

**PENDETEKSI BUAH MANGGA MENTAH, MATANG DAN
BUSUK BESERTA PENGHITUNG BERAT BERBASIS
MIKROKONTROLER**

PROYEK AKHIR

Laporan ini dibuat dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
kelulusan Sarjana Terapan/ Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung



Disusun Oleh:

ILHAM FADILLAH

NPM : 0032213

KIKI PATRISIA RAHMADHANI

NPM : 0032214

**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI
BANGKA BELITUNG
TAHUN 2025**

LEMBAR PENGESAHAN

PENDETEKSI BUAH MANGGA MENTAH, MATANG DAN BUSUK BESERTA PENGHITUNG BERAT BERBASIS MIKROKONTROLER

Oleh :

1. Ilham Fadillah

NPM : 0032213

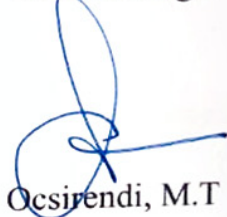
2. Kiki Patrisia Rahmadhani

NPM : 0032214

Laporan akhir ini telah disetujui dan disahkan sebagai salah satu syarat kelulusan program sarjana Terapan/Diploma III Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

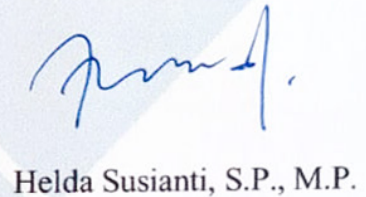
Menyetujui,

Pembimbing 1



Ocsirendi, M.T

Pembimbing 2



Helda Susianti, S.P., M.P.

Penguji 1



Aan Febriansyah, M.T

Penguji 2



Ali Rizki Maulana, S.Pi., M.Pi.

PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT

Yang bertanya tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa 1 : Ilham Fadillah NIM :0032213

Nama Mahasiswa 2 : Kiki Patrisia Rahmadhani NIM :0032214

Dengan Judul :PENDETEKSI BUAH MANGGA MENTAH,
MATANG DAN BUSUK BERSERTA BERAT
BERBASIS MIKROKONTROLER

Menyatakan bahwa laporan akhir ini adalah hasil kerja sendiri dan bukan merupakan plagiat.pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya dan bila ternyata dikemudian hari ternyata melanggar pernyataan ini,kami bersedia menerima sanksi yang berlaku.

Sungailiat,25 April 2025

Nama Mahasiswa

Ilham Fadillah

Kiki Patrisia Rahmadhani

Tanda Tangan

(.....)

(.....)

ABSTRACT

Accurately determining the maturity level and weight of mango fruit is one of the important factors in the fruit distribution and sorting process in the agricultural sector. The manual process that has been used tends to be subjective, requires a long time, and is less efficient on a large scale. This research aims to design and implement a tool based on ATmega328P microcontroller that is able to detect the maturity level of mango fruit (unripe, ripe, and rotten) automatically using TCS3200 color sensor, and calculate the weight of the fruit in real-time using 20 kg Load cell sensor integrated with HX711 module. The system is equipped with a 20x4 LCD as a user interface to display the detection results directly. The test results show that the tool is able to identify the ripeness level and weight of the fruit with high accuracy and stable performance in a real environment. This tool shows great potential to be implemented in small to medium industries as an automation solution in a more efficient and consistent fruit sorting and distribution process.

Keywords: *Load cell, Manggo gedong gincu, Microcontroller, TCS3200 color sensor.*

ABSTRAK

Akurasi tingkat kematangan dan berat buah mangga merupakan salah satu faktor penting dalam proses distribusi dan penyortiran buah di sektor pertanian. Proses manual yang selama ini digunakan cenderung masih bersifat subyektif, membutuhkan waktu yang lama, dan kurang efisien dalam skala besar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat berbasis mikrokontroler ATmega328P yang mampu mendeteksi tingkat kematangan buah mangga (mentah, matang, dan busuk) secara otomatis menggunakan sensor warna TCS3200, dan menghitung berat buah secara real time menggunakan sensor *Load cell* 20 kg yang diintegrasikan dengan modul HX711. Sistem ini dilengkapi dengan LCD 20x4 sebagai interface pengguna untuk menampilkan hasil deteksi secara langsung. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat ini mampu mengidentifikasi tingkat kematangan dan berat buah dengan akurasi yang tinggi dan kinerja yang stabil pada lingkungan yang sebenarnya. Alat ini menunjukkan potensi yang besar untuk diimplementasikan pada industri kecil menengah sebagai solusi otomasi dalam proses penyortiran dan pendistribusian buah yang lebih efisien dan konsisten.

Kata kunci: *Load cell*, Mangga gedong gincu, Mikrokontroler, Sensor warna TCS3200

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas karunia dan limpahan rahmat-nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan proyek akhir yang berjudul ” **Pendeteksi buah mangga mentah,matang dan busuk beserta penghitung berat berbasis mikrokontroler** ”.Shalawat beserta salam selalu tersampaikan kepada nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia ke dunia yang damai,terang dan penuh dengan ilmu pengetahuan.Tujuan penulis membuat laporan proyek akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dan kewajiban mahasiswa untuk menyelesaikan kurikulum Program Diploma DIII Teknik Elektronika di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Dalam Pembuatan alat dan laporan proyek akhir ini, penulis membahas tentang penelitian yang penulis laksanakan selama pembuatan proyek akhir ini sesuai dengan intruksi dan arahan dari pembimbing yang dilakukan oleh penulis selama masa pembuatan proyek akhir berlangsung.

Pada kesempatan ini,penulis ucapkan terimakasih kepada pihak yang telah banyak membantu serta memberikan motivasi, saran dan kritik yang tentunya sangat diharapkan dalam pembuaan alat maupun menyelesaikan laporan proyek akhir ini. Berikut merupakan pihak-pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung diantaranya:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, semangat, dan doa sehingga laporan ini dapat terselesaikan dengan cepat.
2. Bapak I Made Andik Setiawan M.Eng., Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
3. Bapak Zanu Saputra, M.Tr.T., Kepala Jurusan Rekayasa Elektro dan Industri Pertanian Politeknik Manufaktur Negeri bangka Belitung.
4. Ibu Novitasari, M.Pd selaku Kepala Program Studi D-III Teknik Elektronika Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

5. Bapak Ocsirendi, M.T selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan waktu, tenaga dan masukan serta solusi dalam menyelesaikan Proyek akhir ini baik pembuatan alat maupun makalah.
6. Ibu Helda Susianti, SP, M.P selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan waktu, tenaga serta dan pemikiran dalam proses pembuatan alat maupun laporan proyek akhir ini.
7. Seluruh tenaga pendidik dan kependidikan Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Seluruh rekan-rekan kelas 3 EA yang telah banyak membantu dan kebersamai selama 3 tahun ini.
9. Seluruh pihak-pihak bersangkutan yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulisan berharap laporan proyek akhir ini memberikan manfaat dalam rangka menambah wawasan dan ilmu pengetahuan yang terdapat dalam proyek akhir ini. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan proyek akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan laporan penulis dimasa yang akan datang. Mudah-mudahan laporan proyek akhir ini dapat dipahami dan bermanfaat untuk semua orang khususnya bagi para pembaca laporan ini.

Wassaalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Sungailiat, 02 juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN BUKAN PLAGIAT	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 Buah Mangga.....	5
2.1.1 Mangga gedong gincu.....	5
2.2 Sensor Warna (RGB TCS3200)	6
2.3 Sensor Berat (<i>Load cell</i>) 20kg	7
2.4 Modul HX711.....	8
2.5 Mikrokontroler ATmega328P	9
2.6 <i>LCD (Liquid Crystal Display)</i>	10
BAB III METODE PELAKSANAAN	11
3.1 Studi Literatur.....	11
3.2 Perancangan Sistem.....	12
3.3 Perancangan dan perakitan Hardware	13
3.3.1 Desain konstruksi alat pendeteksi buah mangga.....	13
3.3.2 Perakitan Sistem Distribusi buah mangga	14

3.3.3 Desain Rangkaian Elektrik	14
3.4 Pengujian Hadware.....	15
3.5 Evaluasi dan Perbaikan.....	15
3.6 Pembuatan Laporan Proyek Akhir.....	16
BAB IV PEMBAHASAN.....	17
4.1 Deskripsi Alat	17
4.2 Proses kalibrasi dan pengujian Sensor Warna	18
4.2.1 Kalibrasi Sensor Warna TCS3200	18
4.2.2 Pengujian Sensor Warna TCS3200.....	21
4.3 Proses kalibrasi dan pengujian Sensor loadcell	23
4.3.1 Kalibrasi Sensor Loadcell.....	24
4.3.2 Pengujian Sensor Loadcell	27
4.4 Pengujian Keseluruhan sistem.....	28
BAB V PENUTUP.....	30
5.1 Kesimpulan.....	30
5.2 Saran.....	31
DAFTAR PUSAKA	32

DAFTAR TABEL

Tabel	HALAMAN
2.1 pemilihan filter photodiode pada Sensor Warna TCS3200.....	7
2.2 Spesifikasi loadcell	8
4.1 Data Pengujian Sensor Warna Hijau(Mangga Mentah)	21
4.2 Data Pengujian Sensor Warna Kuning(Mangga Matang).....	21
4.3 Data Pengujian Sensor Warna coklat(Mangga Busuk).....	22
4.4 Perbandingan loadcell dan Timbangan digital.....	26
4.5 Penguji keseluruhan system	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar	HALAMAN
2.1 Mangga Gedong gincu (monitor.co.id)	6
2.2 Sensor warna (www.edukasi elektronik a.com)	6
2.3 <i>Load cell</i> (www.electronic scomp .com)	8
2.4 Modul HX711 (www.pic-control .com)	9
2.5 Arduino Uno ATmega328P	9
2.6 Liquid Crystal Display(docs.cirkitdesigner .com)	10
3.1 Flowchat Metode Pelaksanaan	11
3.2 flowchat sistem kerja	12
3.3 Desain kontruksi alat pendeteksi buah mangga	13
3.4 Wiring Hardware	14
4. 1 Blok Diagram Alat	16
4.2 Rangkaian Skematik kalibrasi Sensor Warna	17
4.3 proses pendeteksian sensor warna	20
4.4 rangkaian Skematik Sensor loadcell	23

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Daftar Riwayat Hidup	33
Lampiran 2 : Program Keseluruhan	35



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi informasi tidak hanya mengalami kemajuan yang pesat dalam bidang ekonomi dan perdagangan, tetapi juga memegang peranan penting dan strategis dalam sektor pertanian dan perkebunan. Dalam industri pertanian, terutama pada proses pendistribusian hasil panen berupa buah-buahan, salah satu kendala utama yang sering dihadapi adalah penentuan tingkat kematangan buah secara tepat dan akurat. Ketidaktepatan dalam penentuan tersebut dapat memberikan dampak yang cukup besar terhadap kualitas produk yang dihasilkan, mengurangi daya tahan buah selama proses pendistribusian, serta menurunkan tingkat kepuasan konsumen. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan teknologi yang mampu meningkatkan ketepatan dan efisiensi dalam menentukan kematangan buah agar kualitas produk terjaga dengan baik serta konsumen memperoleh buah dengan mutu yang optimal.

