahui kematangan buah adalah dengan mengukur tingkat keasaman buah. Saat buah matang, kandungan asam dalam buah akan menurun, sementara kadar gula akan meningkat, memberikan rasa yang manis. Kadar asam dalam buah cenderung menurun seiring kematangan buah saat kandungan gula meningkat. Rasa buah dari asam menjadi manis merupakan perubahan kematangan buah. (Rahmadini, Julianti, & Lubis, 2020). Tingkat gula dalam buah adalah salah satu kualitas paling penting dari indikator kualitas. (Winarto, Meinilwita, & Diding, 2014)

Parameter fisik dan kimia dapat digunakan untuk menentukan kematangan buah. Parameter kimia, yaitu kadar pektin, gula, dan asam total, dapat digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah. Jumlah gula total dan pH jambu biji merah meningkat seiring dengan kematangan buah, sedangkan jumlah asam menurun. Buah yang sudah matang kurang asam. (RARARIZKY). Oleh karena itu tingkat keasaman dapat menjadi indikator yang baik untuk mengetahui kematangan buah. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mendeteksi kematangan buah tanpa harus merusak buah tersebut.

2.2.2 Sensor AS7263

Sensor spektral AS7263 digunakan untuk analisis spektral *non-destruktif* dan memiliki kemampuan untuk mengukur intensitas cahaya pada panjang gelombang 610nm – 860nm, dengan lebar pita 20nm. Sensor AS7263 berfungsi dengan mengukur intensitas cahaya yang dipantulkan oleh objek pada panjang gelombang tertentu. Dalam buah jeruk, kadar asam yang terkait dengan kematangan buah dapat diidentifikasi melalui data spektral yang diperoleh. Dalam penelitian ini AS7263 digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah jeruk berdasarkan pola reflektansi pada panjang gelombang tertentu.



Gambar 2.1 Sensor AS7263

<https://www.amazon.com/SparkFun-Spectral-Sensor-Breakout-Communicates/dp/B07944C1J2>

2.2.3 Mikrokontroler ESP32

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dirancang untuk aplikasi *Internet of Things* (IoT) dan perangkat nirkabel lainnya. Ini memiliki prosesor Xtensa 32-bit LX6 dual-core dengan kecepatan hingga 240 MHz, memori SRAM hingga 520 KB, dan berbagai antarmuka seperti GPIO, SPI, I2C, UART, ADC, dan DAC. Selain itu, ia mengintegrasikan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth.

ESP32 mengatur pengambilan sampel data dari sensor dan melakukan pemrosesan berbasis logika sederhana untuk menentukan tingkat kematangan buah jeruk. Selain itu, ESP32 memainkan peran penting dalam menerima data reflektansi yang dikumpulkan oleh sensor dan kemudian diolah untuk menganalisis tingkat kematangan buah jeruk ke display lokal.



Gambar 2.2 ESP 32

<https://www.mouser.co.id/ProductDetail/Espressif-Systems/ESP32>

2.2.4 Pengolahan Data *Non-Machine Learning*

Dalam penelitian ini, metode pengolahan data yang berfokus pada analisis langsung tidak menggunakan algoritma pembelajaran *machine learning*, sebaliknya, metode berbasis logika dan analisis langsung digunakan pada data yang dihasilkan oleh sensor AS7263.

1) Analisis Pola Spektral

Intensitas reflektansi pada Panjang gelombang tertentu adalah dasar dari pola spectral yang dapat digunakan untuk membedakan jeruk manis dan asam. Pola reflektansi yang berbeda untuk setiap jenis buah, terlepas dari apakah itu manis atau asam, dapat dianalisis untuk menentukan tingkat kematangan buah.

2) Pengelompokkan Berbasis Ambang Batas (*Thresholding*)

Berdasarkan ambang batas tertentu pada Panjang gelombang, teknik *thresholding* mengkategorikan jeruk ke dalam kategori manis atau asam. Misalnya jeruk dianggap manis jika reflektansinya pada panjang gelombang 680, sedangkan jika reflektansinya kurang dari itu dianggap asam. Ambang batas ini ditentukan melalui analisis pola data reflektansi yang dikumpulkan.

3) Logika Percabangan (*Conditional Branching*)

Logika percabangan dalam pemrograman yang berfungsi untuk membuat keputusan berdasarkan kondisi tertentu. Dalam penelitian ini, logika percabangan diterapkan untuk menentukan kategori kematangan buah jeruk berdasarkan hasil pengukuran reflektansi yang diperoleh dari sensor AS7263. Setelah sensor mengumpulkan data reflektansi, informasi tersebut akan dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Berdasarkan pengolahan data reflektansi tersebut, mikrokontroler akan menerapkan logika percabangan untuk mengevaluasi kondisi yang telah ditetapkan sebelumnya dan melakukan tindakan sesuai dengan hasil evaluasi. Sebagai contoh apabila nilai reflektansi berada dalam rentang tertentu yang menunjukkan tingkat keasamaan tinggi, maka buah akan dikategorikan sebagai “asam”. Sebaliknya, jika nilai reflektansi menunjukkan tingkat

keasamaan yang lebih rendah, buah tersebut akan diklasifikasikan sebagai “manis”.

Peran logika percabangan sangat krusial dalam penelitian ini, karena memungkinkan sistem untuk secara otomatis mengkategorikan tingkat kematangan buah jeruk berdasarkan data yang diperoleh tanpa memerlukan intervensi manusia. Dengan logika percabangan yang tepat, sistem dapat dengan cepat dan akurat memberikan hasil yang berharga bagi pengguna, seperti informasi mengenai apakah buah jeruk tersebut cenderung lebih asam atau manis, yang tentunya akan membantu dalam pemilihan buah yang optimal.

2.2.5 Visualisasi Data pada Display Lokal (OLED)

Selama dua dekade terakhir, dioda pemancar cahaya organik (OLED) telah memperoleh perhatian yang signifikan berkat aplikasinya yang menjanjikan dalam tampilan panel datar, menggantikan tabung sinar katoda (CRT) maupun tampilan kristal cair (LCD). Keunggulan utama OLED untuk aplikasi tampilan panel datar meliputi sifatnya yang memancarkan cahaya sendiri, efisiensi bercahaya yang tinggi, kemampuan menghasilkan berbagai warna, sudut pandang yang lebar, kontras yang tinggi, konsumsi daya yang rendah, bobot yang ringan, serta kapasitas tampilan warna yang luas dan fleksibilitas. (Geffroy, Roy, & Christophe, 2006).

Dalam penelitian ini, tampilan OLED digunakan sebagai media keluaran untuk menampilkan hasil klasifikasi kematangan buah jeruk berdasarkan reflektansi spektral yang diukur oleh sensor AS7263. Hasil yang ditampilkan pada OLED menyajikan informasi mengenai apakah buah tersebut tergolong asam atau manis, berdasarkan analisis data reflektansi yang dilakukan oleh mikrokontroler ESP32.



Gambar 2.3 OLED

https://docs.sunfounder.com/projects/ultimate-sensor-kit/en/latest/components_basic/22-component_oled.html

BAB III

PERANCANGAN

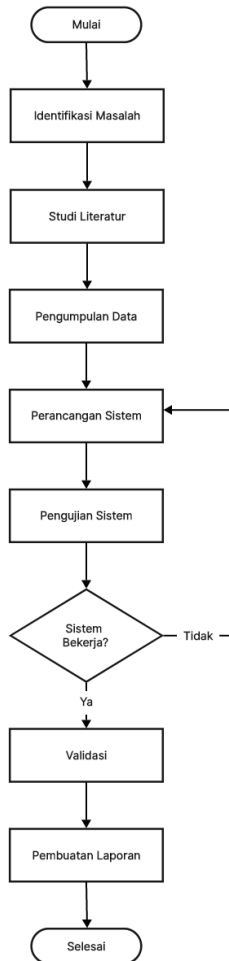
3.1 Gambaran Umum

Cara kerja alat pendeteksi kematangan buah jeruk berdasarkan tingkat keasaman dimulai dengan proses *inisialisasi* sistem. Setelah alat dinyalakan, mikrokontroler ESP32 akan mengaktifkan semua komponen perangkat keras, termasuk sensor AS7263 dan layar tampilan lokal (OLED). Pada tahap ini, ESP 32 memastikan bahwa semua perangkat dalam keadaan siap untuk memulai proses pengukuran. Jika semua perangkat terhubung dengan baik, sistem akan melanjutkan kelangkah berikutnya yaitu pengambilan data dari sensor. Sensor AS7263 berfungsi untuk mengukur reflektansi spektral pada panjang gelombang yang spesifik, yang relevan dengan tingkat keasaman buah jeruk. Begitu sensor melakukan pengukuran nilai reflektansi mikrokontroler ESP32 akan memproses data tersebut.

Hasil analisis tersebut kemudian ditampilkan secara langsung pada layar OLED yang terhubung dengan alat, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengetahui kategori kematangan buah jeruk hanya dengan melihat tampilan di layar, tanpa memerlukan perangkat tambahan lainnya. Setelah itu, mikrokontroler akan menganalisis data reflektansi yang sudah diproses dan menentukan kategori kematangan buah, seperti "Asam" atau "Manis. "

3.2 Flowchart Pengerjaan Sistem

Proses perancangan penelitian bertujuan untuk menjelaskan sisten kerja alat yang akan dibuat secara keseluruhan. Ini dilakukan agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan mencapai tujuan penelitian. Gambar 3.1 menunjukkan *flowchart* tahap penelitian yang akan dilakukan. Alur proses pembuatan proyek akhir dari awal hingga akhir digambarkan dalam diagram berikut.



