

**RANCANG BANGUN OTOMATISASI ALAT UKUR KADAR PATI
SINGKONG (*Manihot utlissima*) BERBASIS MIKROKONTROLLER
ARDUINO UNO DAN LOAD CELL**

(Skripsi)

Oleh

Zidan Ferdiansyah



**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

RANCANG BANGUN OTOMATIS ALAT UKUR KADAR PATI SINGKONG (*Manihot utilissima*) BERBASIS MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO DAN LOAD CELL

Oleh

Zidan Ferdiansyah

Singkong merupakan komoditas tanaman yang memiliki daya adaptasi terhadap lingkungan yang sangat tinggi, baik pada tanah subur maupun tanah yang kurang subur. Singkong di Indonesia merupakan salah satu komoditas tanaman pangan setelah padi dan jagung. Singkong terdapat kuantitas yang berlimpah, oleh karena itu hasil pengolahan budidaya tanaman ini menjadi bermacam – macam. Singkong diduga memiliki keterkaitan antar tingkat ketuaan, kekerasan, dan kandungan pati. Pemanenan singkong pada waktu yang tepat akan menghasilkan kadar pati dengan kualitas yang baik dan rendemen yang tinggi. Rancangan alat ukur kadar pati ini berbasis menggunakan sensor berat yang akan menghitung berat singkong saat di udara dan didalam air. Prinsip kerja alat rancangan menghitung kadar pati menggunakan metode Specific Gravity, yang merupakan sebuah metode yang sudah diverifikasi oleh Internasional Starch Institute (1999). Metode specific gravity merupakan sebuah metode penentuan kadar pati berdasarkan perbedaan berat singkong di udara dan di air. Hasil pengujian rancangan alat ini memiliki nilai stabil sebesar 99,91%, nilai akurasi 99,86%, dan nilai presisi 87,17%.

Kata kunci: kadar pati, *loadcell*, Arduino UNO

ABSTRACT**DESIGN AND DEVELOPMENT OF AUTOMATIC MEASURING DEVICE OF CASSAVA STARCH (*Manihot utilissima*) BASED ON ARDUINO UNO MICROCONTROLLER AND LOAD CELL****By****Zidan Ferdiansyah**

Cassava is a plant commodity that has a very high adaptability to the environment, both on fertile and infertile soils. Cassava in Indonesia is one of the food crop commodities after rice and corn. Cassava has an abundant quantity, therefore the results of the cultivation of this plant are various. Cassava is thought to have a relationship between aging, hardness, and starch content. Harvesting cassava at the right time will produce starch with good quality and high yields. The design of this starch measurement tool is based on a weight sensor that will calculate the weight of cassava in the air and in the water. The working principle of the design tool is to calculate starch content using the Specific Gravity method, which is a method that has been verified by the International Starch Institute (1999). The specific gravity method is a method of determining starch content based on the difference in the weight of cassava in air and in water. The test results for this tool design have a stable value of 99.91%, an accuracy value of 99.86%, and a precision value of 87.17%.

Keywords: *starch content, loadcell, Arduino UNO*

**RANCANG BANGUN OTOMATISASI ALAT UKUR KADAR PATI
SINGKONG (*Manihot utilissima*) BERBASIS MIKROKONTROLLER
ARDUINO UNO DAN LOAD CELL**

Oleh

Zidan Ferdiansyah

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN OTOMATISASI
ALAT UKUR KADAR PATI SINGKONG
(*Manihot utilissima*) BERBASIS
MIKROKONTROLLER ARDUINO UNO
DAN LOAD CELL**

Nama Mahasiswa : **Zidan Ferdiansyah**

No. Pokok Mahasiswa : 1914071029

Jurusan : Teknik Pertanian

Fakultas : Pertanian



Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.
NIP. 19880325 201504 1 001

Dr. Muhammad Amin, M.Si.
NIP. 19610220 198803 1 002

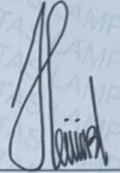
2. Ketua Jurusan Teknik Pertanian

Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.
NIP. 19621010 198902 1 002

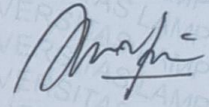
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

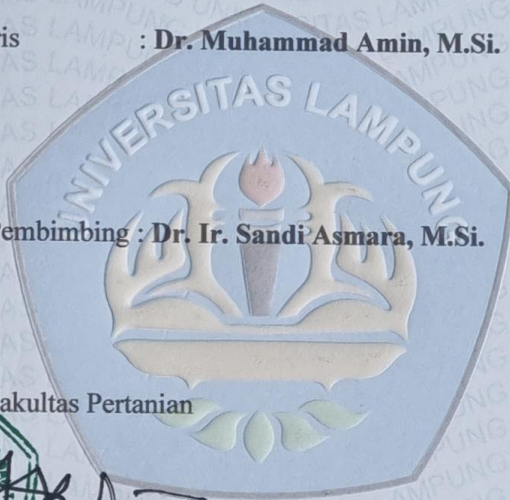
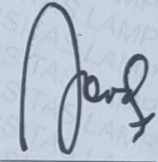
Ketua : **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc.**



Sekretaris : **Dr. Muhammad Amin, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si.**



Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP. 196110201986031002

Tanggal lulus ujian skripsi : **13 Juni 2023**

PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya Zidan Ferdiansyah NPM 1914071029. Dengan ini menyatakan bahwa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh Komisi Pembimbing, 1) **Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. dan 2) Dr. Muhammad Amin, M.Si.** berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 13 Juni 2023
Penulis,



Zidan Ferdiansyah
NPM 1914071029

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bogor, pada tanggal 13 November 2000. Penulis merupakan anak terakhir dari dua bersaudara, putra bapak Muchardini dan ibu Herlina, kakak dari Herdiani Novita Dewi. Penulis memulai pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Kaliabang Tengah 3 lulus pada tahun 2013. Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 5 Bekasi, lulus pada tahun 2016. Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 4 Bekasi, lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi di Organisasi Kemahasiswaan, tingkat Jurusan sebagai Anggota badan Pengabdian Masyarakat Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2021 dan Ketua Bidang Pengabdian Masyarakat Persatuan Mahasiswa Teknik Pertanian (PERMATEP) Fakultas Pertanian, Universitas Lampung periode 2022.

Bidang akademis penulis juga aktif sebagai asisten dosen mata kuliah Listrik dan Elektronika, Fisika Dasar, dan Instrumentasi pada tahun 2021, juga sebagai asisten dosen mata kuliah Kontrol Otomatik pada tahun 2023. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari pada bulan Januari – Februari 2022 di desa desa Lubang Buaya, kecamatan Setu, kabupaten Bekasi, Jawa Barat. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada tahun 2022 di Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Sukabumi, kota Bandar Lampung dengan judul “Penggunaan Hand Tractor dalam Proses Pengolahan Tanah

pada Budidaya Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*) di Kelurahan Campang Raya, Kecamatan Sukabumi, Kota Bandar Lampung” selama 40 hari pada bulan Juli – Agustus 2022.

SANWACANA

Puji dan syukur penulis haturkan kepada Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali kenikmatan, kesempatan, rahmat, dan hidayah sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Rancang Bangun Otomatisasi Alat Ukur Kadar Pati Singkong (*Manihot utilissima*) Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO dan Loadcell**” yang merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sholawat serta salam tak henti hentinya penulis haturkan kepada sosok tauladan yakni Nabi Muhammad SAW, yang tentunya kita nantikan syafaatnya di hari kiamat nanti.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Dr. Ir. Sandi Asmara, M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Pembahas yang telah memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Dr. Mareli Telaumbanua, S.T.P., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing kesatu yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;
5. Bapak Dr. Muhammad Amin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi;

6. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung atas segala ilmu, pengalaman serta bantuannya yang telah diberikan baik dalam perkuliahan atau yang lainnya;
7. Ayah Muchardini dan Ibunda Herlina yang telah mendidik, memberikan semangat, doa dan kepercayaan dalam menimba ilmu dibangku perkuliahan;
8. Saudara penulis Herdiani Novita Dewi, Paman dan Bibi yang telah memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis;
9. Yesica Sitorus sebagai pasangan, teman, dan sahabat yang telah memberikan semangat, motivasi, doa, dan bantuan yang berharga untuk penulis;
10. Rekan - rekan PERMATEP yang telah memberikan pengalaman dan pengetahuan untuk penulis;
11. Keluarga Teknik Pertanian 2019 yang telah kebersamai dari awal sampai akhir, yang selalu memberikan semangat, bantuan dan motivasi;
12. Teman- teman Kost Rizky yang telah menemani dan kebersamai dari awal hingga akhir, yang selalu memberikan semangat dan motivasi;
13. Serta semua pihak yang terlibat dalam proses penulisan skripsi ini;

Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari masih belum sempurna. Karena itu, kritik dan masukan dari pembaca yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih, dan penulis berharap skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembacanya.

Bandar Lampung, 13 Juni 2023

Penulis

Zidan Ferdiansyah

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	20
1.1. Latar Belakang	20
1.2. Rumusan Masalah	22
1.3. Tujuan Penelitian.....	22
1.4. Manfaat Penelitian.....	23
II. TINJAUAN PUSTAKA	24
2.1. Tanaman Singkong (<i>Manihot utilissima</i>)	24
2.2. Pati Singkong	25
2.3. Alat Ukur Kadar Pati Singkong.....	26
2.3.1. Metode Specific Gravity	26
2.3.2. Metode Kering	27
2.3.3. Metode <i>Dry Metter</i>	28
2.4. Mikrokontroler	29
2.4.1. Arduino UNO.....	29
2.4.2. LCD (Liquid Crystal Display)	31
2.4.3. I2C (Inter Integrated Circuit)	32
2.4.4. Module MicroSD Card.....	33
2.4.5. RTC (Real-Time Clock).....	34
2.5. Sensor dan Aktuator	35
2.5.1. Sensor Berat (<i>Load Cell</i>).....	36

2.5.2.	Modul HX711	37
2.5.3.	L298N Motor Driver	39
2.5.4.	Motor Stepper NEMA 17.....	40
2.6.	Aplikasi Arduino IDE	42
2.7.	Rujukan Penelitian	43
III. METODOLOGI PENELITIAN		49
3.1.	Waktu dan Tempat	49
3.2.	Alat dan Bahan	49
3.3.	Tahapan Penelitian	49
3.4.	Kriteria Desain	51
3.5.	Perancangan.....	51
3.5.1.	Rancangan Struktural	54
3.5.2.	Rancangan Fungsional	56
3.5.3.	Skematik Rangkaian.....	58
3.5.4.	Prinsip Kerja Alat.....	59
3.5.5.	Jenis dan Teknik Pengukuran Pati	60
3.5.5.	Kalibrasi Alat	62
3.5.6.	Validasi Alat	63
3.6.	Uji Kinerja Alat	63
3.6.1.	Uji Stabilitas.....	64
3.6.2.	Uji Akurasi	64
3.6.3.	Rerata Waktu Pengukuran.....	65
3.6.4.	Respon Sistem.....	66
3.6.5.	Uji Presisi	67
3.6.6.	Uji Konsumsi Energi.....	68
3.7.	Analisis Data	69
3.7.1.	RMSE dan RRMSE	69
3.7.2.	Standar Deviasi	70
3.7.3.	Koefisien Korelasi (R)	71
3.7.4.	Koefisien Determinasi (R^2).....	71
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		72
4.1.	Hasil Rancangan Alat Ukur Kadar Pati Singkong	72

4.1.1. Struktur Alat.....	72
4.1.2. Sistem Kendali Alat	73
4.1.2.1. Pembuatan PCB.....	74
4.1.2.2. Pemasangan Komponen	76
4.2. Kalibrasi dan Validasi	79
4.2.1. Kalibrasi Sensor Berat.....	81
4.2.2. Validasi Sensor Berat	83
4.3. Pengujian Rancangan Kinerja Alat	84
4.3.1. Uji Kadar Pati Singkong	85
4.3.2. Uji Stabilitas Alat.....	86
4.3.3. Uji Akurasi Alat	89
4.3.4. Rerata Waktu Pengukuran.....	90
4.3.5. Respon Sistem.....	91
4.3.6. Uji Presisi.....	92
4.3.7. Uji Respon Tombol.....	96
4.3.8. Uji Konsumsi Energi.....	97
V. KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1. Kesimpulan.....	100
5.2. Saran.....	101
DAFTAR PUSTAKA	103

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO	30
Tabel 2. Konfigurasi Pin LCD 16x2	32
Tabel 3. Spesifikasi Module MicroSD Card	34
Tabel 4. Spesifikasi Modul HX711	38
Tabel 5. Spesifikasi Motor Driver L298N	40
Tabel 6. Spesifikasi Motor Stepper NEMA 17	42
Tabel 7. Perbedaan Jenis Singkong.....	61
Tabel 8. Persentase RRMSE	69
Tabel 9. Interpretasi Koefisien Korelasi.....	71
Tabel 10. Koefisien Korelasi.....	80
Tabel 11. Kalibrasi Sensor Berat	82
Tabel 12. Validasi Sensor Berat.....	83
Tabel 13. Hasil Data Kadar Pati Singkong	85
Tabel 14. Hasil Uji Kadar Pati	86
Tabel 15. Nilai Akurasi Alat	89
Tabel 16. Nilai Rerata Waktu Pengukuran	90
Tabel 17. Uji Respon Sistem Alat.....	91
Tabel 18. Nilai Aktual Kadar Pati.....	93
Tabel 19. Hasil Kadar Pati Alat Pengukur	94
Tabel 20. Hasil Uji Presisi	95
Tabel 21. Hasil Uji Tombol 1	96
Tabel 22. Hasil Uji Tombol 2	96
Tabel 23. Hasil Uji Konsumsi Energi Alat Keadaan Standby	97
Tabel 24. Hasil Uji Konsumsi Energi Alat Keadaan Pengukuran	98
Tabel 25. Hasil Uji Konsumsi Energi dengan Watt.....	98
Tabel 26. Harga Konsumsi Energi	99

Tabel 27. Data Kalibrasi Alat Ukur Kadar Pati Singkong	113
Tabel 28. Data Validasi Sensor Berat	118
Tabel 29. Data Stabilitas per Setting Point	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Singkong	25
Gambar 2. <i>Starch Content Analyzer Digital dan Analog</i>	27
Gambar 3. Penetrometer.....	28
Gambar 4. Oven	28
Gambar 5. Arduino UNO.....	30
Gambar 6. Liquid Crystal Display	31
Gambar 7. Modul Inter Integrated Circuit	33
Gambar 8. Module MicroSD Card.....	34
Gambar 9. Real-Time Clock	35
Gambar 10. Sensor Load Cell	36
Gambar 11. Rangkaian Jembatan Wheatstone pada Sensor Load Cell	37
Gambar 12. Modul HX711	38
Gambar 13. Kondigurasi Pin IC L298N	39
Gambar 14. Modul dan Pin Motor Driver L298N	39
Gambar 15. Motor Stepper NEMA 17.....	42
Gambar 16. Software Arduino	43
Gambar 17. Diagram Alir Pembuatan Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu.....	50
Gambar 18. Diagram Alir Pembuatan Kerangka Alat	52
Gambar 19. Diagram Perangkaian Sistem Kontrol Otomatis	53
Gambar 20. Flowchart Program Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu	54
Gambar 21. Diagram Alir Sistem Kontrol Otomatis (<i>open system</i>)	55
Gambar 22. Skematik Rangkaian.....	59
Gambar 23. Bagian Umbi Singkong	62
Gambar 24. Grafik System Stabil dan Tidak Stabil.....	64
Gambar 25. Grafik Respon Sistem.....	66
Gambar 26. Hasil Rancangan Alat Ukur Kadar Pati Singkong	72