Proses penyortiran buah-buahan saat ini masih banyak dilakukan secara manual oleh tenaga manusia, yang menyebabkan penilaian menjadi subjektif dan tidak konsisten, kegiatan ini dapat menimbulkan kejenuhan akibat pekerjaan yang berulang (Ramadhan & Aprilia, 2021). Di samping itu, proses penyortiran buah yang hingga kini masih dilaksanakan secara manual memerlukan waktu yang cenderung lebih lama dan keterlibatan banyak tenaga kerja untuk melakukan kegiatan yang bersifat berulang. Keadaan ini mengakibatkan rendahnya tingkat efisiensi kerja dan meningkatnya biaya operasional, terlebih apabila diterapkan pada lingkungan industri berskala besar. Menyikapi permasalahan tersebut, kemajuan teknologi otomasi memberikan peluang yang signifikan dalam mengatasi keterbatasan pendekatan konvensional melalui pengembangan sistem cerdas yang mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan tingkat kematangan buah secara otomatis. Inovasi ini tidak hanya dimaksudkan untuk mempercepat proses penyortiran, tetapi juga untuk menjamin konsistensi dan ketepatan hasil penyortiran buah secara menyeluruh.

Sistem ini dikembangkan dengan memanfaatkan berbagai jenis sensor, antara lain sensor warna RGB TCS3200 yang berfungsi untuk mengenali perubahan pigmen atau warna pada kulit buah sebagai indikator tingkat kematangan, sensor inframerah yang digunakan untuk mendeteksi dan menghitung jumlah buah yang terdeteksi oleh sistem secara otomatis, dan sensor berat (*Load cell*) yang berperan untuk mengukur massa setiap buah secara akurat guna mendukung proses klasifikasi yang sesuai dengan standar industri. *Load cell* merupakan salah satu komponen utama dalam sistem penimbangan digital yang telah banyak dikembangkan dalam berbagai penelitian. Beberapa studi telah mengkaji penggunaan *Load cell* dalam berbagai aplikasi, seperti pengukuran berat beras, indeks berat tubuh, serta sistem penimbangan digital berbasis mikrokontroler.

Sebagai solusi atas keterbatasan tersebut, penelitian ini mengusulkan alat **Pendeteksi Buah Mangga dalam kondisi mentah, matang, dan busuk serta penghitung berat berbasis mikrokontroler**. Alat ini tidak hanya mampu mengukur berat buah, tetapi juga dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan dan kerusakan buah secara otomatis berdasarkan kategori dan berat buah. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega328P sebagai unit kendali utama dan dilengkapi dengan layar LCD 20 x 4 untuk menampilkan hasil serta memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem dan memilih jenis buah.

Teknologi ini diharapkan dapat mengklasifikasikan buah ke dalam kategori mentah, matang, atau busuk secara lebih akurat serta memberikan informasi berat buah secara *real-time*. Implementasi alat ini tidak hanya berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi dalam industri pertanian dan perkebunan, tetapi juga membantu dalam mengurangi limbah makanan akibat distribusi buah yang tidak layak konsumsi. Dengan demikian, penelitian dan pengembangan sistem ini menjadi langkah strategis dalam mendukung sistem pertanian modern yang lebih cerdas, efisien, dan berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa masalah yang perlu diidentifikasi dan diselesaikan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana cara merancang alat pendeteksi mangga mentah, matang, dan busuk berbasis mikrokontroler?
2. Bagaimana menghitung berat mangga secara otomatis menggunakan alat pendeteksi yang telah dirancang?
3. Bagaimana alat dapat mengkalibrasi jumlah buah mangga agar pembacaan sensor lebih akurat dan sesuai dengan jumlah sebenarnya?

1.3 Tujuan Penelitian

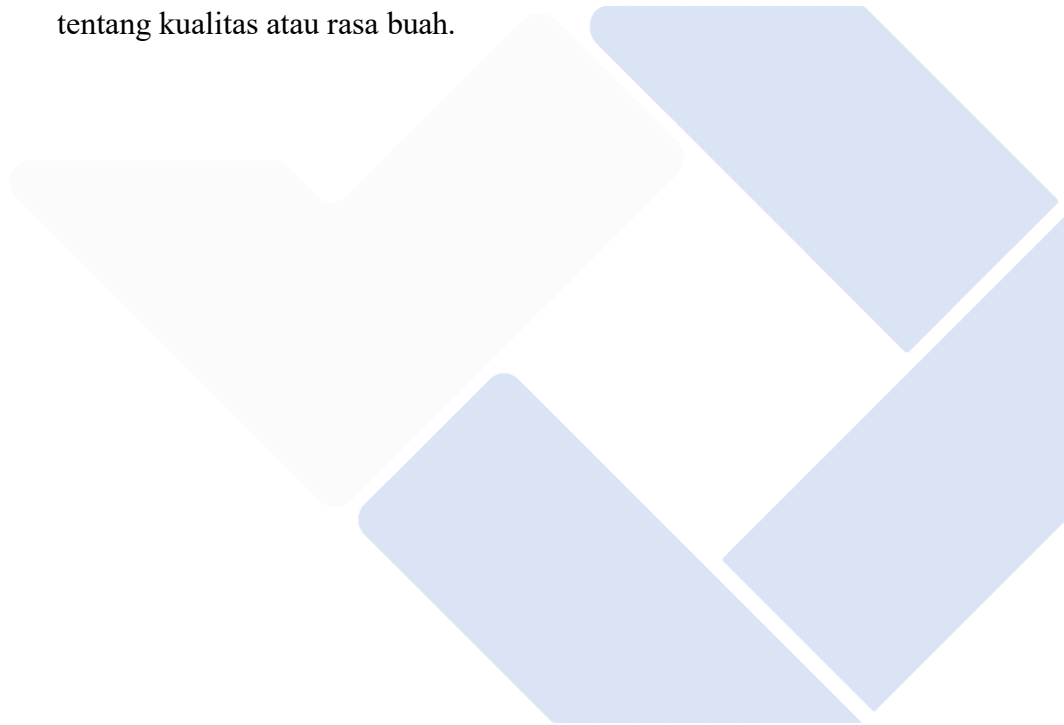
Proyek akhir ini bertujuan untuk menyajikan solusi nyata dalam menguji komponen elektronik dasar, dengan tujuan secara rinci sebagai berikut.

1. Merancang dan mengembangkan sistem berbasis mikrokontroler yang mampu mendeteksi tingkat kematangan mangga (mentah, matang, dan busuk) menggunakan kombinasi sensor yang sesuai untuk meningkatkan akurasi dalam proses identifikasi buah.
2. Mengintegrasikan sistem penimbangan otomatis dalam alat pendeteksi yang dirancang agar dapat menghitung berat mangga secara real-time.
3. Menguji dan mengimplementasikan alat pendeteksi yang telah dikembangkan dalam lingkungan industri pengolahan buah guna menganalisis efektivitasnya dalam meningkatkan efisiensi dan keandalan proses pemilahan serta distribusi mangga.

1.4 Batasan Masalah

Alat ini hanya akan berfokus pada buah mangga gedong gincu dan tidak akan mencakup jenis buah mangga lainnya.

1. Alat yang dirancang akan mengklasifikasikan mangga ke dalam tiga kategori kematangan: mentah, matang, dan busuk. Klasifikasi ini tidak akan mencakup variasi tingkat kematangan yang lebih halus, seperti setengah matang atau matang sempurna.
2. Sistem hanya akan memberikan output berupa kategori kematangan (mentah, matang, busuk) dan berat dalam satuan ons. Tidak akan ada analisis lebih lanjut tentang kualitas atau rasa buah.



BAB II

DASAR TEORI

2.1 Buah Mangga

Mangga (*Mangifera indica* L.), termasuk dalam famili *Anacardiaceae*, merupakan tanaman buah tropis yang telah mengalami proses domestikasi selama ribuan tahun. Tanaman ini diduga berasal dari wilayah anak benua India, khususnya India, Myanmar, dan Bangladesh, dan telah menyebar secara luas ke berbagai belahan dunia karena keunggulan cita rasanya serta peran pentingnya dalam budaya dan sejarah lokal (Singh, 2019).

Buah mangga adalah buah tropis yang kaya nutrisi dan rendah kalori, dengan kandungan kalori sekitar 100-110 per buah. Terdapat berbagai jenis mangga di Indonesia, seperti Mangga Arumanis, Indramayu, Golek, dan Gedong Gincu, yang memiliki rasa bervariasi dari manis hingga asam. Buah ini memiliki kulit berwarna hijau, kuning, atau merah saat matang, dengan daging berwarna oranye yang berserat dan harum. Kaya akan vitamin C, vitamin A, dan serat, mangga juga mengandung antioksidan yang bermanfaat untuk kesehatan, seperti menjaga kesehatan mata, meningkatkan pencernaan, serta menurunkan risiko penyakit jantung dan kanker.