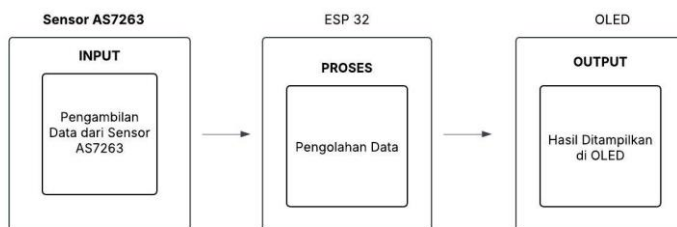
Gambar 3.1 Flowchart Pengerjaan Sistem

Untuk memulai penelitian, alat pendeteksi kematangan buah jeruk berbasis tingkat keasaman yang menggunakan sensor AS7263, ESP32, display lokal, dan mengidentifikasi masalah digunakan. Selanjutnya, saya membaca literatur untuk mendapatkan pemahaman tentang bagaimana penelitian ini berfungsi dan metode apa yang telah diuji dan diterapkan sebelumnya dalam penelitian serupa. Pada

langkah berikutnya, data dikumpulkan. Sensor AS7263 digunakan untuk mengukur reflektansi spektral pada berbagai tingkat kematangan buah jeruk, dan nilai reflektansi ini digunakan untuk menentukan batasan kategori manis atau asam. Selanjutnya adalah proses perancangan sistem, yang mencakup desain perangkat lunak dan perangkat keras. Tahap pengujian sistem dilakukan setelah sistem dirancang untuk mengevaluasi kinerja alat dan sistem. Validasi tambahan dilakukan untuk memastikan bahwa hasil alat konsisten dan akurat. dan kemudian membuat laporan.

3.3 Blok Diagram Sistem

Pada Gambar 3.2 merupakan perancangan blok diagram yang akan dilaksanakan pada penelitian ini.



Gambar 3.2 Blok Diagram

Berikut penjelasan dari blok diagram diatas:

1. Pengambilan Data dari Sensor AS7263
Sensor AS7263 berfungsi untuk mengukur reflektansi spektral pada buah jeruk di berbagai panjang gelombang. Data yang diperoleh dari sensor ini mencakup intensitas spektral, yang nantinya akan digunakan untuk menentukan tingkat kematangan buah.
2. Proses
Data spektral yang didapat dari sensor AS7263 diterima oleh mikrokontroler ESP32 untuk dianalisis. Pada tahap ini, ESP32 membandingkan nilai reflektansi spektral dengan threshold yang sudah ditentukan berdasarkan hasil pengujian sensorik berbasis pengalaman (manual). Batas ini digunakan untuk menentukan kategori kematangan buah jeruk. Hasil keputusan

kemudian diteruskan ke tahap output untuk ditampilkan pada layar OLED.

3. Output

Hasil Visualisasi

Hasil pengolahan data ditampilkan pada Layar OLED. Layar OLED akan menunjukkan status kematangan buah jeruk, apakah termasuk kategori asam atau manis, sehingga mempermudah pengguna dalam membaca hasil deteksi secara langsung.

Blok diagram sistem ini akan menunjukkan alur lengkap mulai dari pengambilan data hingga output visualisasi pada display lokal

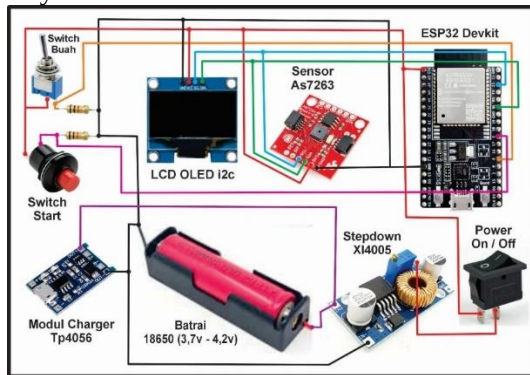
3.4 Perancangan Skematik

Penelitian ini membahas tentang bagaimana cara mengukur kematangan buah dengan sensor AS7263 dimana alat ini membutuhkan beberapa hardware yang terdiri dari beberapa alat dan bahan. Alat dan bahan yang dibutuhkan antara lain:

1. Mikrokontroler ESP 32
2. Sensor AS7263
3. Oled
4. Kabel Jumper
5. Baterai Lithium
6. Push Button
7. Switch Geser
8. Modul Charger tp4056
9. Step Down 5A XL 4005

Rangkaian ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor spektral AS7263, dan layar OLED yang berfungsi sebagai tampilan hasil analisis. ESP32 bertindak sebagai pusat pengolahan data, menerima informasi dari sensor, serta mengolahnya sebelum menampilkannya di layar OLED. Sensor AS7263 digunakan untuk mendeteksi tingkat keasaman buah dengan cara membaca panjang gelombang inframerah dekat (NIR) yang dipantulkan oleh permukaan buah tersebut. Data spektral yang diperoleh kemudian dikirim ke ESP32 melalui jalur komunikasi serial

dua kabel (SCL dan SDA), yang menghubungkan sensor spektral AS7263 dan layar OLED ke mikrokontroler ESP 32.



Gambar 3.3 Rangkaian Skematik

3.5 Perancangan Mekanik



Gambar 3.4 Perancangan Mekanik

Pada perancangan mekanik pada alat penelitian ini dirancang dengan desain yang mudah untuk dibawa oleh konsumen, pada tampilan gambar terdapat tampilan.

1. Tombol Power
2. Terdapat tombol power disudut atas akan digunakan untuk menjalankan alat ini.
3. Oled
4. Oled akan digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran pada objek buah jeruk.

5. Tempat Meletakkan Objek
6. Pada tampilan ini, terdapat lubang yang berfungsi sebagai tempat keluarnya cahaya, lengkap dengan selongsong di sekitarnya. Selongsong ini dirancang untuk melindungi cahaya agar tidak terganggu oleh sumber cahaya dari luar saat kita mengukur buah.
7. Push Button
8. Terdapat Push Button dibagian bawah yang akan digunakan untuk melakukan perintah pengukuran pada buah.
9. Switch Geser
10. Berguna untuk memilih buah yang akan diukur.

3.6 Metode Pemilahan Sensorik Berbasis Pengalaman

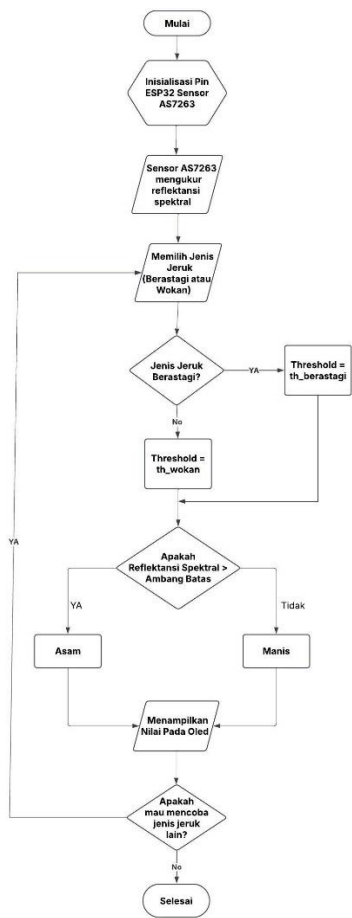
Metode pemilahan sensorik yang berbasis pengalaman merupakan suatu proses untuk menentukan ambang batas yang didasarkan pada pengalaman manusia dalam menilai kematangan buah jeruk, dengan parameter utama berupa rasa asam dan manis. Metode ini sangat penting dalam menetapkan ambang batas reflektansi yang akan digunakan untuk penilaian tersebut. Nilai ambang batas ini diperoleh dari data pengukuran yang diambil dari berbagai sampel buah jeruk, yang sebelumnya telah diuji dan diklasifikasikan secara sensorik oleh panelis manusia.

Dengan demikian, sistem ini memanfaatkan pengetahuan dan pengalaman manusia sebagai landasan dalam menetapkan ambang batas reflektansi, sehingga keputusan yang diambil oleh ESP32 mencerminkan standar sensorik manusia. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi kematangan buah jeruk dengan akurasi dan otomatisasi yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses seleksi buah. Setelah kategori kematangan buah ditentukan, informasi ini akan ditampilkan pada layar OLED, memberikan hasil analisis secara langsung kepada pengguna.

3.7 Flowchart Cara Kerja

Berikut adalah flowchart yang menggambarkan cara kerja penelitian yang akan saya lakukan. Flowchart ini berfungsi untuk

memberikan gambaran mengenai alur dari satu proses ke proses lainnya.



Gambar 3.5 Flowchart Cara Kerja

Pada diagram alur Cara Kerja yang telah disebutkan, langkah pertama dimulai Proses dimulai dengan menginisialisasi pin pada ESP32 serta sensor AS7263, yang akan digunakan untuk mengukur reflektansi spektral dari jeruk yang sedang diuji. Setelah mendapatkan

data dari sensor, langkah selanjutnya adalah menormalkan data tersebut agar hasilnya lebih akurat.

Kemudian, sistem akan mengidentifikasi jenis jeruk yang diuji, apakah termasuk dalam kategori jeruk Berastagi atau Wokan. Berdasarkan identifikasi ini, sistem akan menetapkan ambang batas reflektansi spektral yang sesuai: $th_berastagi$ untuk jeruk Berastagi dan th_wokan untuk jeruk Wokan. Setelah ambang batas ditetapkan, nilai reflektansi spektral yang telah diukur akan dibandingkan dengan ambang batas tersebut. Jika nilai reflektansi spektral lebih besar dari ambang batas, jeruk tersebut akan dikategorikan sebagai asam. Sebaliknya, jika nilainya lebih kecil atau sama dengan ambang batas, jeruk tersebut akan dikategorikan sebagai manis.

Hasil klasifikasi ini kemudian ditampilkan pada layar OLED. Selanjutnya, sistem akan menanyakan kepada pengguna apakah mereka ingin mencoba jenis jeruk lainnya. Jika pengguna memilih untuk melanjutkan dengan jenis jeruk lain, proses akan kembali ke tahap pemilihan jenis jeruk. Namun, jika tidak ada pengujian tambahan, proses akan selesai. Flowchart yang ada menggambarkan sistem otomatis yang mampu mengklasifikasikan rasa jeruk berdasarkan reflektansi spektralnya secara efisien, informasi mengenai tingkat kematangan buah dalam format teks sederhana, seperti "Buah Asam" atau "Buah Manis".