Gambar 27. Struktur Alat Ukur Kadar Pati Singkong	73
Gambar 28. Rangkaian Luar Box Sistem Alat Ukur Kadar Pati Singkong	74
Gambar 29. <i>Layout</i> PCB pada Eagle.....	75
Gambar 30. Hasil Cetakan PCB.....	76
Gambar 31. Rangkaian elektronika sistem pengukuran.....	77
Gambar 32. Kalibrasi Sensor Berat.....	80
Gambar 33. Validasi Sensor Berat	81
Gambar 34. Grafik Kalibrasi Sensor Berat	82
Gambar 35. Validasi Sensor Berat	84
Gambar 36. Penulisan Rumus pada Program Arduino IDE.....	85
Gambar 37. Stabilitas Setting Point 100 gram.	87
Gambar 38. Stabilitas Setting Point 200 gram.	87
Gambar 39. Stabilitas Setting Point 300 gram.	88
Gambar 40. Grafik Uji Presisi.....	95
Gambar 41. Rancangan Alat Ukur Kadar Pati Singkong Otomatis	125
Gambar 42. Bagian Alat Ukur Kadar Pati Singkong	126
Gambar 43. Pemotongan kayu kerangka	126
Gambar 44. Perakitan kerangka	127
Gambar 45. Penyetakan PCB	128
Gambar 46. Pelarutan PCB	128
Gambar 47. Pewarnaan Kerangka.....	129
Gambar 48. Pemasangan dan Pengecekan Komponen	129
Gambar 49. Hasil Pembuatan Alat Rancang Bangun	129
Gambar 50. Pengukuran Kadar Pati Singkong dengan Alat Pabrik	130
Gambar 51. Pengukuran Kadar Pati Singkong dengan Alat Rancang Bangun .	130
Gambar 52. Pemotongan Singkong menjadi Kecil	131
Gambar 53. Pengukuran Berat Singkong untuk Nilai Aktual.....	131
Gambar 54. Hasil Kadar Pati Singkong	132
Gambar 55. Grafik Respon Sistem.....	133

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil perhitungan uji akurasi Setting Point 100 gr.....	107
Lampiran 2. Hasil perhitungan uji akurasi Setting Point 200 gr.....	108
Lampiran 3. Hasil perhitungan uji akurasi Setting Point 300 gr.....	109
Lampiran 4. Hasil Konsumsi Energi pada Stand-By	110
Lampiran 5. Hasil Konsumsi Energi pada Bak Air Naik.....	111
Lampiran 6. Hasil Konsumsi Energi pada Bak Air Turun.....	112

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Singkong merupakan komoditas tanaman pangan setelah padi dan jagung di Indonesia. Daya adaptasi terhadap lingkungan yang sangat tinggi, baik pada tanah subur dan tanah yang kurang subur menjadikan singkong sebagai tanaman yang cocok di Indonesia. Kuantitas yang berlimpah membuat singkong dapat diolah menjadi berbagai macam kegunaan. Singkong digunakan untuk bahan pangan (58%), bahan baku industri (28%), ekspor dalam bentuk gaplek (8%), dan pakan (2%) (Dir. Kacang-kacangan & Umbi-umbian, 2006).

Singkong merupakan umbi atau akar pohon yang memiliki ukuran relatif 50-80 cm, tergantung jenis singkong yang ditanam. Karakteristik sifat fisik dan kimia singkong ditentukan oleh sifat pati sebagai komponen utama dari singkong. Singkong tidak memiliki periode matang jelas karena ubinya dapat terus membesar (Rubatzky dan Yamaguchi, 1998). Pemanenan pada waktu yang tepat akan menghasilkan kadar pati dengan kualitas yang baik. Waktu panen yang terlalu cepat dapat merusak penghasilan petani karena kadar pati pada singkong akan rendah dan menyebabkan kualitas singkong menurun (Asnawi, 2003).

Kadar pati yang ada pada singkong merupakan karbohidrat ($C_6H_{12}O_6$) yang terdiri dari amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan bagian dari pati yang dapat larut dalam air, sedangkan amilopektin tidak dapat larut dalam air (Herawati, 2011). Pengukuran kadar pati dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti *dry matter*, *specific gravity*, kekerasan, dan kering. Metode yang digunakan memiliki kelemahan dan kelebihan masing-masing.

Metode *dry matter* merupakan metode pengukuran menggunakan oven dengan mencari perbedaan singkong sebelum dioven dan sesudah dioven. Kelemahan pada metode ini memerlukan waktu yang lama dalam pengukuran kadar patinya, sedangkan kekuatannya pengukuran dengan metode ini memiliki nilai yang lebih spesifik dengan kadar patinya. Pengukuran metode kering menggunakan alat penetrometer yang ditusukkan pada singkong dan dihitung dengan rumus yang telah dijabarkan oleh Nurdjanah (2012). Kelemahan pada metode ini kurang spesifik untuk nilai kadar patinya, sedangkan kelebihan waktu yang diperlukan lebih cepat dari pada metode yang lain. Metode *spesific gravity* merupakan metode yang menggunakan perbedaan berat umbi di udara dan di air, kemudian dihitung dengan rumus yang dirancang oleh International Starch Institute (1999). Kelemahan pada metode *spesific gravity* harga alat yang sangat mahal, sedangkan kelebihan nilai yang sangat spesifik dan memiliki korelasi yang tinggi dengan kadar pati yang ditentukan secara kimia.

Masalah yang terjadi pada masyarakat belakangan ini menurunnya penghasilan petani karena kadar pati yang ada pada singkong dihitung rendah dan kualitas singkong yang kurang bagus saat pemanenan. Hasil kadar pati yang kurang bagus dikarenakan pemanenan yang cepat sebelum waktu panen yang tepat. Hal itu membuat kadar pati menjadi rendah, sehingga harga jual singkong yang didapat petani menjadi lebih rendah. Kecurangan yang terjadi pada operator alat penimbang kadar pati juga menjadi aspek turunnya harga singkong, ketidaktepatan membuat kadar pati yang seharusnya tinggi menjadi rendah karena alat yang kurang cocok dengan hasil akhirnya.

Oleh karena itu, dalam penelitian ini dibuat rancangan teknologi terhadap pengukuran kadar pati ubi kayu. Alat yang langsung terhubung kepada singkong, sehingga didapatkan persentase hasil kadar pati yang ada didalam singkong tersebut dengan waktu yang singkat. Alat ini berbasis mikrokontroler Arduino Uno yang dihubungkan secara langsung dengan sensor berat HX711 dan Load Cell. Kelebihan dari alat rancangan ini memiliki ukuran yang lebih kecil dibandingkan alat aslinya sehingga memudahkan petani dalam mobilitas alatnya, harga dari rancangan lebih terjangkau oleh petani karena harganya yang cukup murah, ketepatan alatnya dengan kadar pati asli yang dihasilkan singkong lebih

baik baik dibandingkan alat konvensional, dan penggunaan yang mudah sehingga tidak perlu menyewa operator dalam penggunaan alatnya. Sasaran pengguna alat ini adalah para petani ubi kayu sehingga mereka dapat mengukur dan memilih kadar pati yang tinggi. Harapannya teknologi ini dapat mempermudah para petani dan menghindari kecurangan yang dilakukan oleh oknum lain dalam pengukuran kadar pati singkong.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian kali ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana perancangan alat pengukur kadar pati berbasis Arduino ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan alat ini bagi para petani ?
3. Bagaimana alat pengukur kadar pati berbasis Arduino ini dapat melakukan pengukuran dalam waktu yang singkat ?
4. Bagaimana hasil pengukuran memiliki kesamaan ?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah merancang, membuat, dan mengkalibrasi alat ukur kadar pati ubi kayu berbasis mikrokontroler Arduino Uno dan HX711 dengan sistem lengkap secara otomatis, ukuran alat yang lebih kecil, waktu yang diperlukan cukup singkat, dan harga alat menjadi lebih murah hingga terjangkau oleh petani juga menghindari terjadinya kecurangan yang dilakukan oleh pengepul.

Tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memkalibrasi dan validasi alat untuk mengetahui kemampuan alat.
2. Mengetahui stabilitas dan respon sistem dalam penggunaan berulang.
3. Menguji kepresisian dan konsumsi energi pada alat ukur.
4. Mengetahui peran penting alat ukur kadar pati singkong untuk petani.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dalam melakukan penelitian ini yaitu dapat memberikan informasi tentang proses pengukuran kadar pati ubi kayu dengan alat yang lebih sederhana, dapat berpindah dengan mudah, kebutuhan air yang digunakan sedikit, ketepatan dengan alat ukur manual, serta mendapatkan hasil yang berstandar SNI.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanaman Singkong (*Manihot utlissima*)

Singkong (*Manihot utlissima*) sudah dikenal lama oleh penduduk di dunia. Tanaman singkong masuk ke wilayah Indonesia pada abad ke-18. Pada tahun 1852, didatangkan plasma nutfah singkong dari Suriname untuk dibudidayakan di Kebun Raya Bogor. Singkong merupakan produk hasil pertanian pangan ke dua di Indonesia setelah padi, sehingga singkong mempunyai potensi yang cukup besar sebagai bahan baku yang penting dari produk pangan pangan industri (Rukmana, 2002). Bagian singkong terdiri dari batang, daun, bunga, dan umbi. Batang tanaman singkong berkayu dan beruas. Warna batangnya cukup bervariasi, ketika muda umumnya berwarna hijau dan setelah tua menjadi keputihan. Batang tanaman singkong berisi empulur berwarna putih dan lunak (Purwono, 2007).

Singkong merupakan komoditas tanaman pangan ketiga Indonesia setelah padi dan jagung sekaligus sumber kalori pangan termurah dan cukup ketersediaannya. Singkong di Indonesia terutama digunakan untuk bahan pangan (58%), bahan baku industri (28%), ekspor dalam bentuk gaplek (8%) dan pakan (2%) (Dir. Kacang-kacangan & Umbi-umbian, 2006). Singkong merupakan sumber energi yang kaya akan karbohidrat. Selain itu umbi singkong juga banyak mengandung glukosa dan dapat dimakan langsung. Rasanya sedikit manis dan pahit tergantung pada kandungan racun glukosida yang dapat membentuk asam sianida (Sadjad, 2000). Waktu panen ubi kayu bervariasi tergantung varietas dan kegunaannya. Waktu panen berkisar antara 9 – 12 bulan (Kartasapoetra, 1994).

Kingdom : Plantae
Divisi : Tracheophyta
Sub Divisi : Spermatophytina
Kelas : Mesangiosperms

Ordo : Malpighiales
 Famili : Euphorbiaceae
 Genus : Manihot
 Spesies : Manihot utlissima



Gambar 1. Singkong

(Sumber : <https://belukab.go.id/?p=2532>)

Indonesia memiliki banyak jenis singkong yang sering dibudidayakan oleh petani, seperti singkong mukibat, gajah, manggu, emas, putih, mentega, adira, kasesat, dan masih banyak lagi. Jenis singkong memiliki kriteria yang berbeda-beda dalam penanamannya dan karakteristik yang berbeda. Lampung memiliki beberapa jenis yang biasa dibudidayakan oleh petani sekitar seperti singkong garuda putih, garuda hitam, thailand, dan kasesat. Penelitian ini menggunakan jenis singkong yang biasa digunakan oleh petani lampung yaitu gading putih, gading hitam, thailand, dan kasesat.

2.2. Pati Singkong

Pati merupakan karbohidrat yang terdiri dari sejumlah glukosa yang tergabung dengan ikatan glikosidik. Singkong merupakan penghasil pati tertinggi (25-40% lebih tinggi dari padi dan jagung), dengan kadar 73,7-84,9%. Singkong menjadi tanaman yang paling efisiensi dalam mengubah energi matahari menjadi karbohidrat per unit area. Pati singkong memiliki sifat khusus sesuai untuk produk pangan dan non-pangan. Pati singkong digunakan untuk industri cat, plastik, dan beras sintetik. Pada industry pangan, pati berkadar amilosa tinggi digunakan sebagai pati resisten pada pangan fungsional yang memiliki indeks glisemik

rendah dan dapat mencegah kanker (Baguma, 2004). Singkong merupakan salah satu jenis umbi-umbian yang diduga juga mempunyai pola hubungan antara tingkat ketuaan, kekerasan dan kandungan pati.

Pengukuran kadar pati dapat dilakukan dengan berbagai metode yang berbeda-beda. Pertama, menggunakan metode dry metter, yaitu persentasi perbandingan berat awal sebelum dioven dan berat akhir setelah dioven yang masing-masing data berat dikurangi dengan berat wadah yang digunakan untuk sampel singkong (Eniwati, 2014). Kedua, menggunakan metode kering, yaitu mengukur kekerasan menggunakan penetrometer (Sabatini dkk, 2007).

Selama ini penentuan kadar pati oleh para pembeli di lapangan dilakukan berdasarkan perbedaan berat umbi di udara dan berat umbi di dalam air, kemudian dihitung berdasarkan rumus yang dirancang oleh International Starch Institute (1999). Metode ini telah dibuktikan mempunyai korelasi yang tinggi dengan kadar pati yang ditentukan secara kimia seperti hidrolisis asam. Pemanfaatan pati singkong tergantung dengan pada sifat fisikokimia pati, yang berkaitan dengan proporsi amilopektin dan amilosa. Oleh karena itu, keunggulan singkong tidak hanya ditentukan oleh hasil umbinya tetapi juga oleh kadar pati yang dimilikinya.

2.3. Alat Ukur Kadar Pati Singkong

Pengukuran kadar pati singkong memiliki beberapa metode dalam pengukurannya. Pengukurannya memiliki ketelitian yang berbeda-beda pada setiap metodenya. Metode pengukuran kadar pati memiliki alat ukur yang berbeda-beda pada penggunaannya atau sesuai metode yang digunakan. Selama ini penentuan kadar pati oleh para pembeli di lapangan dilakukan berdasarkan perbedaan berat umbi di udara dan berat umbi di dalam air, kemudian dihitung berdasarkan rumus yang dirancang oleh International Starch Institute (1999).

2.3.1. Metode Specific Gravity

Pengukuran yang paling umum digunakan pada lapangan atau petani yaitu menggunakan metode *specific gravity*. Metode *specific grafity* merupakan metode

yang dilakukan berdasarkan perbedaan massa singkong di udara dan di air, kemudian dihitung berdasarkan rumus yang dirancang oleh International Starch Institute (1999). Alat ini memiliki dua tipe hingga saat ini berupa digital dan manual, seperti gambar 2.



Gambar 2. *Starch Content Analyzer Digital dan Analog*

2.3.2. Metode Kering

Metode kekerasan merupakan metode baru dalam mengukur kadar pati singkong. Metode kekerasan menggunakan alat Penetrometer, yaitu sebuah alat yang biasanya digunakan untuk mengukur kekerasannya berbagai komoditas pertanian seperti buah-buahan (Abbot dan Harker, 2001). Penggunaan alat ini telah diuji coba oleh Nurdjanah (2007) dan dibuktikan bahwa metode memiliki nilai korelasi yang tinggi dengan hasil uji lab. Penetrometer digunakan dengan dilakukan penekanan jarum ke dalam ubi kayu selama beberapa detik dan mengambil nilai skala yang ditampilkan pada alat.



Gambar 3. Penetrometer

2.3.3. Metode *Dry Metter*

Metode dry metter merupakan metode yang digunakan pada uji laboratorium dalam mencari kadar pati singkong. Metode dry metter menggunakan alat berupa oven untuk mengurangi kadar air yang ada pada sampel singkong. Singkong yang telah dicuci dan dibersihkan diambil nilai berat dengan wadah dan lakukan pengovenan selama 24 jam. Singkong yang sudah dikeringkan diambil data beratnya lalu dikurangi dengan berat wadah yang digunakan. Pati singkong didapatkan dengan perbandingan berat awal singkong sebelum di oven dan sesudah dioven.



