

**SKRIPSI**

**RANCANG BANGUN OTOMASI SISTEM KLASIFIKASI BUAH JERUK  
BERDASARKAN BERAT DAN UKURAN MENGGUNAKAN  
METODE *FUZZY LOGIC***

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Pendidikan  
Tingkat Sarjana (S1)**



**WENI NOVIANAH**

**G1D014014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BENGKULU**

**2019**



**LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI  
RANCANG BANGUN OTOMASI SISTEM  
KLASIFIKASI BUAH JERUK BERDASARKAN  
BERAT DAN UKURAN MENGGUNAKAN METODE  
FUZZY LOGIC**

**Weni Novianah  
G1D014014**

**Telah diseminarkan dan dipertahankan di hadapan tim penguji  
pada hari Rabu, tanggal 6 November 2019, di Ruang Sidang 2.17  
Fakultas Teknik Universitas Bengkulu**

**MENYETUJUI,**

**Pembimbing Utama**

**Pembimbing Pendamping**



**Reza Satria Rinaldi, S.T., M.Eng.**  
NIP. 198006242005011001



**Afriyastuti Herawati, S.T., M.T.**  
NIP. 198205012008122002

**Ketua Penguji**

**Anggota Penguji**



**Faisal Hadi, ST., M.T.**  
NIP. 197707132002121005



**Ika Novia Anggraini, S.T., M.Eng.**  
NIP. 198111072006042021

**MENGETAHUI,  
Dekan Fakultas Teknik**



**Drs. Boko Susilo, M.Kom.**  
NIP. 195904241986021002



## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **RANCANG BANGUN OTOMASI SISTEM KLASIFIKASI BUAH JERUK BERDASARKAN BERAT DAN UKURAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY LOGIC**

Sejauh yang saya ketahui bukan merupakan hasil duplikasi dari skripsi dan/atau karya ilmiah yang pernah dipublikasikan dan/atau pernah dipergunakan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, November 2019



Weni Novianah  
NPM. G1D014014



## **MOTO DAN PERSEMBAHAN**

**Moto:**

- ❖ **“Man Jadda WaJada”**
- ❖ **Berusaha, berdoa, sabar dan bertawakal kunci dari kesuksesan.**
- ❖ **Sesungguhnya Allah tidak merubah suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri (Q.5 Ar Rad Ayat 11).**

**Persembahan:**

- ❖ **Allah SWT Tuhan semesta alam, pelindung segala umat, pemberi petunjuk dalam segala kesusahan.**
- ❖ **Orang terhebat dalam hidupku, bapak Khalidi dan Ibuku Zaimar yang membesarkanku, merawatku, selalu mendo'akanku, selalu memberi dukungan, dan kasih sayang yang begitu besar .**
- ❖ **Saudara-saudara kandungku yang kusayangi, Nidang, Inga, Nicik, Ncim, dan Aulia yang selalu memberikan semangat, teguran dan motivasi kepadaku.**
- ❖ **Orang-orang yang selalu memberikan perhatian dari awal sampai akhir serta orang yang menyayangi dengan tulus dan selalu mendoakan saya, yang tidak bisa saya sebutkan, terima kasih.**
- ❖ **Abangku, sahabatku, partner ku alm. Merah Mirza S.T yang telah di syurga nya Allah, terima kasih pernah ada, dan sempat memberi semangat 😊**
- ❖ **Teman-teman seperjuangan, Nanda, Wiwin, Yogi Narmanto, Jon, Obey yang membantu selama pembuatan skripsi**
- ❖ **Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro 2014 (Indo 3 Fasa) yang tidak bisa saya sebut satu persatu terima kasih telah menjadi bagian dari hidupku telah membantu dan menemani selama masa perkuliahan.**
- ❖ **Teman-teman Kerja Praktek bang fajri, Jon, Arif, Albar, Retno, Jefri dan Obey yang telah memberikan dukungan dan semangat.**



## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Otomasi Sistem Klasifikasi Buah Jeruk Berdasarkan Berat Dan Ukuran Menggunakan metode Fuzzy Logic”**.

Skripsi ini dibuat untuk memenuhi syarat lulusnya mata kuliah skripsi yang merupakan salah satu mata kuliah wajib dalam kurikulum Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu dan merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan pendidikan sarjana di Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Proses pelaksanaan perancangan, pembuatan alat, dan penyusunan laporan ini mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, baik berupa bantuan, kesempatan, bimbingan dan petunjuk-petunjuk yang diperlukan dalam usaha penyelesaian laporan skripsi ini. Sehubungan dengan itu pada kesempatan ini, penulis menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas nikmat yang luar biasa yang telah diberikan kepada saya, sehingga dapat menyelesaikan pembuatan laporan skripsi ini dalam keadaan yang sehat dan tanpa kekurangan apapun.
2. Kedua orang tua dan saudara-saudara saya tercinta yang telah memberikan support yang besar dan kepercayaan sepenuhnya untuk melaksanakan dan mengerjakan skripsi ini hingga selesai.
3. Bapak Dr. Ridwan Nurazi, M.Sc. selaku Rektor Universitas Bengkulu.
4. Bapak Drs. Boko Susilo, M.Kom. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
5. Bapak M. Khairul Amri Rosa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu
6. Bapak Irnanda Priyadi, S.T.,M.T sebagai Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan saran-saran untuk studiku selama ini.
7. Bapak Reza Satria Rinaldi, S.T., M.Eng sebagai Dosen Pembimbing Utama yang senantiasa meluangkan waktu dalam bimbingan dan selalu memberikan segala masukan yang positif untuk kemajuan penelitian ini.

8. Ibu Afriastuti Herawati, S.T., M.T sebagai Dosen Pembimbing Pendamping yang selalu memberikan saran-saran positif terhadap kemajuan penelitian ini.
9. Bapak Faisal Hadi, S.T.,M.T. sebagai Ketua Penguji.
10. Ibu Ika Novia Anggraini, S.T.,M.Eng. selaku Anggota Penguji
11. Segenap dosen Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.
12. Teman-teman Teknik Elektro yang telah memberikan pengalaman terbaik di masa perkuliahan.
13. Semua pihak yang telah terlibat pada perjalanan panjang ini yang tentunya tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, tak ada gading yang tak retak. Keterbatasan waktu dan kemampuan membuat penulis sadar bahwa pembuatan laporan ini masih memiliki banyak kekurangan maupun kesalahan. Untuk itu penyusun membuka diri atas segala kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan laporan ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan bisa memberikan nilai tambah bagi Program Studi Teknik Elektro Universitas Bengkulu.

Bengkulu, Noovember 2019

Weni Novianah

## ABSTRAK

Dalam penanganan pasca panen buah oleh para petani buah jeruk, salah satu masalah yang terjadi adalah kurangnya kualitas dalam penyortiran antara buah yang matang dan tidak matang. Maka dari itu penulis membuat alat berupa rancang bangun otomasi sistem klasifikasi buah jeruk berdasarkan sensor berat dan ukuran menggunakan metode fuzzy logic. Alat ini diciptakan untuk membantu para petani buah jeruk, diantaranya untuk mengefesiensi waktu, tenaga dan pikiran tentang teknologi. Alat ini dijalankan menggunakan mikrokontroler Arduino Atmega sebagai pusat pengolahan program. Sistem ini mulai bekerja pada saat adaptor telah tersambung dengan 12 volt DC, sehingga konveyor akan berjalan. Ketika jeruk diletakan di atas konveyor maka secara otomatis berat jeruk akan dideteksi oleh sensor load cell dan ukuran jeruk akan terdeteksi oleh sensor SRF05. Setelah mengetahui klasifikasi dari buah jeruk tersebut buah akan di pisahkan oleh motor servo berdasarkan kelompok nya. Hasil proses pengujian fuzzy pada alat yang dirancang sesuai dengan perhitungan defuzzyfikasi secara matematis dengan error 0%. Berdasarkan pengujian karakteristik sensitivitas sensor load cell, tingkat keberhasilan pembacaan mencapai 89% dengan tingkat error terbesar 6,1% dan error terkecil 0,76%. Untuk pengujian sensor SRF05, tingkat keberhasilan pembacaan sensor mencapai 97%, dengan tingkat error terbesar 7,21% dan error terkecil 0,31%.

**Kata Kunci:** Penyortiran Jeruk, *Load Cell*, *SRF05*, Fuzzy, Klasifikasi

## DAFTAR ISI

Halaman judul .....	i
Lembar pengesahan.....	iii
Lembar Pernyataan Keaslian.....	v
Moto dan Persembahan .....	vii
Kata Pengantar .....	ix
Abstrak .....	.xi
Daftar Isi.....	xiii
Daftar Gambar.....	xvii
Daftar Tabel .....	xix
Daftar Lampiran .....	xxi
<b>Bab 1 Pendahuluan</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
<b>Bab 2 Tinjauan Pustaka</b>	
2.1 Jeruk .....	6
2.2. Arduino Mega 2560.....	8
2.3. Motor DC .....	8
2.4. Load cell .....	9
2.5. Analog to Digital Converter HX711 .....	10
2.6. Sensor Ultrasonik .....	11
2.7 Sensor Ultrasonic SRF05 .....	12
2.8. LCD (Liquid Crystal Display).....	14
2.9 Motor Servo.....	14
2.10 Konveyor .....	15
2.11 Fuzzy Logic Control.....	17
2.11.1 Konsep Himpunan .....	17
2.11.2 Pengertian Himpunan Fuzzy.....	18
2.11.3 Fungsi Keanggotaan .....	20
2.11.4 Operasi Himpunan Fuzzy .....	25

2.11.5 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy .....	25
2.11.6 Sistem Inferensi Fuzzy .....	26
2.11.7 Metode Tsukamoto .....	26
2.11.8 Penegasan (Defuzzy) .....	27

### **Bab 3 Metode Penelitian**

3.1 Metode Penelitian .....	29
3.2 Waktu dan Tempat.....	29
3.3 Alat dan Bahan.....	29
3.4 Diagram Blok Sistem.....	31
3.5 Perancangan Sistem Keseluruhan Rancangan .....	31
3.5.1 Perancangan Konveyor .....	32
3.6 Perancangan Perangkat Keras.....	33
3.6.1 <i>Power Supply</i> .....	33
3.6.2 Rangkaian LCD .....	34
3.6.3 Sensor Jarak .....	34
3.6.4 Sensor Load Cell.....	35
3.6.5 Rangkain Sensor Keseluruhan .....	35
3.7 Metode Pengujian .....	36
3.7.1 Pengujian Tegangan Keluaran Catu Daya .....	36
3.7.2 Pengujian LCD 16x2 Karakter .....	37
3.7.3 Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560 .....	37
3.7.4 Pengujian Sensor Ultrasonik.....	38
3.7.5 Pengujian Sensor Load Cell.....	40
3.8 Perancangan Flowchart Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan .....	43

### **Bab 4 Hasil dan Pembahasan**

4.1 Hasil Pengujian Sensor Load Cell .....	45
4.2 Hasil Pengujian Sensor SRF05 .....	47
4.3 Penggunaan Metode Fuzzy .....	49
4.3.1 Fuzzyfikasi.....	50
4.3.2 Infrensi Fuzzy .....	51
4.3.3 Perhitungan Nilai Keanggotaan Fuzzy .....	52
4.4 Hasil Pengujian Fuzzy Logic pada Berat dan Diameter .....	54

<b>Bab 5 Penutup</b>	
5.1 Kesimpulan.....	57
5.1 Kesimpulan.....	57
<b>Daftar Pustaka</b> .....	59
<b>Lampiran</b> .....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Rangkaian Jembatan Wheatstone Tanpa Beban .....	9
Gambar 2.2	Rangkaian Jembatan Wheatstone dengan Beban .....	10
Gambar 2.3	Sensor Ping .....	11
Gambar 2.4	Sensor Ultrasonik <i>SRF05</i> .....	12
Gambar 2.5	Perbandingan Sudut Pantul <i>SRF05</i> .....	13
Gambar 2.6	Motor Servo .....	14
Gambar 2.7	Gambaran Belt <i>Conveyor</i> secara umum .....	15
Gambar 2.8	Konstruksi Belt <i>Conveyor</i> .....	16
Gambar 2.9	Perbandingan contoh (a) Logika Tegas dan (b) Logika Fuzzy dalam Penentuan Golongan Umur.....	17
Gambar 2.10	Himpunan fuzzy untuk variabel suhu .....	19
Gambar 2.11	Fungsi Representasi Linier Naik .....	20
Gambar 2.12	Fungsi Representasi Linier Turun .....	21
Gambar 2.13	Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga.....	21
Gambar 2.14	Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium.....	22
Gambar 2.15	Daerah Bahu pada Variabel Temperatur .....	23
Gambar 2.16	Himpunan Fuzzy dengan Kurva S Pertumbuhan.....	23
Gambar 2.17	Himpunan Fuzzy dengan Kurva S Penyusutan .....	23
Gambar 2.18	Himpunan Fuzzy dengan Kurva Phi.....	24
Gambar 2.19	Inferensi menggunakan Metode Tsukamoto .....	26
Gambar 2.20	Proses Defuzzifikasi .....	27
Gambar 3.1	Langkah Metode Penelitian .....	29
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem.....	31
Gambar 3.3	Konstruksi Perancangan Alat .....	32
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Power Supply</i> .....	33
Gambar 3.5	Rangkaian LCD .....	34
Gambar 3.6	Rangkaian Sensor <i>SRF05</i> .....	34
Gambar 3.7	Rangkaian Sensor Load Cell .....	35
Gambar 3.8	Rangkaian Sensor Keseluruhan .....	35
Gambar 3.9	Pengujian Rangkaian <i>Power Supply</i> .....	36
Gambar 3.10	Tampilan LCD.....	37



Gambar 3.11	Tampilan Pengujian Blink Arduino .....	38
Gambar 3.12	Tampilan Pengujian Sensor SRF05.....	38
Gambar 3.13	Pengujian Sensor Ultrasonik .....	39
Gambar 3.14	Grafik Perbandingan Pengukuran Berat.....	41
Gambar 3.15	Pengujian Load Cell dan Timbangan Manual.....	42
Gambar 3.16	Flowchart Sistem Kerja Alat.....	43
Gambar 4.1	Grafik Perbandingan sensor Load Cell .....	46
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Diameter Buah .....	48
Gambar 4.3	Diagram Alir Proses Fuzzy .....	49
Gambar 4.4	Himpunan Fuzzyfikasi Bobot Buah .....	50
Gambar 4.5	Himpunan Fuzzyfikasi Diameter Buah .....	50
Gambar 4.6	Himpunan Crip Output Fuzzy .....	53
Gambar 4.7	Perbandingan Fuzzyfikasi simulasi matlab dan perhitungan .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tingkat Kematangan Buah Jeruk .....	7
Tabel 2.2	Kriteria jeruk keprok (SNI 01-3165-1992).....	7
Tabel 3.1	Alat dan Bahan Untuk Perancangan Alat.....	30
Tabel 3.2	Pengujian jangkauan sudut sensor ultrasonic .....	39
Tabel 3.3	Pengujian Sensor Load Cell .....	40
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Sensor Load Cell.....	45
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Sensor SRF05.....	47
Tabel 4.3	Rules <i>Inferensi Fuzzy</i> .....	52
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Defuzzyfikasi .....	54
Tabel 4.5	Hasil Defuzzyfikasi Sistem Motor Servo.....	55



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan .....	
Lampiran 2 Hasil Simulasi Matlab .....	
Lampiran 3 <i>Listing Program</i> .....	
Lampiran 4 <i>Data Sheet</i> .....	
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian .....	
Lampiran 6 Hasil Kalibrasi Nilai Diameter .....	





# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Buah-buahan di Indonesia sangat beraneka ragam. Buah-buahan itu pun memiliki ukuran yang beragam mulai dari yang kecil sampai yang paling besar. Buah-buahan yang sudah dipanen oleh petani tentunya harus melewati proses pascapanen seperti halnya proses sortasi dan grading, agar buah yang dipasarkan betul-betul produk yang memiliki kualitas terbaik. Pastinya buah-buahan yang telah melewati proses sortasi dan grading akan memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan tidak mengecewakan konsumen di pasar.

Di antara berbagai jenis jeruk komersial yang ada, yang cukup banyak dikembangkan oleh petani adalah jeruk siam, jeruk keprok, pamelon dan jeruk manis. Produktivitas jeruk nasional berkisar 17-25 ton/ha sedangkan potensinya mencapai 25-40 ton per ha (Badan Litbang Pertanian, 2005). Produksi jeruk pada tahun 2007 mencapai lebih 2.625.884 ton dengan luas panen mencapai 67.592 ha (Ditjen Hortikultura, 2008). Pada tahun 2009 produksi jeruk menjadi 2.131.768 ton dengan luas panen 60.191 ha . Rata-rata produktivitas jeruk pada tahun 2007 mencapai 38,85 ton/ha, sedangkan produktivitas jeruk pada tahun 2009 menjadi 35,42 ton/ha [1].

Jeruk keprok termasuk jenis jeruk yang disukai konsumen. Salah satu jenis jeruk keprok yang dikembangkan di Provinsi Bengkulu adalah jeruk Gerga Lebong yang sekarang terdaftar dengan nama jeruk varietas RGL. Namun, proses pasca panenya khususnya pada pengelompokan buah belum dilakukan secara maksimal sehingga seringkali menimbulkan keluhan pada konsumen jeruk tersebut merupakan komoditas unggulan Kabupaten Lebong, karena mempunyai keunggulan kompetitif yaitu berbuah sepanjang tahun [2]. Kendala yang dihadapi oleh petani di Lebong salah satunya adalah upaya untuk memisahkan kualitas buah jeruk RGL ini belum maksimal, akibatnya hasil produksi masih tercampur, antara kualitas super dan kualitas biasa. Maka dari itu harga dari buah jeruk itu bisa menurun, akibat tidak adanya alat yang bisa menyortir buah jeruk RGL. Apalagi buah Gerga ini masih dalam pengembangan untuk bisa dijadikan

produksi ekspor. Pada proses grading berdasarkan ukuran menjadi kendala bagi para petani, karena metode yang digunakan masih manual yang hanya memprediksi ukuran saja. Begitu juga saat pengembangan alat untuk grading terkendala dalam menentukan sifat fisik buah seperti diameter buah-buahan karena alat ukur yang digunakan masih manual dan beberapa kelemahan seperti tingkat ketelitian rendah dan waktu yang lama dalam pengukuran [3].

Dalam penanganan pasca panen buah-buahan ini salah satu masalah yang terjadi adalah kurangnya kualitas dalam penyortiran antara buah yang matang dan tidak matang. Dalam proses penyortiran masih dilakukan oleh tenaga manusia. Oleh sebab itu, penulis berusaha membantu para petani perkebunan buah-buahan dengan membuat alat berupa "Rancang Bangun Otomasi Sistem Klasifikasi Buah Jeruk Berdasarkan Sensor Berat, dan Ukuran Menggunakan Metode Fuzzy Logic" dan dengan adanya alat ini, maka otomasi pada tahap penyortiran buah dapat terlaksana.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka rumusan masalah yang akan dikaji adalah:

1. Bagaimana cara merancang alat otomasi proses penyortiran buah jeruk?
2. Seberapa sensitivitas sensor yang di gunakan ?
3. Bagaiman merancang bangun alat ukur diameter buah jeruk berbasis sensor jarak Ultrasonik CRSF05 dan Load Cell yang akan menampilkan hasil pengukuran secara digital?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar permasalahan ini tidak terlalu meluas, maka batasan masalahnya adalah sebagai berikut :

1. Hanya menggunakan jenis buah jeruk Keprok
2. Tidak membahas mengenai jenis nutrisi
3. Pada sistem ini hanya diaplikasikan untuk mendapatkan kualitas buah yang berkualitas.
4. Hanya menggunakan buah jeruk dengan bobot diatas 50gr.



#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai yaitu :

1. Merancang alat pengklasifikasian buah jeruk berdasarkan berat dan ukuran dengan metode *fuzzy logic* .
2. Menganalisis kinerja alat pengklasifikasian buah jeruk berdasarkan berat, dan ukuran.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Berdasarkan penelitian dari AL Amin dkk, yang berjudul Perancangan dan Pembuatan Alat Pemisah Buah Apel Berdasarkan Ukuran dengan Pengendali Mikrokontroler ATmega 8535 di Universitas Negeri Padang. Alat ini menggunakan sensor lesar dan photodiode sebagai pendeteksi ukuran dan menggunakan satu konveyor tapi dengan dua tempat penampungan yaitu tempat ukuran apel besar dan ukuran apel kecil supaya apel tidak bertumpuk satu sama lain dengan adanya mikrokontroler yang dapat digunakan sebagai pengendali proses [4]. Berdasarkan penelitian dari Dimas Risky Radityo dkk, berjudul Alat Penyortiran dan Pengecekan Kematangan Menggunakan Sensor Warna. Penelitian ini mengaplikasikan sensor warna TCS3200 sebagai detektor untuk mengecek kematangan buah berdasarkan warna. Alat ini dapat mengotomatisasi tahap penyortiran buah dan dikendalikan oleh konveyor yang digerakan oleh motor DC [5].

Selanjutnya pada penelitian Saiful Nur Budiman dkk, yang berjudul Sistem Pengukuran Mutu Buah Mangga Berdasarkan Kematangan, Ukuran dan Area Bercak Menggunakan Fuzzy Inference System. Parameter yang digunakan dalam proses grading adalah tingkat kematangan dan kualitas suatu mangga. Tingkat kematangan sebuah mangga ditentukan oleh perubahan warna, sedangkan untuk kualitas ditentukan oleh ukuran dan rasio bercak. Pada penelitian ini FIS (Fuzzy Inference system) Mamdani digunakan untuk mendapatkan hasil grading yang lebih baik berdasarkan parameter warna, ukuran, dan bercak suatu mangga [6]. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut penulis berencana merancang suatu alat otomatisasi sistem klarifikasi buah jeruk untuk menentukan warna dan ukuran menggunakan algoritma *fuzzy logic* dan Arduino Mega sebagai pusat pengontrolan.

## 2.1 Jeruk

Salah satu jenis jeruk keprok yang dikembangkan di Provinsi Bengkulu adalah jeruk Gerga Lebong yang sekarang terdaftar dengan nama jeruk varietas RGL. Jeruk tersebut merupakan komoditas unggulan Kabupaten Lebong, karena mempunyai keunggulan kompetitif yaitu berbuah sepanjang tahun (Suwanto, 2010). Tanaman jeruk umumnya dapat berbuah setelah berumur 3 tahun dan buah paling banyak pada tanaman yang berumur lebih dari 5 tahun (Purnomosidhi et al., 2007). Menurut pengalaman petani, jeruk RGL sudah mulai berbuah pada umur 2 tahun.

Kecamatan Rimbo Pengadang, Kabupaten Lebong, mempunyai topografi bergelombang sampai berbukit dengan ketinggian 500-900 m dpl (BPS, 2010). Luas wilayah Kelurahan Rimbo Pengadang 7300 ha. Luas pertanaman jeruk RGL yang ada saat ini seluas 100 ha jeruk RGL dan direncanakan 200 ha lagi pada tahun 2013. Ketinggian lokasi pengkajian sekitar 835 dpl. Keadaan iklim rata-rata harian pada siang hari antara 28-32 oC dan pada malam hari 22-25 oC. Tipe iklim berdasarkan Schmidt dan Ferguson mempunyai tipe iklim B dengan curah hujan 2500-4500 mm/tahun [6].