2.1.1 Mangga gedong gincu

Mangga Gedong Gincu merupakan salah satu varietas unggul nasional yang berasal dari Indonesia dan memiliki daya saing yang tinggi di pasar dalam dan luar negeri. Varietas ini dikenal dengan bentuk buahnya yang bulat dan memiliki karakteristik warna kulit yang mengalami perubahan mencolok sesuai dengan tingkat kematangannya. Pada tahap belum matang, kulit buah didominasi oleh warna hijau yang berangsur-angsur berubah menjadi kuning kemerahan seiring dengan kematangan buah. Daging buahnya berwarna oranye terang, bertekstur lembut, dan memiliki rasa manis yang khas sehingga sangat digemari konsumen. Karena keunggulannya tersebut, mangga Gedong Gincu banyak dimanfaatkan baik

untuk konsumsi segar maupun sebagai salah satu bahan baku dalam berbagai produk makanan olahan. Proses pemanenan umumnya dilakukan pada tingkat kematangan sekitar 80%, yaitu ketika sebagian kecil permukaan kulit buah masih berwarna hijau. Praktik ini bertujuan untuk menjaga kualitas fisik dan sensori buah selama proses distribusi dan penyimpanan agar tidak cepat rusak (Wijaya, Efendi, & Adawiyah, 2020).



Gambar 2.1 Mangga Gedong gincu (monitor.co.id)

Mangga Gedong Gincu dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki warna kulit yang mencolok dan beragam, mulai dari hijau, kuning, jingga hingga merah, sehingga sangat cocok untuk pengujian sensor RGB. Warna kulit buah ini berubah seiring tingkat kematangan, sehingga bisa menjadi indikator visual yang baik untuk diklasifikasikan oleh sensor.

Khusus di wilayah **Provinsi Kepulauan Bangka Belitung**, varietas ini mulai dibudidayakan oleh petani hortikultura sebagai salah satu komoditas baru bernilai ekonomi tinggi. Hal ini didorong oleh permintaan pasar yang meningkat, terutama dari sektor pariwisata dan pengolahan lokal (Karsono, 2024).

2.2 Sensor Warna (RGB TCS3200)

Sensor TCS3200 adalah modul sensor warna digital berbasis array fotodioda yang dapat diprogram untuk mendeteksi intensitas cahaya warna merah, hijau, dan biru (RGB)



Gambar 2.2 sensor warna (www.edukasielektronika.com)

Sensor TCS3200 adalah modul sensor warna digital berbasis array fotodioda yang dapat diprogram untuk mendeteksi intensitas cahaya warna merah, hijau, dan biru (RGB). Sensor ini terdiri atas 64 photodioda, yang dikelompokkan menjadi 16 untuk masing-masing warna merah, hijau, biru, serta 16 lainnya tanpa filter. Setiap kelompok dapat diaktifkan menggunakan pin kontrol S2 dan S3 untuk memilih filter warna yang sesuai. Sensor ini bekerja dengan prinsip konversi arus ke frekuensi, di mana intensitas cahaya yang diterima oleh fotodioda dikonversi menjadi sinyal pulsa frekuensi yang proporsional, yang kemudian dapat dibaca oleh mikrokontroler (Jain, Saify, & Kate, 2020).

Selain itu, sensor TCS3200 juga dilengkapi dengan pin S0 dan S1 untuk mengatur skala frekuensi output (2%, 20%, 100%) guna menyesuaikan sensitivitas terhadap intensitas cahaya. Modul ini banyak digunakan dalam sistem klasifikasi warna, pengolahan gambar digital, dan berbagai aplikasi otomatisasi berbasis warna karena kemampuannya dalam membaca perubahan warna objek dengan presisi tinggi (Jain et al., 2020).

Tabel 2.1 pemilihan filter photodiode pada Sensor Warna TCS3200 :

NO	Tipe Photodioda	S2	S3
1	Merah	Low	Low
2	Biru	Low	High
3	Tanpa filter	High	Low
4	Hijau	High	High

2.3 Sensor Berat (*Load cell*) 20kg

Sensor *Load cell* adalah perangkat transduser yang berfungsi mengubah gaya mekanis (seperti tekanan atau beban) menjadi sinyal listrik yang proporsional. Prinsip kerjanya bergantung pada perubahan resistansi listrik yang terjadi ketika *strain gauge* mengalami regangan atau kompresi akibat gaya *eksternal*. Ketika tekanan diberikan, elemen logam di dalam *Load cell* mengalami deformasi kecil, menyebabkan perubahan pada nilai resistansi *strain gauge*, yang kemudian diubah menjadi tegangan listrik untuk dibaca dan diolah oleh sistem elektronik (Kebede et al., 2019).

Modern *Load cell* memiliki sensitivitas tinggi, kemampuan kompensasi suhu, dan pengurangan suara, yang membuatnya cocok untuk sistem industri, robotika, otomasi, dan pengklasifikasian produk agrikultur berbasis berat (Al-Dahiree et al., 2022).



Gambar 2.3 Load cell (www.electroniccomp.com)

Dalam alat pendeteksi mangga, *Load cell* adalah sensor berat yang digunakan untuk mengukur massa buah secara akurat. Sensor ini menghitung berat buah secara *real-time*, yang memudahkan proses menimbang dan memisahkan buah sesuai dengan beratnya.

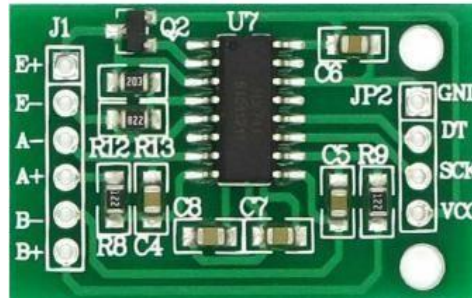
2.4 Modul HX711

HX711 adalah Konverter Analog ke Digital (ADC) presisi 24-bit dan modul penguat sinyal yang dirancang khusus untuk aplikasi penimbangan digital dan kontrol industri. Modul ini dikembangkan oleh AVIA Semiconductor dan bekerja berdasarkan prinsip penguatan sinyal dari sensor beban berbasis jembatan Wheatstone, seperti sel beban, kemudian mengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler.

Tabel 2.2 Spesifikasi *loadcell*

Spesifikasi	
Bahan	Aluminium
Beban maksimal	20kg
Nonlinier	0,05 % FS
Efek suhu pada sensitivitas	0.05%FS/10
Efek suhu pada keadaan nol	0.05%FS/10
Keseimbangan nol (Zero balance)	±0.5 %FS
Catu Daya Eksitasi	5v

HX711 memungkinkan akurasi pembacaan yang tinggi pada rentang berat rendah hingga sedang, menjadikannya komponen penting dalam pengembangan sistem penimbangan otomatis berbasis mikrokontroler (Akpan et al., 2021).



Gambar 2.4 Modul HX711 (www.pic-control.com)

Modul HX711 dapat membaca sinyal dari sensor *Load cell* 20 kg dalam sistem yang kami rancang. Ini memungkinkan mikrokontroler untuk memproses data berat dengan tingkat akurasi yang tinggi, karena ia berfungsi sebagai penguat sinyal dan konverter analog ke digital (ADC).

2.5 Mikrokontroler ATmega328P

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega328P, mikrokontroler 8-bit dari keluarga AVR yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem tertanam dan aplikasi otomasi, baik dalam skala pendidikan, penelitian, maupun industri. Board ini memiliki 14 pin input/output digital (termasuk 6 pin PWM), 6 pin input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah konektor USB, sebuah power jack, sebuah header ICSP, dan sebuah tombol reset, yang kesemuanya mendukung fleksibilitas dalam konektivitas dan konfigurasi perangkat keras.



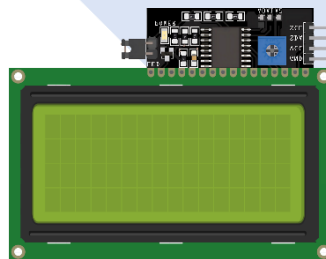
Gambar 2.5 Aduino uno ATmega328P(www.arduinoindonesia.id)

Komponen ini dapat langsung dihubungkan ke komputer melalui kabel USB atau sumber daya eksternal seperti adaptor AC-DC atau baterai untuk menjalankan program yang ditanamkan, sehingga memungkinkan pengoperasian secara portabel atau integrasi dengan sistem lain (Atiyah, 2023). Karena fleksibilitas dan kemudahan pengoperasiannya, Arduino Uno menjadi salah satu platform mikrokontroler yang paling banyak digunakan oleh mahasiswa, peneliti, dan pengembang teknologi di berbagai bidang, mulai dari otomasi rumah, robotika, hingga sistem pemantauan berbasis sensor.

Mikrokontroler ATmega328P digunakan sebagai unit kendali utama dalam alat pendeteksi mangga. Mikrokontroler ini berperan dalam mengontrol seluruh sistem deteksi dan penghitungan berat buah, serta menampilkan hasil pada layar LCD 20 X 4.

2.6 *LCD (Liquid Crystal Display)*

LCD (Liquid Crystal Display) adalah perangkat tampilan elektronik datar yang menampilkan informasi dalam bentuk visual dengan menggunakan sifat cahaya kristal cair. status sistem, dan informasi pemrosesan. Karena sangat hemat daya dan dapat diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti Arduino, LCD tipe karakter, seperti 16x2 atau 20x4, sangat populer (Rajeswaran & Pradeep, 2020, hlm. 5).