Gambar 4. Oven

2.4. Mikrokontroller

Mikrokontroller merupakan sebuah sistem mini komputer yang lengkap (special purpose computers) pada sebuah IC terdapat CPU, memori, timer, saluran komunikasi serial dan paralel, port input/output, ADC. Mikrokontroller dapat berguna untuk melakukan suatu tugas dan mampu menjalankan suatu program yang dibentuk oleh pengguna (user). Mikrokontroller dikatakan lebih dari sebuah mikroprosesor karena dalam sebuah mikrokontroller sudah terdapat RAM (Read-Write Memory), ROM (Read-Only Memory), beberapa perangkat masukan (Input) dan keluaran (Output), beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (Analog to Digital Converter), DAC (Digital to Analog Converter), dan beberapa seial komunikasi (Heri Andrianto, 2012). Program atau syntax yang disusun pada sebuah mikrokontroller dapat berfungsi untuk mengolah masukan (Input) menjadi keluaran (Output) yang diinginkan seperti besaran tegangan, sinyal, lampu, suara, Gerakan, getaran, dan sebagainya (Saftari, 2015).

2.4.1. Arduino UNO

Menurut (Arief, 2014). Arduino merupakan pengendali mikro single-board yang bersifat open-source, diturunkan dari Wiring platform, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronika dalam berbagai bidang salah satunya bidang pertanian. Hardware yang memiliki prosesor Atmel AVR dan software yang memiliki bahasa program sendiri. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relative sulit, tetapi menggunakan bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (libraries). Arduino sebuah mikrokontroller yang berbabsis ATmega328 memiliki 14 pin input/output yang mana 6 pin dapat digunakan untuk output PWM, 6 analog input, crystal osilator 16 MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-support mikrokontroller dapat dikoneksikan dengan computer menggunakan kabel USB.



Gambar 5. Arduino UNO

(Sumber: <https://elektro.uma.ac.id/2020/11/30/apa-itu-arduino-uno>)

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO

(Sumber: <http://www.eda-channel.com/2017/11/spesifikasi-arduino-uno-rev3.html>)

Bagian	Keterangan
Mikrokontroler	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7 - 12V
Input Voltage (batas)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (6 sebagai output PWM)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O pin	40 mA
DC Current untuk 3.3 V pin	50 mA
Flash Memory	32 Kb (ATmega328) dengan 0,5 sebagai boothloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 g

Sifat opensource arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat opensource komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran. Mikrokontroler Arduino dapat dipasangkan dengan bermacam-macam sensor dan aktuator lainnya. Sensor dan aktuator yang dapat dipasangkan dengan Arduino seperti sensor gerak, ultrasonic, panas, suara, Ethernet Shield, LED Display, dan masih banyak lagi (Margolis, 2015).

2.4.2. LCD (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal Display atau LCD merupakan alat tampilan yang biasa digunakan untuk menampilkan karakter ASCII sederhana, dan gambar pada alat-alat digital. LCD berfungsi sebagai media penampil dengan memanfaatkan kristal cair sebagai objek penampil utama. LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektrode transparan indium oksida dalam bentuk tampilan segmen-segmen dan lapisan elektroda pada lapisan belakang LCD. Elektrode LCD diaktifkan dengan sumber tegangan maka molekul-molekul organik yang terdapat di dalam LCD akan menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan LCD ini berlapis-lapis dan memiliki polizer cahaya vertical depan dan polizer cahaya horizontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflector. Cahaya yang dipantulkan tersebut tidak dapat melewati molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi lebih gelap dan akan membentuk karakter sesuai keinginan.



Gambar 6. Liquid Crystal Display

(Sumber: <https://eldontronics.wordpress.com/2018/02/11/lcd-module-connection-to-arduino-board-with-without-an-i2c-module/>)

Tabel 2. Konfigurasi Pin LCD 16x2

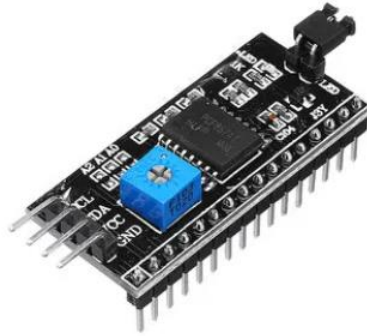
(Sumber: <https://eldontronics.wordpress.com/2018/02/11/lcd-module-connection-to-arduino-board-with-without-an-i2c-module/>)

Pin No.	Label	Decription
1	VSS	Ground
2	VDD	+5V
3	V0	Display Contrast
4	RS	Register Select
5	RW	Read/Write
6	E	Enable (Start signal for RW)
7	D0	Data I/O 0
8	D1	Data I/O 1
9	D2	Data I/O 2
10	D3	Data I/O 3
11	D4	Data I/O 4
12	D5	Data I/O 5
13	D6	Data I/O 6
14	D7	Data I/O 7
15	A	Anode (Ground for backlight)
16	K	Cathode (+5V for backlight)

2.4.3. I2C (Inter Integrated Circuit)

Inter Integrated Circuit atau I2C merupakan standar komunikasi serial dua arah dengan menggunakan dua buah saluran yang didesain khusus untuk pengontrol IC tersebut. Secara garis besar sistem I2C itu sendiri tersusun atas dua saluran utama yaitu, saluran SCL (Serial Clock) dan SDA (Serial Data) yang membawa informasi data antara I2C dengan sistem pengontrolnya. Perangkat yang dihubungkan dengan I2C ini dapat difungsikan sebagai master atau slave. Master

adalah perangkat yang memulai transfer pada data dengan membentuk sinyal stop, dan membangkitkan sinyal clock. Slave adalah perangkat yang telah diberikan alamat oleh master.



Gambar 7. Modul Inter Integrated Circuit

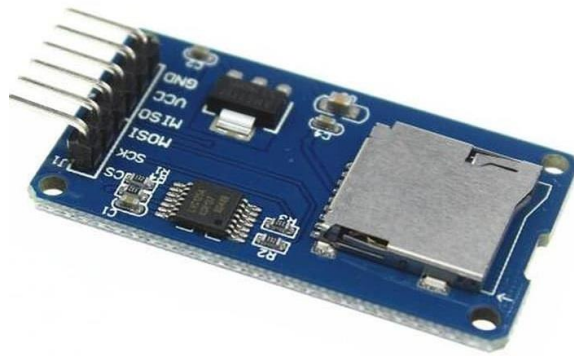
(Sumber: <https://teknisibali.com/cara-program-i2c-untuk-masalah-lcd-error/>)

I2C akan disambungkan secara langsung dengan LCD untuk mempermudah programmer dalam mengakses LCD. Modul I2C akan lebih memperhemat penggunaan pin Arduino yang akan digunakan dengan modul I2C hanya diperlukan 4 buah pin Arduino yaitu, pin VCC ke 5V, pin GND ke GND, pin SDA ke A4, dan pin SCL ke A5.

2.4.4. Module MicroSD Card

Modul (MicroSD Card Adapter) adalah modul untuk membaca dan menulis data pada kartu memori mikro yang menggunakan antarmuka SPI (Faudin, 2018).

Modul ini cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan penyimpanan basis data seperti sistem presensi, antrean, data logging, sistem parkir, dan sebagainya.



Gambar 8. Module MicroSD Card

(Sumber: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/08/01/contoh-program-micro-sd-card-dengan-arduino/>)

Tabel 3. Spesifikasi Module MicroSD Card

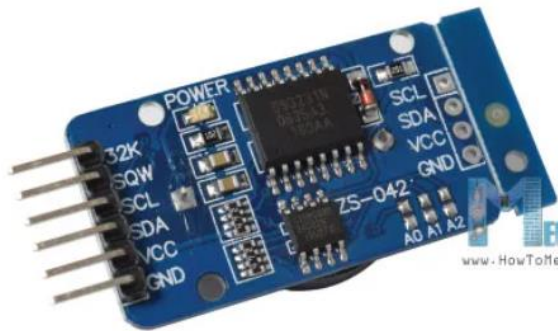
(Sumber: <https://www.nn-digital.com/blog/2019/08/01/contoh-program-micro-sd-card-dengan-arduino/>)

Bagian	Keterangan
Tegangan Supply	4.5V(min), 5V(typical), 5.5V(max)
Arus	0.2mA(min), 80mA(typical), 200mA(max)
Interface	a standard SPI interface
Level conversion circuit board can interface	5V or 3.3V
Card supported	Micro SD card (<=2G), Mirco SDHC card (<=32G)
Ukuran	kurang lebih 42 x 24 x 12mm
Berat	kurang lebih 5g

2.4.5. RTC (Real-Time Clock)

RTC (Real-time Clock) merupakan modul yang menggunakan IC (Integrated Circuit) dan baterai yang berfungsi untuk menyimpan informasi waktu dan tanggal secara terus menerus tanpa adanya pasokan daya dari luar (Suhaeb dkk, 2017). Salah satu IC pada modul RTC adalah DS3231. IC DS 3231 menggunakan

I2C (Inter Integrated Circuit) sebagai antarmuka komunikasinya. RTC memiliki keistimewaan yaitu memiliki sinyal keluaran programable squarewave, deteksi kegagalan daya, konsumsi daya kurang dari 500mA, serta menggunakan mode baterai untuk operasional osilator sehingga dapat tetap menyimpan informasi waktu yang akurat terus menerus.



Gambar 9. Real-Time Clock

(Sumber: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/arduino-ds3231-real-time-clock-tutorial/>)

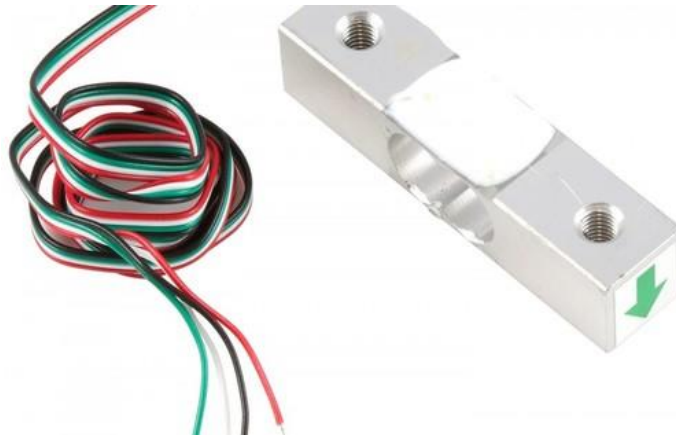
2.5. Sensor dan Aktuator

Sensor merupakan sebuah transduser yang berfungsi untuk mengolah variasi tenaga menjadi tegangan serta arus listrik. Sensor dapat berfungsi sebagai alat yang dapat mendeteksi serta untuk mengetahui besar magnitudo. Transduser adalah kemampuan alat yang dapat merubah suatu energi kedalam bentuk energi lainnya. Energi yang diolah berfungsi sebagai alat penunjang dari piranti atau peralatan yang menggunakan sensor (Situmorang, 2018).

Aktuator merupakan sebuah Transduser yang sistem kerjanya berlawanan dengan sensor. Pada sensor fungsi utamanya mengubah energi non-listrik menjadi listrik, sedangkan aktuator bekerja mengubah energi listrik menjadi non-listrik. Energi non-listrik yang dikeluarkan aktuator bisa berupa gerakan, cahaya, bunyi, dll (Artanto, 2017).

2.5.1. Sensor Berat (*Load Cell*)

Sensor berat (*Load Cell*) merupakan sensor yang dirancang untuk mendeteksi berat atau tekanan sebuah beban, sensor ini digunakan sebagai komponen utama pada sistem timbangan digital dan dapat diaplikasikan pada jembatan timbangan yang berfungsi untuk menimbang berat dari string pengangkut bahan baku, pengukuran yang dilakukan oleh *load cell* menggunakan prinsip tekanan.



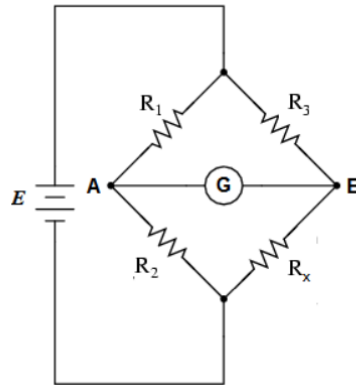
Gambar 10. Sensor Load Cell

(Sumber: <https://www.hmeftuntirta.com/2018/06/memahami-sensor-berat-load-cell/>)

Konfigurasi kabel pada sensor Load Cell terdiri dari kabel berwarna merah, hitam, biru, dan putih. Kabel merah merupakan input tegangan sensor, kabel hitam merupakan input ground pada sensor, kabel warna biru/hijau merupakan output positif dari sensor, dan kabel putih adalah output ground dari sensor. Nilai tegangan output dari sensor Load Cell sekitar 1,2 mV.

Prinsip kerja sensor berat saat proses penimbangan akan mengakibatkan reaksi terhadap elemen logam pada Load Cell yang mengakibatkan gaya secara elastis. Gaya yang ditimbulkan oleh renggangan ini dikonversikan kedalam sinyal elektrik oleh strain gauge (pengukur regangan) yang terpasang pada load cell. Strain gauge adalah perangkat yang mengukur perubahan hambatan listrik dalam menanggapi, dan proporsional, ketegangan yang diterapkan ke perangkat.

Perhitungan strain gauge menggunakan prinsip Jembatan Wheatstone. Prinsip kerja Load Cell berdasarkan rangkaian Jembatan Wheatstone seperti Gambar 11.



Gambar 11. Rangkaian Jembatan Wheatstone pada Sensor Load Cell

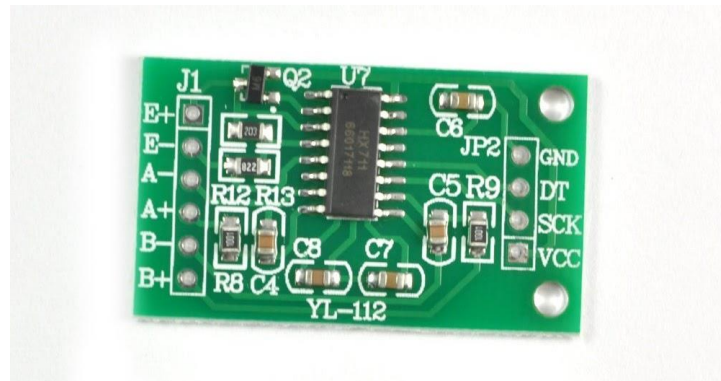
(Sumber: <https://www.hmeftuntirta.com/2018/06/memahami-sensor-berat-load-cell/>)

Jika rangkaian jembatan Wheatstone diberi beban, maka nilai R pada rangkaian akan berubah, nilai $R_1 = R_4$ dan $R_2 = R_3$. Sehingga membuat sensor Load Cell tidak berada dalam kondisi yang seimbang dan terjadi beda potensial. Secara teori, prinsip kerja Load Cell pada jembatan Wheatstone diberi beban terjadi perubahan nilai resistansi, nilai resistansi R_1 dan R_3 akan turun sedangkan R_2 dan R_4 akan naik ketika posisi setimbang, saat nilai resistansi R_1 dan R_3 naik maka V_{out} pada Load Cell akan terjadi perubahan. Pada Load Cell output data (+) dipengaruhi oleh perubahan resistansi pada R_1 , sedangkan ooutput (-) dipengaruhi oleh perubahan resistansi R_3 . Karena keluaran tegangannya bermili Volt maka diperlukan penguat berupa Programmable Gain Amplifier (PGA) yang berada pada ADC (Analog Digital Converter) seperti modul HX711.