Cara mengidentifikasi dan mendeteksi kematangan buah yang dilakukan masih banyak menggunakan cara manual. Cara manual dilakukan berdasarkan pengamatan visual secara langsung pada buah yang akan diklasifikasi. Kelemahan pengklasifikasian manual sangat dipengaruhi subjektivitas operator sortir sehingga pada kondisi tertentu tidak konsisten proses pengklasifikasiannya. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan suatu metode yang dapat menjamin keseragaman mutu dari buah jeruk. Perkembangan teknologi informasi memungkinkan identifikasi buah berdasarkan ciri warna dengan bantuan komputer. Metode pengukurannya non-konvensional yaitu menggunakan pengolahan citra digital (image processing) menghasilkan data yang akan diproses secara pembelajaran dengan jaringan syaraf tiruan (artificial neural network) kemudian diolah dengan menggunakan perangkat lunak komputer sehingga dapat digunakan untuk menentukan mutu buah [7]. Spesifikasi mengenai tingkat kematangan jeruk dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2.1 Tingkat Kematangan Buah Jeruk

Parameter	Mentah	Matang	Lewat Matang
Tekstur Buah	Keras	Agak Empuk	Empuk
Warna Daging Buah	Kuning Kurang Sempurna	Kuning sempurna	Kuning Sempurna
Ukuran Buah	Kecil	Besar	Besar
Warna Kulit	Hijau	Kuning	Kuning Pekat
Kenampakan Kulit	Tidak Mengkilap dan pori-pori Kecil	Mengkilap dan pori-pori lebih besar	Mengkilap, pori-pori besar dan keriput

Buah jeruk juga memiliki SNI untuk mengklasifikasikan berdasarkan diameter (mm) dan bobot (gr). SNI ini merupakan hasil revisi SNI 01-3265-1992 yang menetapkan ketentuan tentang mutu, ukuran, toleransi, penampilan, pengemasan, pelabelan, rekomendasi higienis, pada buah jeruk keprok yang dipasarkan sebagai konsumsi segar setelah pascapanennya.

Tabel 2.2 Kriteria jeruk keprok (SNI 01-3165-1992)

Bobot (gr)	Diameter (mm)
$\geq 151$	$\geq 71$
101 – 150	61 – 70
51 – 100	51 – 60

## 2.2. Arduino Mega 2560

Arduino mega 2560 adalah board (papan) mikrokontroler berbasis ATmega 2560 (sebuah keping yang secara fungsional bertindak seperti sebuah komputer). Arduino mega 2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler [8]. Arduino mega 2560 dapat diaktifkan cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai. Arduino mega 2560 beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima arus maksimum 40 mA dan memiliki resistor pull-up internal (yang terputus secara default) sebesar 20-50 k $\Omega$  . Arduino mega 2560 memiliki tombol reset yang dihubungkan dengan ground berfungsi ketika tombol reset ditekan saat terjadi error menjalankan program pada arduino maka secara otomatis program akan kembali pada keadaan standby.

Arduino mega 2560 memiliki pengalamatan suatu input dan output diantaranya adalah sebagai berikut [9]:

1. `pinMode(pin, mode)` berfungsi untuk menetapkan mode input atau output dari suatu pin.
2. `digitalRead(pin)` berfungsi untuk menetapkan pin sebagai input dengan menggunakan kode HIGH (5 volt) atau LOW (0 volt).
3. `digitalWrite(pin, value)` berfungsi untuk menetapkan pin sebagai output dengan menggunakan kode HIGH (5 volt) atau LOW (0 volt).

## 2.3. Motor DC

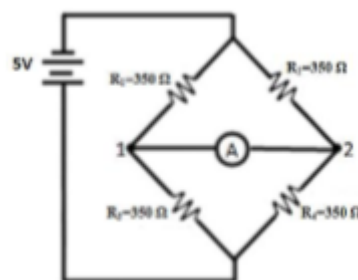
Motor DC (Direct Current) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik. Terdapat dua arah putaran pada motor DC yaitu, searah dengan arah putaran jarum jam (Clock Wise/CW) atau berlawanan dengan arah putaran jarum jam (Counter Clock Wise/CCW). Arah putaran motor DC dipengaruhi oleh hubungan antar kutub pada

motor DC. Kecepatan putar motor DC dipengaruhi oleh arus yang diberikan. Apabila motor DC diberikan tegangan yang besar maka kecepatan motornya akan meningkat dan pada saat motor DC diberikan arus yang besar maka kecepatan motornya akan menurun. Motor DC pada umumnya berputar searah dengan jarum jam, namun dapat diatur arah putarannya dengan menggunakan driver motor [10].

#### 2.4. Load cell

Load cell adalah komponen utama pada sistem timbangan digital. Sensor load cell apabila diberi beban pada inti besi maka nilai resistansi yang ada di strain gauge akan berubah. Sebuah load cell terdiri dari konduktor, strain gauge dan jembatan wheatstone [11]. Tegangan keluaran dari load cell sangat kecil, sehingga untuk mengetahui perubahan tegangan keluaran secara linier dibutuhkan rangkaian penguat instrumen. Pengukur berat badan harus memiliki skala yang lebih besar dari orang yang diukur, sehingga dapat menunjukkan berapa besar berat badan orang tersebut.

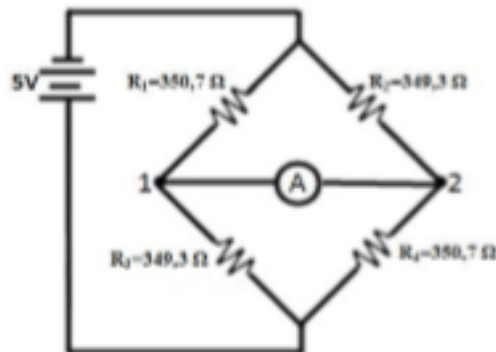
Selama proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada load cell yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh regangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh strain gauge (pengukur regangan) yang terpasang pada load cell. Prinsip kerja load cell berdasarkan rangkaian Jembatan Wheatstone dapat dilihat pada Gambar 2.1 [12].



Gambar 2.1. Rangkaian Jembatan Wheatstone Tanpa Beban [12]

Pada Gambar 2.1. nilai  $R = 350 \Omega$ , arus yang mengalir pada R1 dan R3 sama dengan arus yang mengalir di R2 dan R4, hal ini dikarenakan nilai semua resistor sama dan tidak ada perbedaan tegangan antara titik 1 dan 2, oleh karena

itu rangkaian ini dikatakan seimbang. Untuk rangkaian jembatan wheatstone dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Rangkaian Jembatan Wheatstone dengan Beban [12]

Rangkaian jembatan Wheatstone yang diberi beban seperti Gambar 2.2, akan menyebabkan nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai  $R_1=R_4$  dan  $R_2=R_3$ . Sensor load cell tidak dalam kondisi yang seimbang dan membuat beda potensial. Beda potensial inilah yang menjadi outputnya. Secara teori, prinsip kerja load cell berdasarkan pada jembatan Wheatstone dimana saat load cell diberi beban terjadi perubahan pada nilai resistansi, nilai resistansi  $R_1$  dan  $R_3$  akan turun sedangkan nilai resistansi  $R_2$  dan  $R_4$  akan naik. Pada posisi setimbang,  $V_{out}$  load cell = 0 volt, namun ketika nilai resistansi  $R_1$  dan  $R_3$  naik maka akan terjadi perubahan  $V_{out}$  pada load cell. Load cell output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada  $R_1$ , sedangkan output (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi  $R_3$ .

## 2.5. Analog to Digital Converter HX711

HX711 adalah presisi 24 bit Analog to digital converter (ADC) yang dirancang untuk berat timbangan. Prinsip dari HX711, mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada [12].

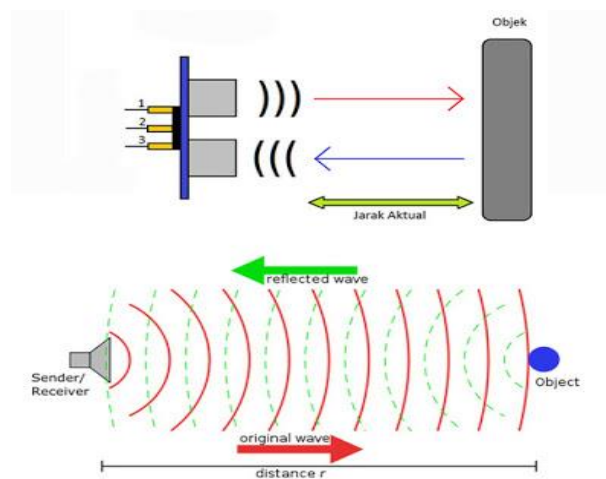
Pada HX711 kelebihan yang dimiliki adalah struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat. Spesifikasi HX711 adalah sebagai berikut:



1. Differential input voltage:  $\pm 40\text{mV}$ (Full-scale differential input voltage)
2. Data accuracy : 24 bit (24 bit A / D converter chip.)
3. Refresh frequency : 80 Hz
4. Operating voltage : 5V DC
5. Operating current :  $<10\text{mA}$  6. Size : 38mm \* 21mm \* 10mm

## 2.6 Sensor Ultrasonik

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah alat yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada benda tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. [19].



Gambar 2.3 cara kerja sensor ultrasonik dengan transmitter dan receiver (atas), sensor ultrasonik dengan single sensor yang berfungsi sebagai transmitter dan receiver [19].

Secara detail, cara kerja sensor ultrasonik adalah sebagai berikut:

- Sinyal dipancarkan oleh pemancar ultrasonik dengan frekuensi tertentu dan dengan durasi waktu tertentu. Sinyal tersebut berfrekuensi diatas 20kHz. Untuk mengukur jarak benda (sensor jarak), frekuensi yang umum digunakan adalah 40kHz.
- Sinyal yang dipancarkan akan merambat sebagai gelombang bunyi dengan kecepatan sekitar 340 m/s. Ketika menumbuk suatu benda, maka sinyal tersebut akan dipantulkan oleh benda tersebut.

Setelah gelombang pantulan sampai di alat penerima, maka sinyal tersebut akan diproses untuk menghitung jarak benda tersebut. Jarak benda dihitung berdasarkan rumus :

$$S = 340.t/2$$

dimana S merupakan jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul), dan t adalah selisih antara waktu pemancaran gelombang oleh transmitter dan waktu ketika gelombang pantul diterima receiver.

Terdapat 3 jenis sensor ultrasonik yang beredar di pasaran yaitu :

- a. Sensor ultrasonik ping ( parallax )
- b. Sensor ultrasonik defantech ( SRF 04 ranger )
- c. Sensor ultrasonik HY 05 (SRF 05)

## 2.7 Sensor Ultrasonic SRF05

Sensor ultrasonik srf05 adalah sensor non-kontak pengukur jarak menggunakan ultrasonik. Prinsip kerja sensor ini adalah transmitter mengirimkan seberkas gelombang ultrasonik, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari objek. Lamanya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan objek, sehingga jarak sensor dengan objek dapat ditentukan persamaan :

$$s = \frac{v \times t}{2} \tag{2.1}$$

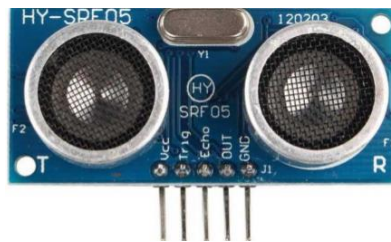
Dengan :

s = jarak (meter)

v = kecepatan suara (344 m/detik)

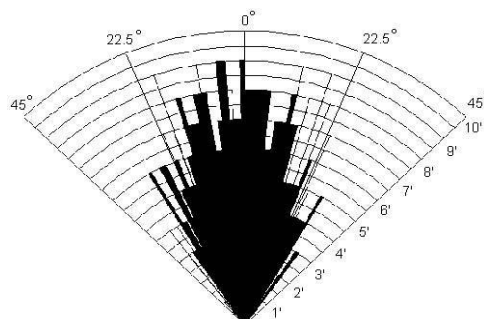
$t$  = waktu tempuh (detik)

srf05 dapat mengukur jarak dalam rentang antara 3 cm – 3 m dengan output panjang pulsa yang sebanding dengan jarak objek. Sensor ini hanya memerlukan 2 pin I/O untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, yaitu TRIGGER dan ECHO. Untuk mengaktifkan SRF05 mikrokontroler mengirimkan pulsa positif melalui pin TRIGGER minimal 10  $\mu$ s, selanjutnya srf05 akan mengirimkan pulsa positif melalui pin ECHO selama 100  $\mu$ s hingga 18 ms, yang sebanding dengan jarak objek [13] . Berikut adalah sensor ultrasonic srf05.



Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik SRF05 [13].

Prinsip kerja SRF05 dapat memancarkan seberkas sinyal ultrasonik (40KHz) yang berbentuk pulsa, kemudian jika di depan SRF05 ada objek padat maka *receiver* akan menerima pantulan sinyal ultrasonik tersebut. *Receiver* akan membaca lebar pulsa (dalam bentuk PWM) yang dipantulkan objek dan selisih waktu pemancaran. Dengan pengukuran tersebut, jarak objek di depan sensor dapat diketahui [14]. Berikut ini adalah data perbandingan antara sudut pantulan dan jarak pada sensor ultrasonik SRF05 pada gambar 2.5 :



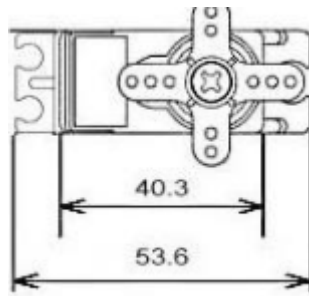
Gambar 2.5 Perbandingan Sudut Pantul SRF05 [14].

## 2.8. LCD (Liquid Crystal Display)

Display lcd 20x4 berfungsi sebagai penampil karakter yang di hasilkan. Lcd yang digunakan pada alat ini mempunyai lebar display 4 baris 20 kolom atau biasa disebut sebagai lcd karakter 20x4, dengan 16 pin konektor [15]. Lcd (Liquid Crystal Display) dapat diprogram agar bekerja sesuai dengan aplikasi yang telah dirancang. Lcd pada prinsipnya sama dengan penampil dot matrik. Untuk menghubungkan dengan arduino mega 2560 telah di persiapkan kaki-kaki pada modul lcd yang secara kompatibel dapat langsung dihubungkan dengan port-port arduino mega 2560. Modul lcd dapat dihubungkan langsung ke pin arduino mega 2560 tanpa membutuhkan IC (Integrated Circuit) perantara lainnya sehingga antarmuka komponen menjadi sederhana. Proses transfer data tampilan diatur oleh arduino mega 2560. Lcd ini mempunyai 16 pin data yang dikirim melalui jalur data, lcd diatur dengan pulsa kendali yang sesuai.

## 2.9 Motor Servo

Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa dan sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.



Gambar 2.6 Motor Servo [16]

Pada Gambar 2.6 motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variable resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo [16].

## 2.10 Konveyor

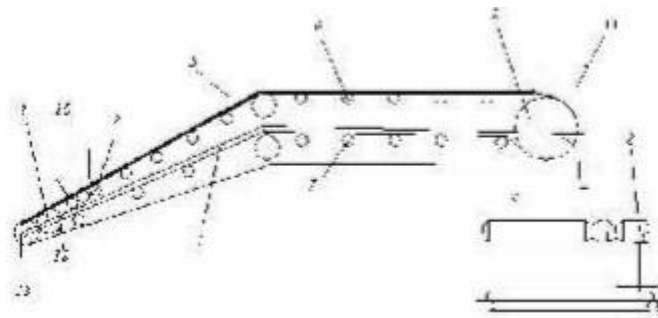
Belt konveyor merupakan salah satu alat angkut raw material yang paling banyak digunakan dalam industri [17]. Selain jarak yang bisa ditempuh cukup jauh alat ini juga mempunyai kapasitas angkut yang cukup besar. Aplikasi belt conveyor diantaranya adalah alat angkut pada pabrik pupuk, batu bara, pabrik semen, pabrik makanan dan alat angkut di bandara. Gambar 2.1 menunjukkan bentuk belt konveyor secara umum yang digunakan. Alat ini berfungsi mengangkut material baik yang berupa “unit load” atau “bulk material” secara mendatar ataupun miring. Yang dimaksud dengan “unit load” adalah benda yang biasanya dapat dihitung jumlahnya satu per satu, misalnya kotak, kantong, balok dll sedangkan bulk material adalah material yang berupa butir-butir, bubuk atau serbuk, misalnya pasir, semen dll [17]. Kapasitas angkut belt conveyor bisa berbeda-beda antara satu dengan yang lain, tergantung pada jenis material yang diangkut, lebar belt, daya motor yang digunakan yang akan mempengaruhi kecepatan angkut belt dan jarak pemindahan.



Gambar 2.7 Gambaran belt conveyor secara umum [17 ]

Belt conveyor menggunakan motor listrik sebagai penggerak yang dihubungkan ke head pulley atau gearbox. Tenaga (HP) dari motor harus disesuaikan dengan kebutuhan. Dalam sistem operasi belt dibantu dengan carrying roll, return roll, bend pulley, take up pulley dan take up unit [17]. Gambar 2.6 menunjukkan bentuk dan konstruksi pada belt conveyor. Dalam pelaksanaannya, belt conveyor sering mengalami permasalahan seperti berkurangnya kapasitas angkut, kecepatan belt yang tidak sesuai, rusaknya bearing pada carrying idler dan impact idler, sobeknya belt dan lain sebagainya. Untuk itu, diperlukan pengkajian

dalam hal motor yang berperan penting dalam proses perputaran dan kecepatan saat produksi. Berbagai jenis motor digunakan dalam aplikasi industri tergantung dengan kegunaan dan klasifikasi alat. Prinsip kerja belt conveyor adalah mentransportasikan material yang ada di atas belt, dimana umpan setelah sampai di head material ditumpahkan akibat belt berbalik arah. Belt digerakkan oleh drive/head pulley dengan menggunakan motor penggerak. Head pulley menarik belt dengan prinsip adanya gesekan antarpermukaan drum dengan belt, sehingga kapasitasnya tergantung gaya gesek tersebut [8].



Gambar 2.8. Konstruksi Belt Conveyor [17]

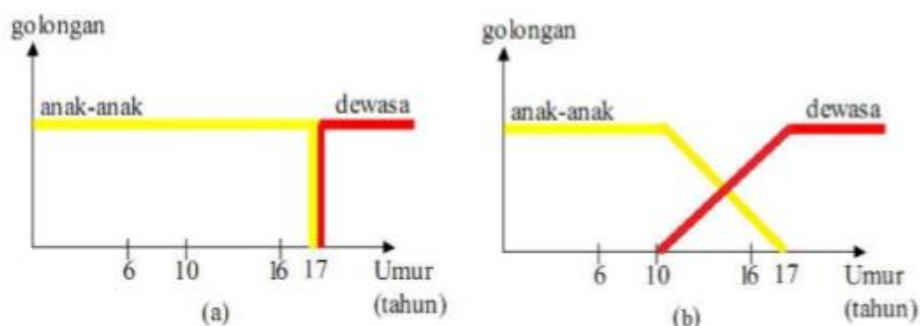
Belt conveyor sederhana terdiri dari:

1. Rangka (Frame)
2. Pulley penggerak (Driver Pulley)
3. Pulley yang digerakkan (Tail Pulley)
4. Pulley pengencang (Snub Pulley)
5. Sabuk (Belt)
6. Rol pembawa (Carrying Roller Idler)
7. Rol kembali (Return Roller Idler)
8. Rol pemuat
9. Motor penggerak
10. Unit pemuat (Churts)
11. Unit pengeluar (Discharge Spout)
12. Pembersih sabuk (Belt Cleaner)
13. Pengetat sabuk (Belt take-up)

## 2.11 Fuzzy Logic Control

### 2.11 1 Konsep Himpunan

Fuzzy konsep logika fuzzy pertama kali diperkenalkan oleh Professor Lotfi A.Zadeh dari Universitas Clifornia. Fuzzy secara bahasa diartikan kabur atau samar-samar. Fuzzy merupakan suatu nilai yang dapat bernilai benar atau salah secara bersamaan. Namun seberapa besar nilai kebenaran dan kesalahannya tergantung pada derajat keanggotaan yang dimilikinya. Derajat keanggotaan dalam fuzzy memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu). Hal berbeda dengan himpunan tegas yang memiliki rentang nilai 1 atau 0 (ya atau tidak). Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan menggunakan Bahasa (linguistik), misalkan besaran kecepatan laju kendaraan yang diekspresikan dengan pelan, agak cepat, cepat, dan sangat cepat. Logika fuzzy menunjukkan sejauh mana suatu nilai itu benar dan sejumlah mana suatu nilai itu salah. Tidak seperti logika, suatu nilai hanya mempunyai 2 kemungkinan yaitu merupakan suatu anggota himpunan ya atau tidak. Derajat keanggotaan 0 (nol) artinya nilai bukan merupakan anggota himpunan dan 1 (satu) berarti nilai tersebut adalah anggota himpunan. Dalam contoh, kehidupan seseorang dikatakan dewasa apabila berumur lebih dari 18 tahun. Seseorang yang kurang dari atau sama dengan 18 tahun didalam logika tegas akan dikatakan sebagai tidak dewasa atau anak-anak. Sedangkan pada logika fuzzy, seseorang yang berumur sama dengan atau kurang dari 18 tahun dapat dikategorikan dewasa tetapi tidak penuh. Secara grafik dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Perbandingan contoh (a) Logika Tegas dan (b) Logika Fuzzy dalam Penentuan Golongan Umur [18].

Secara umum pengertian logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Fuzzy dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran [18].

### 2.11.2 Pengertian Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas setiap elemen dalam semestanya selalu ditentukan secara tegas apakah elemen itu merupakan anggota himpunan tersebut atau tidak. Tetapi dalam kenyataannya tidak semua himpunan terdefinisi secara tegas. Misalnya himpunan siswa pandai, dalam hal ini tidak bias dinyatakan dengan tegas karena tidak ada yang dijadikan ukuran untuk tingkat kepandaian seseorang. Oleh karena itu perlu didefinisikan suatu himpunan fuzzy yang bias menyatakan kejadian tersebut. Himpunan fuzzy  $A$  di dalam semesta pembicaraan  $U$  didefinisikan sebagai himpunan yang mencirikan suatu fungsi keanggotaan  $\mu(x)$  yang mengawankan setiap  $x \in U$  dengan bilangan real di dalam interval  $[0,1]$  dengan nilai  $\mu_A(x)$  menyatakan derajat keanggotaan  $x$  didalam  $A$ . suatu himpunan fuzzy  $A$  dapat dinyatakan dengan dua acara :

1. Notasi integral yang digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya bernilai kontinu.

$$A = \int (x)/x U \quad (2.2)$$

2. Notasi sigma yang digunakan pada himpunan fuzzy yang anggotanya bernilai diskrit.

$$A = \sum \mu_A (x)/x \quad (2.3)$$

Himpunan fuzzy memiliki 2 atribut, yaitu :

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan Bahasa alami, seperti “muda”, “parobaya”, dan “tua”.

2. Numeris, yaitu suatu nilai/angka yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti 30, 27, 60, dsb.

Hal yang perlu diketahui dalam memahami system fuzzy, yaitu :

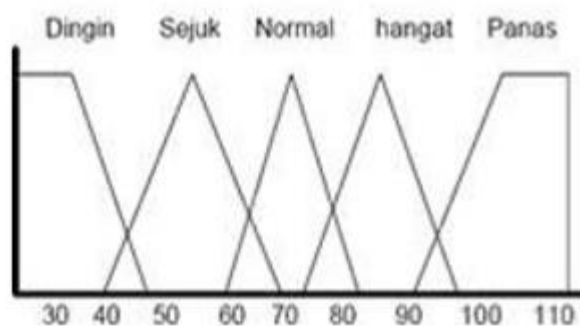


### 1. Variabel fuzzy

Merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu nilai fuzzy. Contohnya temperatur, kelembaban, umur, dsb.