3.8 Metode Pengujian

a. Metode Pengujian Sensorik Berbasis Pengalaman

Metode pemilihan sensorik yang berbasis pengalaman merupakan suatu proses untuk menentukan ambang batas yang didasarkan pada pengalaman manusia dalam menilai kematangan buah jeruk, dengan parameter utama berupa rasa asam dan manis. Metode ini sangat penting dalam menetapkan ambang batas reflektansi yang akan digunakan untuk penilaian tersebut. Nilai ambang batas ini diperoleh dari data pengukuran yang diambil dari berbagai sampel buah jeruk, yang sebelumnya telah diuji dan diklasifikasikan secara sensorik oleh panelis manusia.

Dengan demikian, sistem ini memanfaatkan pengetahuan dan pengalaman manusia sebagai landasan dalam menetapkan

ambang batas reflektansi, sehingga keputusan yang diambil oleh ESP32 mencerminkan standar sensorik manusia. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi kematangan buah jeruk dengan akurasi dan otomatisasi yang tinggi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses seleksi buah. Setelah kategori kematangan buah ditentukan, informasi ini akan ditampilkan pada layar OLED, memberikan hasil analisis secara langsung kepada pengguna.

b. Metode Pengujian Non-Destruktif.

Metode ini memanfaatkan sensor spektral AS7263 untuk mengukur reflektansi cahaya inframerah dekat (NIR) yang dipantulkan oleh permukaan buah jeruk. Keunggulan dari pengujian ini adalah sifatnya yang non-destruktif, sehingga tingkat kematangan buah dapat dianalisis tanpa merusak struktur fisiknya. Sensor AS7263 berfungsi dengan mendeteksi intensitas cahaya yang dipantulkan pada panjang gelombang tertentu.

Proses pengujian dimulai dengan mengarahkan sensor ke permukaan buah jeruk untuk membaca pantulan spektrum cahaya. Data reflektansi yang diperoleh kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP32 melalui komunikasi serial dua kabel. Mikrokontroler tersebut membandingkan data reflektansi yang diterima dengan ambang batas yang telah ditentukan berdasarkan hasil uji sensorik sebelumnya. Jika nilai reflektansi yang terdeteksi lebih tinggi dari ambang batas, buah akan dikategorikan sebagai asam. Sebaliknya, jika nilai tersebut lebih rendah atau sesuai dengan ambang batas, buah tersebut dianggap manis. Dengan demikian, metode ini menawarkan kecepatan dan efisiensi dalam menentukan kematangan buah tanpa perlu memotong atau merusaknya.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini menguraikan hasil dari pengujian serta analisis data yang diperoleh dari Alat Deteksi Kematangan Buah Jeruk Wokan dan Berastagi yang menggunakan Sensor Spektral AS7263 serta ESP32, dengan tujuan memastikan alat ini berfungsi sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Pengujian dilakukan dengan mengumpulkan data spektral dari buah jeruk wokan dan jeruk berastagi pada jarak 0 cm, 1 cm, dan 2 cm. Data tersebut kemudian dianalisis untuk menentukan nilai ambang yang akan digunakan sebagai dasar dalam pendeteksian kematangan buah secara otomatis. Pada bab ini juga dievaluasi kinerja nilai ambang batas yang telah ditentukan dengan melakukan pengujian 10 responden untuk menentukan tingkat kematangan buah jeruk.

4.1 Pengambilan Data Ambang Batas

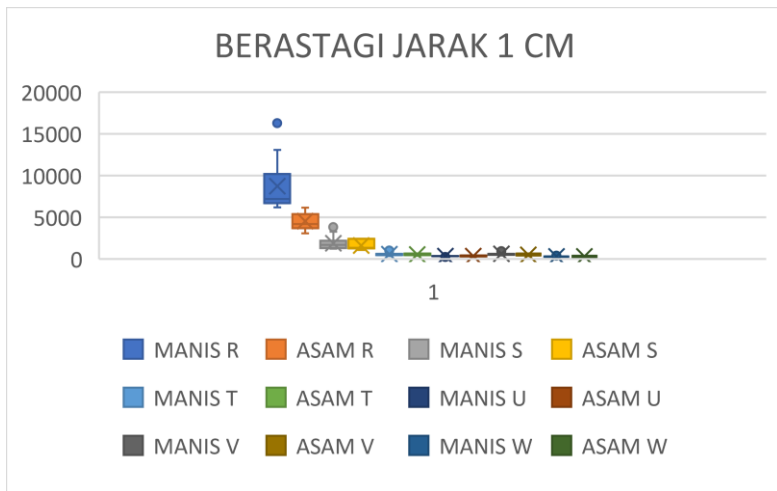
Data ambang batas diambil dengan cara membaca nilai intensitas spektral dari beberapa sampel buah pada masing-masing jarak. Setiap jenis jeruk diuji sebanyak dari beberapa jarak yang berbeda baik antara 0, 1, 2 untuk mendapatkan data yang paling signifikan. Hasil pengambilan data kemudian dicatat dalam tabel dan grafik sebagai data asam atau manis pada jarak yang berbeda beda, baik jeruk berastagi maupun wokan.

Berdasarkan grafik yang telah di hasilkan pada pengujian buah jarak 0, 1, 2 kondisi asam maupun manis dapat dilihat bahwa kanal R memiliki pengaruh yang cukup signifikan dibandingkan kanal lainnya (s, t, u, v, w) dan pada jarak 1 cm nilai spektral yang dihasilkan tidak tumpang tindih antara kondisi jeruk asam atau manis pada jeruk.

4.2 Penentuan Ambang Batas

Berdasarkan pengambilan data ambang batas yang telah dilakukan, dapat dilihat pada grafik pengambilan data ambang batas. Dimana setiap jenis jeruk diuji dengan cara mengukur intensitas pantulan cahaya pada beberapa kanal, yaitu R, S, T, U, V, dan W, serta pada tiga jarak pengukuran, yaitu 0 cm, 1 cm, dan 2 cm. Dari hasil

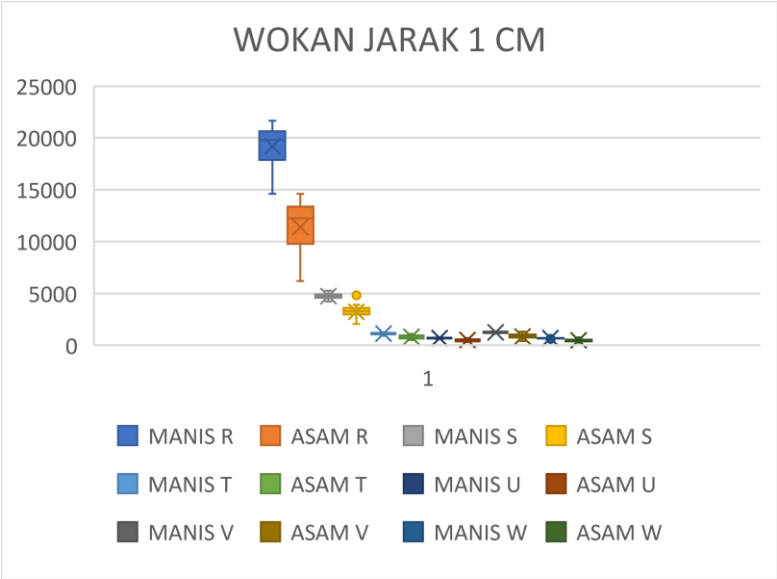
pengamatan berdasarkan grafik pengambilan data ambang batas terhadap ketiga jenis jeruk tersebut, terlihat bahwa kanal R pada jarak 1 cm menunjukkan perbedaan yang paling konsisten dan signifikan antara sampel jeruk dengan rasa manis dan asam. Untuk jeruk Berastagi dan wokan nilai kanal R pada jarak 1 cm menunjukkan perbedaan yang jelas, di mana sampel yang memiliki rasa manis memiliki nilai intensitas yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang memiliki rasa asam.



Gambar 4.1 Grafik Ambang Batas Jeruk Berastagi

Menggunakan hasil analisis grafik boxplot nilai spektral kanal R, kisaran nilai spektral buah manis (MANIS R) di Berastagi adalah antara 6.000 hingga 16.000, dengan sebagian besar data terdistribusi pada rentang 7.000 hingga 10.000. Bagi buah asam (ASAM R), nilai spektralnya lebih rendah, yaitu sekitar 3.000 hingga 6.000, dengan sebagian besar data terdistribusi pada rentang 4.000 hingga 5.000. Kedua kategori buah ini memiliki nilai minimum dan maksimum yang cukup dekat, namun analisis grafik menunjukkan perbedaan yang cukup jelas untuk membatasi batas akurat. Dari hasil analisis grafik, batas nilai spektral kanal R ditetapkan sebesar 6.500. Buah dengan nilai spektral kanal R yang lebih dari 6.500 akan dikategorikan sebagai manis, sedangkan buah dengan nilai kurang dari atau sama dengan

6.500 dikategorikan sebagai asam. Penentuan batas ini dilakukan berdasarkan kecenderungan distribusi nilai pada grafik untuk mengurangi kemungkinan kesalahan klasifikasi.



Gambar 4.2 Grafik Ambang Batas Jeruk Wokan

Menggunakan hasil analisis grafik boxplot nilai spektral channel R, kisaran nilai spektral buah manis (MANIS R) cenderung lebih tinggi, dengan sebagian besar data terdistribusi pada rentang 15.000 hingga 22.000, sedangkan buah asam (ASAM R) memiliki nilai spektral lebih rendah, sekitar 7.000 hingga 15.000. Meskipun rentang nilai spektral kedua kategori ini memiliki batas bawah dan atas yang berdekatan, perbedaan distribusi pada grafik memungkinkan penentuan ambang batas yang memisahkan keduanya dengan lebih optimal. Ambang batas kanal R ditetapkan sebesar 14.000, sehingga buah dengan nilai spektral kanal R di atas 14.000 dikategorikan sebagai manis, sedangkan buah dengan nilai spektral kanal R kurang dari atau sama dengan 14.000 dikategorikan sebagai asam. Penetapan ambang batas ini didasarkan pada kecenderungan distribusi nilai pada grafik untuk meminimalkan kesalahan klasifikasi.