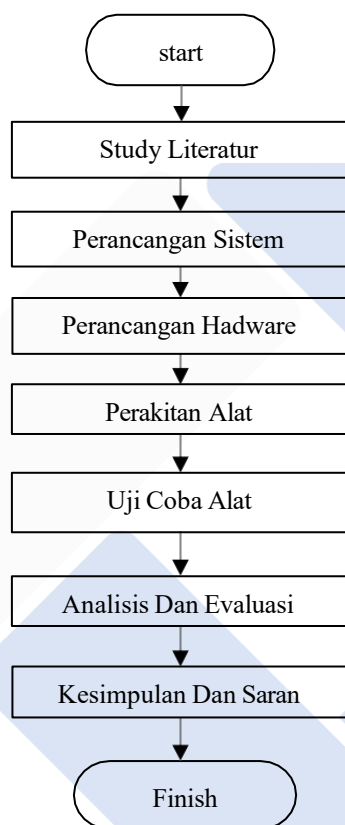
Gambar 2.6 *Liquid Crystal Display* (docs.cirkitdesigner.com)

Dalam penelitian ini, LCD tipe 20x4 digunakan sebagai media tampilan informasi karena dapat menampilkan hingga 4 baris dengan 20 karakter per baris, yang memungkinkan penyajian data yang lebih lengkap dibandingkan dengan LCD 16x2, yang hanya memiliki dua baris.

BAB III

METODE PELAKSANAAN

Pada Bab ini membahas mengenai pelaksanaan yang akan dilakukan selama proses pengerjaan proyek akhir.



Gambar 3.1 Flowchat Metode Pelaksanaan

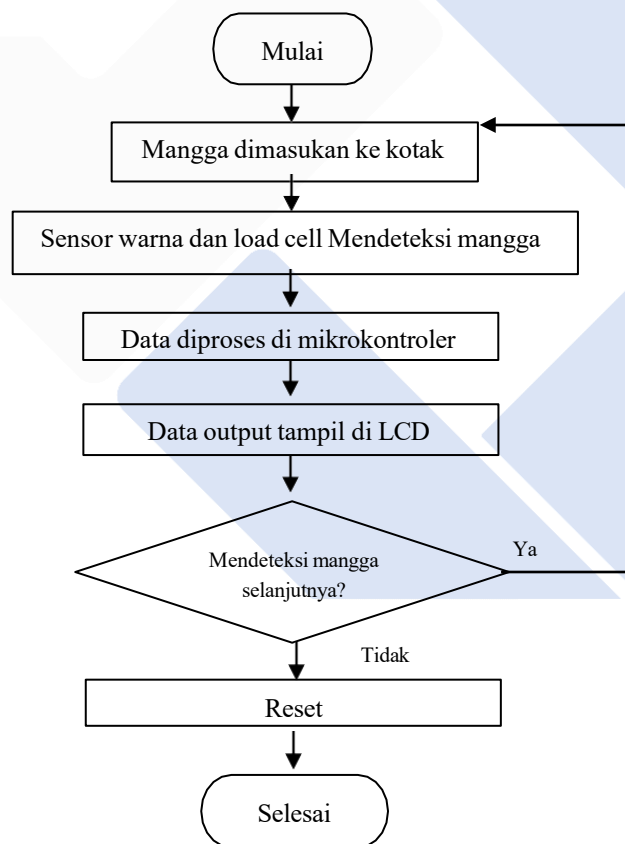
3.1 Studi Literatur

Tahap pelaksanaan merupakan salah satu tahapan awal yang esensial dalam proses perancangan dan pembangunan sistem. Pada tahap ini, peneliti atau pengembang melakukan serangkaian kegiatan awal untuk memastikan bahwa sistem yang akan dibangun memiliki dasar yang kuat dan terarah. Kegiatan ini meliputi pengumpulan informasi terkait kebutuhan sistem yang akan dikembangkan, termasuk spesifikasi teknis, fungsi yang diharapkan.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur melalui buku dan sumber online untuk memahami konsep klasifikasi dan penimbangan buah mangga berdasarkan berat dan warna. Selanjutnya, komponen-komponen seperti sensor warna, sensor berat, perangkat lunak, dan mikrokontroler dievaluasi untuk memastikan keakuratan dalam pengumpulan dan pengolahan data. Analisis datasheet digunakan untuk menilai karakteristik dan kompatibilitas komponen, termasuk Arduino Uno, sebagai dasar desain sistem (Thong, Trinh, & Cong, 2019).

3.2 Perancangan Sistem

Tahap perancangan ini adalah langkah awal untuk mewujudkan sistem pendeteksi kematangan mangga otomatis.



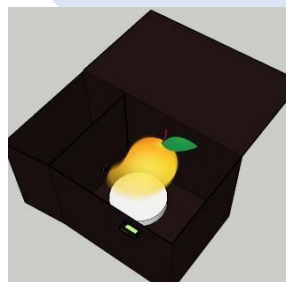
Gambar 3.2 flowchat sistem kerja

3.3 Perancangan dan perakitan Hardware

Pada tahap desain, berbagai masalah teknis yang berkaitan dengan sistem penyortiran dan penimbangan buah mangga diidentifikasi secara menyeluruh untuk menemukan solusi yang paling tepat sesuai dengan kebutuhan. Analisis ini mencakup kebutuhan akan integrasi rangkaian elektronik yang berfungsi mendukung kerja sistem secara menyeluruh. Proses perancangan dilakukan secara sistematis, mulai dari penentuan struktur fisik perangkat, pemilihan material yang sesuai, penempatan komponen secara efisien, hingga rancangan alur kerja sistem secara keseluruhan. Tujuan dari tahap ini adalah memastikan bahwa alat dapat bekerja secara optimal, efisien, dan mudah dioperasikan oleh pengguna. Oleh karena itu, setiap bagian dari sistem harus dirancang dengan teliti dan memperhatikan aspek fungsionalitas dan ergonomi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tahapan perancangan sistem seperti ini krusial dalam menghasilkan alat sortir otomatis berbasis sensor warna dan berat, serta mikrokontroler Arduino, yang mampu bekerja secara akurat dalam kondisi nyata (Al Fahim, Rahman, & Hossain, 2023).

3.3.1 Desain konstruksi alat pendeteksi buah mangga

Proses perancangan konstruksi alat ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *SketchUp* sebagai media visualisasi desain.



Gambar 3.3 Desain konstruksi alat pendeteksi buah mangga

Alat ini didesain dalam bentuk kotak tertutup dengan bukaan di bagian atas sebagai tempat meletakkan buah, sehingga memungkinkan pengukuran dalam kondisi pencahayaan yang stabil untuk meningkatkan akurasi sensor. Pada bagian

samping ada sekat dimana sensor warna TCS3200 diletakan untuk mendeteksi tingkat kematangan buah mangga berdasarkan perubahan warna kulit, yang hasilnya berupa sinyal digital untuk dianalisis. Di depan bagian tengah terdapat layar LCD 20x4 sebagai antarmuka keluaran yang menampilkan informasi seperti status kematangan (mentah, matang, atau busuk) dan berat buah yang terdeteksi. Bagian dalam kotak juga dilengkapi dengan sensor Load Cell dan modul HX711 untuk pengukuran berat secara real-time, serta mikrokontroler ATmega328P atau Arduino sebagai pusat kendali sistem.

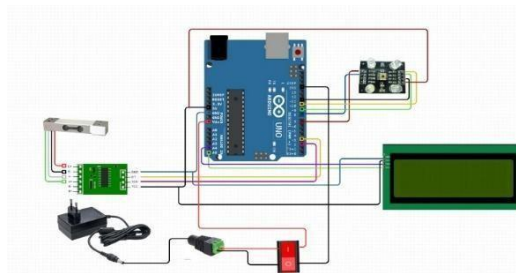
3.3.2 Perakitan Sistem Distribusi buah mangga

Tahap ini merupakan proses perakitan fisik dari sistem distribusi buah mangga berdasarkan desain konstruksi yang telah dirancang sebelumnya. Proses awal dimulai dengan memotong bahan akrilik menjadi enam bagian berukuran sama, yang akan digunakan sebagai komponen utama struktur rangka alat. Setiap potongan akrilik disesuaikan dengan dimensi yang telah ditentukan untuk memastikan kekokohan dan kestabilan alat selama proses distribusi buah berlangsung. Setelah pemotongan selesai, komponen tersebut dirakit dan disusun sesuai skema tata letak yang telah dibuat, dengan memperhatikan kekuatan sambungan dan kestabilan mekanik alat secara keseluruhan. Perakitan dilakukan secara bertahap dan sistematis guna memastikan setiap bagian terpasang dengan tepat dan mampu mendukung kinerja sistem secara optimal.

3.3.3 Desain Rangkaian Elektrik

Pada tahap perancangan sistem elektrik, dilakukan perancangan sistematis jalur pengkabelan. Pengerjaan ini didukung dengan penggunaan aplikasi Canva sebagai media visualisasi untuk mengatur tata letak komponen dan melakukan simulasi dasar hubungan antar perangkat elektronik. Langkah awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi dan memilih komponen-komponen yang dibutuhkan, seperti sensor, mikrokontroler, dan berbagai modul pendukung lainnya yang menunjang fungsi sistem.

Jalur pengkabelan kemudian dirancang dengan mempertimbangkan kerapian, keamanan, dan kemudahan pelacakan koneksi. Seluruh proses desain dirancang dengan mengutamakan keamanan, efektivitas kinerja, dan keberhasilan operasional sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.4 Wiring Hardware

3.4 Pengujian Hardware

Pengujian perangkat keras dilakukan sebagai tahap awal untuk memastikan bahwa semua komponen utama dalam sistem, seperti sensor warna (RGB TCS3200), sensor beban (*Load cell*), LCD (*Liquid Crystal Display*), dan mikrokontroler, dapat beroperasi sesuai dengan desain yang telah ditentukan. Proses pengujian diawali dengan menguji setiap komponen secara terpisah untuk menilai kinerja dasar dan stabilitas fungsionalnya. Selanjutnya, dilakukan pula perbandingan antara hasil pengukuran berat buah mangga oleh sistem dengan timbangan digital sebagai acuan, guna mengevaluasi keakuratan alat secara keseluruhan.