### 2. Himpunan fuzzy

Merupakan suatu kelompok yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam variabel fuzzy. Contohnya variabel temperatur terbagi menjadi 5 himpunan fuzzy, yaitu : dingin, sejuk, normal, hangat, dan panas. Seperti Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Himpunan fuzzy untuk variabel suhu[18].

### 3. Semester Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam variable fuzzy. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negative. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya, contoh semesta pembicaraan untuk variable temperatur : [0 15 20 25 30 35].

### 4.Domain

Domain adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pemicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan fuzzy. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (monoton) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negative. Contoh domain himpunan fuzzy adalah :

- a. Dingin = [0-20]
- b. Sejuk = [15-25]

- c. Normal = [20-30]
- d. Hangat = [23-35]
- e. Panas = [30-40]

### 2.11.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input kedalam nilai keanggotannya yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Ada beberapa fungsi keanggotaan yang biasa digunakan, diantaranya yaitu fungsi representasi linier, fungsi keanggotaan segitiga, fungsi keanggotaan trapesium, fungsi sigmoid, fungsi Phi dan representasi kurva bahu .

#### 1. Fungsi Representasi Linier

Representasi himpunan fuzzy linier naik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11.



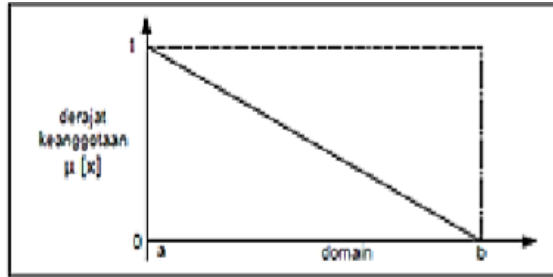
Gambar 2.11 Fungsi Representasi Linier Naik [18]

Pada linier naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi, dengan fungsi keanggotaan: [18]

$$\mu[x] = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases} \quad (2.4)$$

- Dengan : a = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol
- b = nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan satu
- x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

Sedangkan pada linier turun, garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah seperti pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Fungsi Representasi Linier Turun [18]

Fungsi keanggotaan :

$$\mu[x] = \begin{cases} \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2.5)$$

Dengan :

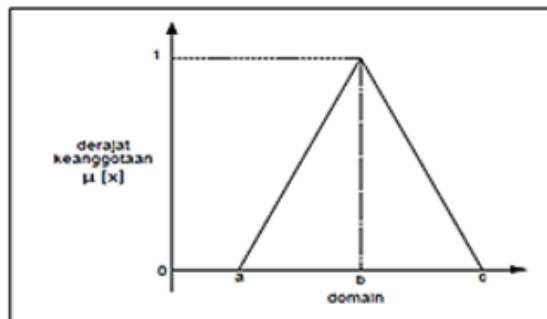
a = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan fuzzy

## 2. Fungsi Keanggotaan Segitiga

Fungsi keanggotaan segitiga ditandai oleh adanya 3 (tiga) parameter {a,b,c} yang akan menentukan koordinat x dari tiga sudut. Kurva ini pada dasarnya merupakan gabungan antara dua garis (linier) seperti Gambar 2.13. [14]



Gambar 2.13 Grafik Fungsi Keanggotaan Segitiga [18]

Adapun persamaannya yaitu,

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

Dengan:

a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol

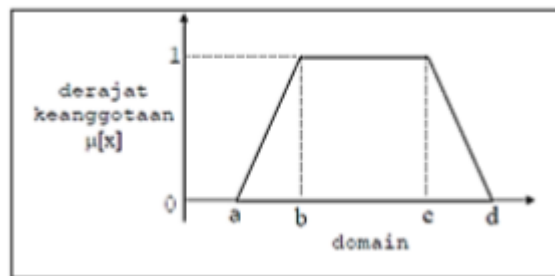
b = nilai domain yang mempunyai derajat keanggotaan satu

c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol

x = nilai input yang akan diubah kedalam bilangan fuzzy

### 3. Fungsi Keanggotaan Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1, representasi kurva trapesium ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Grafik Fungsi Keanggotaan Trapesium[18]

Adapun persamaan untuk kurva trapesium adalah,

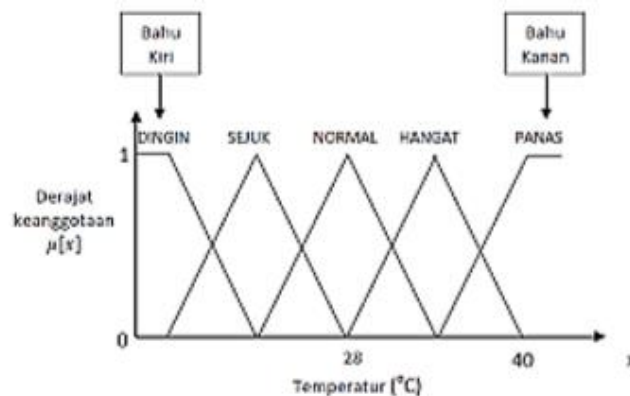
$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{(d-c)}; & c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.7)$$

Dimana :

- a = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- b = nilai domain terkecil yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- c = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan satu
- d = nilai domain terbesar yang mempunyai derajat keanggotaan nol
- x = nilai input yang akan diubah ke dalam bilangan fuzzy

#### 4.Representasi Kurva Bahu

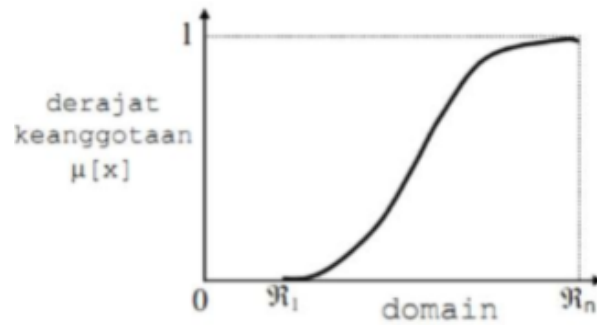
Himpunan fuzzy bahu digunakan untuk mengakhiri variabel suatu daerah fuzzy. Bentuk kurva bahu berbeda dengan kurva segitiga, yaitu salah satu sisi pada variabel tersebut mengalami perubahan turun dan naik, sedangkan sisi yang lain tidak mengalami perubahan atau tetap. Bahu kiri bergerak dari benar ke salah, demikian juga bahu kanan bergerak dari salah ke benar. Gambar 2.15 menunjukkan variabel temperatur dengan daerah bahunya. [18]



Gambar 2.15 Daerah Bahu pada Variabel Temperatur [18]

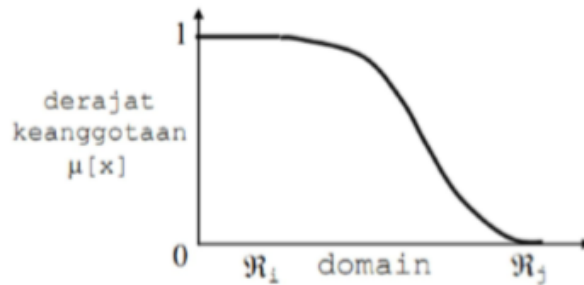
#### 5. Representasi Kurva S

Kurva Pertumbuhan dan Penyusutan merupakan kurva S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva S untuk Pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaan akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaan yang sering disebut dengan titik infleksi. Kurva S Pertumbuhan seperti terlihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16 Himpunan Fuzzy dengan Kurva S Pertumbuhan

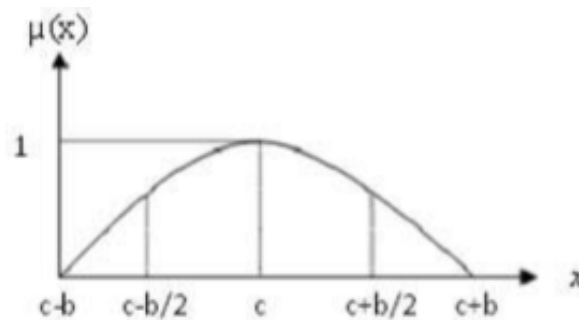
Kurva S untuk Penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan =1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) seperti terlihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.17 Himpunan Fuzzy dengan Kurva S Penyusutan

## 6. Representasi Kurva Phi

Disebut kurva phi karena bentuk seperti symbol phi. Pada fungsi keanggotaan ini, hanya terdapat satu nilai  $x$  yang memiliki derajat keanggotaan sama dengan 1, yaitu ketika  $x = c$ . Nilai-nilai disekitar  $c$  memiliki derajat keanggotaan yang masih mendekati 1. Grafik fungsi keanggotaan phi seperti terlihat pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Himpunan Fuzzy dengan Kurva Phi

#### 2.11.4 Operasi Himpunan Fuzzy

Seperti halnya himpunan bilangan tegas, ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasi dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi dua himpunan sering dikenal dengan nama fire strength atau  $\alpha$ -predikat. Ada tiga operasi dasar dalam himpunan (fuzzy, yaitu: komplemen, irisan (intersection), gabungan (union) [18].

##### 1. Komplemen

Operasi komplemen pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator NOT deiperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1.

$$\bar{A}(x) = 1 - A(x) \quad (2.8)$$

##### 2. Irisan (intersection)

Operasi irisan (Intersection) pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$(A \cap B)(x) = \min [(x).(x)] \quad (2.9)$$

##### 3. Gabungan (union)

Operasi gabungan (union) pada himpunan fuzzy adalah sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan.

$$(A.B)(x) = \max [(x).(x)] \quad (2.10)$$

#### 2.11.5 Sistem Berbasis Aturan Fuzzy

Pendekatan logika fuzzy diimplementasikan dalam tiga tahapan, yaitu : fuzzifikasi, evaluasi rule (inferensi), dan defuzzifikasi [18].

##### 1. Fuzzyfikasi

Merupakan fase pertama dari perhitungan fuzzy, yaitu mengubah masukanmasukan yang nilai kebenarannya bersifat pasti kedalam bentuk fuzzy input yang berupa tingat keanggotaan/ tingkat kebenaran. Dengan demikian, tahap

ini mengambil nilai-nilai crisp dan menentukan derajat dimana nilai-nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai.

## **2. Inferensi**

Inferensi adalah melakukan penalaran menggunakan fuzzy input dan fuzzy rules yang telah ditentukan sehingga menghasilkan fuzzy output. Secara sintaks, suatu fuzzy rule (aturan fuzzy) dituliskan sebagai berikut :

IF antecedent THEN consequent

## **3. Defuzzifikasi**

Defuzzifikasi adalah mengubah fuzzy output menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi merupakan metode yang penting dalam pemodelan system fuzzy.

### **2.11.6 Sistem Inferensi Fuzzy**

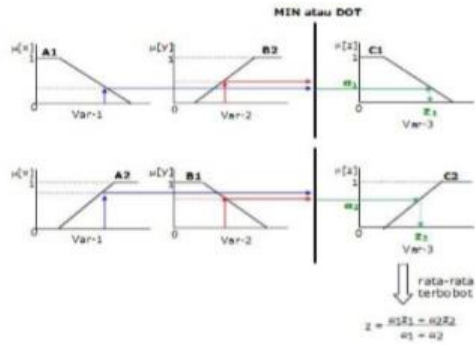
Salah satu aplikasi logika fuzzy yang telah berkembang amat luas dewasa ini adalah sistem inferensi Fuzzy Inference System (FIS), yaitu kerangka komputasi yang didasarkan pada teori himpunan fuzzy, aturan fuzzy berbentuk IF THEN dan penalaran fuzzy.

Ada tiga metode dalam sistem inferensi fuzzy yang sering digunakan, yaitu metode Tsukamoto, metode Mamdani, dan metode Takagi Sugeno. Pada penelitian ini sistem inferensi fuzzy yang akan digunakan adalah metode Tsukamoto [18].

### **2.11.7 Metode Tsukamoto**

Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IFThen harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton seperti pada Gambar 2.19. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan apredikat (fire strength). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.[18]

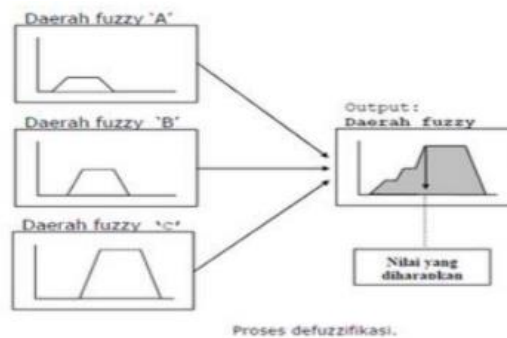




Gambar 2.19 Inferensi menggunakan Metode Tsukamoto[18].

### 2.11.8 Penegasan (Defuzzy)

Input dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai crisp tertentu sebagai output seperti terlihat pada Gambar 2.20 .



Gambar 2.20 Proses Defuzzifikasi [18]

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan himpunan fuzzy ke himpunan tegas (crisp). Proses ini merupakan kebalikan dari proses fuzzifikasi. Proses defuzzifikasi dieksperikan sebagai berikut:

$$Z^* = \text{devuzzier}(Z) \tag{2.11}$$

Dengan,  $Z$  = hasil penalaran fuzzy

$Z^*$  = keluaran kontrol fuzzy logic

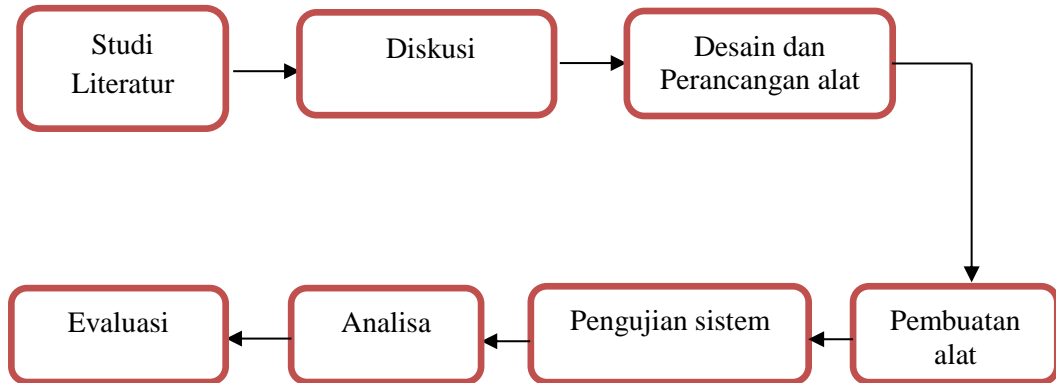
devuzzier = operasi devuzzier[18]



## BAB 3 METODE PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Pada metode penelitian ini dilakukan beberapa langkah-langkah yang dapat dilihat pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Langkah Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat penyortiran buah jeruk dengan metode *fuzzy logic*. Waktu dan tempat penelitian, metode pembuatan sistem , metode analisis, alat penelitian serta jalannya penelitian akan diuraikan sebagai berikut.

### 3.2 Waktu dan Tempat

Penelitian ini di laksanakan di lingkungan Gedung Laboratorium Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Waktu pelaksanaan di mulai pada bulan Agustus 2018. Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap dengan tahap awal mempelajari metode dan teori-teori yang berhubungan dengan mikrokontroler, sensor – sensor serta system yang terkait didalam nya yang dilanjutkan dengan perencanaan, pembuatan alat dan laporan serta analisis sistem.

### 3.3 Alat dan Bahan

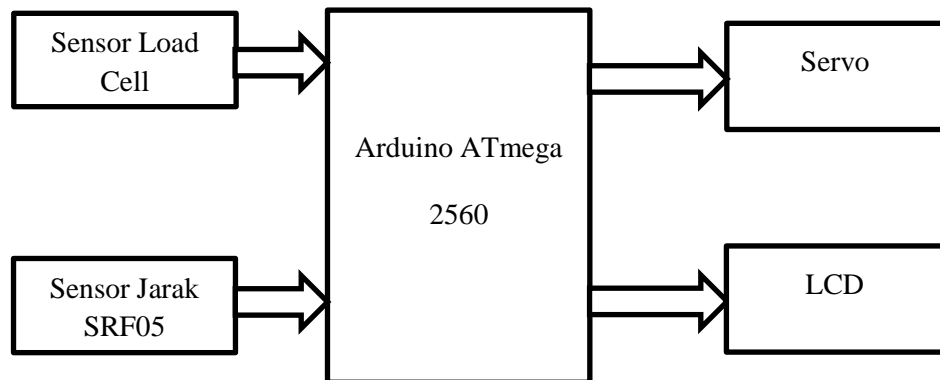
Alat dan bahan yang digunakan dalam Rancang Bangun Otomasi Sistem Klasifikasi Buah Jeruk Berdasarkan Berat, Ukuran dan Warna dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan Untuk Perancangan Alat

NO	Alat danBahan	Jumlah	Spesifikasi
1.	Arduino Mega2650	1	Operating Voltage 5V DC, Input Voltage 7-12V, Digital I/O 54 pins , Analog Input 16 pins, 40Ma
2.	Motor DC	1	Vsupleay 12V DC, Arus 7 Amp, Speed 40 rpm, Torsi 40 kg, Dimensi body : panjang 15cm x diameter 6 cm, , Berat : 1,1 kg
3.	Sensor Ultrasonic SRF05	2	Voltage - 5V Current - 30mA Typ. 50mA Max. Frequency - 40KHz Max Range - 3 m Min Range - 3 cm
4.	Sensor Warna TCS3200	1	Single-Supply Operation (2.7 V to 5.5 V)
5.	Load Cell HX711	1	Operating Voltage : 5V DC Operating current : <10 mA Size:38mm*21mm*10mm frequency: 80 Hz
6.	Servo MG996R	1	Operating voltage 4.8- 7.2,Weight 55 g, Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)
7.	Belt Kayu Triplek	1 1 1	
8.	Pipa PVC	Secukupnya	-
9.	Jumper Male/Female	1	-
10.	Gergaji	1	-
11.	Solder	1	-
12.	Tang	1	-
13.	DLL	-	-

### 3.4 Diagram Blok Sistem

Gambaran umum sistem penyortir buah jeruk gambaran umum sistem penyortiran ini terdiri dari input yang berupa sensor *Load Cell* dan sensor *SRF05*. Setelah input mendeteksi data akan dikirim pada mikrokontroler Arduino ATmega. Diagram blok sistem ditunjukkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2. Diagram Blok Sistem

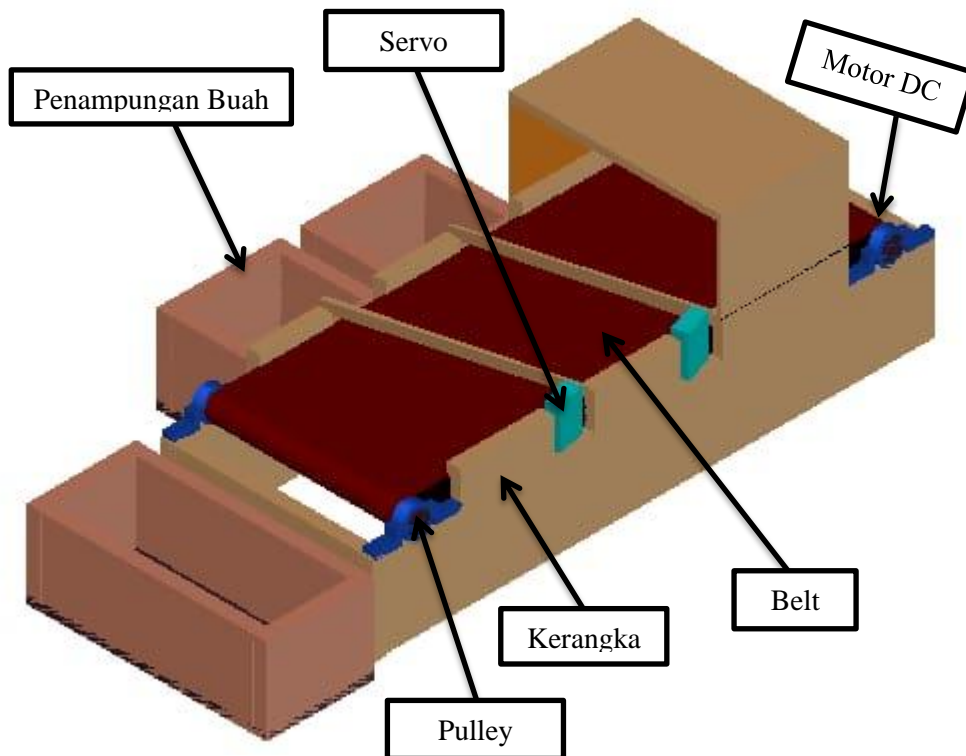
Konveyor yang bergerak secara kontinu akan menimbang buah dengan sensor *load cell*, setelah itu buah akan diukur diameter dengan menggunakan sensor *srf05* beberapa detik, kemudian sensor *srf05* akan mendeteksi jarak buah.. Hasil dari pembacaan ketika sensor tersebut akan di kirim menuju mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Hasil dari mikrokontroler akan ditampilkan pada lcd.

### 3.5 Perancangan Sistem Keseluruhan Rancangan

Sistem dalam penelitian ini secara umum terdiri dari dua bagian yaitu perancangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perancangan perangkat keras (hardware) yang dimaksud adalah antar muka antara motor dc, sensor *load cell*, sensor *srf05*, terhadap arduino mega 2560. Perancangan perangkat lunak (software) adalah pembuatan program pada software arduino dengan menggunakan bahasa pemrograman arduino.

### 3.5.1 Perancangan Konveyor

Pada penelitian ini motor di kopel dengan *belt conveyor* dimana motor DC sebagai penggerak yang digunakan untuk diatur kecepatan putarannya. *Belt conveyor* yang dirancang dalam penelitian ini, memiliki skala dan kapasitas yang sedang. Untuk lintasan *belt conveyor* yang dibuat memiliki panjang 60cm dan lebar 35 cm. Dikarenakan motor yang digunakan memiliki kecepatan yang konstan, sehingga digunakan perbandingan *pulley* pada *belt conveyor* dan motornya. Untuk *belt* yang digunakan sebagai pemutar antara *pulley* pada *conveyor* dirancang sendiri dengan menggunakan bahan yang elastis bukan dari ban kendaraan dikarenakan ban tersebut terlalu berat dan kaku sehingga tidak memungkinkan digunakan dalam penelitian dikarenakan *conveyor* tidak dapat berputar dengan semestinya.



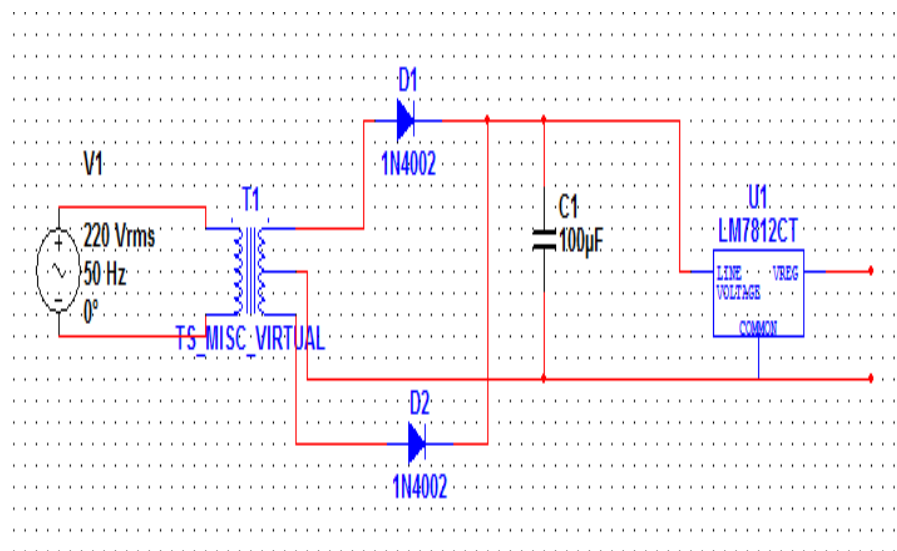
Gambar 3.3. Konstruksi Perancangan Alat

### 3.6 Perancangan Perangkat Keras

Pada penelitian ini digunakan beberapa komponen yang digabungkan menjadi beberapa rangkaian, sehingga dapat menjadi alat klasifikasi buah jeruk berkualitas super dengan keluaran LCD.