Alasan lain yang mendasari pemilihan jarak 1 cm adalah faktor teknis dalam proses pengambilan data. Pengukuran pada jarak 0 cm, yaitu ketika sensor ditempel langsung ke permukaan objek, cenderung menghasilkan pantulan cahaya yang langsung dan bisa menyebabkan data tidak stabil serta terpengaruh oleh gangguan eksternal seperti refleksi langsung dari sensor itu sendiri. Sementara itu, pada jarak 1 cm, sensor menerima pantulan cahaya yang lebih merata, sehingga data yang dihasilkan lebih stabil dari permukaan jeruk. Hal ini terlihat dari data yang lebih konsisten dan rapi pada jarak 1 cm dibandingkan dengan data pada jarak 0 cm. Sedangkan pada jarak 2 cm, tidak ada perbedaan yang signifikan antara kategori asam dan manis, sehingga data mengalami tumpang tindih.

Dengan mempertimbangkan hasil data, pola yang konsisten antara rasa manis dan asam, serta kestabilan dalam proses pengukuran, maka kanal **R pada jarak 1 cm** dipilih sebagai dasar untuk menentukan ambang batas klasifikasi rasa jeruk. kanal ini menunjukkan perbedaan nilai yang paling jelas antara rasa manis dan asam, sehingga memudahkan proses identifikasi. Oleh karena itu, pilihan ini dianggap paling tepat berdasarkan data dan kondisi teknis yang ada.

4.3 Pengujian Ambang Batas Kematangan Buah

Pengujian ambang batas kematangan buah dilakukan untuk menentukan nilai tertentu yang berfungsi sebagai dasar dalam membedakan tingkat kematangan buah jeruk woka dan berastagi. Proses penentuan nilai ambang batas ini sangat penting agar perangkat dapat mengenali tingkat kematangan buah secara tepat dan konsisten, sesuai dengan hasil yang didapat dari sensor spektral AS7263.

```

Serial.println(R);
String status = "";
if (jenisBuah == "Brastagi") {
    if (R <= 6500) {
        status = "Jeruk Asam";
    } else if (R > 6500){
        status = "Jeruk Manis";
    }
}
else if (jenisBuah == "Wokan") {
    if (R <=14000) {
        status = "Jeruk Asam";
    }
    else if (R > 14000){
        status = "Jeruk Manis";
    }
}
}

```

Pada tahap pengujian ambang batas kematangan buah, program ini digunakan untuk membandingkan nilai yang dibaca oleh sensor spektral AS7263 dengan ambang batas yang sudah ditentukan sebelumnya. Awalnya, program menampilkan nilai kanal R menggunakan perintah `Serial.println(R)`, karena nilai tersebut bertindak sebagai acuan dalam mendeteksi kematangan buah. Variabel status disediakan untuk menyimpan hasil deteksi dalam bentuk kategori, yaitu Jeruk Asam atau Jeruk Manis. Kemudian, program melakukan percabangan kondisi dengan menggunakan perintah `if` berdasarkan jenis buah yang dipilih, yaitu Jeruk Brastagi atau Jeruk Wokan.

Jika nilai kanal R lebih dari 6.500 akan dikategorikan sebagai manis, sedangkan buah dengan nilai kurang dari atau sama dengan 6.500 dikategorikan sebagai asam pada jeruk berastagi. Sementara itu, untuk Jeruk Wokan, ambang batasnya diatur nilai spektral kanal R di atas 14.000 dikategorikan sebagai manis, sedangkan buah dengan nilai spektral kanal R kurang dari atau sama dengan 14.000 dikategorikan sebagai asam

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian Ambang Batas Jeruk Berastagi

DATA PENGUJIAN ALAT (JERUK BERASTAGI)		
Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
1	15580	MANIS
2	14873	MANIS
3	9124	MANIS
4	7113	MANIS
5	11241	MANIS
6	13254	MANIS
7	15489	MANIS
8	12477	MANIS
9	19092	MANIS
10	16383	MANIS
11	9619	MANIS
12	12599	MANIS
13	15556	MANIS
14	18835	MANIS
15	18357	MANIS
16	17740	MANIS
17	11253	MANIS
18	11187	MANIS
19	16066	MANIS
20	15997	MANIS

DATA PENGUJIAN ALAT (JERUK BERASTAGI)		
Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
21	3066	ASAM
22	5841	ASAM

Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
23	5716	ASAM
24	3113	ASAM
25	2966	ASAM
26	2637	ASAM
27	3265	ASAM
28	3602	ASAM
29	5769	ASAM
30	4834	ASAM

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Ambang Batas Jeruk Wokan

DATA PENGUJIAN ALAT (JERUK WOKAN)		
Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
1	16440	MANIS
2	14549	MANIS
3	17782	MANIS
4	20902	MANIS
5	15004	MANIS
6	14675	MANIS
7	15106	MANIS
8	18547	MANIS
9	19376	MANIS
10	14997	MANIS
11	14236	MANIS
12	17933	MANIS
13	15565	MANIS
14	16705	MANIS
15	15056	MANIS
16	12100	ASAM

Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
17	17049	MANIS
18	15859	MANIS
19	18038	MANIS
20	19185	MANIS

DATA PENGUJIAN ALAT (JERUK WOKAN)		
Pengujian	Nilai R	Hasil Tampilan Oled
21	13761	ASAM
22	5883	ASAM
23	8856	ASAM
24	17261	MANIS
25	19040	MANIS
26	6134	ASAM
27	9774	ASAM
28	16090	MANIS
29	13873	ASAM
30	7419	ASAM

4.4 Hasil Klasifikasi Alat dan Validasi Manusia

Pada tahap ini, pengujian validasi dilakukan secara manual oleh para pencicip untuk memastikan bahwa batas kematangan buah yang ditentukan oleh sensor spektral benar-benar sesuai dengan rasa buah secara nyata. Pengujian ini melibatkan sepuluh orang pencicip yang sama untuk menentukan ambang batas dan bertugas kembali mengevaluasi rasa buah jeruk Brastagi dan Wokan secara langsung, lalu hasil penilaian mereka dibandingkan dengan hasil yang ditampilkan oleh sensor dan status yang dihasilkan oleh alat.

Tabel 4.3 Tabel Confusion Matrix Buah Berastagi

Hasil Klasifikasi Manusia Hasil Klasifikasi Alat	Manis	Asam
Manis	TP 20	FN 0
Asam	FP 0	TN 10

Untuk mengetahui seberapa baik alat dalam mengklasifikasi rasa buah secara benar, dilakukan evaluasi menggunakan metode confusion matrix. Dari hasil pengujian terhadap buah jeruk Berastagi, diperoleh angka *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN) yang digunakan untuk menghitung akurasi, spesifisitas, *Positive Predictive Value* (PPV), serta *Negative Predictive Value* (NPV). Berikut hasil perhitungannya:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{20 + 10}{30} = \frac{30}{30} = 1 \times 100 = 100\%$$

$$\text{Spesifitas} = \frac{TN}{TN + FP} = \frac{10}{10 + 0} = \frac{10}{10} = 1 \times 100 = 100\%$$

$$\text{NPV} = \frac{TN}{TN + FN} = \frac{10}{10 + 0} = \frac{10}{10} = 1 \times 100 = 100\%$$

$$\text{PPV} = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{20}{20 + 0} = \frac{20}{20} = 1 \times 100 = 100\%$$

Tabel 4.4 Tabel Confusion Matrix Buah wokan

Hasil Klasifikasi Manusia Hasil Klasifikasi Alat	Manis	Asam
Manis	TP 19	FN 3
Asam	FP 1	FN 7

Untuk mengetahui seberapa baik alat dalam mengklasifikasi rasa buah secara benar, dilakukan evaluasi menggunakan metode *confusion matrix*. Dari hasil pengujian terhadap buah jeruk Berastagi, diperoleh angka *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN) yang digunakan untuk menghitung akurasi, spesifisitas, *Positive Predictive Value* (PPV), serta *Negative Predictive Value* (NPV). Berikut hasil perhitungannya:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} = \frac{19 + 7}{30} = \frac{26}{30} = 0,86,66 \times 100 = 86,7\%$$

$$\text{Spesifitas} = \frac{TN}{TN + FP} = \frac{7}{7 + 1} = \frac{7}{8} = 0,875 \times 100 = 87,5\%$$

$$\text{NPV} = \frac{TN}{TN + FN} = \frac{7}{7 + 3} = \frac{7}{10} = 0,7 \times 100 = 70\%$$

$$\text{PPV} = \frac{TP}{TP + FP} = \frac{19}{19 + 1} = \frac{19}{20} = 0,95 \times 100 = 95\%$$

Dimana:

Akurasi: Akurasi alat dalam mengklasifikasikan rasa buah.

TP: *True Positive*, jumlah prediksi “manis” yang benar.

TN: *True Negative*, jumlah prediksi “asam” yang benar.

FP: *False Positive*, jumlah prediksi “manis” yang salah (seharusnya asam).

FN: *False Negative*, jumlah prediksi “asam” yang salah (seharusnya manis).

PPV: Nilai Prediktif Positif (*Positive Predictive Value*)

NPV: Nilai Prediktif Negatif (*Negative Predictive Value*)

Spesifisitas: Kemampuan alat mendeteksi kategori negatif (asam) dengan tepat.