2.5.2. Modul HX711

HX711 merupakan komponen yang terintegrasi dari “AVIA SEMICONDUCTOR”, HX711 presisi 24-bit analog to digital converter (ADC) yang didesain untuk sensor timbangan digital dan industrial control aplikasi yang terkoneksi sensor jembatan. HX711 adalah modul timbangan, yang memiliki

prinsip kerja mengkonversi perubahan yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan mikrokontroler melalui TTL232. Struktur yang sederhana, mudah dalam penggunaan, hasil yang stabil dan reliable, memiliki sensitivitas tinggi, dan mampu mengukur perubahan dengan cepat.



Gambar 12. Modul HX711

(Sumber: <https://www.cronyos.com/cara-menggunakan-modul-sensor-berat-loadcell-hx711-dengan-arduino/>)

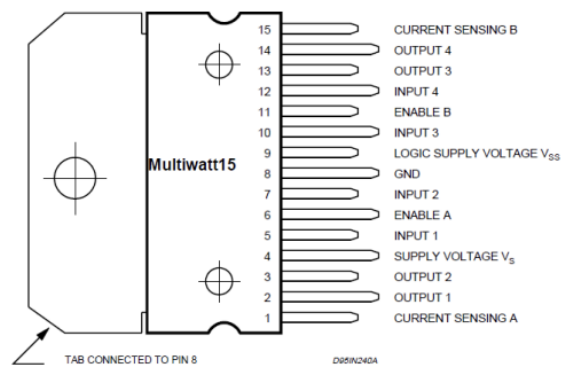
Tabel 4. Spesifikasi Modul HX711

(Sumber: <https://www.nyebarilmu.com/cara-membuat-timbangan-digital-dengan-load-cell/>)

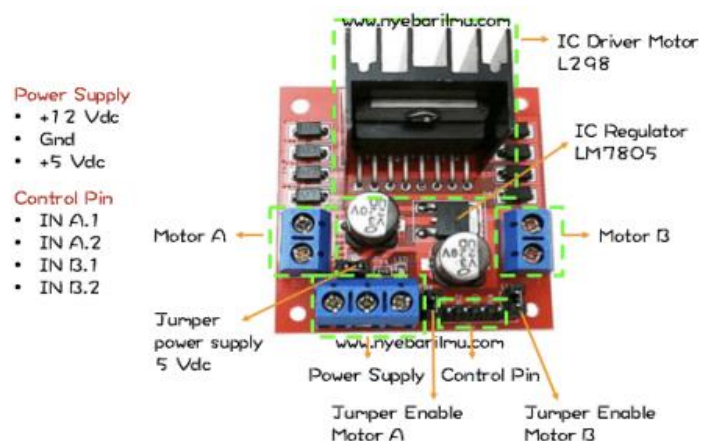
Bagian	Keterangan
Perbedaan tegangan input	± 40 mV
Tingkat keakurasian atau resolusi data	24 bit
Frekuensi	10/80 Hz
Tegangan kerja input	2.7 Vdc – 5 Vdc
Arus kerja	<10 mA
Dimensi module	24x16mm
Komunikasi data dengan microcontroller	two wire interface (Clock and Data)

2.5.3. L298N Motor Driver

Driver motor L298N merupakan modul motor driver yang digunakan untuk mengontrol kecepatan serta perputaran arah motor DC. IC L298N merupakan sebuah IC tipe H-Bridge yang mampu mengendalikan beban-beban induktif. Tiap H-Bridge dikontrol menggunakan level tegangan TTL yang berasal dari output mikrokontroler. Tegangan yang dapat digunakan untuk mengendalikan robot bisa mencapai 46 V DC dan arus 2 A untuk setiap kanalnya. L298N dapat mengontrol 2 buah motor DC, karena dalam satu komponen terdapat dua rangkaian H-Bridge. Pengaturan kecepatan kedua motor dilakukan dengan pengontrolan lama pulsa aktif (mode PWM) yang dikirimkan ke rangkaian driver motor oleh mikrokontroler. Kelebihan modul motor driver ini dalam kepresisian dalam mengontrol motor sehingga motor lebih mudah dikontrol.



Gambar 13. Kondigurasi Pin IC L298N



Gambar 14. Modul dan Pin Motor Driver L298N

Tabel 5. Spesifikasi Motor Driver L298N

(Sumber : <https://www.mahirelektro.com/2020/02/tutorial-menggunakan-driver-motor-l298n-pada-Arduino.html>)

Bagian	Keterangan
Tegangan Input	3,2 V – 40 V
Driver	Driver Motor L298N Dual H-Bridge
Catu Daya	DC
Arus Puncak	5 V
Kisaran Operasi	2 A
Konsumsi Daya	0 – 36 mA
Ukuran	20 W
	3,4 cm x 4,3 cm x 2,7 cm

2.5.4. Motor Stepper NEMA 17

Motor stepper merupakan perangkat elektromekanis yang bekerja dengan mengubah pulsa elektronis menjadi gerakan maknis diskrit. Motor stepper bergerak berdasarkan urutan pulsa yang diberikan kepada motor. Menggerakkan stepper motor memerlukan pengendali motor stepper yang membangkitkan pulsa-pulsa periodic. NEMA 17 merupakan stepper paling lazim digunakan pada mesin CNC berskala kecil. Nema 17 merupakan motor stepper dengan ukuran 4,1 cm x 4,1 cm pada ukuran plat muka (Putra AK, 2019). Motor stepper NEMA 17 bertipe bipolar, dengan sudut langka $1,8^0$ yang memiliki arti dapat membagi setiap putaran atau merubah menjadi 200 langkah. Setiap belitan didalam motor mendukung intensitas 1,2 A pada tegangan 4 V dan mampu mengembangkan gaya yang besar sebesar 3,2 kg/cm. Motor Nema 17 memiliki koneksi GND dan VMOT ke sumber daya dengan suplai sebesar 8 – 45 V.

Motor stepper sering digunakan dari berbagai bidang dari pertanian, keamanan, industri, medis, dan lain-lain. Alat-alat pertanian dan industri menggunakan stepper motor untuk melakukan sebuah pengukuran secara otomatis dan perkakas mesin peralatan produksi otomatis. Stepper motor digunakan pada bidang medis untuk membatu dalam proses pemindaian medis, sampler, pompa cairan, respirator,

dan mesin analisis darah. Stepper motor memiliki banyak kelebihan sehingga diimplementasikan pada alat-alat otomatis, seperti :

1. Sudut rotasi motor sebanding dengan pulsa input.
2. Motor memiliki torsi penuh saat berhenti.
3. Pemosisian dan pengulangan gerakan yang tepat karena memiliki akurasi 3 – 5 % langkah.
4. Memiliki respon yang sangat baik untuk memulai, menghentikan, dan membalikkan.
5. Berbagai kecepatan rotasi dapat diwujudkan karena kecepatan sebanding dengan frekuensi pulsa input.

Kelebihan yang dimiliki stepper motor membuat komponen ini memiliki berbagai fungsi sehingga dapat dilakukan pengaplikasian. Selain itu, stepper motor juga memiliki kelemahan, yaitu:

1. Tidak adanya umpan balik untuk mengetahui terjadinya selisih *step*.
2. Menghasilkan suara yang sangat berisik saat beroperasi.
3. Torsi berkurang secara drastis seiring dengan bertambahnya kecepatan.
4. Daya yang dihasilkan tidak sebanding dengan ukuran dan berat motor.
5. Penggunaan arus listrik tidak sebanding dengan beban yang diberikan.

Motor stepper tidak dapat bergerak sendiri, tetapi memerlukan gerakan secara per-step sesuai dengan spesifikasinya dan bergerak dari step ke step memerlukan waktu serta menghasilkan torsi yang besar pada kecepatan rendah. Motor stepper juga memiliki karakteristik yang lain seperti torsi penahan yang memungkinkan menahan posisinya. Hal ini yang membuat stepper motor banyak diaplikasikan di suatu sistem yang memerlukan start dan stop.



Gambar 15. Motor Stepper NEMA 17

Tabel 6. Spesifikasi Motor Stepper NEMA 17

(Sumber : <https://digiwarestore.com/id/stepper-brushless/nema-17-bipolar-45ncm-2a-4-wires-w-h-1m-cable-connector-713500.html>)

Bagian	Keterangan
Tipe Motor	Bipolar Stepper
Step Angel	1,8 derajat
Torsi	45 N.cm
Arus	2 A
Tegangan	2,2 V
Resistansi Fase	1,1 ohm
Dimensi	42 x 42 x 40 mm

2.6. Aplikasi Arduino IDE

Perangkat lunak atau software IDE (Integrated Development Environment) pada arduino merupakan sebuah aplikasi perangkat lunak yang dapat berfungsi mencakup proses pada aplikasi seperti editor, compiler, dan uploader yang dapat menggunakan semua seri modul keluaran dari Arduino. Editor sketch pada aplikasi Arduino IDE juga dapat mendukung fungsi dari penomoran baris, syntax highlighting, yaitu pengecekan sintaksis kode sketch (Situmorang, 2018). Arduino diciptakan untuk pemula bahkan belum memahami bahasa pemrograman, karena pemrograman Arduino menggunakan bahasa C Arduino yang telah dipermudah melalui library. Arduino menggunakan software processing yang digunakan untuk

menulis program ke dalam Arduino. Processing merupakan gabungan antara bahasa C++ dan java software. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi Arduino IDE versi 1.6.12 seperti Gambar 16.



Gambar 16. Software Arduino

(Sumber: <https://www.arduino.cc/en/software>)

2.7. Rujukan Penelitian

Rujukan penelitian ini digunakan sebagai bahan informasi tambahan untuk mendukung dan berkaitan dengan penelitian. Berikut ini rujukan penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini di tampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rujukan Penelitian

No.	Penulis	Judul	Hasil Penelitian
1.	Prima Aprilliana (2017)	Rancang - bangun Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu Menggunakan Loadcell dan Arduino Berdasarkan Metode Spesific Gravity	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disimpulkan metode spesific gravity dapat diaplikasikan pada alat ukur kadar pati ubi kayu secara digital dengan menggunakan Arduino UNO. Persentase kesalahan rata-rata alat ukur kadar pati yaitu 1,4515%. Loadcell dan Arduino

			<p>dapat digunakan sebagai komponen utama dalam rancang bangun alat ukur kadar pati ubi kayu.</p>
2.	Juli Sardi (2019)	Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertumbuhan Berat dan Tinggi Balita Berbasis Data pada Posyandu	<p>Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Sensor load cell bisa diaplikasikan untuk mengukur berat badan balita. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan persentase error rata-rata yang sangat kecil yaitu sebesar 0,66 %.</p>
3.	Abdul Haris (2018)	Sistem Penyortiran Buah Apel Manalagi Menggunakan Sensor <i>Loadcell</i> dan <i>TCS3200</i> berdasarkan Berat dan Warna Berbasis Arduino Uno	<p>Pembacaan warna berupa nilai RGB dan berat berupa gram. Salah satu teknologi canggih yang mampu mengenal warna dan berat adalah Sensor TCS3200 dan Load Cell. Yang menjadi objek penelitian ini adalah buah apel manalagi, mempunyai ciri khas hijau kekuningan. Hasil penyortiran dapat digunakan untuk memprediksi buah apel yang akan didistribusikan berdasarkan jarak tempuh dan kondisi buah tersebut pada saat pengiriman.</p>
4.	Anggi Wahyudi	Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu Berbasis	<p>Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, Persentase error</p>

(2021)	SMS	yang didapatkan antara perbandingan nilai berat yang terbaca pada sensor dan timbangan gantung digital adalah sebesar 0,282% dan yang dihasilkan dari alat ukur adalah mampu mengukur kadar pati dengan kapasitas $\pm 2\text{Kg}$ dengan error sebesar 2,45%. Data hasil pengukuran tersebut dapat dikirimkan melalui fitur SMS menggunakan modul SIM800L V2 dengan kecepatan pengiriman rata-rata selama 7.12 detik.
5. (2018)	Aravind R Load Cell based Fuel Level Measurement using Arduino Uno Microcontroller	Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan Akurasi dalam pengukuran dipenuhi dengan penggunaan loadcell melibatkan mikrokontroler Arduino Uno. Di sini ketepatan dalam pengukuran dibuat bahkan dalam satu mililiter bahan bakar tambahan. Itu keluaran terukur dikirim melalui teknologi sistem global untuk komunikasi seluler ke ponsel pengguna sehingga dapat diverifikasi catatan dapat dibuat.
6. (2021)	Ayu Lestari Sistem Otomasi Pensortiran Barang berbasis Arduino Uno	Berdasarkan pengujian alat terhadap sistem kontrol berat menggunakan sensor loadcell,

			maka dapat disimpulkan yaitu alat penyortir barang berdasarkan berat ini dapat bekerja dengan baik, dimana hal ini dapat dilihat pada pengujian sensor loadcell sebagai alat ukur berat dengan nilai kesalahan 0%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan sesuai dengan yang diinginkan sekaligus menghemat waktu dalam proses penyortiran.
7.	Hasbi Ade Setiawan (2019)	Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno dengan Sensor <i>Load Cell</i>	Nilai akurasi yang di dapatkan pada pengujian pengisian menggunakan botol 330 mL adalah 99.03 % dan nilai akurasi pada pengujian pengisian menggunakan botol 600 mL adalah 99.58 %. Maka keakurasian alat pengisian AMDK ini adalah sebesar 99.3 %. Dari nilai akurasi alat dapat diketahui nilai error pada alat pengisian AMDK sebesar 0.7 %,
8.	Dhanneswara Yoga Widagdo (2020)	Sistem Pencatatan Hasil Timbangan Menggunakan Sensor <i>Load Cell</i> Melalui	Database akan mencatat data yang masuk menuju ke file .php yang berada pada hosting dan data akan tampil pada website atau tampilan

	Database Berbasis Arduino	SmartPhone. Kesimpulan adalah proses kalibrasi menggunakan sensor Load Cell 20Kg mendapatkan calibration_factor sebesar 48530 untuk mendapatkan nilai 0.00Kg dan daya baca sebesar 10 gram. Dengan menekan tombol maka data akan terkirim ke database dengan waktu delay sebesar dari 0.051 hingga 0.197 ms yang disimpulkan delay dengan kualitas Excelent atau luar biasa sesuai standarisasi TIPHON.
9.	Dewantara (2015) Alat Penghitung Berat Badan Manusia Dengan Standart <i>Body Mass Index (BMI)</i> Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Mega 2560 R3	Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan dalam proses penelitian ini, Arduino Mega 2560 R3 pada Alat Pengukur Berat badan menggunakan Sensor Load Cell berbasis Arduino Mega 2560 R3 digunakan sebagai Prosesornya. Berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian, tingkat ketelitian load cell dari alat pengukur berat badan adalah 99,1% - 99,91%.
10.	Abdul Aziz (2020) Rancang Bangun Sistem Pakan Ternak Otomatis Berbasis Arduino dan Load Cell	Penelitian ini dirancang untuk memudahkan para peternak dalam hal member pakan terak. Rancang bangun sistem pakan ternak otomatis berbasis arduino dan

load cell mampu menjalankan sistem secara real time yang telah diatur disoftware arduino dan dibantu dengan adanya RTC (real time clock). Hasil dari Uji Coba penggunaan sensor berat dan dinamo dc menunjukkan bahwa pengisian pakan ternak membutuhkan waktu 5 detik untuk kembali ketempat semula dengan beban 3 gram