3.5 Evaluasi dan Perbaikan

Setelah melakukan pengujian, penulis melakukan analisis secara menyeluruh terhadap data yang diperoleh. Analisis ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja alat secara keseluruhan, menilai tingkat kesesuaian antara hasil yang diharapkan dengan hasil aktual, dan mengidentifikasi potensi perbaikan terhadap sistem yang telah dirancang dan mengidentifikasi potensi perbaikan terhadap sistem yang telah dirancang. Perbaikan dilakukan berdasarkan kelemahan yang ditemukan selama pengujian, dengan tujuan untuk meningkatkan akurasi pendeteksian dan stabilitas kinerja sistem secara berkelanjutan.

Tahap perancangan ini menggambarkan alur kerja sistem pendeteksi mangga secara menyeluruh, dimulai dari proses pemasukan buah mangga ke dalam kotak, pendeteksian oleh sensor warna dan load cell, hingga pengolahan data oleh mikrokontroler dan penampilan hasil pada layar LCD. Diagram alir berikut menunjukkan tahapan proses tersebut yang berlangsung secara otomatis dan berulang selama masih terdapat mangga yang akan dideteksi.

3.6 Pembuatan Laporan Proyek Akhir

Tahap akhir proyek mencakup penyusunan laporan dan publikasi, dengan penyajian data, analisis, kesimpulan, serta masukan secara sistematis untuk menggambarkan keseluruhan sistem yang dikembangkan. Tahap akhir proyek mencakup penyusunan laporan dan publikasi, dengan penyajian data, analisis, kesimpulan, serta masukan secara sistematis untuk menggambarkan keseluruhan sistem yang dikembangkan.

Laporan disusun berdasarkan data yang telah dikumpulkan selama proses perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem. Setiap tahapan dijelaskan secara rinci agar pembaca dapat memahami alur kerja serta pertimbangan teknis yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Dokumentasi ini juga dilengkapi dengan gambar pendukung seperti diagram alir, konfigurasi rangkaian, dan hasil pengujian.

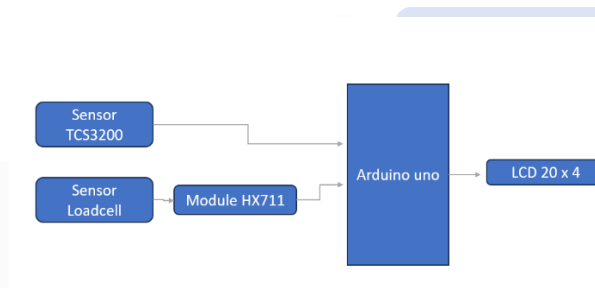
Selain sebagai bentuk pertanggungjawaban akademik, laporan akhir ini juga berfungsi sebagai referensi untuk pengembangan lebih lanjut. Kritik dan saran yang diperoleh selama proses seminar hasil turut dicatat untuk dijadikan dasar dalam perbaikan sistem di masa mendatang.

BAB IV

PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Alat

Alat pendeteksi buah mangga yang dirancang berbasis mikrokontroler ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi tingkat kematangan (mentah, matang, dan busuk) dan mengukur berat buah mangga secara akurat. Prinsip kerja alat ini divisualisasikan dalam bentuk diagram blok, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4. 1 Blok Diagram Alat

Keterangan dari Blok Diagram Alat diatas :

- Sensor Warna TCS3200 , sebagai pendeteksi warna kulit buah mangga
- Sensor Loadcell, sebagai Pengukur berat buah mangga
- Module HX711, sebagai penguat sinyal data loadcell
- Arduino uno , sebagai Mikrokontroler yang mem proses semua data
- LCD (*Liquid Crystal Display*), sebagai display hasil pembacaan sensor warna dan pengukur berat.

Cara kerja sistem Alat pendeteksi buah Mangga:

Sumber tegangan perangkat kontrol berasal dari catu daya 12V DC. Tombol ON/OFF digunakan untuk menghidupkan atau mematikan seluruh sistem. Terdapat dua tombol tambahan, yaitu tombol push button 1 yang berfungsi untuk memulai proses kerja dengan mengaktifkan seluruh sensor (sensor warna dan sensor berat), dan tombol push button 2 yang digunakan sebagai tombol reset untuk mereset sistem dan memulai proses dari awal. Proses kerja alat dimulai dengan

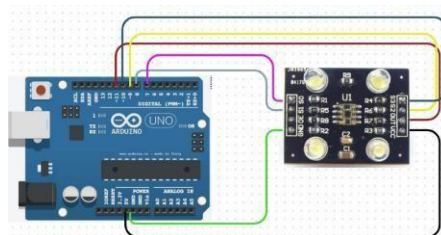
memasukkan buah mangga ke dalam kotak deteksi. Setelah itu, tombol ditekan untuk mengaktifkan sistem. Sensor warna TCS3200 akan membaca warna buah mangga untuk menentukan tingkat kematangannya, apakah masih mentah, matang, atau busuk. Kemudian, sensor *Load cell* akan mengukur berat mangga secara akurat. Semua data dari kedua sensor tersebut dikirim ke mikrokontroler untuk diproses. Hasil pengolahan data tersebut akan ditampilkan pada layar LCD. Jika mangga kedua dimasukkan, proses yang sama akan diulang, sementara data mangga sebelumnya masih tersimpan. LCD akan secara otomatis menampilkan total berat semua mangga yang telah terdeteksi. Jika pengguna ingin memulai proses dari awal, cukup tekan tombol reset.

4.2 Proses kalibrasi dan pengujian Sensor Warna

Proses kalibrasi dan pengujian sensor dilakukan untuk memastikan keakuratan hasil pembacaan dalam sistem. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil sensor terhadap alat ukur referensi. Berikut ini adalah gambaran proses kalibrasi dan pengujian sensor TCS3200.

4.2.1 Kalibrasi Sensor Warna TCS3200

Pada proses kalibrasi sensor warna TCS3200 dilakukan untuk memastikan akurasi hasil pembacaan warna. Proses ini meliputi penyusunan rangkaian skematik dan implementasi program kalibrasi yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menetapkan nilai referensi dari setiap warna yang dibaca oleh sensor. Berikut ini adalah rangkaian skematik dan program kalibrasi sensor warna TCS3200.



Gambar 4.2 Rangkaian Skematik kalibrasi Sensor Warna

Gambar diatas merupakan rangkaian skematik dari kalibrasi sensor warna TCS3200 yang dirangkai menggunakan software canva. Berikut merupakan keterangan dari gambar skematik diatas :

1. Pin vcc pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 5v pada arduino uno ATMEGA 328p
2. Pin GND pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin GND pada arduino uno ATMEGA 328p
3. Pin Out pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 11 pada arduino uno ATMEGA 328p
4. Pin S0 pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 7 pada arduino uno ATMEGA 328p
5. Pin S1 pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 8 pada arduino uno ATMEGA 328p
6. Pin S2 pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 9 pada arduino uno ATMEGA 328p
7. Pin S3 pada sensor warna TCS3200 terhubung dengan pin 10 pada arduino uno ATMEGA 328p

Program Pengkalibrasian sensor warna :

```
// Pin konfigurasi sensor warna TCS3200
const int s0 = 4;
const int s1 = 5;
const int s2 = 6;
const int s3 = 7;
const int out = 8;
int redFrequency = 0;
int greenFrequency = 0;
int blueFrequency = 0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  // Set pin mode pinMode(s0,
  OUTPUT); pinMode(s1,
  OUTPUT);
  pinMode(s2, OUTPUT);
  pinMode(s3, OUTPUT);
  pinMode(out, INPUT);
  // Set skala output frekuensi (s0 = HIGH, s1 =
  LOW => 20%)
  digitalWrite(s0, HIGH);
  digitalWrite(s1, LOW);
}
void loop() {
  // Baca warna merah digitalWrite(s2,
  LOW); digitalWrite(s3, LOW);
  redFrequency = pulseIn(out, LOW);
  // Baca warna hijau
```

```

digitalWrite(s2, HIGH);
digitalWrite(s3, HIGH);
greenFrequency = pulseIn(out, LOW);
// Baca warna biru
digitalWrite(s2, LOW);
digitalWrite(s3, HIGH);
blueFrequency = pulseIn(out, LOW);
// Tampilkan nilai frekuensi tiap warna
Serial.print("Red: ");
Serial.print(redFrequency);
Serial.print(" Green: ");
Serial.print(greenFrequency);
Serial.print(" Blue: ");
Serial.println(blueFrequency);
delay(500);
}

```

Pada program tersebut, metode kalibrasi yang digunakan adalah dengan melakukan pemetaan frekuensi keluaran sensor TCS3200 menjadi rentang nilai warna yang diinginkan. Berikut adalah langkah-langkah kalibrasi yang dilakukan dalam program ini:

1. Inisialisasi Pin

Lima pin utama sensor dikonfigurasi:

- s0 dan s1 mengatur skala output frekuensi sensor.
- s2 dan s3 digunakan untuk memilih filter warna (merah, hijau, atau biru).
- out menerima sinyal frekuensi dari sensor sebagai representasi intensitas warna.

Nilai frekuensi akan dikonversi ke waktu pulsa menggunakan fungsi `pulseIn()`.

2. Pengaturan Awal

Fungsi `setup()` mengatur mode pin (INPUT atau OUTPUT), memulai komunikasi serial dengan kecepatan 9600 bps, dan mengatur frekuensi output sensor pada tingkat sensitivitas 20% untuk pembacaan yang stabil dan mudah dianalisis.

3. Proses Pembacaan Warna dalam loop()

Sensor membaca tiga warna secara bergantian:

- Untuk membaca warna merah, s2 = RENDAH dan s3 = RENDAH.
- Untuk membaca warna hijau, s2 = TINGGI dan s3 = TINGGI.
- Untuk membaca warna biru, s2 = RENDAH dan s3 = TINGGI.

Setiap konfigurasi akan menghasilkan frekuensi output yang dibaca menggunakan pulseIn(out, LOW), dan hasilnya disimpan dalam variabel redFrequency, greenFrequency, dan blueFrequency.