4.5 Analisis Hasil Klasifikasi Alat dan Validasi Manusia

Untuk mengevaluasi bagaimana baiknya alat pendeteksi kematangan buah berdasarkan rasa (manis atau asam), digunakan metode confusion matrix. Evaluasi ini melibatkan empat hal utama, yaitu *True Positive* (TP), *True Negative* (TN), *False Positive* (FP), dan *False Negative* (FN). Dari empat hal ini, kemudian dihitung beberapa metrik evaluasi seperti akurasi, spesifisitas, *Positive Predictive Value* (PPV), dan *Negative Predictive Value* (NPV). Pada pengujian terhadap 30 kali pengujian jeruk Berastagi, alat menunjukkan hasil yang sangat bagus dengan nilai akurasi, spesifisitas, PPV, dan NPV masing-masing mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa semua klasifikasi rasa yang dilakukan alat sesuai dengan hasil uji yang dilakukan manusia, tanpa ada kesalahan sama sekali. Sementara itu, pada pengujian terhadap jeruk Wokan, dari 30 pengujian yang diuji, diperoleh nilai akurasi sebesar 86,7%, spesifisitas 87,5%, PPV 95%, dan NPV 70%. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa alat tetap bekerja dengan baik, meskipun masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi, khususnya dalam memprediksi rasa asam (*false negative*). Oleh karena itu, meskipun alat menunjukkan kinerja yang baik pada varietas Berastagi, pada varietas Wokan diperlukan pengecekan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalannya dalam membedakan rasa buah secara konsisten.

4.6 Implementasi dan Penggunaan Alat



(A)



(B)



(C) Jeruk Berastagi Asam



(D) Jeruk Berastagi Manis



(E) Jeruk Wokan Manis



(F) Jeruk Wokan Asam

Gambar 4.3 Tahapan Melakukan Pengukuran

Pada gambar 4.6.1 bagian A adalah hasil perancangan alat, dimana terdapat tombol ON/OFF untuk menghidupkan alat, disebelah kiri terdapat tombol push button untuk melanjutkan proses pengukuran buah dan disebelah kiri push button terdapat switch toggle untuk memilih buah dimana bagian atas jenis jeruk wokan dan bawah jenis jeruk berastagi. Pada bagian atas sebelah kanan terdapat tempat meletakkan buah untuk pengukuran sedangkan sebelah kirinya display oled untuk menghasilkan hasil pengukuran.

Pada gambar bagian B Layar OLED merupakan tampilan pada saat tombol ON dihidupkan dan menampilkan instruksi seperti “Letakkan buah pada wadah lalu tekan tombol ukur” serta menampilkan hasil dari pembacaan sensor seperti gambar selanjutnya. Pada saat kita akan menguji pengukuran jenis buah berbeda cukup pindahkan switch toggle lalu letakkan buah yang baru akan diuji.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah seluruh proses perancangan, pembuatan, pengujian, serta analisis data selesai dilaksanakan, dapat disimpulkan beberapa poin penting sebagai berikut:

1. Pada penelitian alat untuk mendeteksi kematangan buah jeruk berhasil dibuat dengan menggunakan sensor spektral AS7263 dan mikrokontroler ESP32. Alat ini mampu mendeteksi rasa buah jeruk apakah manis atau asam berdasarkan nilai ambang batas yang kemudian hasil deteksi ditampilkan pada oled secara cepat dan mudah dipahami yang memungkinkan konsumen mengetahui rasa jeruk tanpa merusak buah
2. Berdasarkan hasil pengambilan data spektral sensor AS7263 untuk penentuan ambang batas pada jarak 0, 1, 2 cm ditetapkan jarak 1 cm adalah pengukuran optimal antara sensor dengan permukaan buah jeruk. Pada jarak ini, data spektral yang dihasilkan stabil dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan tingkat kematangan buah dan nilai spektral yang dihasilkan lebih tinggi pada kondisi manis buah jeruk wokan dan berastagi.
3. Berdasarkan hasil pengambilan data spektral sensor AS7263 untuk penentuan ambang batas pada analisis setiap kanal yang ada pada sensor AS7263 ditetapkan menggunakan kanal R untuk pengukuran optimal karena mempunyai pengaruh yang signifikan dibandingkan dengan kanal lainnya.
4. Pada data hasil klasifikasi alat dan validasi manusia didapatkan data buah jeruk Berastagi, alat berhasil mengklasifikasikan rasa dengan akurasi, spesifisitas, PPV, dan NPV masing-masing sebesar 100%, menandakan tidak ditemukan kesalahan klasifikasi antara hasil alat dan pencicip manusia. Sedangkan pada buah jeruk Wokan, akurasi alat

tercatat sebesar 86,7%, dengan spesifisitas 87,5%, PPV 95%, dan NPV 70%.

5. Berdasarkan hasil pengujian, jeruk Berastagi menunjukkan kemampuan deteksi yang sama baiknya untuk rasa manis maupun asam, dengan akurasi, spesifisitas, PPV, dan NPV masing-masing sebesar 100%. Keberhasilan ini disebabkan oleh nilai intensitas spektral pada jeruk Berastagi yang memiliki perbedaan cukup jelas antara kelompok rasa manis dan asam, sehingga ambang batas klasifikasinya terbentuk dengan baik.
6. Pada jeruk Wokan, deteksi rasa manis lebih akurat dibandingkan rasa asam. Hal ini terlihat dari nilai PPV sebesar 95% yang menunjukkan bahwa sebagian besar sampel yang diprediksi manis memang benar manis, sedangkan nilai NPV hanya 70% mengindikasikan bahwa prediksi rasa asam masih terdapat kesalahan. Perbedaan ini terjadi karena distribusi nilai intensitas spektral pada jeruk Wokan untuk rasa asam cenderung tumpang tindih dengan rasa manis, dan juga terdapat kanal s yang cukup menunjukkan perbedaan tetapi belum masuk dalam penentuan ambang batas. Kondisi ini berpotensi mempengaruhi hasil klasifikasi rasa asam menjadi kurang presisi.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk penilaian berikutnya:

1. Pengujian alat sebaiknya diperluas dengan jumlah sampel jeruk yang lebih banyak agar ambang batas reflektansi spektral semakin akurat dan dapat diaplikasikan secara lebih luas.
2. Untuk meningkatkan akurasi, dapat dipertimbangkan penambahan algoritma pengolahan data yang lebih kompleks, seperti pemanfaatan machine learning, agar alat dapat belajar secara otomatis dari data-data baru dan memberikan hasil klasifikasi yang lebih presisi.
3. Untuk meningkatkan hasil deteksi, terutama pada jeruk Wokan, disarankan agar sistem memasukkan kanal S dari

sensor AS7263 ke dalam penentuan ambang batas. Kanal ini memungkinkan berpotensi membantu membedakan rasa asam yang nilainya sering tumpang tindih dengan manis, sehingga akurasi deteksi bisa lebih tinggi. Selain itu penyempurnaan nilai intensitas hasil klasifikasi juga diperlukan agar sistem lebih tahan terhadap perbedaan nilai spektral yang tipis antar rasa.

DAFTAR PUSTAKA

- AZIZI, A. (2017). KLASIFIKASI TINGKAT KEKERINGAN CHIPS UBI KAYU (*Manihot esculenta*) DENGAN ANALISIS CITRA DIGITAL MENGGUNAKAN PENDEKATAN ANALISIS WARNA DAN TEKSTUR.
- Geffroy, B., Roy, P. I., & Christophe. (2006). Review Organic light-emitting diode (OLED) technology: materials, devices and display technologies. *Polym Int* 55:572–582 (2006), 572-582.
- Helmy, Z., Suci, Y. T., & Sirai, S. (2023). DETEKSI CEPAT KUALITAS INTERNAL PRODUK PERTANIAN SECARA NON DESTRUKTIF DENGAN LOW COST NEAR INFRARED SPEKTROSCOPY (NIRS) (Review). *Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*, 4, 27-44.
- Megawaty Manurung, S. (2023). *ANALISIS KINERJA PERDAGANGAN JERUK* (Vol. 13). Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian.
- MONICA, D. (2024). PERANCANGAN SISTEM PENDETEKSI KEMATANGAN BUAH DENGAN SEGMENTASI WARNA BERBASIS MIKROKONTROLER MAPPI32 .
- NAFISAH, R. (2019). PENENTUAN TINGKAT KEMATANGAN BUAH STROBERI SECARA NON-DESTRUKTIF MENGGUNAKAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY (NIRS).
- NURRAHMAN, H. A. (2022). PENDUGAAN NILAI KEMANISAN DAN KEKERASAN BUAH.
- Rahmadini, F., Julianti, E., & Lubis, Z. (2020). WARNA KULIT DAN KOMPOSISI KIMIA BUAH ASAM GELUGUR (*Garcinia atroviridis* Griffith et Anders.) PADA TINGKAT KEMATANGAN YANG BERBEDA. *AGROINTEK: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 14, 270-277.

- RARARIZKY, V. (n.d.). PENGARUH TINGKAT KEMATANGAN BUAH DAN KONSENTRASI PENAMBAHAN ASAM SITRAT TERHADAP KARAKTERISTIK FISIK, KIMIA, DAN ORGANOLEPTIK JELLY JAMBU BIJI MERAH (*Psidium Guajava* Linn) .
- Suhandy, D. (210). PENENTUAN KANDUNGAN PADATAN TERLARUT BUAH JERUK BW SECARA TIDAK MERUSAK MENGGUNAKAN NEAR INFRARED SPECTROSCOPY. *AGRITECH*, 30.
- Sulistyo, S., Sudarmaji, A., Siswantoro, Margiwiyatno, A., Masrukhi, Mustofa, A., . . . Hidayat, H. (Agustus 2021). PORTABLE NEAR INFRARED SPECTROMETER DENGAN SENSOR AS7263 UNTUK PENDUGAAN SIFAT KIMIA JERUK SIAM (*CITRUS NOBILIS*) SECARA NON-DESTRUKTIF. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 22, 81-88.
- Winarto, Meinilwita , Y., & Diding , S. (2014). Penentuan Kadar Gula Buah Salak Secara Tidak Merusak Menggunakan Near Infrared (Nir) Spectroscopy dan Interval Partial Least Squares (Ipls) Regression. 6, 1-70.