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

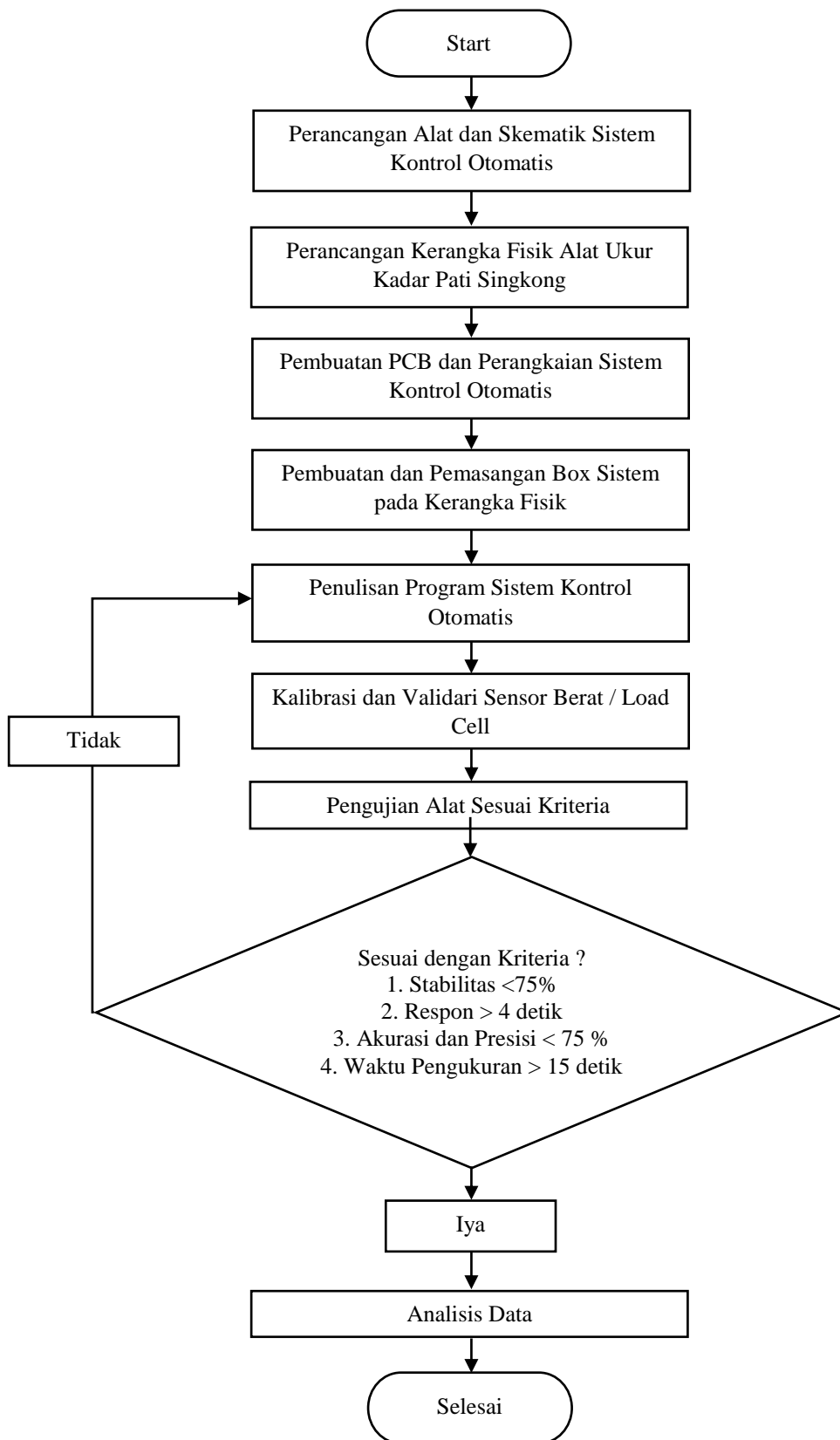
Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2022 sampai dengan November 2022 di Laboratorium Daya Alat dan Mesin Pertanian (LDAMP) Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Mikrokontroler Arduino UNO, Sensor Berat HX711, Load Cell 1 kg, Liquid Crystal Display 20x4, MMC, Real Time Clock (RTC), L298N Motor driver, Stepper motor NEMA 17, kabel jumper, SD Card, Solder, Box Alat, Push Button, Papan Rangkaian, Alat Tulis, dan laptop dengan kelengkapan software Arduino Ide, Fritzing, Microsoft Office, Google Chrome. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu singkong.

3.3. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu perancangan alat, perangkaian alat, pengujian alat, pengamatan, dan analisis data. Berikut merupakan diagram alir tahapan penelitian ini Gambar 17.



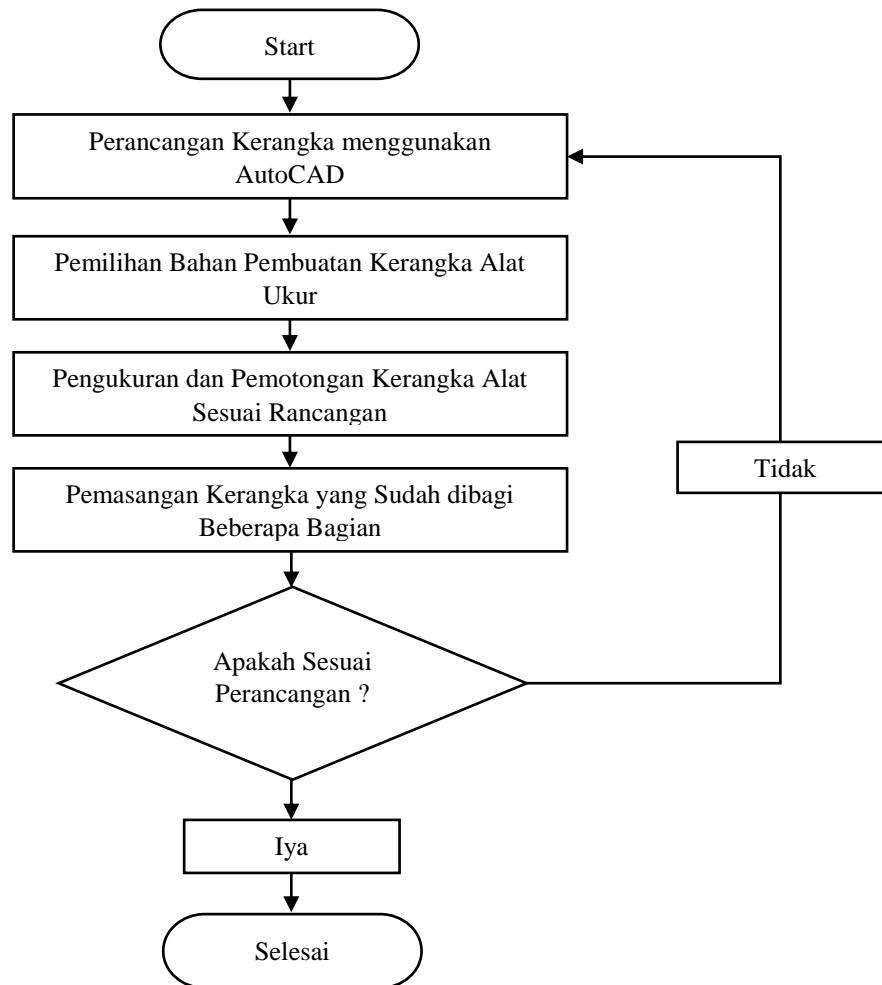
Gambar 17. Diagram Alir Pembuatan Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu

3.4. Kriteria Desain

Sistem kontrol otomatis dirancang untuk dapat mengukur kadar pati singkong dengan waktu singkat dengan hasil yang presisi. Alat ini dirancang memiliki mobilitas yang tinggi atau dapat dipindahkan dengan mudah. Hasil ukur yang sangat presisi memungkinkan petani mendapatkan hasil yang sesuai dengan kadar pati yang dimiliki. Kriteria desain yang diharapkan memiliki nilai stabilitas $< 75\%$, respon sistem > 5 detik, akurasi dan presisi $< 75\%$, dan waktu pengukuran > 15 detik. Harapan dengan adanya alat ini proses pengukuran kadar pati singkong relative cepat dalam sekali pengukuran dan alat dapat dipindahkan kemana saja. Alat ukur ini dibuat dengan kapasitas berat maksimal 1 kg singkong, sebelum dilakukan pengukuran singkong dilakukan pemotongan ukuran menjadi lebih kecil. Singkong yang digunakan dapat dilakukan menggunakan berbagai jenis singkong dengan satu jenis dalam sekali pengukuran.

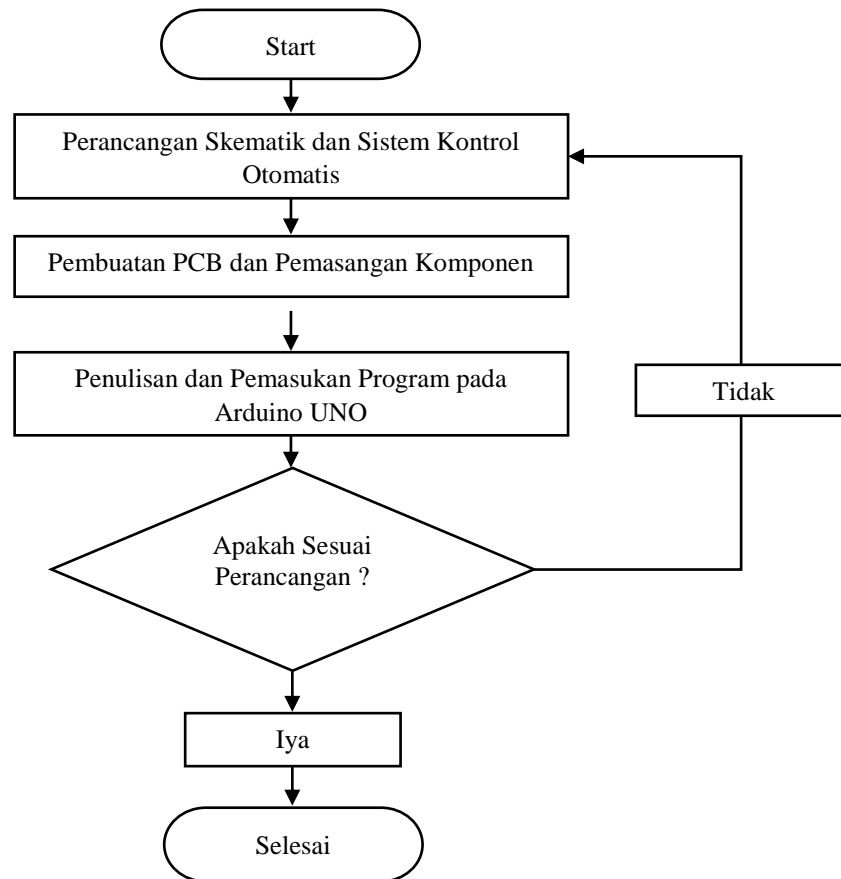
3.5. Perancangan

Perancangan alat pada penelitian ini meliputi perancangan kerangka, skematik sistem otomatis, skematik sensor dan aktuator, perancangan aktuator, penulisan program sistem otomatis, serta pemasangan seluruh komponen ke mikrokontroler. Perancangan alat ukur dirancang menggunakan AutoCAD sesuai ukuran dimensi alat. Bahan yang digunakan untuk kerangka alat adalah kayu. Pengukuran dan penyatuan bagian hingga menjadi kerangka. Perancangan kerangka dan proses pembuatan kerangka dapat dilihat pada diagram alir Gambar 18.



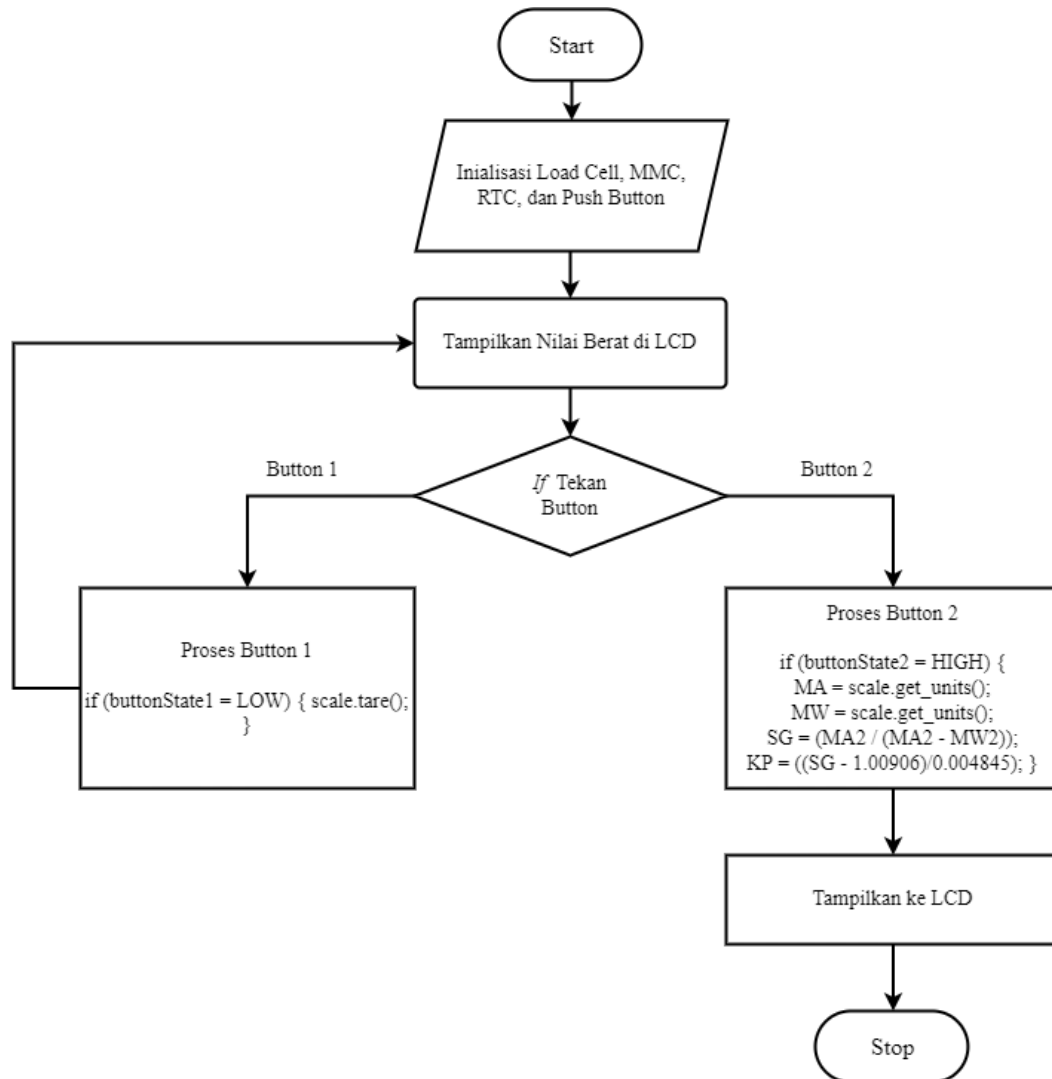
Gambar 18. Diagram Alir Pembuatan Kerangka Alat

Pembuatan skematik dan sistem kontrol otomatis dirancang menggunakan aplikasi *Fritzing*. Kerja alat ditentukan saat perancangan sistem kontrol otomatis. Sistem kerja alat yang digunakan untuk pembuatan sistem kontrol otomatis berupa *open loop*. Perancangan sistem kontrol otomatis dan perakitan sistem dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Diagram Perangkaian Sistem Kontrol Otomatis

Penulisan program menggunakan bahasa programan C penulisan program ini menggunakan aplikasi Arduino IDE. Setelah selesai penulisan program, maka dilakukan verify sketch terlebih dahulu pada aplikasi Arduino IDE agar program yang telah ditulis akan terbaca oleh mikrokontroler. Jika terdapat kesalahan dalam penulisan akan ada peringatan setelah memverifikasi program. Jika program tersebut benar tidak akan ada munculnya peringatan dan program siap untuk di upload ke mikrokontroler. Diagram pemrograman dapat dilihat pada Gambar 20.