#### 3.6.1 Power Supply

Perancangan *power supply* dengan 12 V menggunakan trafo CT dengan arus maksimal 1A dan *voltage regulator* 1 buah. Sebelum dilakukan perancangan *power supply*, maka dilakukan simulasi rangkaian terlebih dahulu dengan menggunakan aplikasi *Multisim 12.0* untuk menghindari kesalahan pada saat melakukan perancangan. Adapun rangkaian dari simulasi *power supply* ini dapat dilihat pada Gambar 3.4.



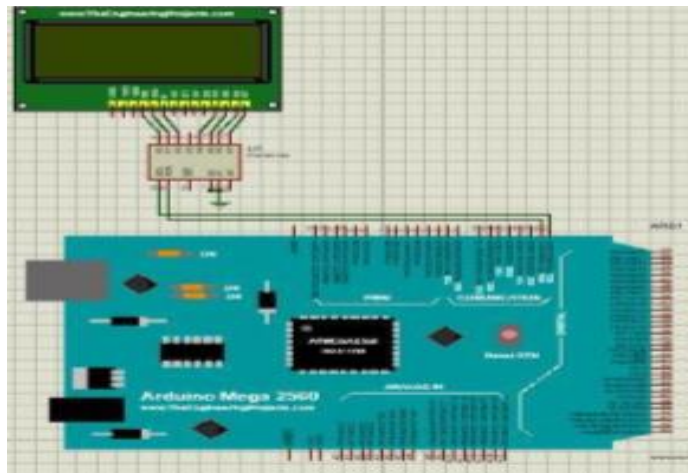
Gambar 3.4. Rangkaian *Power Supply*

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat dilihat komponen yang digunakan adalah transformator CT *step down* 12 volt, 2 buah dioda 1N4002, 1 buah kapasitor, IC *voltage regulator* dan LM7812.

Seperti yang terlihat pada rangkaian pada Gambar 3.4 tegangan dari PLN sebesar 220 V<sub>AC</sub> akan diturunkan oleh trafo CT *step down* menjadi 12 V<sub>AC</sub> namun tegangan yang dihasilkan tersebut masih dalam bentuk tegangan AC dengan frekuensi 50 Hz, sehingga digunakan 2 buah dioda 1N4002 sebagai penyearah gelombang penuh.

### 3.6.2 Rangkaian LCD

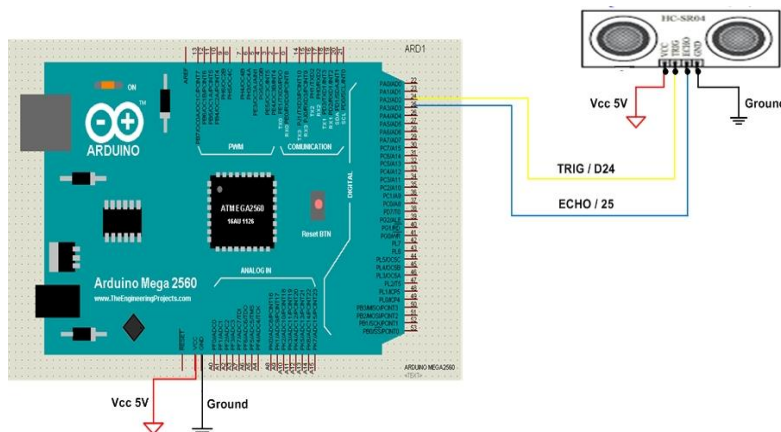
LCD merupakan sejenis display yang berfungsi menampilkan hasil dari pengolahan data yang diproses oleh Arduino atau sebagainya dalam bentuk tulisan teks maupun angka. Pada penelitian perancangan prototipe ini menggunakan LCD 20x4 dengan interface modul I2C untuk menampilkan proses pengolahan sistem, menampilkan hasil pengukuran sensor *SRF05*, sensor *TCS3200* dan *Loadcell*. Rangkaian LCD ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Rangkaian LCD

### 3.6.3 Sensor Jarak

Pada penelitian ini, sensor jarak yang digunakan adalah tipe *srf05*. Output dari sensor dihubungkan ke pin 22 digital Arduino Mega, sedangkan inputnya ke sumber 5 volt. Bentuk rangkaian sensor jarak di tunjukan dalam Gambar 3.6.

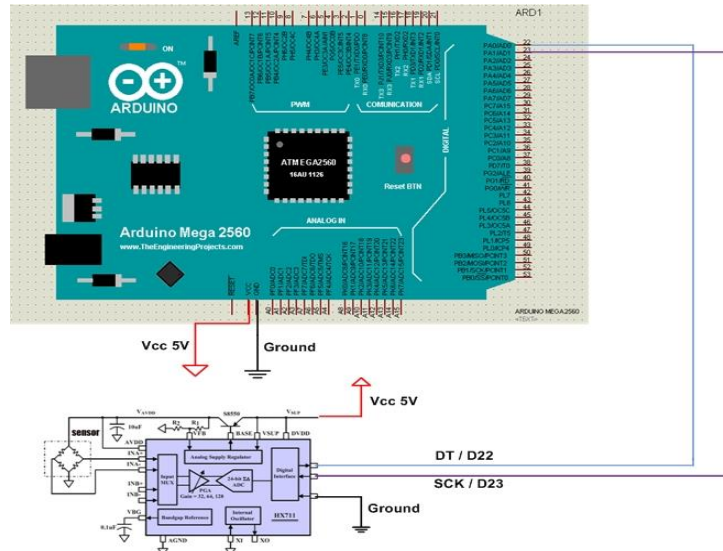


Gambar 3.6 Rangkaian Sensor SRF05



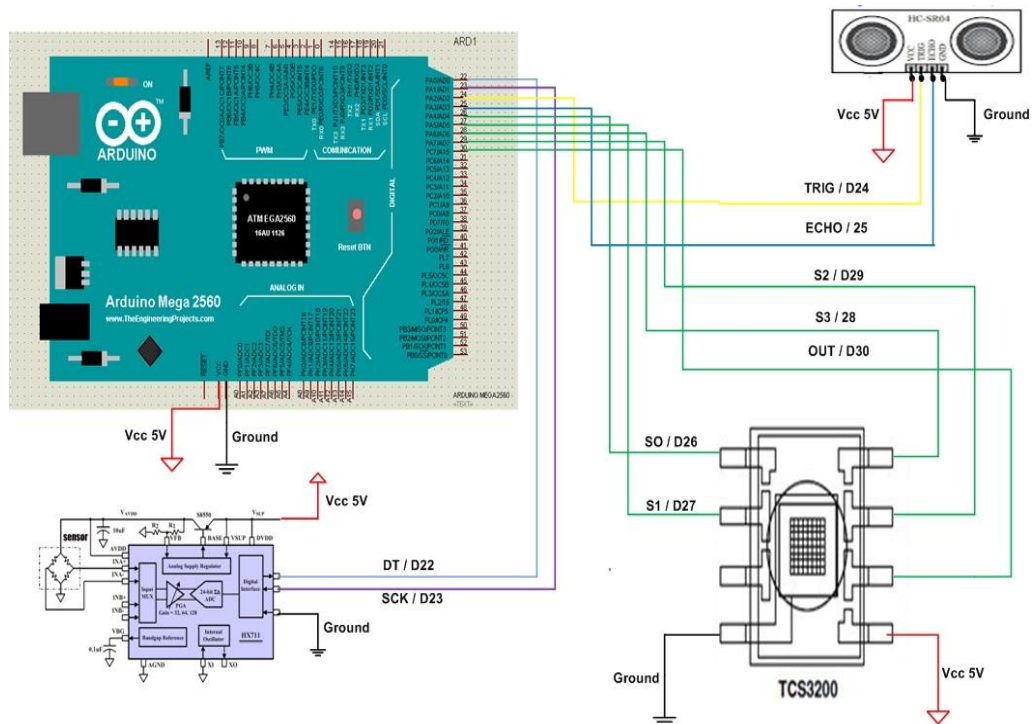
### 3.6.4 Sensor Load Cell

Sensor load cell digunakan pada penelitian ini adalah tipe *hx711* dan untuk mengukur berat buah jeruk,. Rangkaian sensor untuk mengukur berat buah jeruk dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor Load Cell

### 3.6.5 Rangkain Sensor Keseluruhan



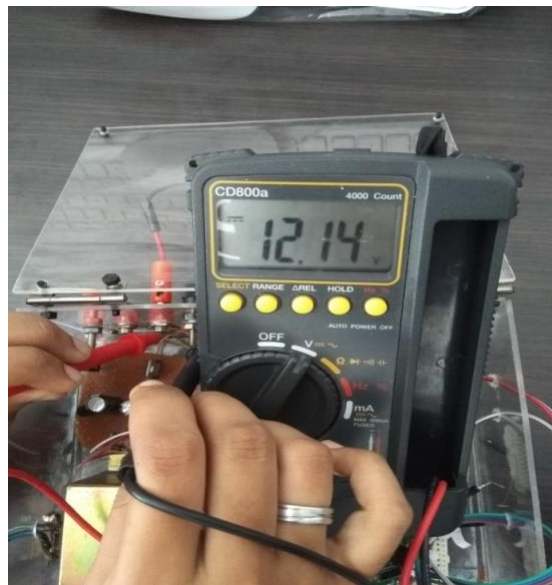
Gambar 3.8 Rangkaian Sensor Keseluruhan

### 3.7 Metode Pengujian

Pada tahap pengujian sistem dilakukan beberapa pengujian dengan tujuan untuk mengetahui hasil dari perancangan yang telah diuraikan pada pembahasan yang sebelumnya telah dilakukan . Pengujian ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain pengujian tiap-tiap bagian sistem pendukung hingga pengujian sistem secara keseluruhan.

#### 3.7.1 Pengujian Tegangan Keluaran Catu Daya

*Power supply* memiliki peran penting di setiap alat elektronik, karena rangkaian ini adalah sumber atau penghasil tegangan dan penyalur arus untuk setiap sistem sebuah perancangan elektronik. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengujian tegangan keluaran dari rangkaian ini untuk mengetahui kesesuaian konsumsi tegangan dengan tegangan keluaran *power supply* yang dibuat. Pengujian *power supply* dilakukan dengan mengukur tegangan keluaran secara langsung dengan menggunakan multimeter. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 3.9.

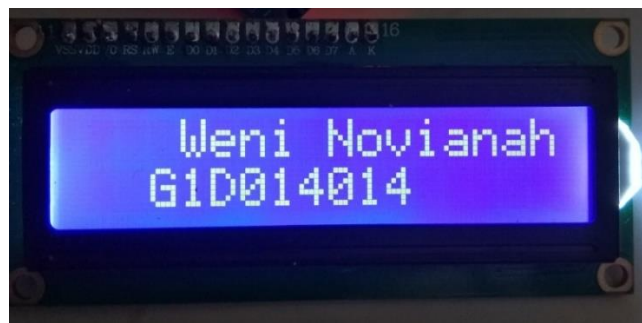


Gambar 3.9 Pengujian Rangkaian *Power Supply*

Gambar 3.9 menunjukkan bahwa tegangan keluaran *power supply* sudah mendekati nilai tegangan yang dirancang.

### 3.7.2 Pengujian LCD 16x2 Karakter

LCD berfungsi untuk menampilkan data dari hasil pengukuran yang sebelumnya telah diolah oleh arduino lcd digunakan untuk menampilkan keluaran arduino berupa berat buah jeruk, warna buah jeruk dan diameter buah jeruk. Pengujian lcd dilakukan agar dapat mengetahui kondisi lcd yang digunakan dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan pin-pin lcd yang dibutuhkan ke dalam *port* pada arduino dengan menggunakan kode program pada lampiran. Hasil pengujian setelah kode program *diupload* ditunjukkan pada Gambar 3.10

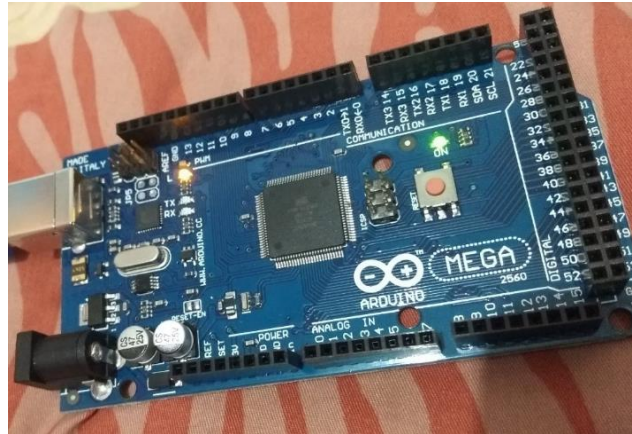


Gambar 3.10 Tampilan LCD

Hasil pengujian lcd dapat dilihat pada Gambar 3.10 menunjukkan tampilan “Weni Novianah G1D014014” pada lcd. Tampilan yang muncul pada lcd tersebut sesuai dengan perintah kode program arduino seperti pada lampiran, maka dapat dipastikan lcd yang digunakan dalam kondisi baik.

### 3.7.3 Hasil Pengujian Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Pengujian terhadap mikrokontroler Arduino Mega 2560 bertujuan untuk mengetahui kondisi dari tiap-tiap pin atau port I/O yang ada pada Arduino. Arduino Mega 2560 harus dalam kondisi baik dikarenakan mikrokontroler ini akan mengolah data-data yang diperoleh dari sensor-sensor yang digunakan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan program blink. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 Tampilan Pengujian Blink Arduino

Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa terdapat 2 buah indikator LED yang menyala pada saat dijalankan program blink. LED pertama yang terdapat di dalam kotak hijau merupakan indikator bahwa Arduino dalam keadaan hidup, selanjutnya dapat dilihat pada LED yang terdapat di dalam kotak merah merupakan indikator dari jalur pin 13 dalam keadaan HIGH sesuai dengan program yang dimasukkan ke dalam Arduino. Sehingga dapat dikatakan bahwa Arduino Mega 2560 yang digunakan dalam kondisi baik.

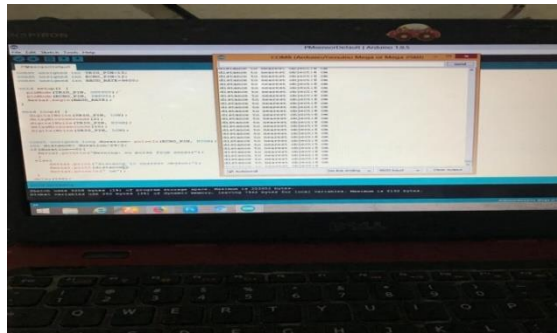
### 3.7.4 Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonic dalam penelitian ini digunakan untuk mendeteksi atau mengetahui jarak buah jeruk. Pengujian sensor dilakukan untuk mengetahui nilai pembacaan jarak oleh sensor, dalam hal ini bertujuan untuk melihat keakuratan pembacaan sensor.



Gambar 3.12 Tampilan Pengujian Sensor SRF04

Dalam penelitian ini digunakan sensor ultrasonic jenis HC-SR04. Seperti yang tercantum dalam *datasheet* pada lampiran 2.1 disebutkan bahwa jarak pembacaan sensor maksimal yaitu 2 meter. Nilai jarak yang diatur dalam penelitian ini adalah sejauh 30 cm, dengan jarak tersebut sensor dapat mendeteksi jarak pada objek nya. Pada percobaan yang telah dilakukan dengan objek berupa buah jeruk, dapat diketahui cara kerja sensor ping ini adalah dimana terdapat pemancar mengirimkan seberkas gelombang ultrasonic yang memiliki kecepatan, lalu diukur waktu yang dibutuhkan hingga datangnya pantulan dari buah jeruk. Lama nya waktu ini sebanding dengan dua kali jarak sensor dengan jeruk. Pembacaan nilai jarak dapat dilihat pada Gambar 3.13 dengan menggunakan *software* arduino.



Gambar 3.13 Pengujian Sensor Ultrasonik.

Pada Gambar 3.13 merupakan hasil pembacaan nilai jarak oleh sensor ultrasonic yang ditampilkan pada *software* arduino. Pengujian sensor ultrasonic selanjutnya dilakukan untuk melihat besar sudut yang di deteksi oleh sensor. Hasil pengujian jangkauan sudut sensor ultrasonic dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Pengujian jangkauan sudut sensor ultrasonik

<b>SUDUT</b>	<b>HASIL</b>
0 <sup>0</sup>	Terdeteksi
5 <sup>0</sup>	Terdeteksi
10 <sup>0</sup>	Terdeteksi
15 <sup>0</sup>	Terdeteksi
20 <sup>0</sup>	Terdeteksi
30 <sup>0</sup>	Tidak Terdeteksi

### 3.7.5 Pengujian Load Cell

Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur berupa timbangan konvensional dan dengan *load cell*. Pengujian *load cell* dilakukan dengan menggunakan 10 sample benda dengan berat yang berbeda-beda. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan nilai dari hasil tersebut dapat dimasukkan dalam program pengkalibrasian *load cell* itu. Dari data hasil perbandingan, maka dapat dilakukan perhitungan *error* pada berat benda dengan pengukuran manual terhadap berat benda rata-rata dengan *load cell*. Perhitungan dilakukan menggunakan Persamaan 3.1.

➤ Berat ke-1

$$e = \frac{|63 \text{ gr} - 61 \text{ gr}|}{63 \text{ gr}} \times 100 = 3.17 \% \quad 3.1$$

Perhitungan nilai presentase error untuk nilai objek selanjutnya tetap menggunakan Persamaan 3.1 Hal ini dilakukan agar diketahui nilai presentase error pada setiap pengujian dengan objek yang berbeda.

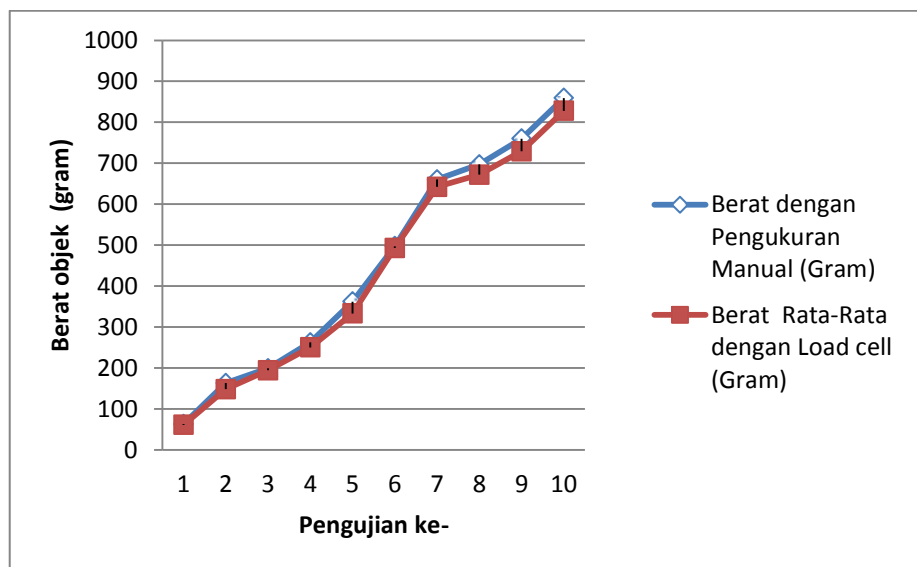
Tabel 3.3 Pengujian sensor load cell

Objek Ke-	Berat dengan Pengukuran Manual (Gram)	Berat dengan <i>Load Cell</i> Pengujian Ke-			Berat Rata-Rata dengan <i>Load Cell</i> (Gram)	<i>Error</i> (%)
		1	2	3		
1	63	62	64	57	61	3.17
2	163	161	158	127	148	9.20
3	199	199	204	179	194	2.51
4	262	253	260	237	250	4.58
5	362	331	353	317	333	8.01
6	497	503	506	472	493	2.81
7	660	639	661	628	642	2.72
8	697	686	696	636	672	3.58
9	760	727	747	715	729	4.07
10	859	831	849	806	828	3.60

Dari Tabel 3.3 dapat dilihat dari nilai beban dengan load cell dan berat beban dengan pengukuran manual. Pada pengujian berat beban dengan load cell dilakukan 3 kali pengukuran pada 10 objek agar diperoleh rata-rata dari pengukuran dari setiap objek. Pengujian berat beban dengan load cell dapat dibandingkan dengan berat beban pengukuran manual.

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat dilihat perbandingan kerja dari pengukuran dengan hasil pembacaan sensor load cell dengan pengukuran manual. Pada perbandingan dapat dilihat bahwa error terbesar adalah 9.20% dan error terkecil adalah 2.51%. Error yang terjadi karena mekanik yang digunakan sebagai alat load cell yang digunakan kurang presisi sehingga pada saat dilakukan pengukuran terjadinya gerakan pada alas.

Perbandingan berat beban terukur dengan load cell dan alat ukur juga dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 3.14



Gambar 3.14 Grafik Perbandingan Pengukuran Berat

Berdasarkan Gambar 3.14 terlihat grafik perbandingan yang menunjukkan selisih antara pengukuran berat beban. Dapat dilihat bahwa pada beberapa objek memiliki selisih yang tidak terlalu signifikan. Dari perbandingan beban yang telah diukur dapat dilihat pengukuran dengan sensor load cell dan dengan timbangan konvensional seperti pada Gambar 3.15 (a) dan (b).



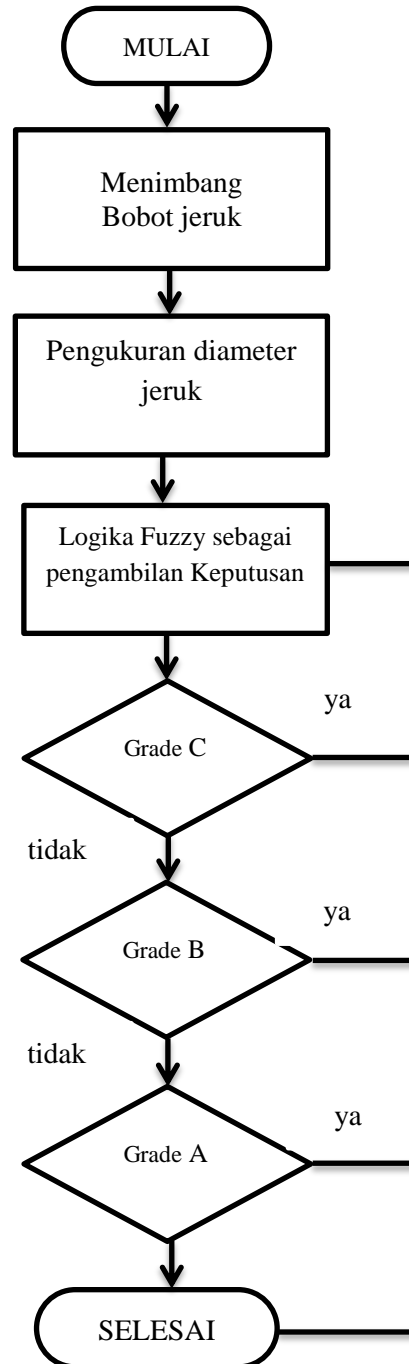
Gambar 3.15 Pengujian Sensor Load Cell (a) dan Timbangan Manual (b).