LAMPIRAN

Codingan Program

```
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <splash.h>
#include <AS726X.h>
#include <Wire.h>

#define SDA_PIN 21
#define SCL_PIN 22
#define SWITCH_PIN 4
String jenisBuah = "";
int button=5;
int buttonState;
int counter=0;
int enable = 13;

float R;
float S;
float T;
float U;
float V;
float W;
float Temp;

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 64
#define OLED_RESET -1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);

AS726X sensor;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin(SDA_PIN, SCL_PIN);
  pinMode(SWITCH_PIN, INPUT);
  pinMode(button, INPUT);
  pinMode(enable, OUTPUT);
  display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C);
  display.clearDisplay();
  display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
  display.setTextSize(1);
  display.setCursor(0, 0);
  display.println("Memulai...");
  digitalWrite(enable, LOW);
  delay(500);
  digitalWrite(enable, HIGH);
  delay(500);
  display.display();
}
```

```

// I2C Scan
Serial.println("Scanning I2C devices...");
byte error, address;
int nDevices = 0;
for (address = 1; address < 127; address++) {
    Wire.beginTransmission(address);
    error = Wire.endTransmission();
    if (error == 0) {
        Serial.print("I2C device found at 0x");
        if (address < 16)
            Serial.print("0");
        Serial.print(address, HEX);
        Serial.println(" !");
        nDevices++;
    }
}
if (nDevices == 0) {
    Serial.println("No I2C devices found");
} else {
    Serial.println("I2C scan done");
}

// Inisialisasi Sensor
Serial.println("Inisialisasi sensor AS7263...");
if (!sensor.begin()) {
    Serial.println("Sensor tidak terdeteksi! Cek koneksi I2C.");
    display.println("Sensor ERROR!");
    display.display();
    while (1);
} else {
    Serial.println("Sensor Terdeteksi!");
}

sensor.setIntegrationTime(50);
sensor.enableBulb();
sensor.enableIndicator();
Serial.println("Sensor siap!");
display.clearDisplay();
display.setCursor(0, 0);
display.println("Sensor siap!");
display.display();

delay(1000); // Delay agar sensor siap
}

```

```

void loop() {
  // Baca switch Jenis Buah
  if (digitalRead(SWITCH_PIN) == HIGH) {
    jenisBuah = "Brastagi";
  } else {
    jenisBuah = "Wokan";
  }

  buttonState = digitalRead(button); //Baca Tombol Push On untuk Pengukuran
  if (buttonState == HIGH) {
    counter++;
    if (counter == 2) {
      counter=0;
    }
  }

  if (counter==0) {
    Serial.println("=====");
    Serial.println("Letakkan Buah Pada Wadah, Lalu tekan Tombol Ukur.");
    Serial.println("=====");
    Serial.println(" ");
    display.clearDisplay();
    display.setCursor(0, 0);
    display.setTextSize(1);
    display.println("Letakkan Buah Pada Wadah,");
    display.println("Dan Tekan Tombol Ukur.");
    display.display();
  }

  ,

  else if (counter==1) {
    display.clearDisplay();
    sensor.takeMeasurements();
    if (sensor.getVersion() == SENSORTYPE_AS7263) {
      R = sensor.getCalibratedR();
      S = sensor.getCalibratedS();
      T = sensor.getCalibratedT();
      U = sensor.getCalibratedU();
      V = sensor.getCalibratedV();
      W = sensor.getCalibratedW();
      Temp = sensor.getTemperature();
    }

    Serial.println(R);
    String status = "";
    if (jenisBuah == "Brastagi") {
      if (R > 3048 && R <= 6139) {
        status = "Jeruk Asam";
      } else if (R > 6167 && R < 16271) {
        status = "Jeruk Manis";
      }
    }
    else if (jenisBuah == "Wokan") {
      if (R > 6209 && R < 14598) {
        status = "Jeruk Asam";
      }
      else if (R > 14615 && R < 21661) {
        status = "Jeruk Manis";
      }
    }
  }
}

```

```
}  
  Serial.println("Status: " + status);  
  Serial.println("=====");  
  Serial.println(" ");  
  display.setCursor(0, 0);  
  display.setTextSize(1);  
  display.println("Buah: " + jenisBuah);  
  display.printf("R: %.0f\n", R);  
  display.printf("Temp: %.1fC\n", Temp);  
  display.println("Status:");  
  display.println(status);  
  display.display();  
}  
  
delay(1000);  
}
```

Tabel Pengambilan Data Ambang Batas

Berastagi Manis

BERASTAGI							
	R	S	T	U	V	W	0 cm
1	10572,99	2859,16	705,52	421,45	671,94	380,71	Manis
2	16410,63	3393,81	950,42	565,67	860,98	585,71	Manis
3	12513,21	3245,81	846,62	498,31	723,01	441,62	Manis
4	10596,05	3007,48	734,71	443,9	679,11	398,28	Manis
5	10101,47	2939,47	726	429,22	671,94	372,51	Manis
6	9795,65	2803,75	712	419,72	637	360,8	Manis
7	15809,16	4099,43	1002,32	589,86	1034,79	583,37	Manis
8	11304,21	3100,1	799,58	460,31	722,11	398,28	Manis
9	10124,31	2847,68	729,03	422,31	654,92	361,97	Manis
10	9686,55	2721,48	700,65	407,63	618,18	347,91	Manis
11	11483,68	3050,76	779,31	473,27	740,93	427,57	Manis
12	10756,1	2829,33	729,08	442,31	715,84	392,42	Manis
13	9001,41	2489,72	663,35	386,04	576,08	324,48	Manis
14	8925,01	2471,36	656,86	381,72	572,49	320,97	Manis
15	10465,06	3054,2	793,91	467,22	713,15	380,71	Manis

	R	S	T	U	V	W	1 cm
1	6167,48	1208,14	446,02	306,59	420,19	230,77	Manis
2	6384,54	1310,26	540,9	351,5	498,13	272,94	Manis
3	6486,4	1276,98	540,9	346,31	483,8	261,23	Manis
4	6667,08	1306,81	523,87	330,77	477,53	246	Manis
5	6716,8	1344,68	528,73	335,95	484,69	251,85	Manis
6	6804,11	1334,01	510,16	322,13	495,44	253,03	Manis
7	7172,75	2190,26	487,37	335,95	527,7	296,37	Manis

	R	S	T	U	V	W	1 CM
8	7235,81	2186,82	463,86	321,27	567,12	301,05	Manis
9	16271,17	3816,03	994,21	611,45	1067,94	595,08	Manis
10	10186,56	3261,87	667,4	418,06	923,69	380,71	Manis
11	11212,05	2091,59	646,32	386,9	650,44	351,42	Manis
12	13061,32	1889,66	612,16	353,22	620,87	297,54	Manis
13	9915,74	1704,94	536,03	327,31	555,47	296,37	Manis
14	9374,9	1676,26	466,29	285	614,6	278,8	Manis
15	7136,19	1398,39	324,38	240,95	434,52	281,14	Manis

	R	S	T	U	V	W	2 cm
1	2854,55	735,44	171,11	124,36	225,77	135,88	Manis
2	2679,93	746,91	162,19	120,04	221,29	133,54	Manis
3	2683,57	761,83	167,05	125,23	218,6	140,57	Manis
4	897,35	250,12	64,88	42,32	68,99	43,34	Manis
5	31,53	14,92	8,11	8,64	8,96	11,71	Manis
6	445,04	343,05	36,49	41,45	62,71	62,09	Manis
7	867,04	548,43	60,01	64,77	104,82	96,06	Manis
8	1065,91	637,92	71,36	75,14	124,53	110,11	Manis
9	1161,71	688,4	76,23	79,45	135,28	117,14	Manis
10	1390,9	773,3	88,39	90,68	154,99	132,37	Manis
11	1743,77	858,21	107,04	106,23	174,7	152,28	Manis
12	2099,08	1039,48	125,7	121,77	217,71	172,2	Manis
13	2407,09	1142,74	141,91	133,86	243,69	188,6	Manis
14	2545,35	1192,08	149,21	139,91	256,23	195,63	Manis
15	2539,26	1190,93	149,21	139,91	255,34	195,63	Manis

Berastagi Asam

BERASTAGI							
	R	S	T	U	V	W	0 cm
1	8005,83	1808,2	776,07	456,86	544,72	296,37	Asam
2	766,23	1787,55	754,98	446,49	533,97	285,83	Asam
3	8142,86	1832,29	783,37	462,9	546,51	306,91	Asam
4	10680,91	2083,56	934,2	545,81	634,31	391,25	Asam
5	10374,12	2232,71	941,5	550,13	673,73	381,88	Asam
6	11746,82	2309,58	1013,67	589,86	680,9	421,71	Asam
7	12211,26	2552,82	1067,19	626,99	808,12	451	Asam
8	15740,04	3150,58	1244,79	724,58	1040,16	564,62	Asam
9	19119,66	4091,39	1393,19	830,81	1333,13	727,45	Asam
10	21050,18	4310,54	1424,82	856,72	1425,41	757,91	Asam
11	18444,22	3997,31	1220,46	734,94	1247,12	668,88	Asam
12	16535,53	3229,75	1204,24	707,31	997,16	6060,79	Asam
13	18560,63	4047,8	1287,77	766,9	1239,95	681,76	Asam
14	18547,29	3754,08	1154,78	683,13	1235,47	646,62	Asam
15	15841,9	2853,42	1010,43	585,54	985,51	543,54	Asam
16	18993,54	4005,34	1229,38	724,58	1256,98	679,42	Asam
17	18432,09	3538,38	1204,24	696,95	1185,3	631,39	Asam
18	18279,3	3981,25	1183,97	691,76	1270,41	653,65	Asam