4. Output ke Serial Monitor

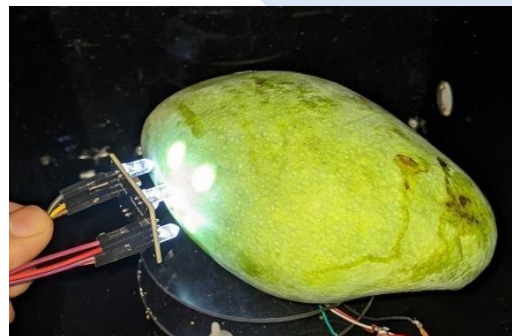
Nilai frekuensi ketiga warna ditampilkan secara berurutan pada Serial Monitor, memberikan representasi kuantitatif intensitas warna yang terdeteksi.

5. Jeda Waktu

Fungsi delay(500) digunakan untuk memberikan jeda 0,5 detik di antara siklus pembacaan, sehingga hasil pembacaan lebih stabil dan tidak berubah terlalu cepat.

4.2.2 Pengujian Sensor Warna TCS3200

Pada tahap pengujian ini, evaluasi dilakukan untuk mengukur keakuratan pembacaan sensor warna TCS3200. Skala frekuensi diatur sebesar 25% melalui pengaturan sinyal PulseIn ke kondisi LOW pada program Arduino. Hasil pengujian mencakup beberapa data pembacaan warna yang dihasilkan oleh sensor pada berbagai tingkat kematangan buah mangga, yang kemudian dibandingkan dengan kondisi visual yang sebenarnya untuk mengevaluasi tingkat validitas dan akurasi sensor dalam konteks aplikasi di dunia nyata. Berikut ini adalah contoh dan data hasil pengujian sensor warna.



Gambar 4.3 proses pendeteksian sensor warna

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa proses pengujian dilakukan pada buah mangga yang memiliki warna hijau. Buah mangga tersebut diletakkan di dalam sebuah kotak dengan jarak sekitar $\pm 0.5-1$ cm dari sensor warna.

Tabel 4.1 Data Pengujian Sensor Warna Hijau(Mangga Mentah)

Mangga Mentah			
NO	R	G	B
1.	35	103	102
2.	57	72	73
3.	59	75	75
4.	60	78	77
5.	63	80	80
6.	63	79	79
7.	62	79	79

Nilai sinyal Green (G) dan Blue (B) relatif lebih tinggi daripada Red (R). Nilai R berada pada kisaran 35-63, sedangkan G dan B berkisar antara 72-103. Hasil ini menunjukkan bahwa buah mangga mentah, yang memiliki warna hijau, memantulkan cahaya dengan dominasi pada kanal hijau dan biru. Perbandingan antara $R < G \approx B$ mencirikan perbedaan antara mangga mentah.

Tabel 4.2 Data Pengujian Sensor Warna Kuning(Mangga Matang)

Mangga Matang			
NO	R	G	B
1.	40	57	81
2.	40	58	85
3.	42	58	86
4.	43	61	55
5.	42	50	84
6.	42	54	86
7.	42	60	86

Nilai Sinyal Red (R) mengalami peningkatan dibandingkan dengan mangga mentah, yaitu pada kisaran 40-43. Saluran Hijau (G) sedikit lebih tinggi dari R, dengan nilai antara 50-61. Kanal Blue (B) memiliki variasi yang lebih tinggi, yaitu sekitar 55-86, tetapi tidak menunjukkan dominasi yang signifikan. Warna kuning

pada mangga matang terbentuk dari kombinasi warna merah dan hijau yang hampir seimbang, dengan kanal biru yang cenderung bervariasi. Pola umum yang ditemukan adalah $R \approx G < B$ atau $R \approx G \approx B$ pada beberapa sampel.

Tabel 4.3 Data Pengujian Sensor Warna coklat(Mangga Busuk)

Mangga Busuk			
NO	R	G	B
1.	62	80	80
2.	59	76	76
3.	60	77	77
4.	61	78	79
5.	62	81	81
6.	53	69	69
7.	54	69	69

Nilai RGB pada kategori ini menunjukkan tren yang seragam dan tinggi, dengan nilai R, G, dan B berkisar antara 53-81. Ketiga saluran warna cenderung seimbang tanpa adanya dominasi saluran tertentu. Warna coklat yang muncul pada buah mangga busuk merupakan hasil degradasi pigmen alami, sehingga menghasilkan campuran warna gelap yang mendekati nilai RGB yang seragam. Pola dominan yang teridentifikasi adalah $R \approx G \approx B$, yang mencerminkan warna netral mendekati coklat tua atau abu.

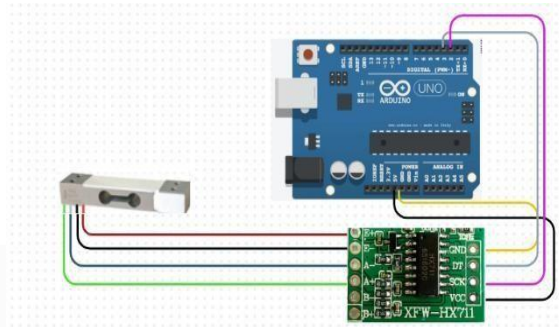
Hasil pengujian sensor warna TCS3200 menunjukkan variasi nilai RGB pada setiap tingkat kematangan buah mangga. Pengujian dilakukan sebanyak tujuh kali untuk setiap kategori untuk mendapatkan data yang representatif. Mangga mentah didominasi oleh nilai G dan B, mangga matang menunjukkan keseimbangan antara R dan G dengan B yang masih tinggi.

4.3 Proses kalibrasi dan pengujian Sensor loadcell

Pada tahap ini, pengujian dan kalibrasi sensor yang akan digunakan dalam sistem, termasuk sensor *Load cell*, dilakukan. Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk mendapatkan pengukuran yang akurat dengan membandingkannya dengan alat ukur standar. Proses kalibrasi dan pengujian sensor *Load cell* disajikan pada bagian berikut.

4.3.1 Kalibrasi Sensor Loadcell

Rangkaian berikut digunakan untuk menghubungkan sensor loadcell dengan modul HX711 dan Arduino Uno sebagai dasar proses kalibrasi. Penyusunan rangkaian ini dilakukan untuk memastikan setiap komponen terhubung dengan benar sebelum tahap pengambilan data dilakukan.



Gambar4.4 rangkaian Skematik Sensor loadcell

Gambar di atas adalah skematik rangkaian kalibrasi sensor warna dan *Load cell* yang dirancang menggunakan software Canva. Skema ini berfungsi sebagai petunjuk visual dalam proses kalibrasi sistem. Penjelasan detail mengenai komponen dan koneksi dalam rangkaian disajikan di bawah ini:

1. Pin vcc pada module HX711 terhubung dengan pin 5v pada arduino uno ATMEGA 328p
2. Pin SCK pada module HX711 terhubung dengan pin 2 pada arduino uno ATMEGA 328p
3. Pin DT pada module HX711 terhubung dengan pin 3 pada arduino uno ATMEGA 328p
4. Pin GND pada module HX711 terhubung dengan pin GND pada arduino uno ATMEGA 328p
5. Pin E+(vcc) pada loadcell terhubung dengan pin E+ pada Module HX711
6. Pin E-(GND) pada loadcell terhubung dengan pin E- pada Module HX711
7. Pin A- pada loadcell terhubung dengan pin A- pada Module HX711
8. Pin A+ pada loadcell terhubung dengan pin A+ pada Module HX711

Program pengkalibrasian sensor Berat (Loadcell)

```
#include "HX711.h"
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
// ——— Konfigurasi LCD 20x4 ———
#define LCD_ADDR 0x27 // Ganti jika I2C
scanner Anda menunjukkan alamat lain
LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDR, 20, 4);
// ——— Konfigurasi HX711 ———
#define DOUT A1 #define
SCK A0 HX711 scale;
// ——— Kalibrasi dan Variabel ———
const float CAL_FACTOR = 440.0; //
Sesuaikan melalui uji coba dengan beban
referensi
float offset = 0.0; void
setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin();
  lcd.backlight(); lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Inisialisasi...");
  scale.begin(DOUT, SCK);
  scale.set_scale(CAL_FACTOR);
  delay(500);
  // Kalibrasi offset awal (tara otomatis) long
  total = 0;
  for (int i = 0; i < 20; i++) { total
    += scale.get_units();
    delay(50);}
  offset = total / 20.0;
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0,
    0);
  lcd.print("Timbangan Siap");

  delay(1500);}

void loop() {
  float raw = scale.get_units(10); // Baca 10
  float berat = raw - offset;
  if (abs(berat) < 2.0) {
    berat = 0.0; }
  // Konversi satuan
  float ons = berat / 100.0;
  float kg = berat / 1000.0;
  // Tampilkan ke Serial Monitor
  Serial.print("Berat: ");
  Serial.print(berat, 2);
  Serial.print(" g | ");
  Serial.print(ons, 2);
  Serial.print(" ons | ");
  Serial.print(kg, 3);
  Serial.println(" kg");
  // Tampilkan ke LCD 20x4
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("== BERAT TERBACA ==");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Gr: ");
  lcd.print(berat, 0);
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Ons: ");
  lcd.print(ons, 2);
  lcd.setCursor(0, 3);
  lcd.print("Kg: ");
  lcd.print(kg, 3);
  // Siklus daya untuk stabilisasi HX711
  scale.power_down();
  delay(2000);}
```

Sistem ini dirancang untuk membaca dan menampilkan berat suatu benda dengan menggunakan sensor *Load cell* 20 kg yang dihubungkan melalui modul HX711 ke Arduino Uno, dan menampilkan hasilnya secara real-time pada LCD 20C 20x4 dan serial monitor cara kerja sistem ini dilakukan secara bertahap, berikut prosesnya:

1. Inisialisasi Perangkat Keras dan Perpustakaan

Program ini menggunakan tiga pustaka:

- HX711.h: Untuk komunikasi dengan modul sel beban HX711.
- Wire.h: Untuk komunikasi I2C
- LiquidCrystal_I2C.h: Untuk mengontrol LCD I2C 20x4

2. Konfigurasi lcd

- LCD 20x4 menggunakan Alamat 12c (0x27)
- Ukurannya 20 kolom x 4 baris

3. Konfigurasi HX711

- Pin DOUT dan SCK pada HX711 dihubungkan ke pin 2 dan 3 arduino
- Objek Scale digunakan untuk membaca data dari sensor.