Pada pengujian sensor berat digunakan sensor load cell 5kg ,dimana sensor akan mendeteksi tekanan yang diterima apabila sensor diberikan beban.Pada pengujian sensor yang dilakukan dengan memberikan beban berupa besi yg memiliki beban kurang lebih 0.5gr yang sebelum nya dilakukan penimbangan menggunakan timbangan konvensional.



### 3.8 Perancangan Flowchart Sistem Kerja Alat Secara Keseluruhan

Tahap dari awal sampe akhir dalam penelitian ini bisa di lihat dalam Gambar 3.16



Gambar 3.16 Flowchart Sistem Kerja Alat

Berdasarkan Gambar 3.16 diagram alir sistem keseluruhan dari rancang bangun otomasi sistem klasifikasi buah jeruk berdasarkan berat dan ukuran menggunakan *logika fuzzy* berikut :

1. Pada tahap pertama masukkan inputan bobot buah jeruk menggunakan sensor load cell untuk diproses oleh sistem.
2. Pada tahap kedua buah jeruk akan di ukur diameter dengan menggunakan sensor SRF05.
3. Pada tahap selanjutnya hasil pendeteksian bobot buah jeruk dan pengukuran diameter buah jeruk yang telah terdeteksi dikirim dan di proses oleh sistem logika fuzzy.
4. Selanjutnya pada proses logika fuzzy buah akan di klasifikasi sesuai grade yang telah dibuat dengan melihat SNI dari buah jeruk tersebut, yaitu:
  - A. Untuk grade C itu dengan spesifikasi bobot  $< 100$  gr dan diameter  $< 60$ mm.
  - B. Untuk grade B itu dengan spesifikasi bobot  $> 100$  dan  $> 150$ , dengan diameter  $> 60$  dan  $< 70$ mm.
  - C. Untuk grade A itu dengan spesifikasi bobot  $> 150$  dan diameter  $> 70$ mm.

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas hasil dari penelitian tentang rancang bangun otomasi sistem klasifikasi buah jeruk berdasarkan berat, ukuran dan warna menggunakan metode fuzzy logic yang mana telah dilakukan dengan beberapa sample buah jeruk. Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai dengan perancangan.

### 4.1 Hasil Pengujian Sensor Load Cell

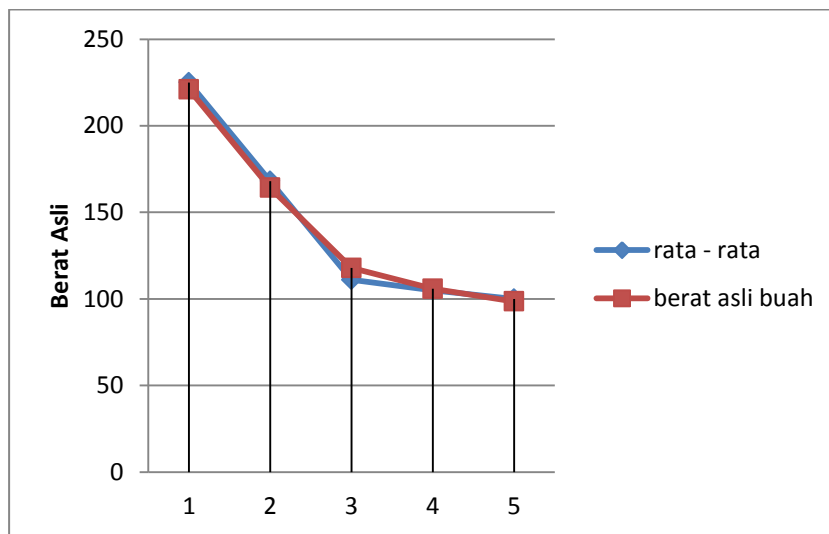
Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran menggunakan alat ukur konvensional dan dengan *load cell*. Pengujian buah jeruk dengan alat ukur bertujuan untuk mengetahui perbandingan pengukuran konvensional dengan sensor *load cell* dan diketahui seberapa akurat sensor tersebut. Pengujian *load cell* dilakukan dengan menggunakan 5 variasi berat buah jeruk (gr) yang berbeda-beda dengan 10 kali perulangan. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Load Cell

Berat Asli (gram)	Berat Hasil Uji Load Cell Pengujian ke- (gram)										Berat Rata-rata (gram)	Error (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
225	229	212	233	214	224	236	193	204	236	229	221	1.777778
168	165	167	165	160	181	169	183	176	137	139	164.2	2.261905
111	108	120	121	110	112	119	124	123	117	124	117.8	6.126126
105	102	111	114	91	105	104	105	104	115	107	105.8	0.761905
100	103	102	113	82	106	99	89	96	96	99	98.5	1.5

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.1, maka dapat dilakukan perhitungan *error* pada berat buah jeruk dengan pengukuran manual terhadap berat buah jeruk rata-rata dengan pengukuran *load cell*. Perhitungan nilai *error* dapat digunakan persamaan 3.1

Berdasarkan Tabel 4.1 dapat dilihat perbandingan kerja dari pengukuran dengan hasil pembacaan sensor *load cell* dengan pengukuran manual. Pada perbandingan dapat dilihat bahwa *error* terbesar adalah 6.1%. dan *error* terkecil adalah 0.76%. *Error* yang terjadi karena mekanik yang digunakan sebagai alas *load cell* yang digunakan kurang presisi sehingga pada saat dilakukan pengukuran terjadinya gerakan pada alas. Dari hasil pengujian pada 10 kali percobaan, *error* pembacaan sensor diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar 11% dengan tingkat keberhasilan 89%. Tingkat keberhasilan pembacaan dapat dikatakan bahwa pembacaan sensor cukup baik. Perbandingan bobot buah terukur dengan sensor *load cell* dan alat ukur timbangan juga dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan sensor Load Cell

Berdasarkan Gambar 4.1 terlihat grafik perbandingan yang menunjukkan selisih antar pengukuran bobot buah jeruk dengan rata-rata pengukuran sensor *load cell*. Dapat dilihat bahwa pada beberapa sample buah jeruk memiliki selisih yang tidak terlalu besar.

## 4.2 Hasil Pengujian Sensor SRF 05

Pengujian diameter buah jeruk ini dilakukan dengan dua cara, yaitu yang pertama dengan pengukuran secara manual yang pada percobaan ini menggunakan alat ukur jangka sorong. Kedua mengukur diameter buah jeruk menggunakan alat ukur digital dengan menggunakan sensor ping yaitu *srf05*.

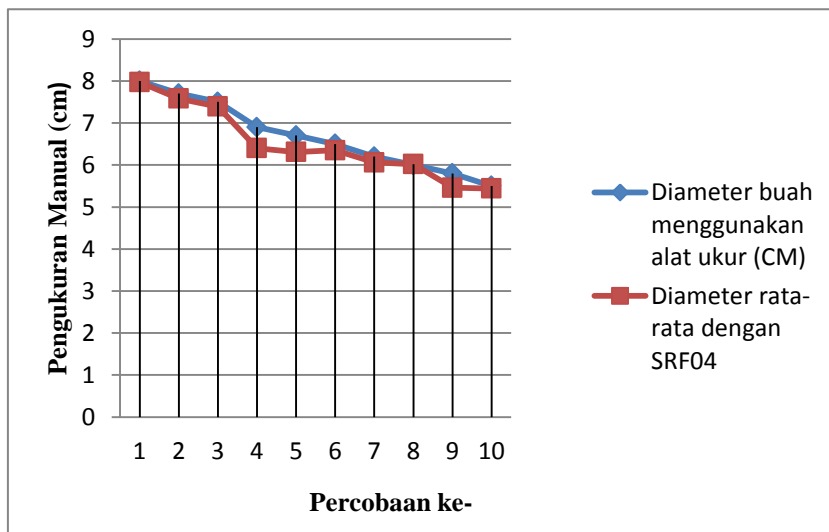
Pada pengujian ini, sensor ultrasonic di letakan pada alat yang telah dibuat sebelum nya. Pada saat ada jeruk masuk kedalam kotak yg telah dipasang sensor ping ,sensor ini akan memantulkan gelombang ultrasonic dari pemancar menuju objek dan akan diterima oleh penerima sehingga diketahui berapa ukuran objek tersebut. Dari hasil pengujian nilai yang dihasilkan untuk mendapatkan nilai sebelum kalibrasi dapat di lihat pada lampran. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor SRF05

NO	Diameter buah menggunakan alat ukur (Cm)	Pengukuran diameter buah menggunakan sensor SRF-05 Pengujian ke- (Cm)										Rata-rata	Error (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1.	8	7.76	7.98	7.88	8.02	8	7.93	8.33	7.76	8.23	7.86	7.97	0.3125
2.	7.7	7.68	7.77	7.88	7.66	7.71	7.76	6.8	7.19	7.85	7.54	7.58	1.5064
3.	7.5	7.07	8	7.66	7.78	6.95	7.45	7.09	7.95	7.4	6.58	7.39	1.4266
4.	6.9	6.04	6.28	6.42	6.09	6.06	6.89	6.83	6.84	6.25	6.32	6.40	7.2173
5.	6.7	6.54	6.35	6.42	6.18	6.01	6.56	6.24	5.98	6.38	6.45	6.31	5.8059
6.	6.5	6.31	6.42	6.45	6.52	6.25	6.34	6.15	6.32	6.43	6.33	6.35	2.2769
7.	6.2	6.13	6.09	5.92	5.5	6.04	6.42	6.23	6.16	6.08	6.04	6.06	2.2419
8.	6	6.23	6.25	6.8	5.7	5.8	5.91	5.89	5.82	6.01	5.87	6.02	0.4666
9.	5.8	5.2	5.17	5.61	5.63	5.51	5.67	5.39	5.49	5.41	5.55	5.46	5.8103
10.	5.5	5.48	5.77	5.05	5.47	5.51	5.32	5.72	5.27	5.41	5.44	5.44	1.0181

Dari data hasil perbandingan pada Tabel 4.2 maka dapat dilakukan perhitungan *error* pada diameter buah jeruk dengan pengukuran manual terhadap diameter buah jeruk rata-rata dengan pengukuran menggunakan sensor SRF 04. Perhitungan nilai *error* dapat digunakan persamaan 3.1

Berdasarkan Tabel 4.2 dapat dilihat perbandingan kerja dari pengukuran dengan hasil pembacaan sensor *srf 04* dengan pengukuran menggunakan jangka sorong. Pada perbandingan dapat dilihat bahwa *error* terbesar adalah 7.21 % dan *error* terkecil adalah 0.31 %. Dari hasil pengujian pada 10 kali percobaan, *error* pembacaan sensor diperoleh rata-rata nilai *error* sebesar 2.80% dengan tingkat keberhasilan 97.2%. Tingkat keberhasilan pembacaan dapat dikatakan bahwa pembacaan sensor cukup baik. Perbandingan diameter terukur dengan sensor SRF-04 dan lat ukur juga dapat dilihat dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4.2

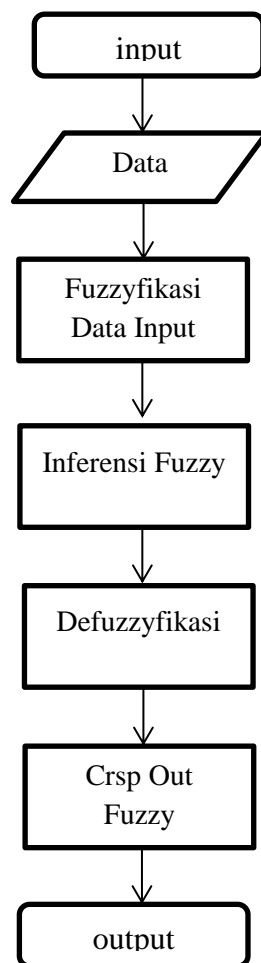


Gambar 4.2 Grafik Perbandingan Diameter Buah

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat grafik perbandingan yang menunjukkan selisih antar pengukuran diameter secara manual dengan rata-rata hasil sensor srf05. Dapat dilihat bahwa pada beberapa sample buah jeruk memiliki selisih yang tidak terlalu besar. Selisih terbesar terjadi pada sample ke- 4 dan 5 selisih dapat di lihat dari titik perbandingan dari grafik yang tidak berhimpitan atau dapat dikatakan memiliki jarak.

### 4.3 Penggunaan Metode Fuzzy

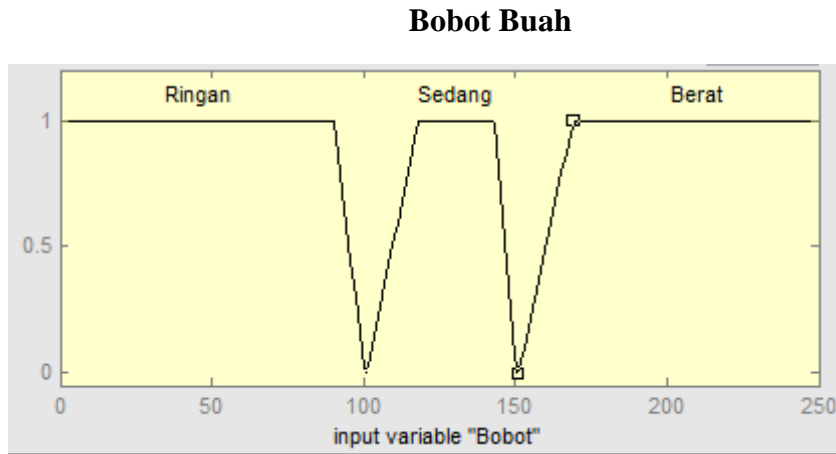
Pada logika fuzzy dapat dibuat langsung pada program Matlab 2008. Dari logika fuzzy yang dibuat akan menghasilkan beberapa himpunan keanggotaan berdasarkan parameter tingkat berat buah, dan diameter buah jeruk sesuai sistem perancangan. Logika fuzzy kemudian akan dikombinasikan ke program arduino untuk menjadi sistem keseluruhan agar perancangan sistem dapat berjalan. Gambar 4.3 menunjukkan diagram alir proses fuzzy pada sistem kontrol alat pemisah buah



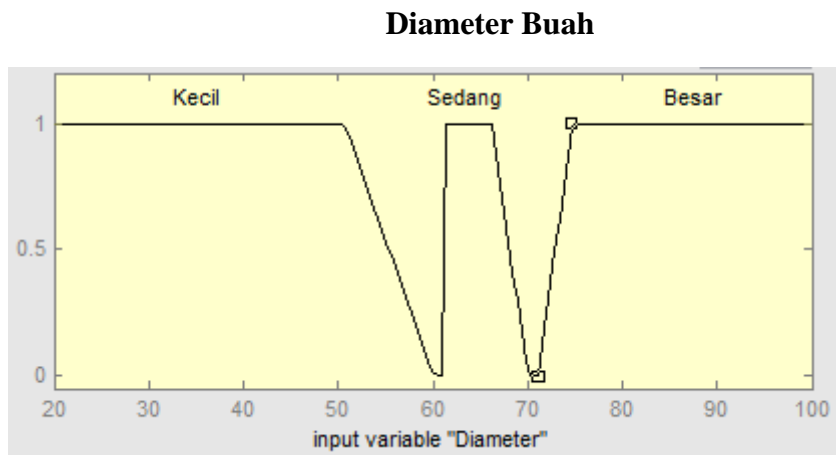
Gambar 4.3 Diagram Alir Proses Fuzzy

### 4.3.1 Fuzzyfikasi

Pada proses fuzzyfikasi, variabel berat dan diameter dibagi menjadi beberapa fungsi keanggotaan tertentu. Variabel berat terbagi menjadi 3 himpunan fuzzy yaitu “ringan”, “sedang” dan “berat” (seperti pada Gambar 4.4) dan tiga himpunan fuzzy untuk variabel diameter yaitu “kecil”, “sedang”, dan “besar”, (seperti pada Gambar 4.5).



Gambar 4.4 Himpunan Fuzzyfikasi Bobot Buah



Gambar 4.5 Himpunan Fuzzyfikasi Diameter Buah



Langkah pertama yang dilakukan adalah menentukan batas tiap-tiap himpunan anggota, yaitu:

- Himpunan untuk bobot buah
  1. 51gr – 100gr masuk dalam himpunan “ringan”
  2. 101gr – 150gr masuk dalam himpunan “sedang”
  3. 151gr – 200gr masuk dalam himpunan “berat”
- Himpunan untuk diameter buah
  1. 51 mm – 60 mm masuk dalam himpunan “kecil”
  2. 61 mm – 70 mm masuk dalam himpunan “sedang”
  3. 70 mm – 77 mm masuk dalam himpunan “besar”

#### 4.3.2 Inferensi Fuzzy

Setelah proses fuzzyfikasi selesai maka dilakukan proses inferensi fuzzy dengan mengkombinasikan masing masing himpunan, maka aturan (rule) disusun sebanyak 9 aturan (rule) sebagai berikut:

1. If **Bobot** is **Ringan** and **Diameter** is **Kecil** then **Output** is **Grade C**.  
(aturan 1).
2. If **Bobot** is **Ringan** and **Diameter** is **Sedang** then **Output** is **Grade C**.  
(aturan2).
3. If **Bobot** is **Ringan** and **Diameter** is **Besar** then **Output** is **Grade B**.  
(aturan3).
4. If **Bobot** is **Sedang** and **Diameter** is **Kecil** then **Output** is **Grade C**.  
(aturan 4).
5. If **Bobot** is **Sedang** and **Diameter** is **Sedang** then **Output** is **Grade B**.  
(aturan 5).
6. If **Bobot** is **Sedang** and **Diameter** is **Besar** then **Output** is **Grade A**.  
(aturan 6).
7. If **Bobot** is **Berat** and **Diameter** is **Kecil** then **Output** is **Grade B**.  
(aturan 7).

8. If **Bobot** is **Berat** and **Diameter** is **Sedang** then **Output** is **Grade B**.  
(aturan 8).

9. If **Bobot** is **Berat** and **Diameter** is **Besar** then **Output** is **Grade A**.  
(aturan 9)

Berdasarkan aturan fuzzy (rules) yang telah disesuaikan dengan kondisi yang dibutuhkan, maka dapat disajikan hasilnya pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Rules Inferensi Fuzzy

No	Bobot	Kecil	Sedang	Besar
	Diameter			
1.	Ringan	Grade C	Grade C	Grade B
2.	Sedang	Grade C	Grade B	Grade B
3.	Berat	Grade B	Grade A	GradeA

#### 4.3.3 Perhitungan Nilai Keanggotaan Fuzzy

- Variabel Bobot Buah

$$\mu[x]_{ringan} = \begin{cases} 1; & x \leq 51 \\ \frac{100 - x}{100 - 51}; & 51 \leq x \leq 100 \\ 0; & x \geq 100 \end{cases}$$

$$\mu[x]_{sedang} = \begin{cases} 0; & x \leq 101 \text{ atau } \geq 150 \\ \frac{x - 101}{125 - 101}; & 101 \leq x \leq 125 \\ \frac{151 - x}{151 - 125}; & 125 \leq x \leq 150 \end{cases}$$

$$\mu[x]_{Berat} = \begin{cases} 0; & x \leq 151 \\ \frac{x - 151}{200 - 151}; & 151 \leq x \leq 200 \\ 1; & x \geq 200 \end{cases}$$

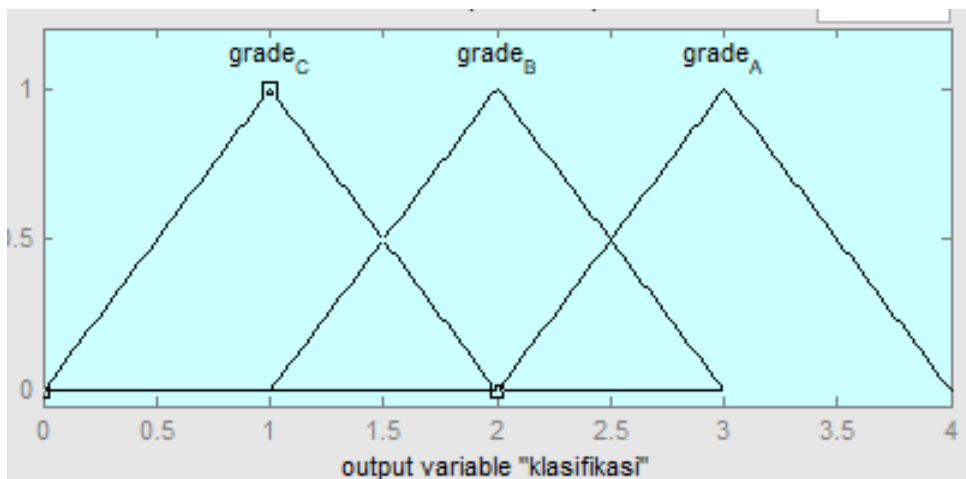
- Variabel Diameter Buah

$$\mu[y]_{Kecil} = \begin{cases} 1; & y \leq 51 \\ \frac{100 - y}{100 - 51}; & 51 \leq y \leq 60 \\ 0; & y \geq 61 \end{cases}$$

$$\mu[y]_{sedang} = \begin{cases} \frac{y - 61}{70 - 61}; & 61 \leq y \leq 70 \\ \frac{71 - y}{70 - 71}; & 71 \leq y \leq 70 \end{cases}$$

$$\mu[x]_{Besar} = \begin{cases} 0 & x \leq 100 \text{ atau } x \geq 150 \\ \frac{x - 151}{200 - 151} & 151 \leq x \leq 200 \\ 1 & x \geq 200 \end{cases}$$

Setelah dilakukan proses inferensi fuzzy dari kombinasi ketiga inputan maka didapat 9 aturan (rules). Berikut output yang dihasilkan dari pembacaan aturan fuzzy (fuzzy rules) seperti pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Himpunan Crip Output Fuzzy

Untuk Himpunan Crisp Output Fuzzy yang dibuat terdapat tiga himpunan yaitu, “Grade C”, “Grade B”, dan “Grade A”. Himpunan tersebut digunakan sebagai dasar untuk mengambil keputusan.