	R	S	T	U	V	W	1 cm
1	5301,65	1208,14	446,02	306,59	420,19	230,77	Asam
2	6104	1310,26	540,9	351,5	498,13	272,94	Asam
3	6139,89	1276,98	540,9	346,31	483,8	261,23	Asam
4	3964,11	1306,81	523,87	330,77	477,53	246	Asam
5	3978,9	1344,68	528,73	335,95	484,69	251,85	Asam
6	5040	1334,01	514,06	322,13	495,44	253,03	Asam
7	5389,73	1497,27	533,6	353,22	519,63	284,65	Asam

	R	S	T	U	V	W	1 CM
8	4160,56	1076,2	379,52	266,86	340,45	234,28	Asam
9	5635,13	1247,15	470,34	316,95	464,98	235,45	Asam
10	5301,65	1208,14	446,02	306,59	420,19	230,77	Asam
11	3677,93	1594,79	457,37	290,18	417,5	238,97	Asam
12	3048,57	2408,25	636,59	406,77	627,14	353,77	Asam
13	3716,73	2402,52	635,78	405,9	627,14	353,77	Asam
14	3281,4	2404,67	635,78	405,9	627,14	353,77	Asam
15	3282,4	2400,22	634,96	405,04	626,25	353,77	Asam

	R	S	T	U	V	W	2 cm
1	3044,93	618,41	184,08	126,09	231,15	123	Asam
2	3311,71	561,05	194,63	122,63	224,88	111,28	Asam
3	2545,33	414,19	152,46	101,91	177,39	96,06	Asam
4	1989,94	408,45	125,7	86,36	176,05	85,51	Asam
5	2209,43	432,55	141,91	96,73	180,98	97,23	Asam
6	2271,27	471,55	146,78	101,04	190,83	101,91	Asam
7	2106,35	524,33	121,64	90,66	148,72	104,26	Asam
8	2387,68	518,6	133	89,82	171,12	99,57	Asam
9	2118,48	461,23	118,4	79,45	154,99	89,03	Asam
10	2289,46	596,61	135,43	101,04	176,5	108,94	Asam
11	2107,56	469,26	124,07	90,66	155,89	93,71	Asam
12	2381,62	589,73	138,67	101,04	189,04	105,43	Asam
13	2382,83	558,75	137,86	97,59	185,46	101,91	Asam
14	2220,34	551,87	123,26	91,54	187,25	99,57	Asam
15	1748,62	215,7	111,91	63,04	90,49	44,51	Asam

Wokan Manis

WOKAN							
	R	S	T	U	V	W	0 cm
1	15942,55	4806,18	1145,04	669,31	995,37	577,51	MANIS
2	15168,89	4743,08	1110,17	647,72	969,39	554,08	MANIS
3	15064,6	4548,03	1097,2	642,54	907,57	552,91	MANIS
4	13189,86	4183,18	1002,32	582,95	806,33	476,77	MANIS
5	11895,71	4015,67	926,09	542,36	762,43	442,8	MANIS
6	11990,56	3826,36	922,04	540,63	721,22	441,62	MANIS
7	10731,84	3750,64	968,26	549,27	792,89	393,6	MANIS
8	13225,03	3965,19	1020,97	617,49	810,81	508,39	MANIS
9	2670,23	1374,51	396,55	134,56	262,5	133,54	MANIS
10	11273,89	3257,28	929,33	530,27	687,17	404,14	MANIS
11	11849,9	3478,72	957,72	546,67	729,28	428,74	MANIS
12	1790,43	510,84	110,54	6,05	9,76	3,51	MANIS
13	3089,8	884,59	179,22	101,91	229,36	85,51	MANIS
14	84,88	5,74	3,24	1,73	2,69	1,17	MANIS
15	321,35	16,06	12,16	6,05	13,44	7,03	MANIS
16	175,83	13,77	6,49	3,45	8,33	3,51	MANIS
17	139,45	8,03	5,68	2,59	6,27	2,34	MANIS
18	18040,98	3928,47	873,38	506,08	963,11	401,8	MANIS

	R	S	T	U	V	W	1 cm
1	20374,74	4582,45	1167,75	710,76	1277,58	672,39	MANIS
2	20766,69	4642,11	1179,1	716,81	1295,5	682,94	MANIS
3	20584,53	4622,61	1175,86	715,08	1288,33	681,76	MANIS
4	20587,37	4662,71	1173,97	719,4	1299,98	688,79	MANIS
5	20955,59	4718,99	1186,4	721,13	1310,73	693,48	MANIS
6	20787,54	4670,8	1179,1	717,67	1299,98	688,79	MANIS
7	18415,12	4732,75	1103,69	688,31	1223,83	685,28	MANIS

	R	S	T	U	V	W	1 CM
8	14615,63	4897,97	1113,42	696,08	1351,05	775,48	MANIS
9	16074,73	4208,42	922,85	589,86	1114,52	640,76	MANIS
10	17596,59	4565,24	1018,54	639,08	1187,09	668,88	MANIS
11	17642,67	4544,59	1020,97	638,22	1189,78	671,22	MANIS
12	19369,87	4784,38	1063,14	664,99	1234,58	687,62	MANIS
13	17945,83	4575,57	1038,81	651,17	1183,51	672,39	MANIS
14	20200,12	5088,43	1170,18	720,26	1319,69	752,05	MANIS
15	21661,35	5267,41	1237,49	725,45	1320,59	715,74	MANIS
16	20322,6	5006,97	1178,29	692,63	1249,81	687,62	MANIS
17	19300,34	4901,41	1099,63	640,81	1236,37	620,85	MANIS
18	18024,82	4909,44	1142,61	685,81	1180,82	665,36	MANIS

	R	S	T	U	V	W	2
1	4611,66	1562,67	274,91	197,77	349,41	206,17	MANIS
2	4880,87	1468,59	290,32	202,95	350,3	196,8	MANIS
3	3896,21	1194,38	244,09	165,02	281,32	151,11	MANIS
4	6265,7	1435,32	354,38	227,13	377,18	215,54	MANIS
5	6651,32	1671,67	375,46	247	442,58	251,85	MANIS
6	6139,58	1441,05	360,06	230,59	387,93	234,28	MANIS
7	5877,66	1281,57	361,68	213,32	386,14	195,63	MANIS
8	5529,63	1207	346,27	191,72	364,64	160,48	MANIS
9	5459,3	1154,22	320,32	186,54	354,78	158,14	MANIS
10	4621,36	1125,54	286,26	169,27	324,42	139,4	MANIS
11	178,26	22,95	12,16	6,05	8,06	2,34	MANIS
12	187,96	17,21	14,6	6,05	7,17	2,34	MANIS
13	7532,91	1505,3	430,61	252,18	421,98	224,91	MANIS
14	11106,55	2269,43	582,25	335,95	680	318,63	MANIS
15	4086,59	958,02	269,23	157,18	258,92	139,4	MANIS

	R	S	T	U	V	W	2 CM
16	4610,45	937,37	300,05	162,36	265,19	124,17	MANIS
17	9559,22	1960,79	527,92	298,81	561,74	271,77	MANIS
18	6247,51	1356,15	396,55	221,09	352,99	165,17	MANIS

Wokan Asam

WOKAN							
	R	S	T	U	V	W	0 cm
1	15252,56	3953,71	985,29	588,99	971,18	545,88	ASAM
2	14304,28	3803,41	940,69	560,49	919,21	516,59	ASAM
3	12068,17	3315,8	835,27	498,31	768,7	435,77	ASAM
4	11979,65	3321,53	831,21	495,72	770,49	433,42	ASAM
5	10792,48	3226,3	782,56	468,09	725,7	388,91	ASAM
6	10833,71	2836,21	785	466,36	635,21	392,42	ASAM
7	10824	3431,68	771,2	468,95	683,59	400,62	ASAM
8	12526,55	3751,78	889,6	526,81	782,14	454,51	ASAM
9	11182,95	3436,27	802,02	480,18	703,3	407,65	ASAM
10	9952,12	2913,08	717,68	422,31	632,52	358,45	ASAM
11	10622,71	3014,05	765,53	447,36	659,4	378,37	ASAM
12	10113,2	2888,99	724,17	466,34	635,21	359,62	ASAM
13	8393,88	2559,7	613,08	361	527,7	302,23	ASAM
14	7732,99	2339,41	563,6	329,9	484,69	277,63	ASAM
15	11252,07	2731,8	802,02	477,58	560,85	411,17	ASAM
16	8841,34	2802,94	651,16	386,9	563,53	320,97	ASAM
17	9474,34	2887,84	701,46	412,81	585,93	346,74	ASAM
18	9114,59	2973,89	671,46	405,04	581,45	333,85	ASAM
19	72,76	2679,03	5,68	6,05	732,86	7,03	ASAM
20	92,16	19,5	4,87	4,32	6,27	3,51	ASAM
21	77,61	12,62	4,87	2,59	4,48	1,17	ASAM

	R	S	T	U	V	W	0 CM
22	7205,49	2413,99	526,3	316,24	465,88	271,77	ASAM
23	7092,72	2333,68	518,19	309,18	450,65	267,08	ASAM
24	7489,55	2464,47	542,52	326,45	477,53	284,05	ASAM
25	7941,56	2352,04	516,57	305,72	507,09	296,37	ASAM
26	8926,23	2560,85	563,6	329,04	570,7	324,48	ASAM
27	7806,96	2278,61	518,19	303,73	498,13	277,63	ASAM
28	9005,05	2679,03	574,95	365,19	590,41	336,2	ASAM
29	9220,9	2714,59	587,12	356,68	596,68	350,25	ASAM
30	4527,99	1379,1	304,1	181,26	286,69	172,2	ASAM