4. Kalibrasi Awal

- Cal_factor: factor kalibrasi, disesuaikan secara manual berdasarkan uji coba dengan berat referensi
- Offset : Nilai tar(berat kosong), akan dikurangkan dari pembacaan agar menghasilkan berat bersih

5. Fungsi setup()

- Menginisialisasi LCD dan HX711
- Melakukan kalibrasi otomatis tara(offset) dengan mengambil 20 pembacaan awal saat kondisi kosong.

6. Fungsi loop()

- Membaca rata-rata 10 sampel dari HX711, lalu mengurangi nilai offset untuk mendapatkan berat actual.

7. Konversi satuan

- Konversi hasil berat (dalam gram) ons dan kilogram

8. Output ke serial monitor
 - Menampilkan berat dalam tiga satuan ke serial monitor untuk keperluan pengamatan.
9. Output ke LCD I2c 20x4
 - Menampilkan hasil pengukuran berat dalam tiga format berbeda pada layer LCD baris ke-1 hingga ke-3.
10. Power Cycle HX711
 - Mematikan dan menyalakan ulang modul HX711 setiap 2 detik untuk mencegah drift sinyal dan menjaga kestabilan hasil pembacaan.

Program ini menciptakan sistem timbangan digital otomatis yang dilengkapi dengan berbagai fitur fungsional, termasuk pembacaan berat menggunakan sensor *Load cell* 20 kg, tampilan hasil pengukuran dalam tiga satuan sekaligus (gram, ons, dan kilogram), dan tampilan data secara real-time melalui LCD I2C 20x4. Sistem ini juga mendukung proses tara otomatis pada saat pengaktifan untuk menghilangkan nilai awal atau beban kosong, sehingga menghasilkan pembacaan yang lebih akurat. Selain itu, stabilitas sistem dijaga melalui mekanisme siklus daya pada modul HX711, yang secara berkala mematikan dan menghidupkan kembali sensor untuk menghindari penyimpangan dan menjaga konsistensi data pengukuran.

4.3.2 Pengujian Sensor Loadcell

Pada tahap pengujian ini, kami melakukan perbandingan hasil pengukuran berat timbangan digital.

Tabel 4.4 Perbandingan loadcell dan Timbangan digital

Klasifikasi	Berat Mangga	Berat	Selisih
Buah	(timbangan digital)	Mangga (loadcell)	
Mangga 1	2,8 ons	2,7	-0,1
Mangga 2	1,9	1,8	-0,1
Mangga 3	2,2	2,15	-0,05

Perhitungan selisih menunjukkan bahwa deviasi total sistem dari hasil skala digital adalah 0,45 ons, dengan tingkat akurasi 96,76%. Nilai ini masih berada dalam batas toleransi dari sistem penyortiran sederhana dan dianggap cukup layak untuk diterapkan dalam konteks operasional lapangan.

Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Akurasi} = \left(1 - \frac{\text{selisih}}{\text{Berat Timbangan Digital}}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Akurasi} = \left(1 - \frac{0,45}{13,9}\right) \times 100\% = 96,76\%$$

Berdasarkan hasil perhitungan, sistem menunjukkan tingkat akurasi sebesar 96,76%. Angka ini dianggap tinggi dan berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk penerapan sistem pemisahan buah otomatis. Oleh karena itu, sistem ini dianggap cocok untuk digunakan. Berdasarkan hasil perhitungan, sistem menunjukkan tingkat akurasi sebesar 96,76%. Angka ini dianggap tinggi dan berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk penerapan sistem pemisahan buah otomatis.

4.4 Pengujian Keseluruhan sistem

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil enam sampel buah mangga Gedong Gincu. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui hasil pengukuran berat masing-masing buah.

Tabel 4.5 Penguji keseluruhan sistem

No	Berat Mangga	Nilai			Keterangan
		R	G	B	
1.	0,31 ons	224	183	125	Matang
2.	0,25 ons	223	187	122	Matang
3.	0,36 ons	117	113	73	Mentah
4.	0,46 ons	120	113	75	Mentah
5.	1,6 ons	120	90	75	Busuk
6.	0,50 ons	115	90	70	Busuk
Total	3,48				

Tabel 4.5 menunjukkan hasil pengujian sistem klasifikasi buah mangga berdasarkan pembacaan nilai RGB dan berat menggunakan sensor warna TCS3200 dan sensor *Load cell*. Enam sampel buah mangga diuji dengan hasil klasifikasi matang, mentah, dan busuk berdasarkan kombinasi nilai kanal R, G, dan B. Sampel 1 dan 2 dikategorikan matang karena memiliki nilai R dan G yang tinggi, sedangkan sampel 3 dan 4 dikategorikan mentah dengan nilai RGB yang lebih rendah. Sementara itu, sampel 5 dan 6 terdeteksi sebagai busuk karena saluran G dan B telah menurun secara signifikan, meskipun nilai R tetap tinggi. Berat setiap buah ditampilkan dalam ons dengan total keseluruhan 3,48 ons. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi tingkat kematangan dan mengukur berat buah mangga secara akurat dan stabil.

Selain itu, hasil pembacaan RGB menunjukkan bahwa sensor TCS3200 mampu membedakan perubahan warna secara konsisten antar sampel. Pola penurunan nilai G dan B pada buah busuk menjadi indikator penting dalam klasifikasi tingkat kematangan. Hal ini membuktikan bahwa sistem tidak hanya bergantung pada satu nilai warna, melainkan pada kombinasi nilai RGB untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih akurat.

Proses pengukuran berat menggunakan *load cell* juga menunjukkan kestabilan yang baik, dengan nilai yang konsisten dan mendekati bobot sebenarnya. Total berat 3,48 ons dari enam sampel sesuai dengan penjumlahan individual, yang menandakan sistem kalibrasi beban telah berfungsi dengan optimal. Dengan demikian, integrasi antara sensor warna dan sensor berat dalam sistem ini berhasil memberikan hasil deteksi yang sesuai dengan kondisi fisik buah mangga secara nyata.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Sistem yang dirancang berhasil mendeteksi tingkat kematangan buah mangga (mentah, matang, dan busuk) secara otomatis menggunakan sensor warna TCS3200, yang bekerja dengan cara mendeteksi perubahan warna kulit buah sebagai indikator visual tingkat kematangan, sehingga mampu mengklasifikasikan kondisi buah dengan tingkat keakuratan yang tinggi dan konsistensi hasil yang dapat diandalkan.
2. Perhitungan berat buah mangga secara real-time juga berhasil dilakukan dengan menggunakan sensor *Load cell* 20 kg yang sensitif dan presisi, serta modul HX711 sebagai penguat sinyal yang mampu mentransmisikan data secara stabil ke mikrokontroler. Data berat yang diperoleh ditampilkan secara akurat dan mudah dibaca melalui layar LCD 20x4, yang berfungsi sebagai antarmuka informasi bagi pengguna.
3. Integrasi sensor, mikrokontroler ATmega328P, dan antarmuka LCD memungkinkan sistem bekerja sinergis dan responsif dalam mengklasifikasikan kematangan serta berat buah secara efisien, akurat, dan konsisten, sehingga layak diterapkan sebagai solusi otomasi praktis untuk penyortiran mangga skala kecil hingga menengah.

5.2 Saran

Untuk pengembangan di kedepannya, ada beberapa saran yang dapat dijadikan bahan evaluasi untuk penyempurnaan sistem:

1. Pengembangan Sensor tambahan: Penambahan sensor seperti sensor bau atau tesktur dapat meningkatkan akurasi dalam mendeteksi buah busuk, terutama untuk kasus-kasus di mana kerusakan tidak terlihat secara jelas.
2. Penggunaan Pembelajaran Mesin: Integrasi algoritma machine learning dapat membantu alat untuk lebih adaptif dalam mengenali variasi warna dan bentuk mangga jenis lain, sehingga alat tidak terbatas pada mangga gedong gincu.
3. Peningkatan kapasitas load cell memungkinkan alat menangani buah dengan ukuran dan berat beragam, sementara pengembangan antarmuka pengguna dengan fitur penyimpanan data atau konektivitas Bluetooth/Wi-Fi mempermudah pengelolaan dan analisis hasil deteksi.

DAFTAR PUSAKA

- Al-Dahiree, M., Abdulkareem, M., & Hasan, M. (2022). *Design of smart agricultural weighing system using Load cell and microcontroller*. International Journal of Agricultural Technology, 18(1), 55–65.
- Akpan, A. I., Ibrahim, M., & Okafor, P. (2021). *Development of an automated weighing system using HX711 and Arduino microcontroller*. Journal of Embedded Systems and Applications, 9(2), 47–53.
- Atiyah, R. (2023). *Pengantar Mikrokontroler AVR dan Arduino Uno: Dasar-dasar, Pemrograman, dan Proyek Praktis*. Surabaya: Teknik Press.
- Jain, S., Saify, M., & Kate, R. (2020). *Color detection using TCS3200 color sensor*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 11(6), 422–426.
- Karsono, E. (2024). *Peluang Ekspor dan Budidaya Mangga Gedong Gincu di Kepulauan Bangka Belitung*. Jurnal Pertanian Tropika, 19(1), 22–29.
- Kebede, T., Mamo, G., & Tegegne, S. (2019). *Design and implementation of an Arduino-based digital weighing system using Load cell*. Journal of Mechatronics and Automation, 5(1), 10–15.
- Rajeswaran, S., & Pradeep, M. (2020). *Design and implementation of LCD-based user interface systems in microcontroller applications*. Journal of Embedded Systems and IoT, 6(3), 4–9.
- Ramadhan, T., & Aprilia, S. (2021). *Perancangan sistem sortir buah berbasis sensor warna dan mikrokontroler*. Jurnal Rekayasa Elektronika dan Informatika, 9(2), 89–95.
- Singh, R. (2019). *The Mango: Botany, Production and Uses*. CABI Publishing. ISBN: 9781786392253.
- Thong, H. D., Thinh, P. T., & Cong, N. T. (2019). *Design of an automatic fruit grading system using color and weight analysis*. International Journal of Advanced Agricultural Technologies, 8(4), 72–79.