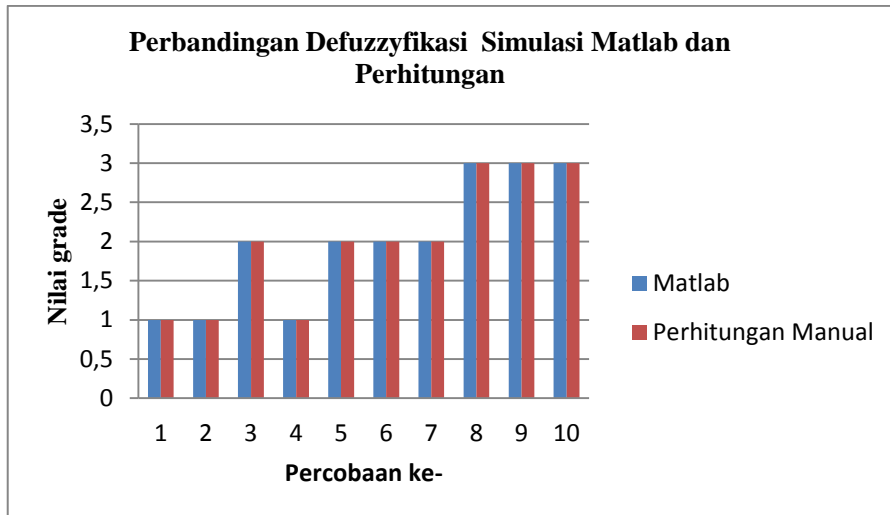
#### 4.4 Hasil Pengujian Fuzzy Logic pada Berat dan Diameter

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk melihat seberapa akurat sistem melakukan proses fuzzy yang sudah diunggah ke dalam mikrokontroler Arduino Mega 2560. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil defuzzyfikasi (output fuzzy) pada sistem berupa bobot buah dengan diameter buah jeruk terhadap hasil perhitungan defuzzyfikasi secara matematis yang dapat dilihat pada lampiran 1. Hasil pengujian fuzzy logic dapat dilihat pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Defuzzyfikasi

NO	Bobot Buah Jeruk (gram)	Diameter Buah Jeruk (mm)	Sistem yang aktif	Defazzyfikasi		Keluaran Warna
				Hasil Simulasi Matlab	Hasil Perhitungan Manual	
1.	97	55	Grade C	1	1	Hijau
2.	99	62	Grade C	1	1	Hijau
3.	95	75	Grade B	2	2	Kuning
4.	105	58	Grade C	1	1	Kuning
5.	120	68	Grade B	2	2	Hijau
6.	142	77	Grade B	2	2	Kuning
7.	162	59	Grade B	2	2	Kuning
8.	179	69	Grade A	3	3	Kuning
9.	180	80	Grade A	3	3	Hijau
10.	165	65	Grade A	3	3	Kuning

Dari Tabel 4.4 dapat dilihat hasil pengujian dari proses defuzzifikasi. Nilai yang peroleh berupa grade merupakan kondisi dimana nilai yang di masukan antara 0-4 karena keluaran nya grade A,B dan C. Dari hasil yang didapat, maka dapat disimpulkan bahwa proses fuzzy dari sistem kendali yang dibuat memiliki hasil yang baik. Untuk lebih jelas melihat perbandingan defuzzyfikasi bobot dan diameter hasil perancangan, simulasi Matlab dan hasil perhitugan manual dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Perbandingan Fuzzyfikasi simulasi matlab dan perhitungan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa hasil defuzzyfikasi yang dihasilkan oleh sistem memiliki hasil yang baik. Berdasarkan grafik di lihat bahwa hasil dari perhitungan dengan hasil simulasi matlab memiliki error yang sangat kecil bisa di simpulkan tidak memiliki error.

Tabel 4.5 Hasil Defuzzyfikasi Sistem Motor Servo

NO	Sistem yang aktif	Defazzyfikasi Motor Servo		Kondisi Servo
		Hasil Simulasi Matlab	Hasil Perhitungan Manual	
1.	Grade C	1	1	Tutup
2.	Grade C	1	1	Tutup
3.	Grade B	2	2	Tutup
4.	Grade C	1	1	Tutup
5.	Grade B	2	2	Tutup
6.	Grade B	2	2	Tutup
7.	Grade B	2	2	Tutup
8.	Grade A	3	3	Buka
9.	Grade A	3	3	Buka
10.	Grade A	3	3	Buka



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Perancangan sistem Klasifikasi buah jeruk berdasarkan berat dan ukuran menggunakan metode fuzzy logic tipe tsukamoto.
2. Sensor *load cell* memiliki karakteristik sensitivitas, persentase tingkat keberhasilan pembacaan sensor mencapai 89% sehingga dapat dikatakan bahwa pembacaan sensor sudah baik. Hasil pengujian menggunakan *load cell* mendapatkan *error* terbesar adalah 6.1% dan *error* terkecil adalah 0.76%.
3. Berdasarkan pengujian sensor *srf05*, tingkat keberhasilan pembacaan sensor yang mencapai 97.2% .Tingkat presentase keberhasilan sensor yang tinggi, maka dapat dikatakan pembacaan sensor sudah baik. Error terbesar dari hasil pengujian adalah 7.21% dan error terkecil adalah 0.31%.

#### **5.2 Saran**

1. Jika penelitian ini dikembangkan sebaiknya pemilihan penggunaan kamera untuk proses pengenalan objek untuk mendapatkan pendeteksian dan pengenalan objek yang lebih menyeluruh,karena penggunaan sensor warna sangat di pengaruhi oleh intensitas cahaya ruangan.
2. Desain konveyor sebaiknya dibuat lebih kecil supaya lebih efektif dan pemisahan buah nya lebih cepat.
3. Rancang bangun otomasi sistem klasifikasi buah jeruk sebaiknya dibuat lebihbaik lagi sehingga kinerja bisa lebih maksimal.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Amin, Muhammad, Akbar dan Widasari. 2017. *Rancang Bangun Sistem Sortir Buah Menggunakan Sensor Warna dan Sensor Suhu*. Jurnal. Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer. Vol 1, No3 236-240. Fakultas Ilmu Komputer : Universitas Brawijaya.
- [2]. Tajerin dan Noor. 2005. *Analisis Pembudidayaan Buah Jeruk* Vol 10 No 1. Jakarta: Pusat Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi dan Pertanian.
- [3]. Mulyadi dan Sepria. 2006. *Sistem Alat Pengukuran Diameter Buah Berbasis Sensor Jarak Ultrasonik SRF05*. Teknik Pertanian (TEP) : Universitas Andalas.
- [4]. Putra, Al Amin, Krismadinata dan Irma Husnaini. 2013. *Perancangan dan Pembuatan Alat Pemisah Buah Apel Berdasarkan Ukuran dengan Pengendali Mikrokontroler ATMEGA 8535*. Skripsi S1 Pendidikan Teknik Elektro : Universitas Negeri Padang.
- [5]. Radityo, Dimas Riski dan Muhammad Fadilah. 2012. *Alat Penyortiran dan Pengecekan Kematangan Buah Menggunakan Sensor Warna*. Jurnal. Teknik Komputer Vol.20.No 2 88-92 : Jakarta Barat.
- [6].Budiman.2010. *Sistem Pengukuran Mutu Buah Mangga berdasarkan Kematangan ,Ukuran dan Area Bercak menggunakan Fuzzy Inference System*.Skripsi S1: Insitut Teknologi Sepuluh November.
- [7]. Warman, Lukman dan Achwil. 2014. *Identifikasi Kematang Buah Jeruk dengan Teknik Jaringan Syaraf Tiruan*. Skripsi. Fakultas Pertanian : Universitas Sumatra Utara.
- [8] Widodo, Budiarto. 2004. *Interfacing komputer dan Mikrokontroler*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- [9].Djuandi,Feri.2011.Pengenalanarduino, <http://www.tobuku.com/docs/Arduino-Pengenalan.pdf>. Diakses November 2018

- [10]. Adhitia, Fegi Irvan. 2015. *Prototipe Pengereman Motor Dc Secara Otomatis Dengan Menggunakan Rem Cakram (Disc Brake) Berbasis Mikrokontroler Atmega 328*. Lampung: Skripsi, Universitas Lampung.
- [11]. Pratama, Mardika Aji Setya. Epik Sunarno. M.Safrodin. 2011 *Rancang Bangun Pengaturan Kecepatan Konveyor Untuk Sistem Sortir Barang (Software)*. Tugas Akhir, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [12]. Alexander, Reby Fudi. 2013. *Aplikasi Sensor Berat Load cell Pada Alat Pengering Herbal*. Palembang: Laporan Akhir, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [13]. Aprisa dan Azhar Ridwan.2013.*Karakteristik dan Prinsip Kerja Sensor Jarak* . Skripsi. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- [14]. Hani, Selamat .2010. *Senaor Ultrasonik SRF05 sebagai Pemantau Kecepatan Kendaraan*.Jurnal Teknologi Vol 3 No2: 120-128. Yogyakarta
- [15]. Marpaung, Julkarnine. Eddy Warman. Perancangan Sistem Pengontrolan Pengukuran Berat Pada Timbangan Kendaraan Secara Otomatis. Medan: Jurnal Singuda Ensikom Vol.10 NO.27, Universitas Sumatera Utara.
- [16]. Sigit, Setawardana, dan Husein Ali.2007. *Penggunaan dan Funfsi Motor Servo*. Jurnal. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [17]. Dyachkov, V; spivackovsky, A. 1975. Conveyor and Related Equitment. Peace Publishers: Moscow
- [18]. Kusumadewi, Sri & Purnomo, Hari. 2004. *Aplikasi Logiga Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta. Graha Ilmu
- [19]. \_\_\_\_\_ , <https://www.buanakarya.com> / cara kerja sensor ultrasonic dan penerapannya- buana karya instrument. Diakses Oktober 2019.

# LAMPIRAN

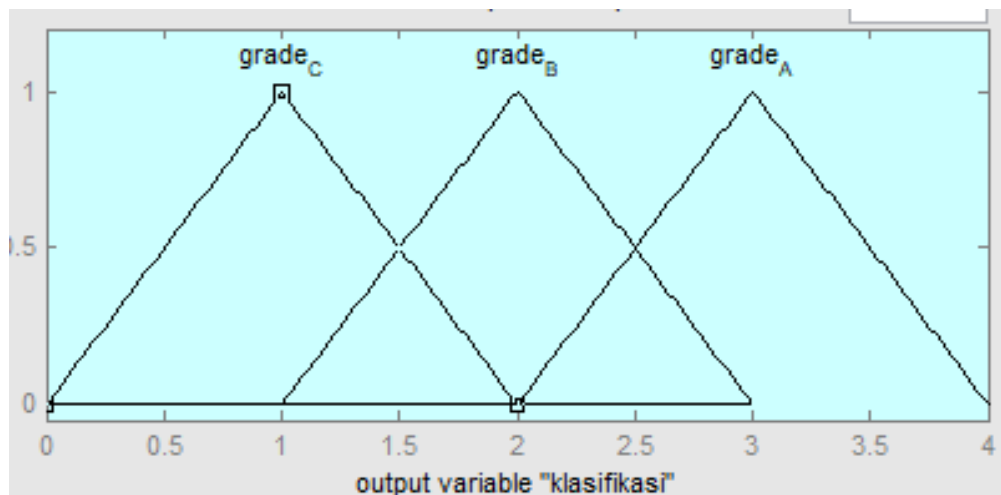


## LAMPIRAN 1

### PERHITUNGAN FUZZY LOGIC TSUKOMOTO

L1.1 Langkah-langkah dalam melakukan perhitungan Fuzzy Logic Tsukomoto

1. Menentukan nilai derajat keanggotaan dari setiap crisp input (bobot dan diameter)
2. Menentukan nilai  $\alpha$ -predikat (fire strength) terhadap nilai derajat keanggotaan yang aktif dengan menggunakan metode MIN
3. Menentukan nilai Z



a.  $\alpha_{\text{predikat}} = \frac{z' - b}{b - a}$

$$Z' = (\alpha_{\text{predikat}} \times (b - a)) + a$$

b.  $\alpha_{\text{predikat}} = \frac{b - z''}{b - a}$

$$-Z'' = (\alpha_{\text{predikat}} \times (b - a)) - b$$

c.  $Z = \frac{Z' + (-Z'')}{2}$

4. Menentukan nilai defuzzyfikasi Defuzzyfikasi

$$= \frac{\sum(\alpha_{\text{predikat}} \times Z)}{\sum \alpha_{\text{predikat}}}$$

## Percobaan ke- 1

Bobot buah: 97 gr, Diameter Buah: 5.5 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Ringan} : \frac{(100-97)}{(100-98)} = 1.5$$

$$\text{Diameter Kecil} : \frac{(6-5.5)}{(6-5.8)} = 2.5$$

❖ [R1] Jika bobot buah Ringan, dan Diameter buah Kecil maka hasil **Grade C**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Ringan) & Diameter (Kecil)

$$= \text{Min (bobot ringan) (1.5) \& ( diameter kecil) (2.5)}$$

$$= \text{Min (1.5;2.5)}$$

$$= 1.5$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif Grade C,

$$Z' = (1.5 \times 1) + 0 = 1.5$$

$$-Z'' = (1.5 \times 1) - 2 = 0.5$$

$$Z = \frac{Z'+Z''}{2} = \frac{1.5+0.5}{2} = 1$$

Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{1.5 \times 1}{1.5} = 1 \text{ (Kondisi)}$$

## Percobaan ke- 2

Bobot buah: 99 gr, Diameter Buah: 6.2cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Ringan} : \frac{(100-99)}{(100-98)} = 0.5$$

$$\text{Diameter Sedang} : \frac{(6.2-6.1)}{(6.5-6.2)} = 0.3$$

$$\frac{(70-62)}{(70-65)} = 1.6$$

❖ [R2] Jika bobot buah Ringan, dan Diameter buah Sedang maka hasil **Grade C**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Ringan) & Diameter (Sedang)

$$= \text{Min ( bobot ringan) (0.5) \& ( diameter kecil) (0.3)}$$

$$= \text{Min} (0.5 ; 0.3)$$

$$= 0.3$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif Grade C,

$$Z' = (0.3 \times 1) + 0 = 0.3$$

$$-Z'' = (0.3 \times 1) - 2 = 1.7$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{0.3 + 1.7}{2} = 1$$

Defuzzifikasi

$$❖ \text{Defuzzifikasi} = \frac{0.3 \times 1}{0.3} = 1 \text{ (Kondisi)}$$

### Percobaan ke- 3

Bobot buah: 95 gr, Diameter Buah: 7.5 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Ringan} : \frac{(97-96)}{(100-96)} = 2.5$$

$$\text{Diameter Besar} : \frac{(75-71)}{(7.3-7.1)} = 2$$

❖ [R3] Jika bobot buah Ringan, dan Diameter buah Kecil maka hasil **Grade B**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Ringan) & Diameter (Besar)

$$= \text{Min} ( \text{bobot ringan} ) (2.5) \& ( \text{diameter besar} ) (2)$$

$$= \text{Min} (2.5; 2)$$

$$= 2$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif Grade B,

$$Z' = (2 \times 2) + 1 = 5$$

$$-Z'' = (2 \times 2) - 3 = 1$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{5 + 1}{2} =$$

Defuzzifikasi

$$❖ \text{Defuzzifikasi} = \frac{0.3 \times 1}{0.3} = 2 \text{ (Kondisi)}$$

#### Percobaan ke- 4

Bobot buah: 105 gr, Diameter Buah: 5.8cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Sedang} : \frac{(150-105)}{(150-124)} = 1.7$$

$$\text{Diameter Kecil} : \frac{(60-5.8)}{(60-5.8)} = 1$$

❖ [R4] Jika bobot buah Sedang, dan Diameter buah Kecil maka hasil **Grade C**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Sedang) & Diameter (Kecil)

$$= \text{Min (bobot sedang) (1.7) \& ( diameter kecil) (1)}$$

$$= \text{Min (1.7; )}$$

$$= 1$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif GradeC,

$$Z' = (1 \times 1) + 0 = 1$$

$$-Z'' = (1 \times 1) - 2 = 1$$

$$Z = \frac{Z'+Z''}{2} = \frac{1+1}{2} = 1$$

Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{1 \times 1}{1} = 1 \text{ (Kondisi)}$$

#### Percobaan ke- 5

Bobot buah: 120 gr, Diameter Buah: 6.8 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Sedang} : \frac{(150-120)}{(150-124)} = 1.7$$

$$\text{Diameter Sedang} : \frac{(7-6.8)}{(7-6.5)} = 0.4$$

❖ [R5] Jika bobot buah Sedang, dan Diameter buah Sedang maka hasil **Grade B**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Sedang) & Diameter (Sedang)

$$= \text{Min ( bobot sedang) (1.7) \& ( diameter sedang) (0.4)}$$

$$= \text{Min (1.7;0.4)}$$

$$= 0.4$$



❖ Nilai Z

Rule yang aktif GradeB,

$$Z' = (0.4 \times 2) + 1 = 1.8$$

$$-Z'' = (0.4 \times 2) - 3 = 2.2$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{1.8 + 2.2}{2} = 2$$

Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{1.8 \times 2}{1.8} = 2 \text{ (Kondisi)}$$

### Percobaan ke- 6

Bobot buah: 142 gr, Diameter Buah: 7.7cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Sedang} : \frac{(150-142)}{(150-124)} = 0.3$$

$$\text{Diameter Besar} : \frac{(7.7-7.1)}{(7.3-7.1)} = 3$$

❖ [R6] Jika bobot buah Sedang, dan Diameter buah Besar maka hasil **Grade B**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( sedang) & Diameter (besar)

$$= \text{Min (bobot sedang) (0.3) \& ( diameter besar) (3)}$$

$$= \text{Min (0.3;3)}$$

$$= 0.3$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif Grade B,

$$Z' = (0.3 \times 2) + 1 = 1.6$$

$$-Z'' = (0.3 \times 2) - 3 = 2.4$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{1.6 + 2.4}{2} = 2$$

Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{1.6 \times 2}{1.6} = 2 \text{ (Kondisi)}$$

### Percobaan ke- 7

Bobot buah: 162 gr, Diameter Buah: 59 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Berat} : \frac{(162-151)}{(160-151)} = 1.22$$

$$\text{Diameter Kecil} : \frac{(60-5.9)}{(60-5.8)} = 0.5$$

❖ [R7] Jika bobot buah Berat, dan Diameter buah Kecil maka hasil **Grade B**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Berat) & Diameter (Kecil)

$$= \text{Min (bobot berat) (1.22) \& (diameter kecil) (0.5)}$$

$$= \text{Min (1.22;0.5)}$$

$$= 0.5$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif Grade B,

$$Z' = (0.5 \times 2) + 1 = 2$$

$$-Z'' = (0.5 \times 2) - 3 = 2$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{2 + 2}{2} = 2$$

Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{2 \times 2}{2} = 2 \text{ (Kondisi)}$$

### Percobaan ke- 8

Bobot buah: 197 gr, Diameter Buah: 6.9 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Berat} : \frac{(179-151)}{(160-151)} = 3.1$$

$$\text{Diameter Sedang} : \frac{(6.9-61)}{(65-61)} = 2$$

$$\frac{(70-69)}{(70-65)} = 0.2$$

❖ [R8] Jika bobot buah Berat, dan Diameter buah Sedang maka hasil **Grade A**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Berat) & Diameter (Sedang)

$$= \text{Min (bobot berat) (3.1) \& ( diameter sedang) (0.2)}$$

$$= \text{Min} (3.1; 0.2)$$

$$= 0.2$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif GradeA,

$$Z' = (0.2 \times 3) + 2 = 2.6$$

$$-Z'' = (0.2 \times 3) - 4 = 3.4$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{2.6 + 3.4}{2} = 3$$

Defuzzyfikasi

$$❖ \text{Defuzzyfikasi} = \frac{2.6 \times 3}{2.6} = 3 \text{ (Kondisi)}$$

### Percobaan ke- 9

Bobot buah: 180 gr, Diameter Buah: 8 cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Berat} : \frac{(180-151)}{(160-151)} = 3.2$$

$$\text{Diameter Besar} : \frac{(8-7.1)}{(7.3-7.1)} = 4.5$$

❖ [R9] Jika bobot buah Berat, dan Diameter buah Besar maka hasil **Grade A**

❖  $\alpha$ -predikat = Bobot( Berat) & Diameter (Besar)

$$= \text{Min} ( \text{bobot berat} ) (3.2) \ \& \ ( \text{diameter besar} ) (4.5)$$

$$= \text{Min} (3.2; 4.5)$$

$$= 3.2$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif GradeA,

$$Z' = (3.2 \times 3) + 2 = 11.6$$

$$-Z'' = (3.2 \times 2) - 4 = 5.6$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{1.8 + 2.2}{2} = 2$$

Defuzzyfikasi

$$❖ \text{Defuzzyfikasi} = \frac{1.8 \times 2}{1.8} = 2 \text{ (Kondisi)}$$

## Percobaan ke- 10

Bobot buah: 165 gr, Diameter Buah: 65cm

❖ Derajat Keanggotaan :

$$\text{Bobot Berat : } \frac{(165-151)}{(160-151)} = 1.55$$

$$\text{Diameter Sedang : } \frac{(65-61)}{(65-61)} = 1$$

$$\frac{(70-65)}{(70-65)} = 1$$

❖ [R9] Jika bobot buah Berat, dan Diameter buah Besar maka hasil **Grade A**

❖  $\alpha$ - predikat = Bobot( Berat) & Diameter (Besar)

$$= \text{Min ( bobot berat) (1.55) \& ( diameter besar) (1)}$$

$$= \text{Min (1.55;1)}$$

$$= 1$$

❖ Nilai Z

Rule yang aktif GradeA,

$$Z' = (1 \times 3) + 2 = 5$$

$$-Z'' = (1.3 \times 2) - 4 = 1$$

$$Z = \frac{Z' + Z''}{2} = \frac{5 + 1}{2} = 3$$

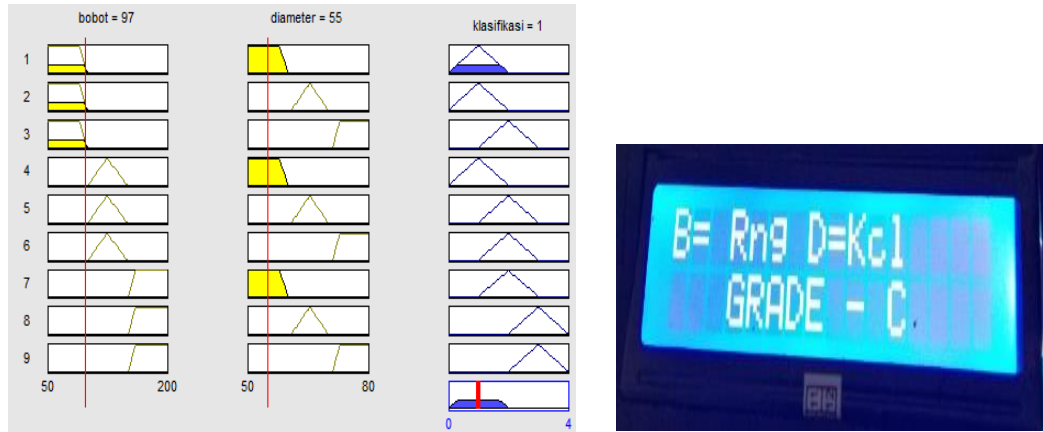
Defuzzyfikasi

$$\text{❖ Defuzzyfikasi} = \frac{5 \times 3}{3} = 3 \text{ (Kondisi)}$$

## Lampiran 2

### Hasil Simulasi Fuzzy Logic

#### 1. Pengujian ke-1

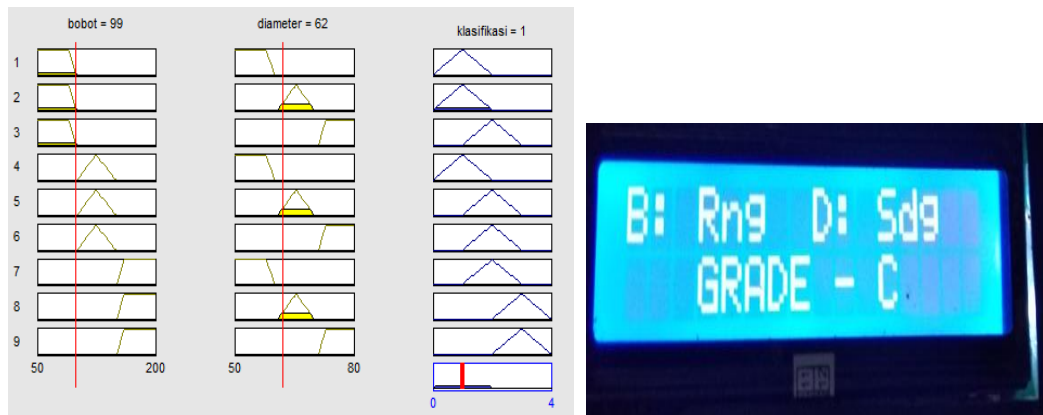


(a)