Gambar 20. Flowchart Program Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu

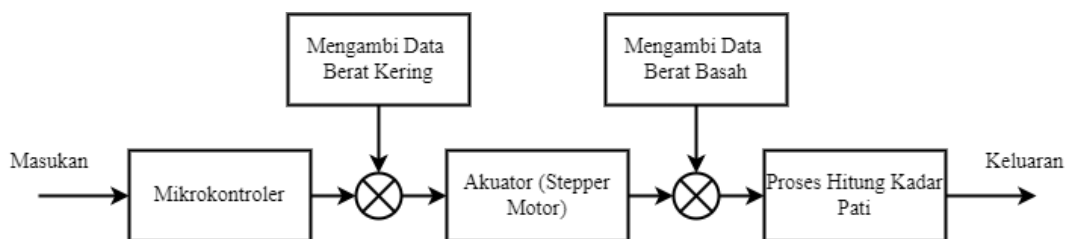
3.5.1. Rancangan Struktural

Proses perancangan terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi membuat rancangan alat ukur, penentuan dimensi dan bahan, perakitan sistem otomatis, dan perakitan akuator. Penentuan bahan merupakan bagian yang begitu penting karena nantinya akan berdampak pada mobilitas alat tersebut. Alat ukur ini terdiri dari beberapa bagian yaitu kerangka tubuh, bak air, keranjang, dan *scissor lift*.

Kerangka tubuh alat terbuat dari plat besi dengan panjang kerangka 30 cm, lebar kerangka 30 cm, dan tinggi kerangka 25 cm. Bak air terbuat dari plat besi dengan ukuran diameter 10 cm dan tinggi bak 6 cm. Keranjang terbuat dari besi bulat kecil yang akan menjadi tempat meletakkan ubi kayu berbentuk tabung dan

memiliki rongga-rongga agar air dapat keluar dan masuk dengan mudah, memiliki ukuran diameter 8 cm dan tinggi 4,5 cm. *Scissor lift* yang akan membantu bak air untuk naik turun memiliki panjang 15 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 7 cm dengan batas pertambahan panjang 15 cm. Desain struktur alat ukur kadar pati ubi kayu dapat dilihat pada lampiran Gambar 41.

Perangkat keras yang digunakan pada alat ini berupa sensor loadcell, ADC HX711, Arduino UNO, servo, LCD, dan PC. Sensor memiliki 4 kabel berwarna merah sebagai power supply, hitam sebagai ground, putih dan hijau sebagai data sensor. Sensor loadcell dihubungkan ke model HX711 yang merupakan analog to digital converter (ADC) dengan kepresisian 24-bit didesain untuk sensor timbangan digital dan aplikasi industrial control yang terkoneksi dengan sensor jembatan atau sensor model jembatan heatstone. Lanjutan dari HX711 menjadi masukan ke Arduino UNO. Servo digunakan untuk menaik turunkan bak air agar mendapatkan data yang diperlukan. Data yang diambil berupa massa ubi kayu di udara, massa ubi kayu di dalam air, specific gravity, dan kadar pati ubi kayu akan ditampilkan pada PC dan LCD. Berikut diagram alir sistem control otomatis *open system* pada penelitian ini di Gambar 21.



Gambar 21. Diagram Alir Sistem Kontrol Otomatis (*open system*)

Sistem kontrol otomatis pada rancangan ini bersifat *open system*, hal tersebut bersifat bahwa aktuator berkerja tanpa keterkaitan dengan nilai sensor yang dikeluarkan. Masukan mikrontroller memberi perintah kepada sensor untuk mengambil nilai awal sebagai berat data kering, lalu aktuator akan bergerak memutar dan menaikkan *scissor lift* untuk menaikkan bak air memenuhi keranjang bahan. Data kedua diambil dengan sensor berat dan dikirimkan kembali kepada mikrokontroler hingga olah didata dan dimunculkan ke dalam lcd.

3.5.2. Rancangan Fungsional

Perancangan sistem kontrol otomatis berfungsi untuk mempermudah dalam pengukuran kadar pati singkong dan mendapatkan hasil presisi. Pada sistem otomatis tersebut dapat mengendalikan aktuator secara otomatis dengan menaik turunkan bak air agar mendapatkan berat basah ubi kayu dan kering ubi kayu. Mikrokontroler mengendalikan aktuator secara otomatis sesuai tahapan yang di program. Alat ini menggunakan Arduino UNO, sensor berat HX711, load cell, RTC, MMC, L298N Motor Driver dan Motor Stepper Nema 17.

a) Arduino UNO

Arduino Uno adalah salah satu varian dari produk board mikrokontroler keluaran Arduino. Arduino Uno adalah board Arduino terkecil, menggunakan mikrokontroler ATmega 328 untuk Arduino UNO. Mikrokontroler berbasis ATmega 328 (datasheet). Arduino Uno Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output PWM dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, jack power, ICSP header, dan tombol reset. Papan Arduino Uno dapat mengambil daya dari USB port pada komputer dengan menggunakan USB charger atau dapat pula mengambil daya dengan menggunakan suatu AC adapter dengan tegangan 9 volt.

b) Modul HX711

HX711 adalah sebuah konverter ADC 24-bit yang dirancang untuk timbangan dan aplikasi kontrol industri. Input multiplexer akan memilih saluran input diferensial A atau B ke penguat PGA (Programmable Gain Amplifier). Saluran A dapat diprogram dengan gain penguatan 128 atau 64, yang sesuai dengan tegangan input diferensial skala penuh masing-masing yaitu kurang lebih 20 mV atau kurang lebih 40 mV. Saluran B memiliki gain penguatan tetap sebesar 32. On-chip power supply menghilangkan kebutuhan regulator eksternal untuk menyediakan daya bagi ADC dan sensor. Input Clock fleksibel, karena bisa di dapat dari sumber clock eksternal, Kristal atau dari osilator on-chip.

c) Load Cell

Sensor Berat (Load Cell) adalah perangkat yang mengubah gaya atau beban menjadi output yang terukur. Strain gauge load cell adalah yang paling umum dan didefinisikan sebagai sebuah perangkat yang mengkonversi gaya atau beban menjadi sinyal elektrik yang setara. Strain gauge load cell dirancang untuk mengukur secara tepat terkait berat statis. Gaya yang diberikan pada load cell akan dikonversi ke dalam tegangan sesuai dengan perubahan resistansi pada strain gauge. Banyak load cell yang menggunakan strain gauge dengan konfigurasi jembatan Wheatstone empat lengan.

d) Real-Time Clock

RTC adalah jam bertenaga baterai yang termasuk dalam sebuah microchip pada Motherboard komputer yang biasanya terpisah dari mikroprosesor serta chip lainnya, dan sering disebut sebagai “CMOS” (Complementary Metal-Oxide Semiconductor). CMOS merupakan memori kecil yang terdapat pada microchip RTC yang menyimpan deskripsi sebuah system atau nilai set, termasuk nilai current-time. RTC merupakan sirkuit terintegrasi pada motherboard computer yang ditenagai oleh baterai CMOS yang menyimpan time-value.

e) Modul MicroSD

MMC merupakan modul untuk mengakses microSD untuk pembacaan maupun penulisan data dengan menggunakan system antarmuka SPI (Serial Parallel Interface). Tegangan kerja dari modul ini menggunakan tegangan 3,3 V DC atau 5 V DC. Modul ini biasa digunakan untuk membuat piranti-piranti yang membutuhkan suatu penyimpanan bersifat non-volatile (data akan tetap tersimpan walaupun tidak mendapatkan supply tegangan) dengan kapasitas besar, hingga mencapai Gigabyte.

f) L298N Motor Driver

L298N motor driver merupakan modul motor driver yang dapat digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah putaran motor DC. Modul ini

menggunakan IC L298N dengan konstruksi rangkaian H-Bridge. Rangkaian ini dapat mengendalikan beban induktif pada kumparan dan rangkaian IC tersebut terdapat *Transistor Logic* (TTL) dengan gerbang NAND yang berfungsi merubah arah putaran motor. Modul ini memiliki pin out yang dihubungkan ke motor, pin in yang dihubungkan ke digital Arduino, dan pin enable sebagai sumber tenaga untuk motor DC agar kecepatan motor meningkat. Modul ini disupply oleh daya 5 V DC dari Arduino dan arah putaran motor ini ditentukan oleh sambungan kutub positif dan negatif pada motor.

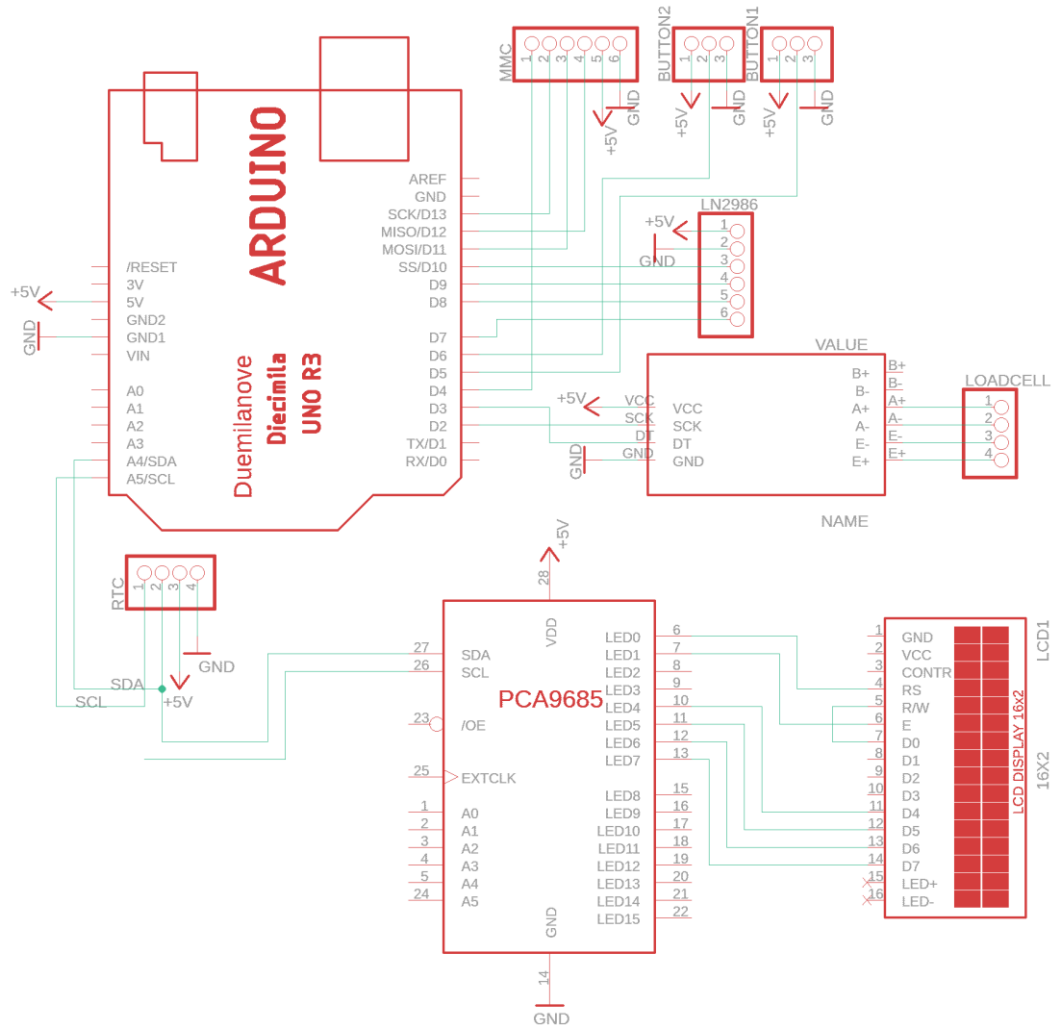
g) Stepper Motor NEMA 17

Motor stepper merupakan salah satu jenis motor DC yang dikendalikan dengan pulsa-pulsa digital. Prinsip kerja motor stepper adalah mengubah pulsa-pulsa masukan menjadi gerakan mekanis diskrit. Oleh karena itu menggerakkan motor stepper memerlukan pengendali motor stepper yang dapat membangkitkan pulsa-pulsa periodik. Motor stepper NEMA 17 bertipe bipolar, dengan sudut langka $1,8^0$ yang memiliki arti dapat membagi setiap putaran atau merubah menjadi 200 langkah. Setiap belitan didalam motor mendukung intensitas 1,2 A pada tegangan 4 V dan mampu mengembangkan gaya yang besar sebesar 3,2 kg/cm. Motor Nema 17 memiliki koneksi GND dan VMOT ke sumber daya dengan suplai sebesar 8 – 45 V.

3.5.3. Skematik Rangkaian

Penelitian ini terdapat skematik rangkaian alat yang dapat menampilkan proses pengolahan data yang diterima oleh mikrokontroler Arduino UNO dengan menggunakan LCD 20x4. Data diambil oleh modul HX711 dan ditampilkan pada LCD. Setelah data penimbangan didapat dihitung menggunakan rumus persamaan kadar pati. Perhitungan telah diartikan oleh Sungzikaw (2008) menjadi sebuah rumus matematika hasil kadar pati. Nilai Spesific Gravity (SG) diambil dengan mengurangi berat bahan saat di udara dan didalam air. Nilai kadar pati dihasilkan dari nilai kalibrasi *specific gravity* yang telah dirumuskan secara langsung. Hasil

kadar pati ubi kayu yang didapat akan ditransfer ke LCD dan disimpan ke microSD menggunakan MMC. Skematik rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 22.



Gambar 22. Skematik Rangkaian

3.5.4. Prinsip Kerja Alat

Rancangan alat ukur kadar pati ini berbasis menggunakan sensor berat yang akan menghitung berat singkong saat di udara dan didalam air. Prinsip kerja alat rancangan menghitung kadar pati menggunakan metode *Spesific Gravity*, yang merupakan sebuah metode yang sudah diverifikasi oleh Internasional Starch

Institute (1999). Metode *specific gravity* merupakan sebuah metode penentuan kadar pati berdasarkan perbedaan berat singkong di udara dan di air.

Rancangan alat ini menggunakan beberapa komponen seperti LCD 20x4, Arduino UNO, Push Button, L298N, Stepper Motor, ADC HX711, dan sensor loadcell. Sensor loadcell dihubungkan dengan modul ADC HX711 yang merupakan modul analog to digital converter dengan kepresisian 24-bit yang didesain untuk sensor timbangan digital dengan prinsip jembatan wheatstone (Kusrianto dan Aditya, 2016). Data yang dikeluarkan oleh modul HX711 menjadi masukkan ke Arduino UNO agar diproses menjadi output hasil kadar pati. Data pertama diambil yaitu data massa singkong dalam kondisi di udara saat singkong yang sudah diperkecil ukurannya dimasukkan ke dalam keranjang. L298N akan memberikan perintah kepada Stepper motor untuk menggerakkan bak air agar naik ke atas dan memenuhi keranjang. Data kedua diambil saat keranjang sudah dipenuhi dengan air sebagai data massa singkong di air. Arduino akan memproses nilai yang sudah dimasukkan dalam program dengan rumus perbandingan antara berat singkong di udara dan di air menjadi nilai *specific gravity* dan nilai kadar patinya. Semua data yang didapat oleh Arduino akan ditampilkan pada PC dan LCD alat untuk memudahkan kita mengetahui dalam pembacaannya. Stepper motor akan menurunkan kembali bak air ketika perhitungan sudah selesai.

Terdapat dua push button pada alat yang memiliki fungsi yang berbeda-beda. Push button pertama berfungsi untuk mereset atau tare berat apabila berat yang dibaca oleh sensor menjadi minus atau melebihi dari 0. Push button kedua berfungsi untuk memulai proses perhitungan kadar saat singkong yang sudah dibersihkan dan dipotong berada di keranjang.