Wijaya, H., Efendi, H., & Adawiyah, R. (2020). *Kelayakan mangga Gedong Gincu sebagai komoditas ekspor hortikultura unggulan*. Jurnal Agribisnis Indonesia, 6(1), 1–7.



LAMPIRAN 1

Daftar Riwayat hidup

1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Ilham Fadillah
Tempat Tanggal Lahir : 16, juni 2003
Alamat Rumah : JL. Camar parit pikir
Sungailiat
No. HP : 0887437249385
Email : ilhamfadila36@gmail.com
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

- | | |
|--|----------------|
| 1. SD N 13 Sungailiat | Lulus 2016 |
| 2. SMP N 5 Sungailiat | Lulus 2019 |
| 3. SMK N 1 Sungailiat | Lulus 2022 |
| 4. Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung | 2022- sekarang |

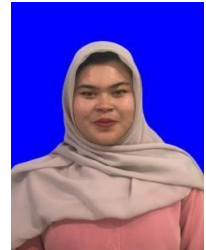
Sungailiat, 01 Juli 2025

Ilham Fadillah

Daftar Riwayat Hidup

1. Data pribadi

Nama Lengkap : Kiki Patrisia Rahmadhani
Tempat Tanggal Lahir : Prabumulih, 24 Oktober 2004
Alamat Rumah : JL.
No. HP : +62 838-0914-0596
Email : kikipatricia24.10@gmail.com
Jenis Kelamin : Perempuan
Agama : Islam



2. Riwayat Pendidikan

1. SD N 13 Prabumulih Lulus 2016
2. SMP N 2 Prabumulih Lulus 2019
3. SMA N 3 Prabumulih Lulus 2022
4. Politeknik Manufaktur Negeri
Bangka Belitung 2022– Sekarang

Sungailiat, 01 Juli 2025

Kiki Patrisia Rahmadhani

LAMPIRAN 2

Program Keseluruhan

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include "HX711.h"
// PIN TCS3200
#define S0 2
#define S1 3
#define S2 4
#define S3 5
#define OUT 10
#define BUZZER 9
// PIN Loadcell HX711
#define LOADCELL_DOUT_PIN A1
#define LOADCELL_SCK_PIN A0
// PIN Sensor IR dan Tombol Reset & Clear
#define IR_SENSOR_PIN 6
#define RESET_PIN 7
#define CLEAR_PIN 8
// LCD & Sensor
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
HX711 scale;
// Kalibrasi dan Variabel Pengukuran
const float CAL_FACTOR = 440.0;
const int CAL_SAMPLES = 20;
const int SMOOTH_SAMPLES = 15;
const float DEAD_ZONE = 2.0;
// Variabel Data
float offset = 0.0;
float beratTotal = 0.0;
int jumlahObjek = 0;
String hasilWarna = "";
// Variabel RGB
int redFreq, greenFreq, blueFreq;
// Riwayat Data
#define MAKS_DATA 20
float beratSimpan[MAKS_DATA];
```

```

String warnaSimpan[MAKS_DATA];
// Tombol Tekan Lama
unsigned long tombolTekanMulai = 0;
bool sedangTampilkanRiwayat = false;
const unsigned long DURASI_TEKAN_LAMA = 2000; // 2 detik
// Fungsi untuk reset data
void resetData() {
    jumlahObjek = 0;
    beratTotal = 0.0;
    for (int i = 0; i < MAKS_DATA; i++) { warnaSimpan[i]
        = "";
        beratSimpan[i] = 0.0;
    }
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,
0); lcd.print("Data
Direset"); delay(1500);
    lcd.clear(); lcd.setCursor(0,
0); lcd.print("Siap
Deteksi");
}
// SETUP
void setup() {
    // Pin TCS3200
    pinMode(S0, OUTPUT); pinMode(S1, OUTPUT);
    pinMode(S2, OUTPUT); pinMode(S3, OUTPUT);
    pinMode(OUT, INPUT); pinMode(BUZZER, OUTPUT);

    // Tombol & Sensor IR
    pinMode(IR_SENSOR_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(RESET_PIN, INPUT_PULLUP);
    pinMode(CLEAR_PIN, INPUT_PULLUP);
    // Setup TCS3200
    digitalWrite(S0, HIGH);
    digitalWrite(S1, LOW);
    // LCD & Serial
    lcd.init(); lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Inisialisasi...");

```

```

Serial.begin(9600);

// Loadcell
scale.begin(LOADCELL_DOUT_PIN, LOADCELL_SCK_PIN);
scale.set_scale(CAL_FACTOR);
delay(500);
// Kalibrasi Offset
float sum = 0.0;
for (int i = 0; i < CAL_SAMPLES; i++) {
    sum += scale.get_units(SMOOTH_SAMPLES);
    delay(50);
}
offset = sum / CAL_SAMPLES;
Serial.print("Offset (tare) = "); Serial.println(offset, 2);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Siap Deteksi");
}
// LOOP
void loop() {
    // ===== Tombol CLEAR untuk reset data =====
    if (digitalRead(CLEAR_PIN) == LOW) {
        delay(50); // debounce
        if (digitalRead(CLEAR_PIN) == LOW) {
            resetData();
            while (digitalRead(CLEAR_PIN) == LOW); // tunggu dilepas
            delay(100);
        }
    }

    // ===== Cek Tombol RESET (tekan lama) untuk tampilkan riwayat =====
    if (digitalRead(RESET_PIN) == LOW) {
        if (tombolTekanMulai == 0) {
            tombolTekanMulai = millis();
        }
        if (millis() - tombolTekanMulai > DURASI_TEKAN_LAMA && !sedangTampilkanRiwayat) {
            sedangTampilkanRiwayat = true;
            tampilkanRiwayat();
        }
    }
}

```

```

} else {
    tombolTekanMulai = 0;
    sedangTampilkanRiwayat = false;
}

// ===== Sensor IR mendeteksi objek =====
if (digitalRead(IR_SENSOR_PIN) == LOW) {
    delay(200); // debounce

    // Baca warna
    redFreq = bacaFrekuensi(LOW, LOW); // Merah
    greenFreq = bacaFrekuensi(HIGH, HIGH); // Hijau
    blueFreq = bacaFrekuensi(LOW, HIGH); // Biru
    hasilWarna = deteksiWarna(redFreq, greenFreq, blueFreq);
    tampilkanSerialRGB(redFreq, greenFreq, blueFreq, hasilWarna);

    // Baca berat
    float rawBerat = scale.get_units(SMOOTH_SAMPLES);
    float beratGram = rawBerat - offset;
    if (abs(beratGram) < DEAD_ZONE) beratGram = 0.0;
    float beratOns = beratGram / 100.0;

    // Simpan ke array
    if (jumlahObjek < MAKS_DATA) {
        warnaSimpan[jumlahObjek] = hasilWarna;
        beratSimpan[jumlahObjek] = beratOns;
    }

    beratTotal += beratOns;
    jumlahObjek++;

    // Buzzer notifikasi
    digitalWrite(BUZZER, HIGH); delay(150); digitalWrite(BUZZER, LOW);

    // Tampilkan di LCD
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Objek ke-   ");
    lcd.setCursor(10, 0); lcd.print(jumlahObjek);

    lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Warna :   ");
    lcd.setCursor(8, 1); lcd.print(hasilWarna);

```

```

lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Berat :      ");
lcd.setCursor(8, 2); lcd.print(beratOns, 2); lcd.print(" ons");

lcd.setCursor(0, 3); lcd.print("Total :      ");
lcd.setCursor(8, 3); lcd.print(beratTotal, 2); lcd.print(" ons");

// Tunggu objek pergi
while (digitalRead(IR_SENSOR_PIN) == LOW);
delay(200);
}
}

// FUNGSI: Baca frekuensi warna
int bacaFrekuensi(int valS2, int valS3) {
    digitalWrite(S2, valS2);
    digitalWrite(S3, valS3);
    delay(50);
    return pulseIn(OUT, LOW);
}

// FUNGSI: Deteksi warna dari RGB
String deteksiWarna(int r, int g, int b) {
    if (r >= 100 && r <= 135 && g >= 110 && g <= 145 && b >= 130 && b <= 160) {
        return "mentah";
    } else if (r >= 35 && r <= 60 && g >= 45 && g <= 70 && b >= 60 && b <= 85) {
        return "matang";
    } else if (r >= 45 && r <= 65 && g >= 50 && g <= 75 && b >= 20 && b <= 40) {
        return "busuk";
    } else {
        return "Tidak dikenali";
    }
}

// FUNGSI: Serial Monitor
void tampilkanSerialRGB(int r, int g, int b, String warna) {
    Serial.print("R: "); Serial.print(r);
    Serial.print(" | G: "); Serial.print(g);
    Serial.print(" | B: "); Serial.print(b);

```

```
Serial.print("=> Warna: "); Serial.println(warna);
}
// FUNGSI: Tampilkan data yang tersimpan
void tampilkanRiwayat() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Tampil Riwayat...");
    for (int i = 0; i < jumlahObjek && i < MAKS_DATA; i++) {
        lcd.clear();
        lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Objek ke-"); lcd.print(i + 1);
        lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("Warna: "); lcd.print(warnaSimpan[i]);
        lcd.setCursor(0, 2); lcd.print("Berat: ");
        lcd.print(beratSimpan[i], 2); lcd.print(" ons");
        Serial.print("Objek "); Serial.print(i + 1);
        Serial.print(" | Warna: "); Serial.print(warnaSimpan[i]);
        Serial.print(" | Berat: "); Serial.print(beratSimpan[i], 2);
        Serial.println(" ons");
        delay(2000); // tampilkan per objek
    }
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("Siap Deteksi");
}
```