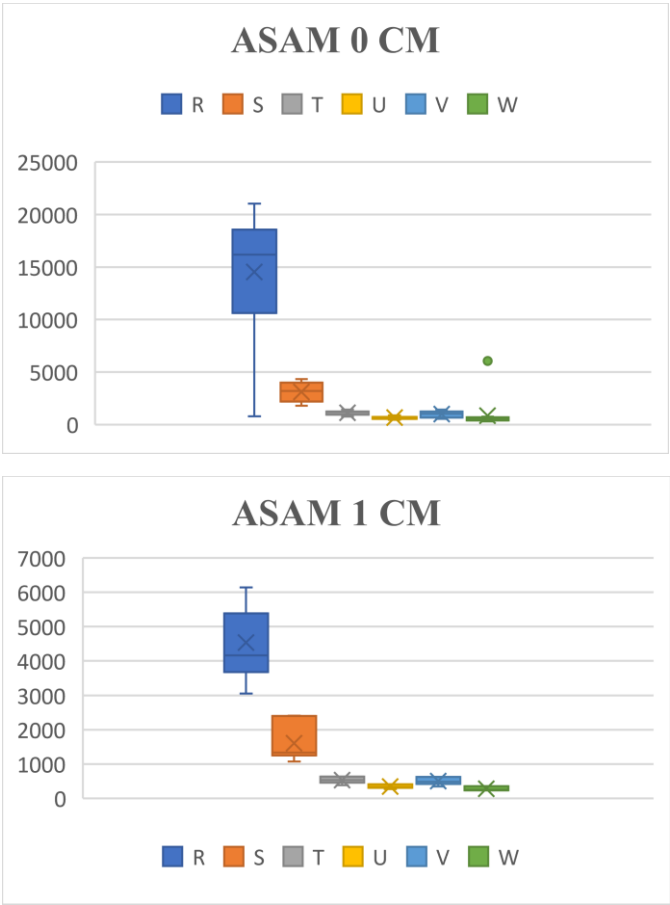
	R	S	T	U	V	W	1 cm
1	11996,63	3297,44	766,34	436,13	727,49	419,37	ASAM
2	13469,98	3520,02	831,21	474,99	806,33	477,94	ASAM
3	14374,13	3743,75	961,77	617,49	1001,64	551,74	ASAM
4	12267,04	3497,07	947,18	608,86	1055,39	570,48	ASAM
5	14386,73	3913,56	1030,7	627,86	1064,35	570,48	ASAM
6	10980,89	3199,92	948,8	565,67	999,85	525,97	ASAM
7	10790,05	3303,18	962,58	576,04	1021,35	538,85	ASAM
8	9302,9	3303,18	963,39	576,04	1021,35	538,85	ASAM
9	14597,73	3047,32	900,14	536,31	949,67	495,51	ASAM
10	13277,17	2950,94	882,3	525,08	902,19	484,97	ASAM
11	12258,56	3001,43	797,15	508,68	847,54	456,85	ASAM
12	12636,9	3816,03	897,71	554,45	957,74	508,39	ASAM
13	12918,23	3468,39	919,6	557,04	826,04	490,82	ASAM
14	12659,94	3497,07	900,95	546,67	822,45	482,62	ASAM
15	12613,86	3690,97	613,88	352,36	1078,69	354,94	ASAM
20	10239,51	3304,32	708,76	478,45	765,12	447,48	ASAM
25	14390,89	4817,66	1091,52	684,85	1311,63	742,68	ASAM

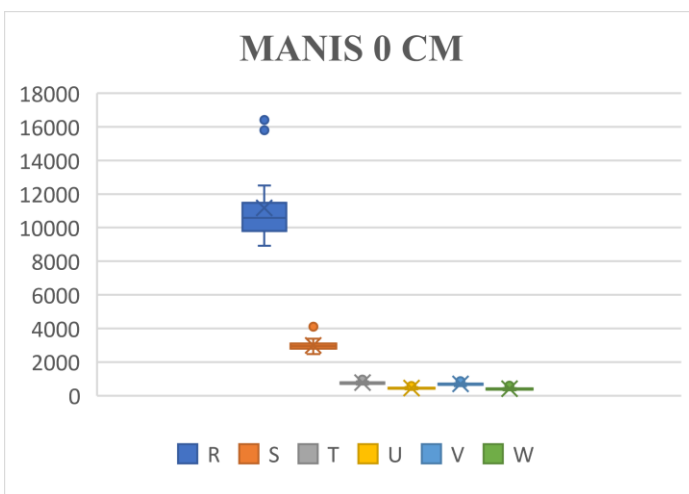
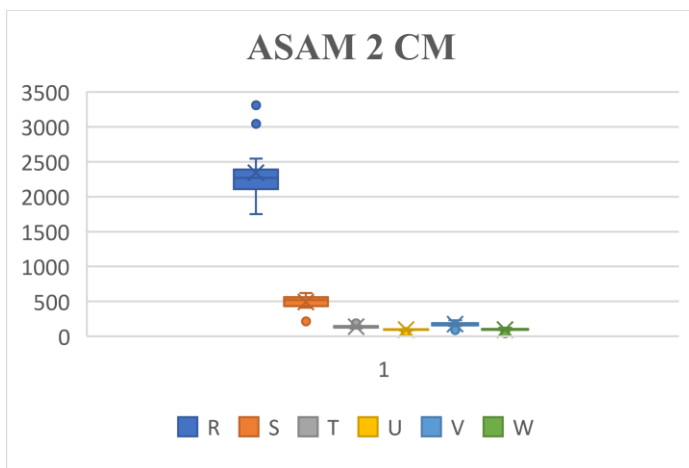
	R	S	T	U	V	W	1 CM
30	6209,92	2049,14	504,4	325,59	428,25	262,4	ASAM
35	6408,79	2084,71	515,76	330,77	439,9	269,43	ASAM
40	6578,56	2099,62	524,68	337,68	462,29	285,83	ASAM
45	6760,46	2081,26	529,54	340,27	463,19	297,54	ASAM

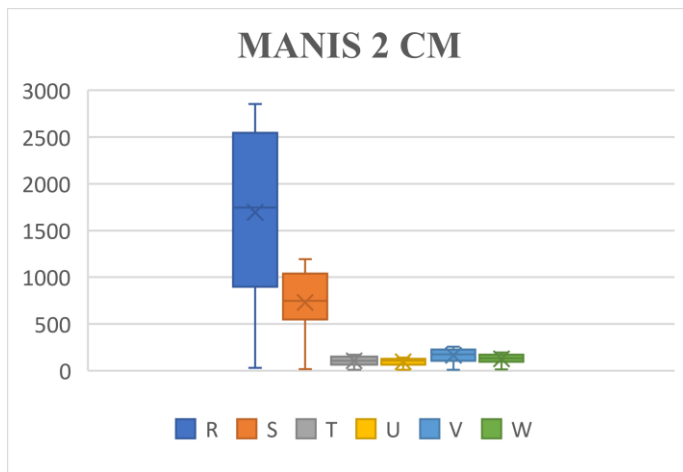
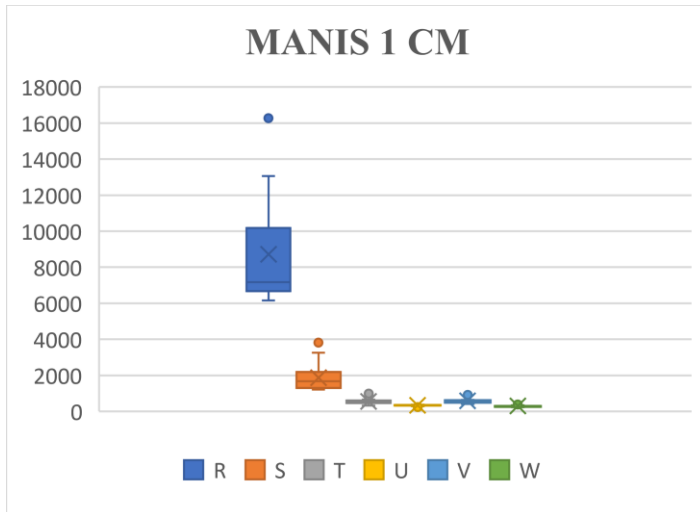
	R	S	T	U	V	W	2
	12599,31	3022,08	671,46	400,72	857,4	400,62	ASAM
1	12668,51	2595,27	660,91	389,49	773,18	397,11	ASAM
2	12465,92	2670,99	647,94	386,04	778,55	398,28	ASAM
3	12891,55	2541,35	665,81	397,27	762,43	404,14	ASAM
4	13674,92	2832,77	717,68	424,04	837,68	426,4	ASAM
5	14809,55	2906,18	769,58	451,62	872,63	436,94	ASAM
6	17265,54	3234,34	865,27	499,18	973,86	486,14	ASAM
7	17597,8	3537,23	906,63	525,95	1034,79	510,74	ASAM
8	17692,38	3559,19	916,36	531,99	1051,81	516,59	ASAM
9	14398,86	2828,18	769,58	432,68	844,85	408,82	ASAM
10	5663,02	1368,77	289,5	157,18	439,9	145,26	ASAM
11	5784,28	1655,6	428,18	272,91	395,1	231,94	ASAM
12	6194,15	1899,99	454,94	293,63	440,79	256,54	ASAM
13	15218,6	3214,83	785,8	495,72	1056,29	593,91	ASAM
14	15182,22	3202,21	782,56	493,99	1053,6	592,74	ASAM
15	15153,12	3189,59	780,93	492,27	1051,81	591,57	ASAM
16	15115,53	3176,97	778,5	490,54	1048,23	589,22	ASAM
17	15079,15	3166,64	776,07	488,81	1046,43	588,05	ASAM
18	15054,25	3156,32	773,63	487,08	1043,75	586,88	ASAM
19	14676,55	3035,85	749,31	469,81	1016,87	570,48	ASAM
20	14647,45	3028,96	747,68	468,08	1015,08	568,14	ASAM
21	14618,35	3018,64	746,06	467,22	1013,29	566,97	ASAM

	R	S	T	U	V	W	2 CM
22	14585,61	3001,33	743,63	465,49	1010,6	565,79	ASAM
23	14556,5	3001,43	742,06	463,77	1008,81	564,62	ASAM
24	14532,25	2992,25	740,39	463,77	1007,01	563,45	ASAM

Pengambilan Data Ambang Batas Jeruk Berastagi







Grafik Pengambilan Data Ambang Batas Jeruk Wokan