3.5.5. Jenis dan Teknik Pengukuran Pati

Indonesia memiliki cuaca tropis yang menjadikan singkong bagus pada pertumbuhannya. Jenis singkong paling banyak ditemukan dan dapat dijadikan berbagai macam produk makanan dan produk untuk industri, Singkong memiliki berbagai macam variasi dan jenis yang berbeda, jenis singkong dapat dilihat dari

ciri-ciri fisik pada umbinya dan pohonnya. Penelitian kali ini menggunakan empat jenis singkong dalam percobaannya yaitu jenis thailand, garuda putih, garuda hitam, dan kasesat. Berikut perbedaan jenis singkong, yaitu;

Tabel 7. Perbedaan Jenis Singkong

Singkong	Batang	Daun	Umbi
Thailand	Pangkal tangkai berwarna merah dan memiliki mata tunas yang rapat	Daun berbentuk lebih runcing dan memiliki 7 – 8 jari pada satu daun	Memiliki warna kuning yang khas dan memiliki tekstur empuk, legit, dan kenyal
Garuda Putih	Memiliki batang yang panjang, lurus, dan diameter lebih kecil	Daun pertumbuh pada bagian atas batang dan tidak memiliki sistem cabang	Memiliki warna putih agak kemerahan dan dapat dikonsumsi
Garuda Hitam	Memiliki batang yang panjang dan berwarna sedikit merah	Daun pertumbuh pada bagian atas batang dan tidak memiliki sistem cabang	Memiliki warna gelap berwarna hitam
Kasesa	Ukuran batang cukup tebal dan memiliki sistem cabang	Daun memiliki ukuran yang lebar	Memiliki umbi yang banyak dalam satu pohon dan berwarna putih keruh

Teknik pengukuran kadar pati menggunakan metode *Specific Gravity*, metode ini merupakan metode yang sudah diverifikasi oleh Internasional Starch Institute (1999). Model yang digunakan dalam pengukuran ini telah dirumuskan oleh Sungzikaw (2008), sebagai berikut;

$$SG = \frac{Ma}{Ma - Mw}$$

$$Kp (\%) = \frac{SG - 1,00906}{0,004845}$$

Dengan keterangan M_a = Massa Ubi Kayu di udara (kg); M_w = Massa Ubi Kayu di air (kg); SG = Specific Gravity; K_p = Kadar pati. Teknik pengukuran ini diambil mulai dari pengukuran berat singkong saat di udara dan berat singkong pada kondisi dalam air. Ubi singkong dibagi dalam tiga bagian pada Gambar 23 yaitu bonggol umbi, umbi tengah, dan akar umbi.



Gambar 23. Bagian Ubi Singkong

Pengukuran kadar pati singkong menggunakan bagian umbi tengah yang memiliki tingkat kadar pati lebih tinggi dibandingkan bonggol dan akarnya. Umbi tengah dipotong kembali menjadi ukuran yang lebih kecil dan diukur dalam rancangan alat ukurnya. Pengukuran dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali dalam satu sampel percobaan. Model Sungzikaw (2008) digunakan untuk mengukur semua sampel dan jenis singkong dalam mencari kadar patinya.

3.5.5. Kalibrasi Alat

Ketelitian alat ukur merupakan kemampuan dari alat ukur untuk memberikan indikasi pendekatan terhadap harga sebenarnya dari objek yang diukur. Kalibrasi dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran massa benda oleh alat ukur dengan alat ukur massa standar yang telah dikalibrasi. Prinsip dasar kalibrasi harus memenuhi persyaratan seperti standar acuan harus berstandar nasional dan metode yang digunakan dalam pengkalibrasian harus menggunakan standar internasional. Persentase kesalahan pengukuran alat dihitung sebagai berikut:

$$\% \text{ error} = \frac{[m \text{ acuan} - m \text{ alat}]}{m \text{ acuan}} \times 100 \%$$

Dengan keterangan m acuan = berat alat kalibrasi dan m alat = berat alat ukur.

Kalibrasi alat ukur sensor berat (*Load Cell*) dilakukan dengan membandingkan nilai keluaran sensor dengan timbangan digital. Nilai yang ditampilkan oleh kedua alat akan dibandingkan untuk mendapatkan rumus yang diaplikasikan ke pemrograman. Data dilakukan pengujian dengan analisis regresi linear untuk mendapatkan nilai korelasi antara sensor berat dengan alat ukur berat. Tahap kalibrasi sensor berat bertujuan untuk mendapatkan angka kalibrasi yang tepat sehingga alat mampu bekerja dengan optimal.

3.5.6. Validasi Alat

Validasi alat pada penelitian ini dilakukan untuk mengoreksi hasil dari tahapan kalibrasi. Tahap validasi bertujuan untuk memastikan nilai yang keluar dari sensor sudah sesuai dengan alat ukur timbangan digital sebagai kalibratornya. Validasi alat dilakukan dengan cara yang sama pada tahap kalibrasi, namun dengan perlakuan yang berbeda, yaitu dengan berat singkong berbeda yang terkontrol. Perbandingan antara nilai yang terbaca pada rancangan dengan nilai yang terukur pada kalibrator akan menentukan nilai *error* dan nilai koreksi pada alat melalui persamaan regresi antara keduanya. Rumusnya dalam validasi adalah sebagai berikut :

$$r_{xy} = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}}$$

Dengan keterangan :

- r_{xy} = koefisien korelasi
- n = jumlah responden uji coba
- X = skor tiap item
- Y = skor seluruh item responden uji coba

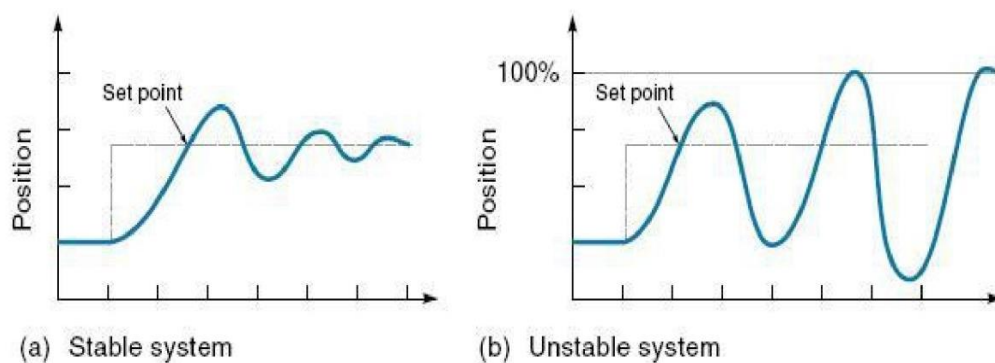
Penentuan nilai persamaan yang diaplikasikan pada program Arduino, penelitian ini menggunakan bantuan aplikasi Microsoft Excel dengan *toolbox data analysis*.

3.6. Uji Kinerja Alat

Pengujian kinerja dalam penelitian ini dilakukan secara keseluruhan ketika tahap pembuatan alat telah selesai. Uji kinerja alat sistem kontrol otomatis alat ukur kadar pati singkong dilakukan dengan cara melakukan uji stabilitas, uji akurasi, rerata waktu pengukuran, respon sistem, dan uji presisi ketika alat melakukan proses pengukuran kadar pati singkong.

3.6.1. Uji Stabilitas

Tingkat stabilitas alat untuk melakukan pengukuran merupakan hal penting dalam proses pengukuran menggunakan sensor. Suatu sistem pengukuran dapat dikatakan stabil jika variable/nilai yang dikendalikan berada dekat dengan nilai set point. Pada suatu alat ukur yang diamati dapat tidak stabil karena diakibatkan suatu kondisi tertentu, sehingga nilai dari sensor yang dikendalikan dapat bergeser jauh dari setpoint. Pergeseran dari nilai atau variable tersebut dapat berubah menjadi proses osilasi yang jika nilainya semakin besar sehingga dapat membuat sistem mencapai keadaan jenuh. Kestabilan dari system pengukuran ini sangat penting karena dalam proses penimbangan ubi kayu membutuhkan nilai pasti agar didapati hasil real dan tidak jauh dari uji labnya. Berikut grafik system stabil dan tidak stabil yang ditampilkan pada Gambar 24.



Gambar 24. Grafik System Stabil dan Tidak Stabil

3.6.2. Uji Akurasi

Suatu alat ukur dikatakan tepat jika mempunyai akurasi yang baik, yaitu hasil ukur menunjukkan ketidakpastian yang kecil. Alat ukur harus dipastikan bahwa

kondisi alat benar-benar baik dan layak untuk digunakan dan terkalibrasi dengan baik. Kalibrasi yang buruk akan menyebabkan ketidakpastian hasil ukur menjadi besar.

Akurasi merupakan representasi simultan dari akurasi dan kesamaan hasil dengan membandingkan hasil dengan nilai absolut. Akurasi mendekati pengukuran yang sebenarnya, yang tepat sasaran dan semakin dekat ukurannya semakin tinggi akurasinya. Terdapat dua metode dalam pengukuran akurasi yaitu *error absolut* dan *error relatif*.

Error absolut merupakan sebuah nilai absolut dari selisih antara nilai sebenarnya x dengan nilai observasi x' . Error absolut dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$\epsilon A = |x - x'|$$

Keterangan = ϵA = Persamaan *error absolut*

x = Nilai sebenarnya

x' = Nilai observasi

Error relatif salah satu metode dalam pencarian nilai akurasi dengan cara membagi selisih antara nilai sebenarnya x dan nilai observasi x' dengan nilai sebenarnya. Hasil yang diperoleh merupakan nilai tanpa satuan dengan persamaan error sebagai berikut:

$$\epsilon A = \left| \frac{(x - x')}{x} \right|$$

Keterangan = ϵA = Persamaan *error relatif*

x = Nilai sebenarnya

x' = Nilai observasi

3.6.3. Rerata Waktu Pengukuran

Rerata waktu pengukuran menunjukkan kecepatan kinerja alat mampu melakukan pengukuran hingga mengeluarkan output yang dibutuhkan. Hasil dari pengujian waktu pengukuran ini dapat memberitahu pengguna waktu yang diperlukan dalam sekali pengambilan data. Pengujian rerata waktu pengukuran dilakukan dalam

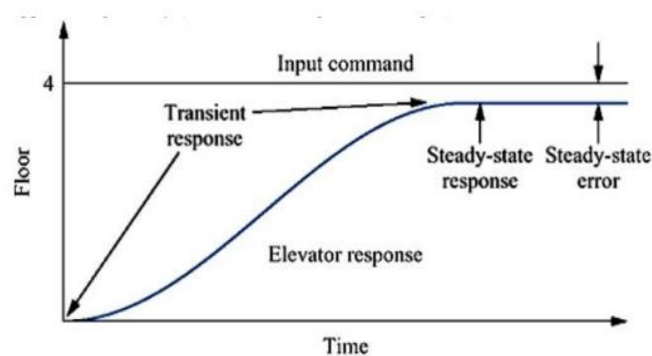
sekali uji, yaitu saat kondisi alat siap menimbang dan singkong sudah dimasukkan ke dalam keranjang. Proses pengukuran waktu dimulai saat memencet tombol start pada push botton kedua dan dihitung waktu yang didapat hingga alat tersebut mengeluarkan nilai kadar pati sebagai output.

3.6.4. Respon Sistem

Respon sistem atau tanggapan sistem merupakan bentuk dari perubahan perilaku suatu *output* sinyal terhadap perubahan dari sinyal *input* (Sepriyawan, 2018).

Bentuk dari respon sistem dapat digambarkan dalam bentuk kurva karakteristik yang pada umumnya menjadi dasar untuk menganalisa karakteristik sebuah sistem selain menggunakan persamaan matematika.

Penelitian yang dilakukan oleh prasetyo (2017) mengemukakan bahwasannya respon sistem dapat menampilkan bagaimana kecepatan dari kinerja alat terhadap adanya sebuah gangguan dan waktu. Respon sistem dibedakan pada dua bentuk yaitu, respon *transient* dan *steady state*. Respon transient dapat digunakan untuk mengukur waktu saat sistem pertama kali hidup hingga mencapai keadaan *steady state*. Respon dari keadaan *steady state* digunakan mengukur waktu pada saat sistem sudah berada dalam keadaan stabil hingga waktu yang tidak terhingga atau waktu yang ditentukan oleh alat.



Gambar 25. Grafik Respon Sistem

Pengujian respon sistem pada penelitian ini dilakukan dengan menguji alat saat alat kondisi mati hingga siap alat mengeluarkan output hasil kadar pati. Terdapat dua

hasil respon sistem yaitu alat mati hingga siap proses pengukuran dan pada proses pengukuran hingga menghasilkan output kadar pati.

3.6.5. Uji Presisi

Sebuah alat ukur dikatakan presisi jika untuk pengukuran besaran fisis tertentu yang diulang maka alat ukur tersebut mampu menghasilkan hasil yang sama seperti sebelumnya. Sifat presisi pada alat ukur bergantung dengan beberapa hal seperti resolusi, stabilitas, dan sensitivitas alat ukur.

1. Resolusi

Sebuah alat ukur mempunyai resolusi yang baik jika alat ukur dapat mengukur perubahan nilai besaran fisis untuk skala perubahan yang semakin kecil.

2. Stabilitas

Stabilitas alat ukur dikaitkan dengan pembacaan yang bebas dari pengaruh variasi acak. Hal ini dikaitkan dengan penunjukkan hasil baca yang tidak berubah-ubah selama pengukuran.

3. Sensitivitas

Sensitivitas merupakan respon yang diberikan oleh alat terhadap perubahan kecil sinyal *input* sehingga *output* mengikuti perubahan tersebut maka alat dikatakan sensitif.

Presisi merupakan ukuran yang menunjukkan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individu dari rata-rata jika prosedur diterapkan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi diukur sebagai simpang baku atau simpangan baku relatif (koefisien variasi). Presisi dapat dinyatakan sebagai *repeatability* (keterulangan) atau *reproducibility* (ketertiruan).

Repeatability adalah keseksamaan metode yang dilakukan berulang kali oleh sebuah data atau analisis sama pada kondisi sama dan dalam interval waktu yang pendek. *Repeatability* dinilai melalui pelaksanaan penetapan terpisah lengkap terhadap sampel-sampel identik yang terpisah dari batch yang sama dan memberikan ukuran keseksamaan pada kondisi normal.

Reproducibility merupakan metode yang dikerjakan pada kondisi yang berbeda. Analisis dilakukan terhadap sampel-sampel yang diduga identik yang dicuplik dari batch yang sama. *Reproducibility* dapat juga dilakukan dalam laboratorium yang sama dengan menggunakan peralatan, pereaksi, dan analisis yang berbeda. Kriteria seksama diberikan jika metode memberikan simpangan baku relatif (RSD) atau koefisien variasi (CV) 2% atau kurang.

Presisi pengukuran kuantitatif dapat ditentukan dengan menganalisis contoh berulang-ulang (min 6 pengulangan), dan menghitung nilai simpangan baku (SD) dan dari nilai simpangan baku tersebut dapat dihitung nilai koefisien variasi (KV) dengan rumus:

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan = SD = Simpangan Baku

X_i = Nilai Awal

\bar{X} = Nilai Rata-rata

n = Jumlah data

$$KV (\%) = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

Keterangan = KV = Koefisien Variasi

SD = Simpangan Baku

\bar{X} = Nilai Rata-rata

3.6.6. Uji Konsumsi Energi

Energi menurut Eugene C. Lister yang diterjemahkan oleh Hanapi Gunawan (1993) bahwa energi merupakan kemampuan untuk melakukan pekerjaan, energi merupakan kerja tersimpan. Energi hanya dapat diubah dari suatu bentuk ke bentuk energi yang lain. Pengujian ini dilakukan untuk mencari tahu besar konsumsi energi yang diperlukan alat selama alat aktif. Pengujian ini dapat mengukur kapasitas baterai yang akan digunakan dan untuk perkembangan alat selanjutnya.