(b)

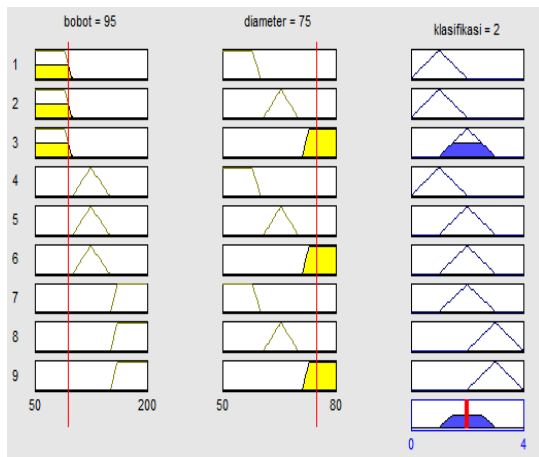
Gambar 1 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

#### 2. Pengujian ke-2



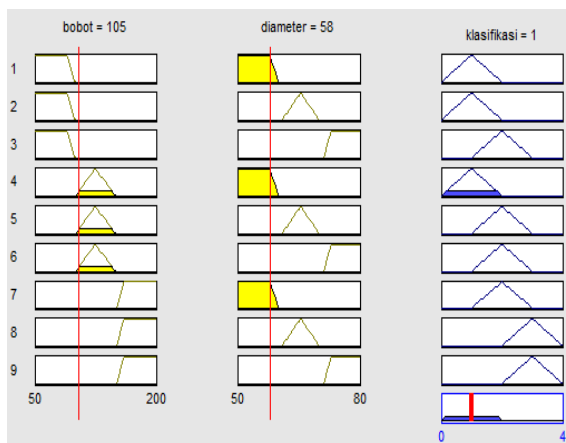
Gambar 2 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 3. Pengujian ke-3



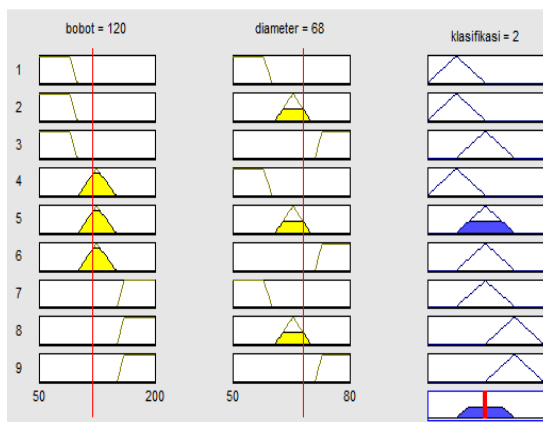
Gambar 3 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 4. Pengujian ke-4



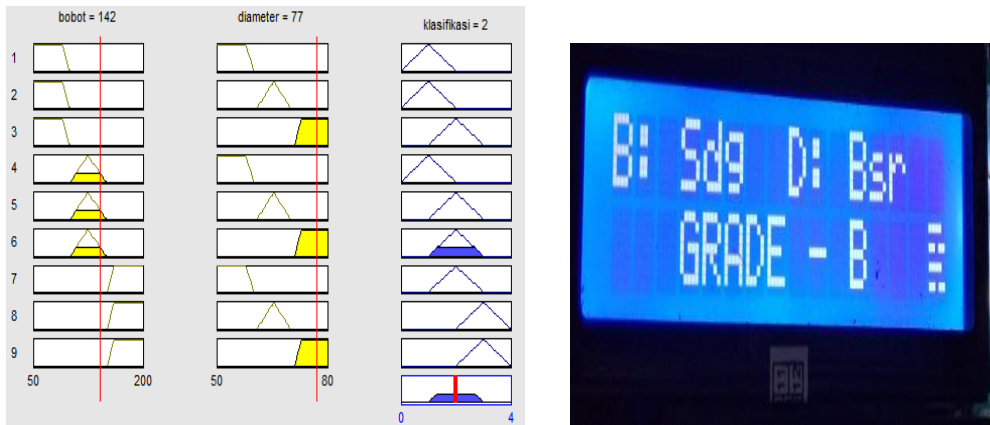
Gambar 4 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 5. Pengujian ke-5



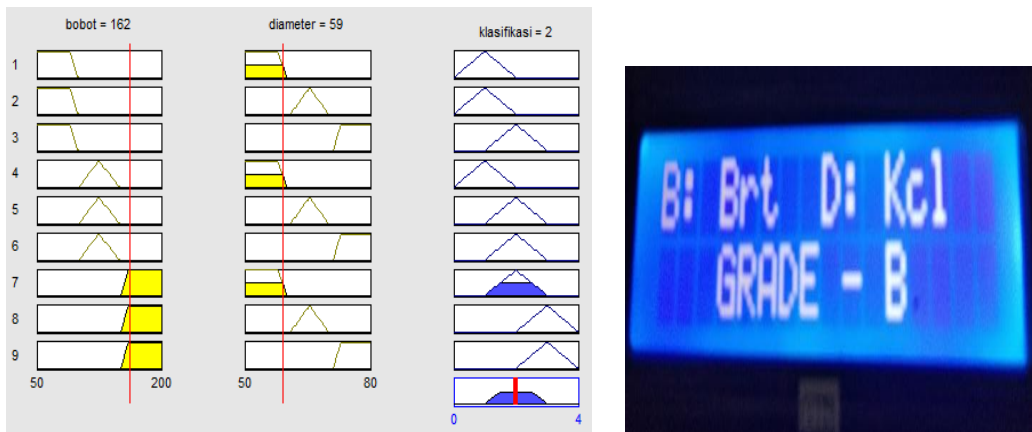
Gambar 5 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 6. Pengujian ke-6



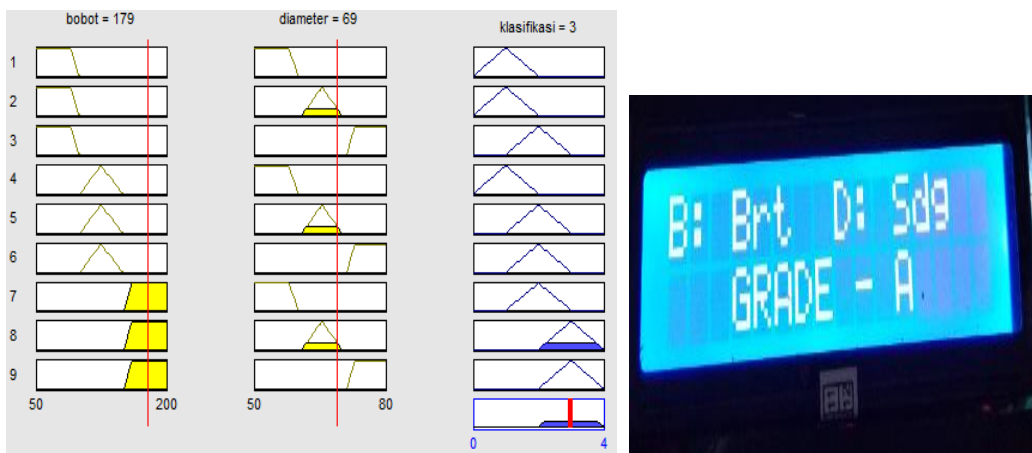
Gambar 6 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 7. Pengujian ke-7



Gambar 7 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 8. Pengujian ke-8



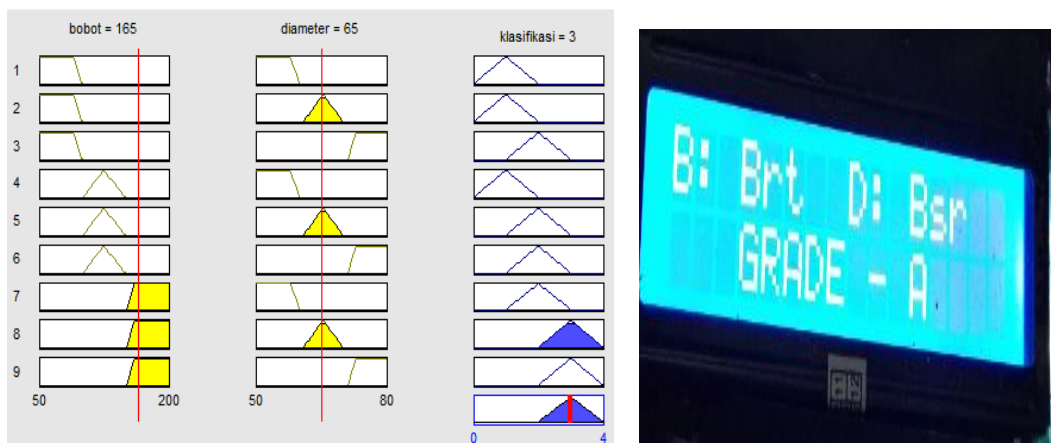
Gambar 8 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 9. Pengujian ke-9



Gambar 9 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem

### 10. Pengujian ke-10



Gambar 10 (a) Hasil Simulasi Matlab; (b) Hasil Pembacaan Sistem



## LAMPIRAN 3

### LIST PROGRAM

#### L3.1 Kode Program Pengujian Arduino Mega 2560

```
[1] void setup() {
[2] pinMode(13, OUTPUT); }
[3] void loop() {
[4] digitalWrite(13, HIGH);
[5] delay(1000);
[6] digitalWrite(13, LOW);
[7] delay(1000);
[8] }
```

#### L3.2 Kode Program Pengujian LCD

```
[1] #include <Wire.h>
[2] #include <LiquidCrystal_I2C.h>
[3] LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);
[4] void setup()
[5] {
[6] lcd.init();
[7] lcd.backlight();
[8] }
[9] void loop()
[10] {
[11] lcd.setCursor(0,0);
[12] lcd.print("weni novianah!");
[13] lcd.setCursor(0,1);
[14] lcd.print("G1D014014");
[15] lcd.setCursor(0,2);
[16] lcd.print("TEKNIK ELEKTRO");
[17] }
```

#### L3.3 Kode Program Pengujian Kalibrasi Load cell

```
[1] #include "HX711.h"
[2] #define DOUT A3
[3] #define CLK A2
[4] HX711 scale(DOUT, CLK);
[5] float calibration_factor = 42410;
//=====
[6] void setup() {
[7] Serial.begin(9600);
[8] Serial.println("HX711 Calibration");
[9] Serial.println("Remove all weight from scale");
[10] Serial.println("After readings begin, place known weight
on scale");
[11] Serial.println("Press a,s,d,f to increase calibration
factor by 10,100,1000,10000 respectively");
[12] Serial.println("Press z,x,c,v to decrease calibration factor
by 10,100,1000,10000 respectively");
[13] Serial.println("Press t for tare");
[14] scale.set_scale();
[15] scale.tare(); //Reset the scale to 0
[16] long zero_factor = scale.read_average(); //Get a baseline
reading
[17] Serial.print("Zero factor: "); //This can be used to
```

remove the need to tare the scale. Useful in permanent scale projects.

```
[18] Serial.println(zero_factor);
[19] }
//=====
[20] void loop() {
[21]   scale.set_scale(calibration_factor); //Adjust to this
calibration factor
[22]   Serial.print("Reading: ");
[23]   Serial.print(scale.get_units(),3);
[24]   Serial.print(" kg");
[25]   Serial.print(" calibration_factor:");
[26]   Serial.print(calibration_factor);
[27]   Serial.println();
[28]   if(Serial.available())
[29]   chartemp = Serial.read();
[30]   if(temp == '+' || temp == 'a')
[31]   calibration_factor += 10;
[32]   else if(temp == '-' || temp == 'z')
[33]   calibration_factor -= 10;
[34]   else if(temp == 's')
[35]   calibration_factor += 100;
[36]   else if(temp == 'x')
[37]   calibration_factor -= 100;
[38]   else if(temp == 'd')
[39]   calibration_factor += 1000;
[40]   else if(temp == 'c')
[41]   calibration_factor -= 1000;
[42]   else if(temp == 'f')
[43]   calibration_factor += 10000;
[44]   else if(temp == 'v')
[45]   calibration_factor -= 10000;
[46]   else if(temp == 't')
[47]   scale.tare(); //Reset the scale to zero
[48] }
[49] }
```

### L.3.4 Kode Program Pengujian *Load cell*

```
[1] #include "HX711.h
[2] #include <Wire.h>
[3] #include <LiquidCrystal_I2C.h>
[4] LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
[5] HX711 scale(A3, A2); // D0 =A3, SCK=A2
[6] float berat;
//=====
[7] void setup() {
[8]   Serial.begin(9600);
[9]   lcd.init();
[10]  lcd.backlight();
[11]  lcd.begin(20,4);
[12]  scale.set_scale(33540.f);
[13]  scale.tare(); // reset the scale to 0
[14] }
//=====
[15] void loop() {
[16]  berat=scale.get_units(50); lcd.setCursor(0,0);
[17]  lcd.print("berat:");
[18]  lcd.print(berat,1);
```

```

[19] lcd.print("KG ");
[20] delay(500);
[21] scale.power_down();// put the ADC in sleep mode
[22] scale.power_up();
[23] }

```

### L.3.5 Sensor SRF05

```

[1] int trig= 12; // membuat variabel trig yang di set ke-pin 3
[2] int Echo= 11; // membuat variabel echo yang di set ke-pin 2
[3] float durasi, jarak;// variabel durasi dan jarak diameter;
[4] void setup() {
[5] pinMode(trig, OUTPUT); // set pin trig menjadi OUTPUT
[6] pinMode(Echo, INPUT); // set pin echo menjadi INPUT
[7] Serial.begin(9600);//untuk komunikasiSerial dengan computer
[8] }
[9] void loop() {
[10] //program dibwh ini agar trigger memancarkan suara ultrasonic
[11] digitalWrite(trig, LOW);
[12] delayMicroseconds(8);
[13] digitalWrite(trig, HIGH);
[14] delayMicroseconds(8);
[15] digitalWrite(trig, LOW);
[16] delayMicroseconds(8);
[17] durasi= pulseIn(Echo, HIGH); // menerima suara ultrasonic
[18] jarak=(durasi/2 / 29.1; // mengubah durasi menjadi jarak (cm)
[19] diameter = 27 - jarak;
[20] //Serial.println(jarak);
[21] Serial.println(diameter)//tampilan jarak pada Serial Monitor
[22] delay(1000);
[23] }

```

### L.3.6 Sensor TCS3200

```

[1] //Color Sensor Arduino
[2] // VCC 5V
[3] // GND GND
[4] // s0 8
[5] //s1 9
[6] //s2 12
[7] //s311
[8] // OUT 10
[9] // OE GND
[10] const int s0 = 3;
[11] const int s1 = 4;
[12] const int s2 = 6;
[13] const int s3 = 7;
[14] const int out = 8;
[15] // LED pins connected to Arduino
[16] int redLed = 2;
[17] int greenLed = 5;
[18] int blueLed = 9;
[19] // Variables
[20] int red = 0;
[21] int green = 0;
[22] int blue = 0;
[23] void setup()
[24] {
[25] Serial.begin(9600);
[26] pinMode(s0, OUTPUT);
[27] pinMode(s1, OUTPUT);

```

```

[28] pinMode(s2, OUTPUT);
[29] pinMode(s3, OUTPUT);
[30] pinMode(out, INPUT);
[31] pinMode(redLed, OUTPUT);
[32] pinMode(greenLed, OUTPUT);
[33] pinMode(blueLed, OUTPUT);
[34] digitalWrite(s0, HIGH);
[35] digitalWrite(s1, HIGH);
[36] }
[37] void loop()
[38] {
[39] color();
[40] Serial.print("R Intensity:");
[41] Serial.print(red, DEC);
[42] Serial.print(" G Intensity: ");
[43] Serial.print(green, DEC);
[44] Serial.print(" B Intensity : ");
[45] Serial.print(blue, DEC);
[46] delay (2000);
[47] //Serial.println();
[48] if (red < blue && red < green && red < 20)
[49] {
[50] Serial.println(" - (Red Color)");
[51] delay (2000);
[52] digitalWrite(redLed, HIGH); // Turn RED LED ON
[53] digitalWrite(greenLed, LOW);
[54] digitalWrite(blueLed, LOW);
[55]}
[56] else if (blue < red && blue < green)
[57] {
[58] Serial.println(" - (Blue Color)");
[59] delay (2000);
[60] digitalWrite(redLed, LOW);
[61] digitalWrite(greenLed, LOW);
[62] digitalWrite(blueLed, HIGH); // Turn BLUE LED ON
[63]}
[64] else if (green < red && green < blue)
[65] {
[66] Serial.println(" - (Green Color)");
[67] delay (2000);
[68] digitalWrite(redLed, LOW);
[69] digitalWrite(greenLed, HIGH); // Turn GREEN LED ON
[70] digitalWrite(blueLed, LOW);
[71]}
[72]else{
[73] Serial.println();
[74]}
[75]delay(300);
[76]digitalWrite(redLed, LOW);
[77]digitalWrite(greenLed, LOW);
[78]digitalWrite(blueLed, LOW);
[79]}
[80]void color()
[81]{
[82]digitalWrite(s2, LOW);
[83]digitalWrite(s3, LOW);
[84]//count OUT, pRed, RED
[85]red = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
[86]digitalWrite(s3, HIGH);

```

```

[87]//count OUT, pBLUE, BLUE
[88]blue = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
[89]digitalWrite(s2, HIGH);
[90]//count OUT, pGreen, GREEN
[91]green = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
[92]}

```

## L.2.7 Program Keseluruhan

```

1  //<---library--->//
2  #include <HX711_ADC.h>
3  #include <Wire.h>
4  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
5
6  //<-----Inisialisasi LCD & I2C----->//
   LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //set the LCD address to
7  0x27 for a 16 chars and 2 line display//
8  //<-----Inisialisasi Loadcell----->//
9  HX711_ADC LoadCell(A2, A3);
10 //<-----Inisialisasi warna----->//
11 const int s0 = 5;
12 const int s1 = 6;
13 const int s2 = 7;
14 const int s3 = 8;
15 const int out = 9;
16 //<-----Inisialisasi Diameter----->//
17 int trig= 10; //membuat variabel trig yang di set ke-pin 3//
18 int Echo= 11; //membuat variabel echo yang di set ke-pin 2//
19 //<-----Servo PulseTime----->//
20 int servoPin = 13;
21 int pulseTime;
22 //<-----OUTPUT warna----->//
23 int redLed = 2;
24 int greenLed = 3;
25 int blueLed = 4;
26 int red = 0;
27 int green = 0;
28 int blue = 0;
29 //<-----OUTPUT Diameter----->//
30 Float durasi, jarak; //<-membuat variabel durasi dan jarak>//
31 float diameter;
32
33 //<-----Deklarasi Fuzzyfikasi Bobot----->//
34 float Ringan, Sedang, Berat;
35
36 //<-----Deklarasi Fuzzyfikasi Diameter----->//
37 float Kecil, sedang, Besar;
38
39 //<-----Rule dan Komposisi----->//
40 float a_p1, a_p2, a_p3, a_p4, a_p5, a_p6, a_p7, a_p8, a_p9;
41 float z1, z2, z3, z4, z5, z6, z7, z8, z9;

```

```

42
43 //<-----Defuzzyfikasi----->//
44 float z;          //Defuzzyfikasi Grade
45
46 //<-----DEFUZZYFIKASI----->//
47 void setup() {
48   Serial.begin(9600);
49   LoadCell.begin();
50   LoadCell.start(2000);
51   LoadCell.setCalFactor(2000);
52   LoadCell.tare();//<-----Reset the scale to 0----->//
53   lcd.init();
54   lcd.backlight();
55   pinMode(servoPin, OUTPUT);
56   pinMode(trig, OUTPUT);
57   pinMode(Echo, INPUT);
58   pinMode(s0, OUTPUT);
59   pinMode(s1, OUTPUT);
60   pinMode(s2, OUTPUT);
61   pinMode(s3, OUTPUT);
62   pinMode(out, INPUT);
63   pinMode(redLed, OUTPUT);
64   pinMode(greenLed, OUTPUT);
65   pinMode(blueLed, OUTPUT);
66   digitalWrite(s0, HIGH);
67   digitalWrite(s1, HIGH);
68 }
69 void loop() {
70   //<-----void warna----->//
71   color();
72   Serial.print("R Intensity:");
73   Serial.print(red, DEC);
74   Serial.print(" G Intensity: ");
75   Serial.print(green, DEC);
76   Serial.print(" B Intensity : ");
77   Serial.print(blue, DEC);
78   Serial.print("\t");
79   //<-----Bobot----->//
80   LoadCell.update();
81   int bobot = LoadCell.getData() * 9.2; //<---KALIBRASI--->//
82   lcd.setCursor(0,0);
83   lcd.print("B:");
84   //<-----diameter----->//
85   digitalWrite(trig, LOW);
86   delayMicroseconds(8);
87   digitalWrite(trig, HIGH);
88   delayMicroseconds(8);
89   digitalWrite(trig, LOW);
90   delayMicroseconds(8);

```

```

91 durasi=pulseIn(Echo, HIGH);//menerima suara ultrasonic//
92 jarak =(durasi/2) / 29.//mengubah durasi menjadi jarak (cm)//
93 diameter = 26 - jarak;
94 lcd.setCursor(7,0);
95 lcd.print(" D:");
96 //<-----Input DEFUZZYFIKASI BOBOT----->//
97 if (bobot > 150)
98 {
99 lcd.setCursor(0,0);
100 lcd.print("B:");
101 lcd.print(" Brt ");
102 }
103 else if (bobot > 150) {
104 lcd.setCursor(0,0);
105 lcd.print("B:");
106 lcd.print(" Sdg ");
107 }
108 if (bobot > 100 && bobot <150)
109 {
110 lcd.setCursor(0,0);
111 lcd.print("B:");
112 lcd.print(" Sdg ");
113 }
114 else if (bobot > 100 && bobot <150) {
115 lcd.setCursor(0,0);
116 lcd.print("B:");
117 lcd.print(" Rng ");
118 }
119 if (bobot > 50 && bobot < 100)
120 {
121 lcd.setCursor(0,0);
122 lcd.print("B:");
123 lcd.print(" Rng ");
124 }
125 //<-----Input DEFUZZYFIKASI DIAMETER----->//
126 if(diameter > 7)
127 {
128 lcd.setCursor(7,0);
129 lcd.print(" D:");
130 lcd.print(" Bsr ");
131 }
132 else if (diameter > 7) {
133 lcd.setCursor(7,0);
134 lcd.print(" D:");
135 lcd.print(" Sdg ");
136 }
137 if(diameter > 6 && diameter < 7)
138 {
139 lcd.setCursor(7,0);

```

```

140 lcd.print(" D:");
141 lcd.print(" Sdg ");
142 }
143 else if (diameter > 6 && diameter < 7) {
144 lcd.setCursor(7,0);
145 lcd.print(" D:");
146 lcd.print(" Kcl ");
147 }
148 if(diameter > 5 && diameter < 6)
149 {
150 lcd.setCursor(7,0);
151 lcd.print(" D:");
152 lcd.print(" Kcl ");
153 }
154 //<-----Rule Grade----->
155 float a_P1 = min (Ringan,Kecil);
156 float z1 = (((a_P1*1)+0==(((a_P1*1)-2)*-1))/2);
157
158 float a_P2 = min (Ringan, sedang);
159 float z2 = (((a_P2*1)+0==(((a_P2*1)-2)*-1))/2);
160
161 float a_P3 = min (Ringan, Besar);
162 float z3 = (((a_P3*2)+1==(((a_P3*2)-2)*-1))/2);
163
164 float a_P4 = min (Sedang, Kecil);
165 float z4 = (((a_P4*1)+0==(((a_P4*1)-2)*-1))/2);
166
167 float a_P5 = min (Sedang, sedang);
168 float z5 = (((a_P5*2)+1==(((a_P5*2)-3)*-1))/2);
169
170 float a_P6 = min (Sedang, Besar);
171 float z6 = (((a_P6*2)+1==(((a_P6*2)-3)*-1))/2);
172
173 float a_P7 = min (Berat, Kecil);
174 float z7 = (((a_P7*2)+1==(((a_P7*2)-3)*-1))/2);
175
176 float a_P8 = min (Berat, sedang);
177 float z8 = (((a_P8*3)+2==(((a_P8*3)-2)*-1))/2);
178
179 float a_P9 = min (Berat, Besar);
180 float z9 = (((a_P9*3)+2==(((a_P9*3)-2)*-1))/2);
181
182 //<-----DEFUZZYFIKASI GRADE----->
183 if(bobot< 200 && diameter < 7.7 && bobot >= 151 && diameter
184 >= 7.1)
185 {
186 lcd.setCursor(0,1);
187 lcd.println(" GRADE - A ");
188 sudut_180();

```



```

188 }
    if(bobot <= 148 && diameter<= 7 && bobot > 110 && diameter >
189 6.1)
190 {
191 lcd.setCursor(0,1);
192 lcd.println("    GRADE - B    ");
193 sudut_85();
194 }
    if (bobot < 100 && diameter < 6 && bobot > 51 && diameter <
195 5.1){
196 lcd.setCursor(0,1);
197 lcd.println("    GRADE - C    ");
198 sudut_50();
199 }
    else if (bobot < 100 && diameter < 6 && bobot > 51 &&
200 diameter < 5.1){
201 lcd.setCursor(0,1);
202 lcd.println("    GRADE -    ");
203 }
204 //<-----Logika Warna----->
205 if (red < blue && red < green && red < 25)
206 {
    if (green - blue >= 10 && green - blue <= 25 && green - ( 2 *
207 red ) >= 8 )
208 {
209 Serial.print("Warna : ");
210 Serial.print("Merah");
211 Serial.println(" - (Warna Merah)");
212 }
213
    else if (green - red <= 10 && green - red >= -3 && blue >=
214 green)
215 {
216 Serial.print("Warna : ");
217 Serial.print("Kuning");
218 Serial.println(" - (Warna Kuning)");
219 }
220
    else if (blue - red >= 3 && blue - red <= 10 && green - ( 2
221 * red ) <= 5)
222 {
223 Serial.print("Warna : ");
224 Serial.print("Merah Muda");
225 Serial.println(" - (Warna Merah Muda)");
226 }
227
    else if (green - blue >= -5 && green - blue <= 5 && green - (
228 2 * red ) <= 5 )
229 {
230 Serial.print("Warna : ");

```

```

231 Serial.print("Jingga");
232 Serial.println(" - (Warna Jingga)");
233 }
234 }
235 else if (green < red && green < blue && green < 25)
236 {
237 Serial.print("Warna : ");
238 Serial.print("Hijau");
239 Serial.println(" - (Warna Hijau)");
240 }
    else if ((red > green && blue < green) && blue < 25 && red >
241 40)
242 {
243 Serial.print("Warna : ");
244 Serial.print("Biru");
245 Serial.println(" - (Warna Biru)");
246 }
    else if (red - (2 * blue) >= -2 && red - (2 * blue) <= 5 &&
247 green - red < 10)
248 {
249 Serial.print("Warna : ");
250 Serial.print("Ungu");
251 Serial.println(" - (Warna Ungu)");
252 }
    else if (blue < red && blue < green && (blue && red && green)
253 < 25)
254 {
    if (red - green <= 5 && red - green >= 0 && ((green - blue)
255 || (red - blue)) < 5 && blue < 50)
256 {
257 Serial.print("Warna : ");
258 Serial.print("Putih");
259 Serial.println(" - (Warna Putih)");
260 }
261 }
262 Serial.println();
263 delay(100);
264 //<-----Scaling LoadCell----->
265 char temp = Serial.read();
266 if(temp == 't' || temp == 'T')
267 LoadCell.tare(); //<----Reset the scale to zero---->
268 delay(100);
269 }
270
271 //<-----Void Drifter----->
272 void color()
273 {
274 digitalWrite(s2, LOW);
275 digitalWrite(s3, LOW);
276 //count OUT, pRed, RED

```

```

277 red = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
278 digitalWrite(s3, HIGH);
279 //count OUT, pBLUE, BLUE
280 blue = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW : HIGH);
281 digitalWrite(s2, HIGH);
282 //count OUT, pGreen, GREEN
283 green = pulseIn(out, digitalRead(out) == HIGH ? LOW :HIGH);
284 }
285
286 void sudut_180()
287 {
288 for (pulseTime = 600; pulseTime <= 2650; pulseTime += 50)
289 {
290 digitalWrite(servoPin, HIGH);
291 delayMicroseconds(pulseTime);
292 digitalWrite(servoPin, LOW);
293 delay(100);
294 }
295
296 for (pulseTime = 2650; pulseTime >= 600; pulseTime -= 50)
297 {
298 digitalWrite(servoPin, HIGH);
299 delayMicroseconds(pulseTime);
300 digitalWrite(servoPin, LOW);
301 delay(15);
302 }
303 delay(20000);
304 }
305 void sudut_85()
306 {
307 for (pulseTime = 600; pulseTime <= 1800; pulseTime += 50)
308 {
309 digitalWrite(servoPin, HIGH);
310 delayMicroseconds(pulseTime);
311 digitalWrite(servoPin, LOW);
312 delay(30);
313 }
314 delay(15000);
315 for (pulseTime = 2650; pulseTime >= 600; pulseTime -= 50)
316 {
317 digitalWrite(servoPin, HIGH);
318 delayMicroseconds(pulseTime);
319 digitalWrite(servoPin, LOW);
320 delay(15);
321 }
322 delay(16000);
323 }
324 void sudut_50()
325 {

```

```
326 for (pulseTime = 600; pulseTime <= 1400; pulseTime += 50)
327 {
328   digitalWrite(servoPin, HIGH);
329   delayMicroseconds(pulseTime);
330   digitalWrite(servoPin, LOW);
331   delay(50);
332 }
333 delay(11000);
334 for (pulseTime = 2650; pulseTime >= 600; pulseTime -= 50)
335 {
336   digitalWrite(servoPin, HIGH);
337   delayMicroseconds(pulseTime);
338   digitalWrite(servoPin, LOW);
339   delay(15);
340 }
341 delay(17000);
342 }
```

## Lampiran 4

### Datasheet

#### L.4.1 Motor DC

Bus Wiper Assembly

Bus Wiper Motor

Wiper Linkage

Wiper Arm

Wiper Blade

### Detail

#### Product parameters

Description	U	I	P1	M	N	P2	Eff
	(V)	(A)	(W)	(N.m)	(rpm)	(W)	(%)
No_Load	24.2	0.39	9.45	0.23	35.64	0.85	9
Max_Eff	24.12	2.06	49.7	5.83	27.98	17.08	34.3
Max_Pout	24	4.432	106.4	14.58	16.89	25.79	24.2
Max_Torque	23.81	8.365	199.1	24.38	0	0	0
Locked_Rotor	23.81	8.365	199.1	24.38	0	0	0

 ZHEJIANG LEILI AUTO PARTS CO.,LTD  
**TS: 16949 OEM**

ZD 2531 50W 24V  
ZD 1531 50W 12V



leili.en.alibaba.com

Product name: 50W 12-24

Product catalog: Bus Wipe

 print page

Kellen Mob: 0086-189687

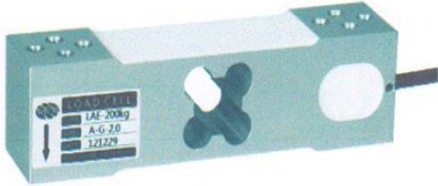
Cindy Mob: 0086-189687




Joy Mob: 0086-189687

Annie Mob: 0086-137320

## L.4.2 Load Cell

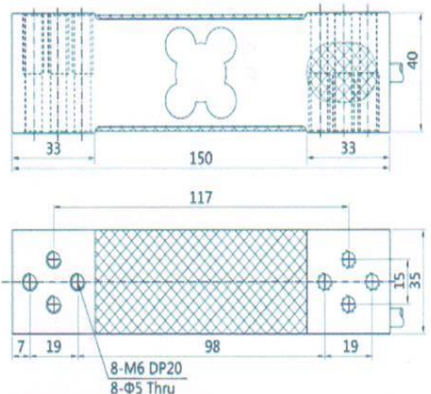
单点称重传感器  
Single point load cells
LAE-A



RoHS   

**特点 Features**

- ※ 铝合金结构 Aluminum alloy.
- ※ 高精度, OIML R60 C3 认证.  
High accuracy, OIML R60 approved.
- ※ 广泛用于计价秤, 计数秤, 平台秤等.  
Mainly used for price computing scales, counting scales, platform scales etc.
- ※ 最大秤盘尺寸 400×400mm.  
Max. platform size: 400×400mm.



单点称重传感器 Single point load cells		LAE-A	
额定量程 Rated Capacity	25,40,60,100,200,350 (kg)	推荐激励电压 Excitation, Recommended	5 - 12VDC
精度等级 Accuracy Class	G *	最大激励电压 Excitation, Maximum	18VDC
额定输出 Rated Output	2.0±5% mV/V	工作温度范围 Operating Temp. Range	-20 - +60°C
零点输出 Zero Balance	±5% R.O.	安全过载范围 Safe Overload	150% R.C.
输入电阻 Input Resistance	405±10Ω	极限过载范围 Ultimate Overload	200% R.C.
输出电阻 Output Resistance	350±3Ω	绝缘电阻 Insulation Resistance	≥5000MΩ(50VDC)
非线性误差 Linearity Error	±0.015% R.O.	电缆线长度 Cable, Length	ø5mm×1.5m **
重复性误差 Repeatability Error	±0.01% R.O.	防护等级 Protection Class	IP65
滞后误差 Hysteresis Error	±0.01% R.O.	接线图 Wiring code :	
30分钟蠕变 Creep in 30 Min.	±0.02% R.O.	四芯屏蔽电缆线 4-Wire Shielded Cable	
输出温度影响 Temp. Effect on Output	±0.02% R.O./10°C	Exc 激励 (+) Red 红	
零点温度影响 Temp. Effect on Zero	±0.02% R.O./10°C	Sig 信号 (+) Green 绿	
温度补偿范围 Compensated Temp. Range	-10 - +40°C	Exc 激励 (-) Black 黑	
		Sig 信号 (-) White 白	
		屏蔽地线 Shield not connected to load cell body	

\*可提供K级, OIML C3精度等级产品, 订货时说明。  
OIML C3 & Class K products can be provided, ordering instructions.

\*\*出线电缆长度可订制, 订货时说明。  
The length of cable can be customized, ordering instructions.

平台秤  
For platform scales

24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales

DESCRIPTION

Based on Avia Semiconductor’s patented technology, HX711 is a precision 24-bit analog-to-digital converter (ADC) designed for weigh scales and industrial control applications to interface directly with a bridge sensor.

The input multiplexer selects either Channel A or B differential input to the low-noise programmable gain amplifier (PGA). Channel A can be programmed with a gain of 128 or 64, corresponding to a full-scale differential input voltage of  $\pm 20\text{mV}$  or  $\pm 40\text{mV}$  respectively, when a 5V supply is connected to AVDD analog power supply pin. Channel B has a fixed gain of 32. On-chip power supply regulator eliminates the need for an external supply regulator to provide analog power for the ADC and the sensor. Clock input is flexible. It can be from an external clock source, a crystal, or the on-chip oscillator that does not require any external component. On-chip power-on-reset circuitry simplifies digital interface initialization.

There is no programming needed for the internal registers. All controls to the HX711 are through the pins.

FEATURES

- Two selectable differential input channels
- On-chip active low noise PGA with selectable gain of 32, 64 and 128
- On-chip power supply regulator for load-cell and ADC analog power supply
- On-chip oscillator requiring no external component with optional external crystal
- On-chip power-on-reset
- Simple digital control and serial interface: pin-driven controls, no programming needed
- Selectable 10SPS or 80SPS output data rate
- Simultaneous 50 and 60Hz supply rejection
- Current consumption including on-chip analog power supply regulator:
  - normal operation  $< 1.5\text{mA}$ , power down  $< 1\mu\text{A}$
- Operation supply voltage range: 2.6 ~ 5.5V
- Operation temperature range:  $-40 \sim +85^\circ\text{C}$
- 16 pin SOP-16 package

APPLICATIONS

- Weigh Scales
- Industrial Process Control

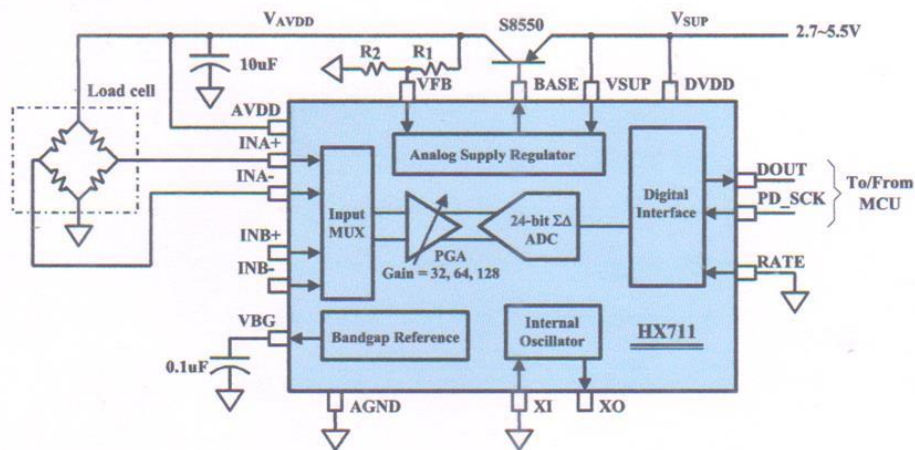


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

## L.4.4 Sensor SRF05

# SRF005 ULTRASONIC RANGE SENSOR

---

### Specification:

The SRF005 ultrasonic range sensor detects objects in it's path and can be used to calculate the range to the object. It is sensitive enough to detect a 3cm diameter broom handle at a distance of over 3m.

Voltage	- 5V
Current	- 30mA Typ. 50mA Max.
Frequency	- 40KHz
Max Range	- 3 m
Min Range	- 3 cm
Sensitivity	- Detect 3cm diameter broom handle at > 3 m
Input Trigger	- 10uS Min. TTL level pulse
Echo Pulse	- Positive TTL level signal, width proportional to range.
Small Size	- 43mm x 20mm x 17mm height



The module can be used in two different modes:

Single Pin	- Single microcontroller pin (08M, and all M2 and X2 parts)
Dual Pin	- Separate PICAXE microcontroller trigger and echo pins

Most users using the latest generation (M2 and X2) PICAXE parts should select 'single pin' connection mode.

### Single Pin Connection Mode:

The PICAXE-08M and all M2/X2 parts have bi-directional pins, so the SRF005 can connect to a single i/o pin.

There are two ways to achieve this connection on the SRF005, via the 5 way header or via the 3 way header. The 3 way header is designed to be compatible with 'servo extension leads' (e.g. part DAG001) so is often the preferred method on new designs. The 5 way header is compatible with older SRF005 modules/PCBs.

#### Using the 5 way header (note +5V and 0V are marked on the SRF005):

+5V	Connect to 5V
Not used	Do not connect
Signal	Connect directly to the PICAXE pin
Mode	Connect to 0V
0V	Connect to 0V

#### Using the 3 way header (note SIG and 0V are marked on the SRF005):

Signal (SIG)	Connect directly to the PICAXE pin
+5V	Connect to 5V
0V	Connect to 0V

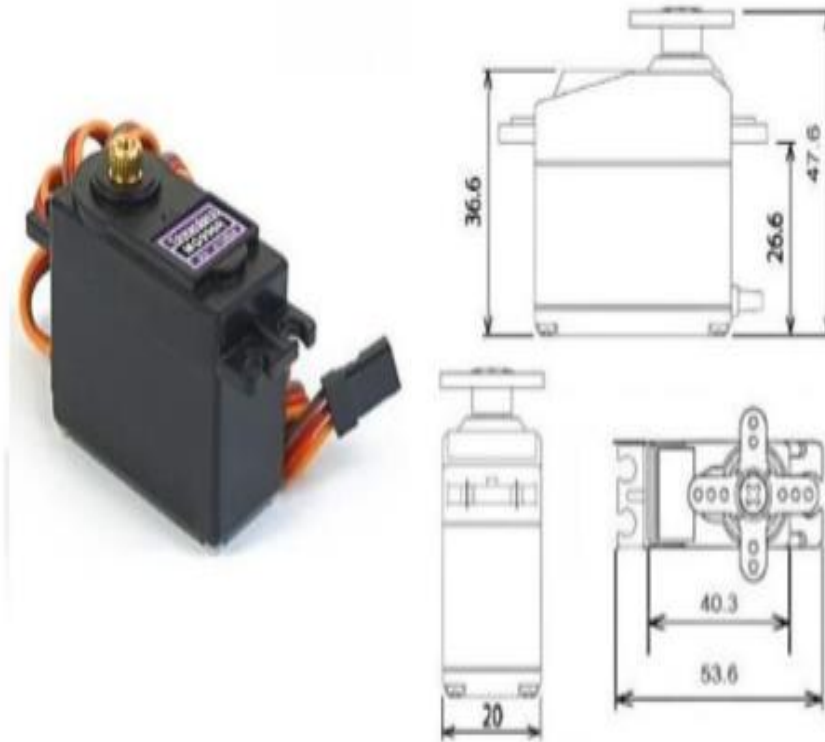
*When using the 3 pin header you MUST also solder a wire link between the mode and 0V on the 5 way header (ie a wire link between pads 4 and 5 on the 5 way header).*

Take care not to overheat, and therefore damage, the solder connection pads whilst making connections.



## L.4.5 Servo

# MG996R High Torque Metal Gear Dual Ball Bearing Servo



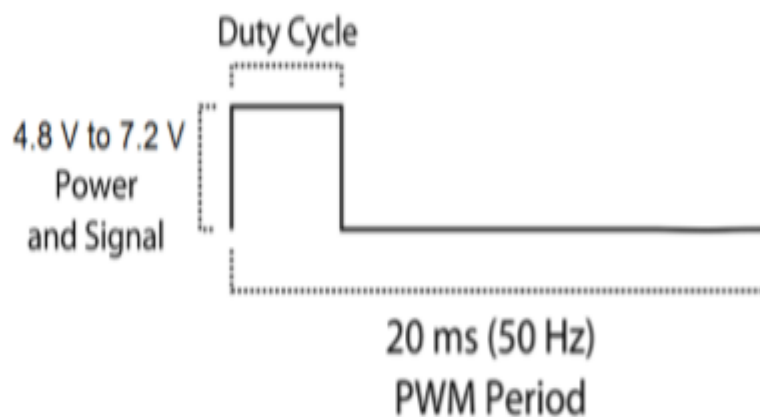
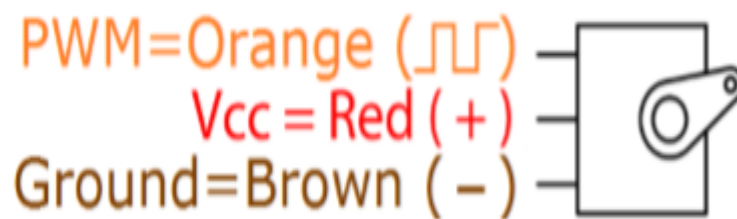
This High-Torque MG996R Digital Servo features metal gearing resulting in extra high 10kg stalling torque in a tiny package. The MG996R is essentially an upgraded version of the famous MG995 servo, and features upgraded shock-proofing and a redesigned PCB and IC control system that make it much more accurate than its predecessor. The gearing and motor have also been upgraded to improve dead bandwidth and centering. The unit comes complete with 30cm wire and 3 pin 'S' type female header connector that fits most receivers, including Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum and Hitec.

This high-torque standard servo can rotate approximately 120 degrees (60 in each direction). You can use any servo code, hardware or library to control these servos, so it's great for beginners who want to make stuff move without building a motor controller with feedback & gear box, especially since it will fit in small places. The MG996R Metal Gear Servo also comes with a selection of arms and hardware to get you set up nice and fast!

## Specifications

- Weight: 55 g
- Dimension: 40.7 x 19.7 x 42.9 mm approx.
- Stall torque: 9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
- Operating speed: 0.17 s/60° (4.8 V), 0.14 s/60° (6 V)

- 
- Operating voltage: 4.8 V a 7.2 V
  - Running Current 500 mA – 900 mA (6V)
  - Stall Current 2.5 A (6V)
  - Dead band width: 5  $\mu$ s
  - Stable and shock proof double ball bearing design
  - Temperature range: 0 °C – 55 °C



**Lampran 5**  
**Dokumentasi**

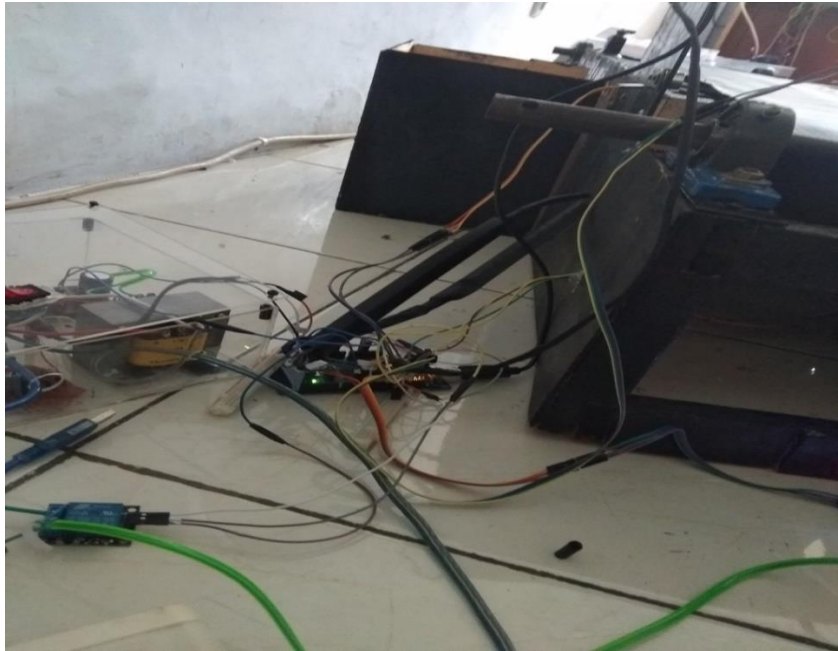
**L.5.1 Foto Pengukuran sample**



**L.5.2 Foto penimbangan dan pengukuran sample**



### L.5.3 Proses Perancangan Alat



### L.5.4 Foto Alat



## LAMPIRAN 6

Tabel hasil kalibrasi nilai dari diameter menggunakan sensor SRF05

dengan:

Diameter buah = (jarak awal – jarak yang terbaca)

NO	Jarak Awal	Jarak yang terbaca	Diameter yang terukur	Diameter buah menggunakan alat ukur.
1.	25	17,03	7,97	8
2.	25	17,42	7,58	7,7
3.	25	17,61	7,39	7,5
4.	25	18,6	6,40	6,9
5.	25	18,69	6,31	6,7
6.	25	18,65	6,35	6,5
7.	25	18,94	6,06	6,2
8.	25	18,98	6,02	6
9.	25	19,54	5,46	5,8
10.	25	19,56	5,44	5,5