3.7. Analisis Data

Pada penelitian ini data pengukuran kadar pati ubi kayu akan disimpan ke dalam microSD berformat *.txt. Pengukuran akan diambil sampel sebanyak yang diperlukan. Setiap pengukuran akan dicatat dan dicari nilai ketidakpastian pada setiap pengukurannya sehingga didapati persentase ketepatan pada pengukuran. Data yang diperoleh akan dipindahkan ke *Microsoft excel* untuk dilakukan analisis. Hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik.

3.7.1. RMSE dan RRMSE

Root Mean Squar Error (RMSE) merupakan metode untuk mengetahui besarnya kesalahan pendugaan dari model yang dikembangkan. Uji RMSE merupakan akar dari total kuadratis rata-rata simpangan antara data observasi dengan hasil prediksi model. Semakin kecil nilai RMSE, maka model tersebut mampu memberikan hasil yang relative lebih konsisten untuk semua variable bebas yang dimasukkan. RMSE dihitung sebagai berikut: (Saputra, 2016).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}$$

Keterangan = n = Jumlah data

O_i = Nilai observasi ke – i

P_i = Nilai prediksi ke – i

Relative Root Mean Squared Error (RRMSE) merupakan bentuk RMSE tanpa dimensi yang kesalahan kuadrat rata-rata akar yang dinormalisasi dengan nilai kuadrat rata-rata akar dimana setiap residual diskalakan terhadap nilai yang sebenarnya. RRMSE dapat digunakan untuk membandingkan berbagai teknik pengukuran. RRMSE mengungkapkan kesalahan secara relatif atau dalam bentuk persentase. Nilai RRMSE memiliki berbagai tingkatan seperti tabel 8.

Tabel 8. Persentase RRMSE

Persentase Relatif

Persentase	Tingkat Hubungan
< 10 %	Sangat Bagus
10 % – 20 %	Bagus
20 % – 30 %	Cukup
> 30 %	Lemah

$$RRMSE = \sqrt{\frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i)^2}}$$

Keterangan = n = Jumlah data

y_i = Nilai observasi ke – i

\hat{y}_i = Nilai prediksi ke – i

3.7.2. Standar Deviasi

Standar deviasi adalah nilai statistic yang digunakan untuk menentukan sebaran data dalam sampel. Standar deviasi dari kumpulan data sama dengan nol menunjukkan bahwa semua nilai himpunan tersebut sama. Nilai deviasi yang lebih besar akan menghasilkan sebuah makna bahwa titik data individu jauh dari nilai rata-rata. Menghitung standar deviasi, pertama-tama menghitung nilai rata-rata dari semua titik data. Penyimpangan setiap titik data dari rata-rata dihitung dengan mengurangi nilai dari rata-rata. Deviasi setiap titik data diakuratkan dan dicari penyimpangan kuadrat individu rata-rata (Budi, 2018). Rumus perhitungan standar deviasi dapat dilihat sebagai berikut :

$$s = \sqrt{\frac{(X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

Keterangan = s = Standar Deviasi

\bar{X} = Rata – rata data

n = Jumlah data

3.7.3. Koefisien Korelasi (R)

Koefisien korelasi (R) ialah pengukuran statistic kovarian atau asosiasi antara dua variable. Besarnya koefisien korelasi berkisaran antara +1 hingga -1. Jika koefisien korelasi positif, maka kedua variable mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variable X tinggi, maka nilai variable y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefisien korelasi negative, maka kedua bariabel mempunyai hubungan terbalik. Interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variable ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Interpretasi Koefisien Korelasi

(Sumber : Sugiyono, 2007)

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

3.7.4. Koefisien Determinasi (R^2)

Koefisien determinasi (R^2) digunakan untuk mengukur seberapa besar kemampuan variable bebas dalam menerangkan variable terikat. Nilai koefisien determinasi terbesar adalah 1 dan terkecil 0. Hasil prediksi model dianggap baik apabila nilai $R^2 = 1$ atau $R^2 \approx 1$. Jika nilai $R^2 = 0$ atau $R^2 \approx 0$, berarti garis regresi tidak dapat digunakan untuk membuat perkiraan variable bebas (x). Hal ini karena variable – variable bebas yang dimasukkan dalam persamaan regrease tidak mampu menjelaskan terhadap variable terikat (y). Nilai R^2 dicari dengan membuat grafik *scatter* nilai observasi versus nilai prediksi pada *Microsoft excel*. Pada grafik, dtambahkan *treadline* lalu dipilih tipe regresi linear dan menampilkan nilai R^2 (Saputra, 2016).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan alat yang dapat mengukur kadar pati singkong dengan metode *Specific Gravity* (SG) dengan membandingkan berat singkong saat di udara dan didalam air. Alat ini telah dikalibrasi sehingga mendapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1 atau 100 % dengan nilai persamaannya $y = 1,0755x - 0,0154$ sehingga dapat dilakukan proses validasi alat dengan hasil nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1 atau 100 % dengan nilai persamaan $y = 0,9987x$. Alat ini memiliki nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dengan nilai 0,2272 yang nilai kurang dari satu memiliki arti bahwa alat yang dirancang mampu memberikan hasil yang relative dan lebih konsisten untuk semua variable bebas yang dimasukkan dan nilai memiliki (RRMSE) sebesar 0,6649 %.
2. Hasil uji stabilitas pada alat ini dapat dikatakan stabil karena alat dapat menahan nilai berat yang disetting sesuai point yang diinginkan dan tidak berubah cukup jauh dari nilai setting yang diberikan. Pengujian akurasi memiliki nilai yang bagus karena hasil dari alat yang dibuat dengan setting point diberikan memiliki tingkat akurasi yang tinggi sebesar 99,91 %. Nilai akurasi alat ini sudah tepat dengan bentuk *prototype* memiliki rata-rata minimal diatas 75%. Uji respon sistem memiliki respon sistem yang bagus karena alat dapat merespon keadaan mulai dari alat mati hingga hidup memerlukan waktu sekitar 5,16 detik dengan sekali pengulangan pengukuran kadar pati memerlukan waktu 12,06 detik per pengukurannya. Uji respon tombol memiliki respon yang cepat karena dapat merespon sebesar 1,98 detik pada tombol 1 dan 1,58 detik pada tombol 2.

3. Kepresisian alat pada penelitian kali ini memiliki tingkat yang cukup bagus dengan nilai aktualnya. Uji presisi alat ini membandingkan hasil kadar pati rancang bangun dengan alat pabrik dan mencari yang memiliki kedekatan dengan nilai aktual kadar patinya. Pada alat rancang bangun memiliki nilai akurasi sebesar 87,17 % dan untuk alat pabrik sebesar 82,84 % dapat disimpulkan bahwasannya alat rancangan penelitian ini memiliki kedekatan dengan nilai aktual. Uji konsumsi energi pada alat ini dikatakan bagus karena menggunakan 2 buah baterai dengan konsumsi yang cukup pada setiap komponen yang digunakan, saat keadaan stand-by alat menggunakan tegangan sebesar 311,2 watt dan saat pengukuran bak naik dan turun sebesar 294,8 watt dan 292 watt.
4. Alat ini memiliki peran yang penting untuk petani singkong dengan alat ini dapat membantu petani mengetahui waktu yang tepat dalam proses memanennya. Selain itu alat ini juga memiliki desain yang portabel sehingga memudahkan saat proses mobilitas dan memiliki kapasitas baterai yang cukup sebesar 18600 mAh sehingga cukup saat dibawa berpergian. Perhitungan pada setiap kondisi harga yang dibutuhkan dan dijumlahkan menjadi satu menitnya, pada alat stand-by sebesar Rp 6,22 dan saat pengukuran naik dan turun sebesar Rp 5,89 dan Rp 5,84. Pengukuran dalam sekali pengulangan membutuhkan daya listrik seharga Rp 17,95. Bagian alat juga dapat dipisahkan untuk memudahkan saat mobilitas yang cukup tinggi.

5.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis dapat memberikan saran sehingga membantu untuk penelitian yang selanjutnya :

1. Membuat mekanisme naik turun baik lebih baik agar memudahkan dalam proses pengukuran dan ketepatan dalam pengukuran.
2. Memperhatikan komponen-komponen elektronika yang digunakan dan memastikan keselamatan alat agar tidak mudah rusak dan *error*.
3. Menggunakan sumber energi yang memungkinkan untuk bertahan lama selama proses mobiltas.

4. Menambahkan sistem IoT agar dapat mencatat perkembangan kadar pati tiap waktunya.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriliana, P., Supriyanto, A. dan Sutorno, A. 2017. Rancang -Bangun Alat Ukur Kadar Pati Ubi Kayu Menggunakan Loadcell Dan Arduino Berdasarkan Metode Specific Gravity. *Jurnal Penelitian Sains*. 19(3):132-136.
- Aravind, R., Kumar, A., Harisudhan, R. K., & Udhayakumar, G. 2018. Load Cell Based Fuel Level Measurement using Arduino Uno Microcontroller. *International Journal for Advance Research and Development*. 3(3): 159-164.
- Artanto, Dian. 2017. *Interface Sensor Dan Aktuator Menggunakan Proteus, Arduino, Dan Labview*. Deepublish. Yogyakarta
- Asnawi, R. 2003. Analisis Fungsi Produksi Usaha Tani Ubi Kayu Dan Industri Tepung Tapioka Rakyat Di Provinsi Lampung. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 6(2):131-140.
- Aziz, A., Winarno, W., & Haryanti, T. 2020. Rancang Bangun Sistem Pakan Ternak Otomatis Berbasis Arduino Dan Load Cell. *Jurnal Ilmiah Computing Insight*. 2(1):1-8.
- Baguma, Y. 2004. *Regulation Of Starch Synthesis In Cassava*. Doctoral Thesis. Swedish University Of Agriculture Science.
- Bayu Aji, K. 2022. Desain Rancangan Sistem Monitoring dan Kontroling Total Dissolved Solid (TDS) pada Hidroponik NFT Berbasis Internet of Things (IoT) Terhadap Tanaman Selada Keriting (*Lactuca sativa L.*). *SKRIPSI*. Teknik Pertanian. Universitas Lampung. Lampung
- Dewantara, D., & Sasmoko, P. 2015. Alat Penghitung Berat Badan Manusia Dengan Standart Body Mass Index (BMI) Menggunakan Sensor Load Cell Berbasis Arduino Mega 2560 R3. *Jurnal Gema Teknologi*. 18(3):100-104.
- Eniwati. 2014. *Pengaruh Umur Pakai Pisau Pada Mesin Pamarut Singkong Terhadap Kadar Pati Yang Tertinggal Di Dalam Onggok Yang Dihasilkan Dari Industri Tepung Tapioka Rakyat*. Skripsi. Universitas Lampung. Bandar Lampung

- Guntoro, H., & Somantri, Y. 2013. Rancang Bangun Magnetic Door Lock Menggunakan Keypad Dan Solenoid Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno. *Electrans*. Vol. 12, No. 1
- Haris, A., Kusuma, D. T., dan Pratama, R. N. 2018. Sistem Penyortiran Buah Apel Manalagi Menggunakan Sensor Loadcell Dan TCS3200 Berdasarkan Berat dan Warna Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Pengkajian dan Penerapan Teknik Informatika*. 11(1):92-95.
- Herawati, H. 2011. Potensi Pengembangan Produk Pati Tahan Cerna Sebagai Pangan Fungsional. *Jurnal Litbang Pertanian*. 30(4):31–39.
- International Starch Institute. 1999. *Determination Of Starch In Tubers By Underwater Weight*. Science Park Aarhus. Denmark.
- Kartasapoetra, A. G. 1994. *Teknologi Penanganan Pasca Panen*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kristiyono, Roedy. 2015. *Implementasi Mikrokontroler untuk Sistem Kendali Kecepatan Brushless DC Motor menggunakan Algoritma Hybrid PID Fuzzy*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Lestari, A., & Candra, O. 2021. Prototype Sistem Pensortir Barang di Industri Menggunakan Loadcell berbasis Arduino Uno. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*. 7(1): 27-36.
- Margolis, Michael. 2015. *Arduino Cookbook*. Sebastopol Oreilly Media Inc. USA.
- Moorthy, S.N. 2002. Physicochemical And Functional Properties Of Tropical Tuber Starches: A Review. *Starch- Stärke*, 54, 559-592.
- Purwono Dan Heni Purnamawati. 2007. *Budidaya 8 Jenis Pangan Unggul*. Penebar Swadaya. Depok.
- R, Aravind Et Al. 2018. Load Cell Based Fuel Level Measurement Using Arduino Uno Microcontroller. *Internasional Journal Of Advance Research And Development*. 3(3):159-164.
- Rahmat Rukmana. 2002. *Usaha Tani Ubi Kayu*. Penerbit Kanisius. Jogjakarta
- Rubatzky, V. E Dan Yamaguchi. 1998. *Sayuran Dunia: Prinsip, Produksi Dan Gizi Jilid 1*. ITB. Bandung.
- Sabatini, Maya Ratna, Siti Nurjanah, Dan Susilawati. 2007. Prediksi Kadar Pati Ubi Kayu (*Manihot Esculenta*) Pada Berbagai Umur Panen Menggunakan Penetrometer. *Jurnal Teknologi Dan Industri Hasil Pertanian*. 12(2):65–73.
- Sadjad, S. 2000. *Bahan Pangan Sumber Karbohidrat*. Penebar Swadaya. Jakarta

- Saftari, F. 2015. *Proyek Robotik Keren Dengan Arduino*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Saputra, T.W. 2016. *Prediksi Umur Tanaman, Berat Segar, Total Luas Daun Dan Tinggi Tanaman Menggunakan Teknik Pengolahan Citra Multi Kamera*. Thesis. Program Pacsas Sarjana, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 110 Hlm.
- Sardi, J., Habibullah, H., & Risfendra, R. 2019. Rancang Bangun Sistem Monitoring Pertumbuhan Berat dan Tinggi Anak Balita Berbasis Data pada Posyandu. *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, 11(2): 53-59.
- Setiawan, H. A., & Rijanto, T 2019. Rancang Bangun Sistem Kontrol Pengisian Air Minum Dalam Kemasan Menggunakan Arduino Uno Dengan Sensor Load Cell. *Jurnal Teknik Elektro*. 8(3):579-585.
- Situmorang, Advent. 2018. *Rangkaian Rancang Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasar Asap Dan Suhu Pada Ruang Tertutup Berbasis Arduino*. Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta. Bandung.
- Suhaeb, Sutarsi, Dkk. 2017. *Mikrokontroler dan Interface*. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Makassar. Makassar
- Suhendra, I. Dan Pambudi, W.S. Aplikasi Load Cell Untuk Otomatisasi Pada Depot Air Minum Isi Ulang. *Jurnal Sains Dan Teknologi*. 1(1):11-19.
- Sungzikaw, S. 2008. *Measurements Of Starch Content Of Cassava*. Workshop On Metrology In Food Safety. Agricultural Products And Product Safety. Hangzhou
- Susnea Dan Mitescu. 2005. *Microcontrolles In Practice*. Springer. New York
- Wahyudi, A., Sagita, N., Dwisaputra, I., & Febriansyah, A. 2021. Alat Ukur Kadar Pati Pada Ubi Kayu Berbasis SMS. *In Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan*, 1(1): 162-168.
- Widagdo, D.Y. 2020. Sistem Pencatatan Hasil Timbangan Menggunakan Sensor Load Cell Melalui Database Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Jaringan Telekomunikasi*. 10(1):13 -19.
- Winarno. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta