

**RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU LAJU PENURUNAN
MASSA LARUTAN DAN KADAR BRIX PADA PROSES
PEMBUATAN GULA AREN CAIR DENGAN TEKNOLOGI
*VACUUM EVAPORATOR***



TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun oleh :

SYAHLAN NURSALAM

3331200108

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

2024

**RANCANG BANGUN ALAT PEMANTAU LAJU PENURUNAN
MASSA LARUTAN DAN KADAR BRIX PADA PROSES
PEMBUATAN GULA AREN CAIR DENGAN TEKNOLOGI
*VACUUM EVAPORATOR***

Skripsi

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



Disusun oleh :

SYAHLAN NURSALAM

3331200108

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2024**

TUGAS AKHIR

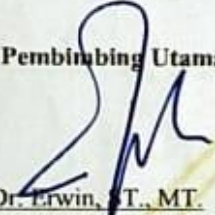
Rancang Bangun Alat Pemantau Laju Penurunan Massa dan Kadar Brix pada Pengolahan Gula Aren Cair dengan Teknologi Vacuum Evaporator

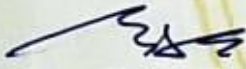
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

Syahlan NurSalam
3331200108

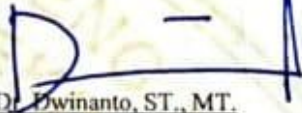
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 01 Juli 2024


Pembimbing Utama

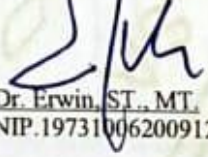

Dr. Erwin, ST., MT.
NIP.197310062009121001

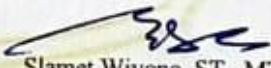

Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP.197312182005011001

Anggota Dewan Penguji


Dr. Dwinanto, ST., MT.
NIP.198301122008121001


Miftahul Jannah, S.T., M.T.
NIP. 199103052020122000



Dr. Erwin, ST., MT.
NIP.197310062009121001


Slamet Wiyono, ST., MT.
NIP.197312182005011001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 30 Juli 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng
NIP. 198305102012121006



PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Syahlan NurSalam

NPM : 3331200108

Judul : Rancang Bangun Alat Pemantau Laju Penurunan Massa dan Kadar Brix pada Proses Pengolahan Gula Aren Cair dengan Teknologi Vacuum Evaporator

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, keculia yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, 5. Agustus 2024


Syahlan NurSalam
NPM. 3331200108

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas segala rahmat dan karunia-Nya yang telah diberikan, sehingga penyusun bisa menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Pemantau Laju Penurunan Massa Larutan Nira Aren Cair dan Kadar Brix pada Proses Pembuatan Gula Aren Cair dengan Teknologi *Vacuum evaporator*” Adapun tujuan disusunnya tugas akhir ini ditujukan untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan Strata-1 (S1) di jurusan teknik mesin FT. UNTIRTA. Semoga laporan ini dapat memberikan informasi bagi pembaca, dan penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran demi memperbaiki penulisan laporan ini dimasa yang akan datang.

Tersusunnya tugas akhir ini tentu bukan karena buah kerja keras penulis semata, melainkan juga atas bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, kami ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang membantu terselesaikannya laporan ini, di antaranya :

1. Bapak Dhimas Satria, S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Dr. Erwin S.T., M. T. & Bapak Slamet Wiyono S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, fikiran dan tenaga untuk membimbing dan mengarahkan saya sekama bimbingan seminar proposal ini.
3. Ibu Miftahul Jannah S.T., M.T selaku koordinator tugas akhir periode saat ini di jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Orang tua, kerabat, sahabat, dan pihak-pihak lainnya yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu.
6. Seluruh teman-teman Teknik Mesin angkatan 2020 Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

7. Keluarga *Renewable Energy & Design Laboratory* yang telah menerima penulis kedalam keluarga RED lab. Terima kasih atas fasilitas serta bantuan berupa tenaga dn waktu yang membantu penulis dalam melakukan pengujian.
8. Seluruh pihak yang telah membantu namun tidak bisa disebutkan satu persatu namanya oleh penulis. Penulis sangat menyadari bahwa Proposal ini masihlah jauh dari sempurna. Untuk itu, saya penyusun menerima dengan terbuka semua kritik dan saran yang membangun agar laporan ini bisa tersusun lebih baik lagi. Penyusun berharap semoga laporan ini bermanfaat untuk kita semua.

Cilegon, Juli 2024

Syahlan NurSalam
NIM.3331200108

ABSTRAK

Rancang Bangun Alat Pemantau Laju Penurunan Massa dan Kadar Brix pada Proses Pembuatan Gula Aren Cair dengan Teknologi Vacuum Evaporator

Disusun Oleh :

SYAHLAN NURSALAM

NPM. 3331200108

Produksi gula aren cair melibatkan penguapan getah, secara tradisional memakan waktu sekitar 12 jam untuk 10 kg getah. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat monitoring menggunakan teknologi vacuum evaporator untuk mengurangi waktu pemrosesan dan meningkatkan efisiensi. Alat ini menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor *loadcell*, dan modul HX711 untuk memantau pengurangan massa dan tingkat Brix, memberikan data *real-time* pada *spreadsheet*. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam proses penguapan, dengan aplikasi potensial dalam produksi gula aren industri. Dilakukan kalibrasi sensor *loadcell* dengan membandingkan 5 variasi beban kemudian mencari nilai akurasinya, lalu didapatkan rata-rata akurasi pembacaan *loadcell* pada alat yaitu 91,86 %. Lalu nilai suhu pada tiap titik penempatan Kemudian nilai suhu sensor Ds lebih mendekati dengan nilai suhu T1 yang artinya nilai akurasi sensor ds dengan T1 lebih tinggi dibandingkan dengan T2 dan T3. Hal ini dikarenakan sensor Ds dan T1 dipasangkan pada panci (konduktor) sehingga pemanasan yang terbaca lebih responsif. Pengujian mendapatkan hasil performa alat bertahan selama +17 jam dengan nilai prediksi brix akhir 27,66°brix. Kemudian hasil pengujian dengan refraktometer dengan nilai brix yaitu 65,5°brix.

Kata kunci : *Brix, loadcell, refraktometer, suhu.*

ABSTRACT

Development of a Monitoring Tool for Mass Reduction Rate and Brix Levels in the Production of Liquid Palm Sugar Using Vacuum Evaporator Technology

By :

SYAHLAN NURSALAM

NPM. 3331200108

Liquid sugar production involves rubber evaporation, which traditionally takes about 12 hours for 10 kilograms of rubber. The research aims to develop monitoring tools using vacuum evaporator technology to reduce processing time and improve efficiency. The tool uses an ESP32 microcontroller, a loadcell sensor, and a HX711 module to monitor Brix mass reduction and levels, providing real-time data on the spreadsheet. The results showed a significant improvement in the evaporation process, with potential applications in industrial sugar production. The loadcell sensor was calibrated by comparing 5 variations of the load and then searching for the accuracy value, then obtaining the average loadcell readings accurateness of the device is 91.86%. Then the temperature value at each positioning point then the Ds sensor temperature value is closer to the T1 temperature value which means that the ds sensor accurate value with T1 is higher compared to T2 and T3. This is because Ds and T1 sensors are mounted on the pan (conductor) so that the heating read is more responsive. The test obtained the result of the device's performance lasted for +17 hours with a predictive final brix value of 27.6°brix. Then the test results with a refractometer with a brix value of 65.5°brix.

Keywords: *Brix, loadcell, refractometer, temperature.*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Nira Cair.....	5
2.2 Evaporasi.....	6
2.3 <i>Vacuum evaporator</i>	7
2.4 ESP 32	8
2.5 <i>Loadcell</i>	9
2.6 HX711	10
2.7 Brix.....	11
2.8 Refraktometer.....	12
2.9 <i>Internet Of Things</i>	12
BAB III METODOLOGI PRAKTIKUM	
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	14
3.2 Skema Alat	16

3.3 Diagram Blok	17
3.4 Prosedur Pengujian	17
3.5 Alat dan Bahan yang digunakan	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Rancangan Alat	23
4.2 Gambar Alat	24
4.3 Tampilan data pada layar <i>Spreadsheet</i>	28
4.4 Pengujian Alat	29
4.4.1 Pengujian Akurasi Sensor <i>Loadcell</i>	29
4.4.2 Pengujian Akurasi Sensor Suhu	30
4.4.3 Pengujian Alat dalam Pemasakan Nira Aren Cair.....	31
4.5 Pembahasan.....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	40
5.2 Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	4
Tabel 4.1 Akurasi Sensor <i>Loadcell</i>	6
Tabel 4.2 Hasil Data Brix Refraktometer, Prediksi Brix dan Polynomial Regresi Brix.....	9

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Nira Cair	2
Gambar 2.2 <i>Vacuum</i> Evaporator	8
Gambar 2.3 ESP 32.....	9
Gambar 2.4 Sensor <i>Loadcell</i>	10
Gambar 2.5 Modul HX711	11
Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian.....	14
Gambar 3.2 Skema Alat.....	16
Gambar 3.3 Diagram Blok.....	17
Gambar 3.4 Gerinda	18
Gambar 3.5 Las SMAW	18
Gambar 3.6 Solder	18
Gambar 3.7 Refraktometer	19
Gambar 3.8 Timbangan Digital	19
Gambar 3.9 ESP 32.....	19
Gambar 3.10 <i>Loadcell</i>	20
Gambar 3.11 Modul HX711	20
Gambar 3.12 LCD I2C	20
Gambar 3.13 Buzzer	21
Gambar 3.14 Nira Cair	21
Gambar 4.1 Rancangan Rangka Timbangan (<i>Solidworks</i>).....	23
Gambar 4.2 Rangka Timbangan	23
Gambar 4.3 Gambar Alat.....	24
Gambar 4.4 Kompor	25
Gambar 4.5 Solenoid Gas Valve.....	25
Gambar 4.6 Pulse Ignition.....	26
Gambar 4.7 Komponen Pengendali.....	26
Gambar 4.8 Komponen Pengendali.....	27
Gambar 4.9 Timbangan	27

Gambar 4.10 Timbangan	28
Gambar 4.11 Tampilan Data Pada <i>Spreadsheet</i>	28
Gambar 4.12 Penempatan Sensor Suhu pada Alat	31
Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Suhu.....	37
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan nilai brix refraktometer dengan prediksi brix IoT.....	38
Gambar 4.15 Graifik Perbandingan nilai brix refraktometer, prediksi brix IoT dan nilai pendekatan brix menggunakan polynomial regresi.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nira cair merupakan bahan baku utama dalam produksi gula aren. Proses pembuatan gula kelapa yang melibatkan beberapa tahap, salah satunya ialah penguapan nira cair. Salah satu permasalahan yang terjadi pada saat produksi nira cair ialah durasi waktu yang dibutuhkan pada saat proses pengolahan nira cair menjadi gula aren cair. Pada proses ini para pengrajin nira cair masih menggunakan proses tradisional yang dimana membutuhkan waktu hingga ± 12 jam untuk nira cair dengan massa 10 Kg. Kini proses pengolahan gula aren cair dapat lebih efisien dengan adanya teknologi mesin *vacuum evaporator*. Penggunaan teknologi *vacuum evaporator*, maka proses penguapan yang dilakukan membutuhkan suhu serta tekanan rendah untuk mengurangi kadar air pada nira cair aren.

Pada penelitian sebelumnya, alat ini memerlukan waktu 9 jam dan mendapat laju evaporasi yang terjadi masih 20% (Wiyono, Setiawan, & Pramono, 2021). Kemudian dilakukan penelitian selanjutnya dengan menambahkan minyak esensial untuk meningkatkan laju evaporasi karena memiliki titik didih lebih tinggi. Tekanan uap nira cair akan menurun karena minyak esensial akan menahan partikel-partikel nira cair agar tidak mudah menguap. Akibatnya, pada saat kondisi suhu sama membuat nira cair akan cenderung lebih sulit menguap dan memerlukan suhu yang lebih tinggi untuk mencapai titik didihnya. Hal ini menyebabkan adanya peningkatan titik didih nira cair. Pada penelitian sebelumnya, dengan penambahan minyak esensial jenis kayu manis dapat mempercepat waktu penguapan menjadi 2,3 jam pada kadar 0,25% sedangkan jika tanpa penambahan minyak esensial memerlukan waktu sekitar 2,8 jam (Mustika & Susilowati, 2019). Pada proses tanpa melakukan penambahan minyak esensial jahe, waktu yang diperlukan untuk menguapkan nira cair kelapa adalah sekitar 4 jam. Sedangkan pada perlakuan dengan penambahan minyak esensial jahe, waktu yang diperlukan untuk

menguapkan nira cair dengan kadar 0,1% memberikan hasil 2,8 jam (Wibowo, Setiawan, & Prasetyo, 2018). Kemudian dilakukan penelitian selanjutnya dengan menambahkan minyak esensial dalam jumlah yang berbeda ke dalam nira cair yang dimasak dengan *Vacuum evaporator* pada suhu 80°C dengan tekanan -0,80 bar. Minyak esensial yang digunakan adalah minyak sawit, VCO, dan minyak zaitun. Kadar tiap minyak esensial dibedakan dalam tiga variasi 30 ml, 50 ml, dan 100 ml. Proses laju evaporasi diukur setiap 1 jam selama masa pemasakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya penambahan minyak esensial berpengaruh signifikan terhadap laju evaporasi nira cair. Penambahan minyak sawit pada konsentrasi 100 ml mampu meningkatkan laju evaporasi nira cair hingga 4 Kg/h (Nugraha, Santoso, & Pratama, 2020).

Setelah dilakukan beberapa kali penelitian dengan menggunakan tambahan minyak esensial yang bervariasi maka didapatkan waktu yang diperlukan untuk menguapkan nira cair kelapa lebih cepat dan efisien. Oleh karena itu, perlu adanya alat pemantau proses tersebut sehingga memberikan peringatan pada saat proses produksi gula aren. Dalam pelaksanaannya alat pemantau proses ini menggunakan sensor *loadcell* kapasitas 100 kg. Kemudian di atur *setpoint* nilai konsentrasi kekentalan gula aren yang diinginkan. Pada saat proses pemasakan volume air pada nira cair akan menguap sehingga berat bahan pada alat akan berkurang hingga mencapai konsentrasi kekentalan yang diinginkan yaitu 20% dari masa yang di produksi. Kemudian *output* dari alat pemantau proses akan berupa bunyi dari *buzzer* dan lampu indikator yang akan menyala pada saat alat mengukur hingga berat yang telah diatur.

Pada penelitian ini, alat pemantau proses menggunakan mikrokontroler ESP 32, sensor *load* 100 kg untuk memantau perubahan proses dan menggunakan modul HX711 untuk mengkalibrasi hasil pembacaan. *Output* yang dihasilkan akan berupa nilai pembacaan pada *spreadsheet* dan bunyi dari *buzzer*.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Bagaimana membuat model alat ukur yang dapat memantau proses dan memberikan informasi yang ditampilkan pada *spreadsheet* ?
2. Bagaimana hasil nilai keakurasian sensor suhu dan sensor *loadcell* yang digunakan ?
3. Bagaimana hasil prediksi brix pada pengujian pengolahan nira aren cair?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Membuat alat pemantau proses pada mesin *vacuum evaporator* secara otomatis.
2. Menentukan nilai keakurasian sensor suhu serta sensor *loadcell* yang digunakan.
3. Mengukur prediksi nilai brix pada pengujian pengolahan nira aren cair.

1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yang bertujuan agar fokus penelitian ini tidak sampai menyebar. Adapun beberapa batasan masalah pada penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Hanya membuat alat pemantau proses pada proses produksi gula aren menggunakan *vacuum evaporator* menggunakan sensor *loadcell* 100 kg dan ESP 32 sebagai mikrokontroler dari alat tersebut.
2. Tidak membahas proses pengolahan gula aren secara detail.
3. Output pemantauan proses berupa informasi pada *Spreadsheet* dan indikator berupa buzzer dan lampu menyala.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah menjadikan proses pemantauan pada produksi gula aren lebih termonitor sehingga dapat mengetahui informasi pada saat proses dilakukan dan memberikan informasi target produksi telah tercapai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Nira Cair

Nira cair adalah cairan bening yang dibuat dengan cara mengetuk atau menekan tandan bunga tanaman untuk diambil airnya. Nira cair rasanya manis, aromatik dan tidak berwarna. Getah aren sebagian besar memiliki beberapa kandungan seperti karbohidrat, protein, lipid, dan air. Pengaruh umur tanaman, kesehatan tanaman, kondisi tanah dan iklim semuanya berdampak pada komposisi (Safitri, Karakteristik Nira Aren, Isolasi dan Identifikasi Mikroba Penghasil Enzim Penghidrolisis Pati, dan Kualitas Gula Aren Hasil Fermentasi Mikroba, 2019).

Ketuk pelepah bunga jantan untuk mengumpulkan nira cair aren. 6 Pohon getahnya boleh disadap dua kali sehari untuk penghasilan harian 3 – 10 Kg getah (Reza, 2008). Nira cair yang segar memiliki kadar gula total 13,9-14,9%, kadar abu 0,4%, kadar protein 0,2%, dan kadar lemak 0,02%. Getah yang keluar dari tandan memiliki pH sekitar 7. Selain itu, asam organik seperti asam malat, asam laktat, asam asetat, asam sitrat, dan asam piroglutamat, serta asam fumarat terdapat di dalam getah dan berperan penting dalam proses pengembangan rasa pada gula merah (Safitri, R & Dewi, R.S ., 2018).



Gambar 2.1 Nira Cair

(Safitri, R & Dewi, R.S ., 2018).

Produk yang berasal dari nira cair seperti gula, tuak, krim nira dan bioetanol memiliki berbagai manfaat dan kegunaan. Gula aren yang dihasilkan dari nira cair tersedia dalam berbagai bentuk seperti gula cetak, gula pasir, gula formiat dan gula cair. Gula digunakan sebagai pemanis pada makanan dan minuman serta sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Tuak, minuman fermentasi tradisional, terbuat dari nira cair dan sering dikonsumsi sebagai minuman tradisional di beberapa daerah di Indonesia. Krim nira, produk makanan yang berasal dari fermentasi nira cair, memiliki konsistensi yang kenyal dan digunakan dalam berbagai makanan penutup. Bioetanol, bahan bakar alternatif yang dihasilkan dari fermentasi nira cair atau biomassa lainnya, digunakan sebagai pengganti bahan bakar fosil yang ramah lingkungan. (Safitri, R & Dewi, R.S ., 2018).

2.2 Evaporasi

Evaporasi merupakan proses penguapan pelarut untuk menghasilkan larutan dengan massa yang lebih tinggi. Proses evaporasi berbeda dari proses pengeringan biasa karena tetap cair daripada padat (Budiarti & Amelia, 2022). Proses penguapan digunakan dalam prosedur untuk mengurangi kadar air, saat kadar air turun, larutan menjadi lebih pekat dan kristal gula terbentuk. Lamanya proses penguapan ditentukan oleh suhu dan tekanan yang digunakan (Yuwono & Waziroh, 2017). Evaporator merupakan alat untuk menguapkan larutan dan prinsip kerja sama seperti proses penguapan itu sendiri (Andrayani, 2015). Proses kerjanya ialah dengan menambahkan panas atau panas untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut dengan titik didih tinggi dan pelarut dengan titik didih lebih rendah untuk menghasilkan larutan yang sangat pekat dengan massa yang tinggi. Beberapa variabel mempengaruhi proses penguapan, termasuk:

1. Suhu dimana semakin tinggi suhu maka semakin cepat juga laju evaporasi karena molekul-molekul air menjadi lebih aktif dan energik sehingga lebih mudah terlepas dari permukaan zat cair.
2. Kelembaban udara berpengaruh karena semakin tinggi kelembaban udara, semakin lambat laju evaporasi. Hal ini terjadi karena udara yang lembab

sudah mengandung banyak uap air sehingga uap air dari zat zair sulit terlepas ke udara.

3. Luas Permukaan mempengaruhi luas permukaan zat cair dimana semakin luas permukaan zat cair semakin cepat juga laju evaporasi karena molekul-molekul air pada permukaan tersebut lebih mudah terlepas ke udara.

4. Aliran udara dapat mempercepat laju evaporasi karena membawa uap air yang terlepas dari permukaan zat cair menjauh dari permukaan tersebut.

5. Peningkatan tekanan dapat menurunkan laju evaporasi karena molekul-molekul air pada permukaan zat cair harus melawan tekanan udara yang lebih tinggi sehingga lebih sulit terlepas ke udara.

2.3 *Vacuum evaporator*

Vacuum evaporator merupakan alat yang sering digunakan dalam proses pengurangan jumlah air dalam suatu zat (Nazaruddin, 2017). *Vacuum evaporator* bekerja berdasarkan prinsip kerja jika bahan dipanaskan dalam ruang hampa menggunakan udara sebagai media, dan udara dipanaskan oleh pemanas yang ditempatkan di sekitar ruang hampa. Adanya panas dari udara ditransmisikan ke zat melalui dinding *vacuum evaporator*. Proses pengurangan kada air dalam bahan dapat menghitung laju penguapan di *vacuum evaporator*. Suhu larutan juga berperan dalam pengaruh jumlah penguapan (Syakdani, Setiawan, & Pratama, 2019).

Vacuum evaporator memiliki prinsip yang berasal dari tekanan dibawah tekanan atmosfer (vakum) yang menyebabkan titik didih pelarut dapat diturunkan (Syakdani, Purnamasari, & Necessary). Proses evaporasi tak hanya menurunkan aktivitas air juga. Namun, dapat meningkatkan konsentrasi atau viskositas larutan sehingga evaporasi mampu mengecilkan volume larutan sehingga akan menghemat biaya penyimpanan, transportasi, dan lain-lain (Utama, 2021). *Vacuum evaporator* disusun dari beberapa komponen utama yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Vacuum evaporator*

(Sumber : Utama, 2021)

Vacuum evaporator memiliki komponen utama yaitu wadah atau tangki untuk menampung larutan atau campuran yang akan diuapkan, pemanas untuk memberikan energi panas, dan sistem pengaturan tekanan vakum. Proses awal evaporasi dimulai dari tekanan dalam wadah dikurangi secara signifikan menggunakan pompa vakum sehingga tekanan menjadi sangat rendah. Pemanas tetap diaktifkan untuk melarutkan campuran pada wadah yang mengakibatkan pelarut menguap dan berubah menjadi uap. Uap yang dihasilkan akan dikondensasikan kembali menjadi cairan memanfaatkan pendingin atau kondensor. Proses tersebut mengubah uap menjadi cairan yang lebih murni. Cairan hasil kondensasi dapat dikumpulkan dan digunakan, sedangkan residu akan tetap berada di dalam wadah (Siswanto & Triana, 2017).

2.4 *Microcontroller ESP32*

ESP32 adalah modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266, yang merupakan modul WiFi populer. ESP32 memiliki dua prosesor komputasi, satu prosesor untuk mengelola jaringan WiFi dan

Bluetooth, serta satu prosesor lainnya untuk menjalankan aplikasi. Dilengkapi dengan memori RAM yang cukup besar untuk menyimpan data.



Gambar 2.3 ESP 32

(Sumber : Elektro, 2020)

Fitur yang berguna seperti TCP/IP, HTTP, dan FTP. Modul ini juga dilengkapi fitur pemrosesan sinyal analog, dukungan untuk sensor, dan dukungan untuk perangkat masukan/keluaran (I/O) digital. ESP32 juga memiliki dukungan untuk konektivitas Bluetooth. Dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat yang terhubung dengan Bluetooth. ESP32 sangat cocok untuk digunakan dalam proyek-proyek IoT (Internet of Things). Modul ini mampu menyambungkan perangkat ke jaringan Internet dengan mudah. ESP32 dapat digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan pemrosesan sinyal analog dan perangkat I/O digital. Modul ini mudah digunakan dan tersedia dalam bentuk modul terpisah atau papan sirkuit terpadu (PCB) yang siap digunakan.

2.5 *Sensor Loadcell*

Loadcell merupakan komponen utama pada sistem timbangan digital. Tingkat keakurasian timbangan bergantung dari jenis *loadcell* yang dipakai. Pada saat sensor *loadcell* diberikan beban pada inti besi maka membuat nilai resistansi di strain gauge-nya berubah. Nilai tersebut dikeluarkan melalui empat buah kabel. Fungsi dua kabel sebagai eksitasi dan dua kabel lainnya

sebagai sinyal keluaran ke kontrolnya. Pada Gambar 2.4 berikut memperlihatkan salah satu jenis sensor *loadcell*.



Gambar 2.4 Sensor *Loadcell*

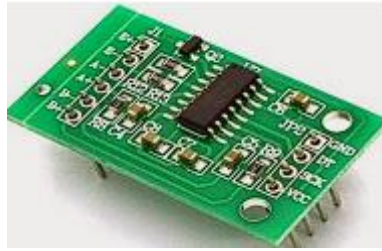
(Sumber : Ishak., Azhar., Muhaimin, 2019)

Ada beberapa varian *loadcell* yang dapat dikelompokkan, termasuk *loadcell* dengan *strain gauge*, *loadcell pneumatik*, dan *loadcell hidrolis*. *Loadcell* dengan *strain gauge* merupakan jenis yang paling umum digunakan dalam industri. Prinsip kerja *loadcell* melibatkan penggunaan sensor *strain gauge* yang terdiri dari resistor yang berubah nilainya saat terjadi deformasi pada *loadcell* akibat penerapan gaya.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk membaca data dari *loadcell*. Salah satu cara adalah dengan menggunakan sensor analog yang dapat dibaca secara langsung. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang dapat diubah menjadi nilai beban yang terbaca. Metode lainnya adalah menggunakan sensor digital yang dapat dibaca melalui komputer atau perangkat lunak khusus. Sensor ini mengirimkan data dalam bentuk digital yang kemudian diolah dan ditampilkan oleh perangkat lunak yang sesuai. Selain itu, terdapat juga sensor yang dapat dibaca melalui kabel USB atau *Bluetooth*, yang memungkinkan data *loadcell* dikirimkan secara nirkabel ke perangkat penerima untuk diproses dan dianalisis (Winter, 2023).

2.6 Modul HX711

HX711 merupakan modul timbangan yang berguna untuk mengkonversi perubahan data yang terukur dalam perubahan resistansi dan mengkonversinya ke dalam besaran tegangan melalui rangkaian yang ada. Modul melakukan komunikasi dengan computer/mikrokontroller melalui TTL232. Berikut merupakan gambar modul HX711.



Gambar 2.5 Modul HX711

(Sumber : Ishak., Azhar., Muhaimin, 2019)

Modul HX711 berfungsi sebagai pengubah sinyal analog menjadi sinyal digital yang terukur dari sensor *loadcell*. Sinyal digital yang dihasilkan dapat ditangkap oleh ESP 32 untuk diolah dan ditampilkan pada LCD (*Liquid Crystal Display*) sebagai hasil pengukuran. Penggunaan modul ini mempermudah dan meningkatkan akurasi serta efisiensi dalam proses pengukuran berat (Manangkalangi & all, 2020).

Modul HX711 memiliki beberapa pin yang digunakan untuk menghubungkan *loadcell* dengan mikrokontroler atau perangkat eksternal. Pin VCC dan GND berfungsi untuk memberikan daya pada modul, sedangkan pin DT (Data) dan SCK (Serial Clock) digunakan untuk mentransfer data antara HX711 dan mikrokontroler. Proses pengukuran dengan modul HX711 melibatkan pengaturan gain (penguatan) yang sesuai untuk menyesuaikan rentang pengukuran, pembacaan data dari pin DT, dan pengolahan data tersebut. Modul HX711 menghasilkan data dalam bentuk digital yang dapat diinterpretasikan untuk mendapatkan nilai berat atau beban yang diukur (Arijaya, 2019).

2.7 Brix

Brix ialah satuan yang digunakan untuk mengukur konsentrasi gula dalam larutan. Skala brix didasarkan pada persentase berat gula sukrosa dalam larutan. Satu derajat brix setara dengan 1 gram sukrosa yang terlarut dalam 100 gram larutan pada suhu dan tekanan tertentu. Nilai Brix yang tinggi tidak menjamin rasa yang manis. Sebaliknya, nilai Brix yang lebih rendah juga tidak selalu berarti produk tersebut kekurangan kadar gula. Jika larutan

mengandung padatan terlarut selain sukrosa, maka derajat Brix hanya dapat diperkirakan mendekati kandungan gula dalam larutan (Warasi, 2021).

Pengukur Brix menggunakan refraktometer, sebuah alat yang mengukur indeks refraksi cahaya saat melewati larutan. Indeks refraksi ini berkaitan dengan konsentrasi gula dalam larutan, dan kemudian dikonversi menjadi skala Brix. Konsentrasi Brix dalam larutan memberikan informasi tentang tingkat keasaman atau tingkat manisnya suatu produk, tingkat fermentasi, atau tingkat pengenceran pada larutan. Selain itu, konsentrasi Brix juga berguna dalam mengontrol kualitas produk, memastikan konsistensi rasa, dan memantau proses produksi (Dewi, 2019).

Brix disimbolkan dengan °Bx atau °Brix. Umumnya, Brix digunakan untuk menghitung persentase gula dalam buah dan sayur serta persentase gula dalam produk pangan. Nilai Brix paling banyak difungsikan untuk memperkirakan kandungan gula dalam buah dan sayuran, baik bentuk produk jadi maupun bahan mentah. Kadar gula, tentu saja memengaruhi rasa manis, yang biasanya menjadi komponen penting penilaian konsumen terhadap kualitas produk. Namun, penting untuk dicatat bahwa rasa manis dapat dikalahkan oleh aspek rasa lainnya (Zamroni, 2013).

2.8 Refraktometer

Refraktometer berfungsi sebagai alat untuk mengukur kadar atau konsentrasi bahan terlarut seperti gula, garam, protein, asam, dll., dengan menggunakan prinsip refraksi cahaya. Sudut refraksi dipengaruhi oleh konsentrasi larutan. Sebagai contoh, ketika sebuah sedotan dicelupkan ke dalam gelas berisi air dan satu lagi ke dalam gelas berisi larutan gula, sedotan akan terlihat lebih bengkok pada air karena refraksi cahaya. Sudut pembengkokan meningkat dengan konsentrasi bahan terlarut (rapat kenis larutan) (Murniati & Sudarti, 2023).

2.9 Internet Of Things

Internet Of Things atau IoT adalah sebuah perkembangan ilmiah yang menjanjikan dengan potensi besar untuk meningkatkan kualitas hidup. Iot

memanfaatkan penggunaan sensor cerdas dan peralatan elektronik yang saling bekerja sama melalui jaringan internet. Dengan adanya teknologi IoT, semua perangkat dan perabot yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dapat dipantau dan dikendalikan. Sehingga, memudahkan pengguna dalam kehidupan sehari-hari (Efendi, 2018).

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat konektivitas berkelanjutan ke internet sehingga dapat meningkatkan konektivitas. *Internet of Things (IoT)* dapat digunakan di dalam gedung untuk mengendalikan perangkat elektronik seperti pencahayaan ruangan yang dapat dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan komputer. Kemajuan teknologi yang pesat ini perlu digunakan, diteliti dan diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Sebagai contoh, perkembangan teknologi yang dapat digunakan melalui koneksi internet dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Efendi, 2018).

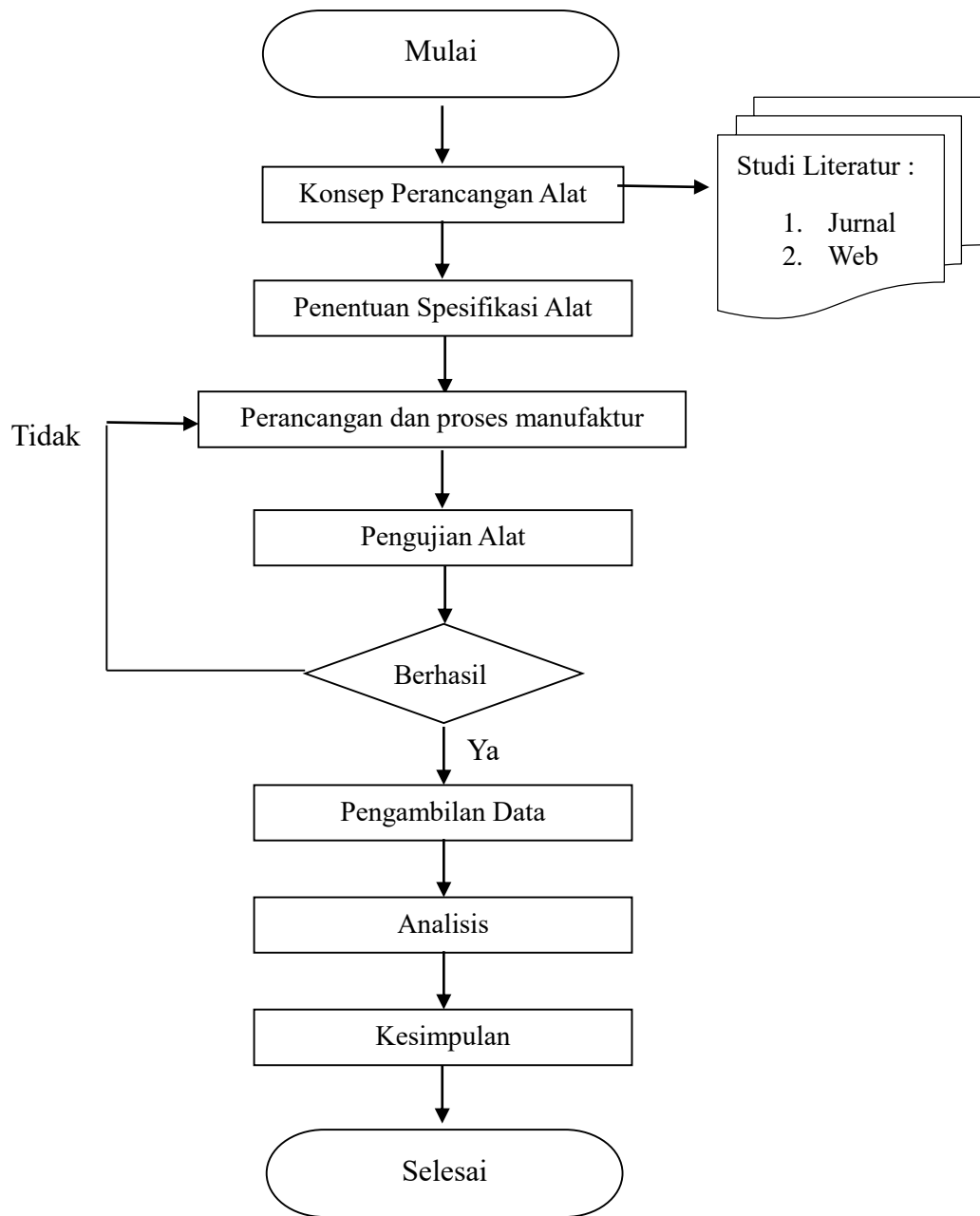
Koneksi internet memungkinkan akses ke perangkat elektronik seperti lampu suasana hati, yang dapat dipesan secara *online* melalui ponsel. Hal ini memudahkan pengguna untuk memantau atau mengontrol lampu kapan saja, di mana saja, asalkan tempat di mana teknologi kendali jarak jauh akan digunakan memiliki jaringan internet yang sesuai. Sistem kendali jarak jauh memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengendalikan pencahayaan di gedung yang terletak di kejauhan (Efendi, 2018).

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun uraian diagram alir yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

Dari diagram yang udah dibuat pada gambar 3.1, bisa dijabarkan bagaimana proses diagram alir tersebut sebagai berikut.

1. Konsep Perancangan Alat

Pada tahap ini dilakukan observasi terkait proses produksi gula aren pada vakum evaporator. Kemudian dilakukan studi literatur dari web dan jurnal guna mendukung ide dan memperbanyak referensi inovasi.

2. Penentuan Spesifikasi Alat

Setelah mendapatkan konsep perancangan alat, dilakukan proses penentuan spesifikasi yang dengan menyesuaikan spesifikasi pada *vacuum evaporator*.

3. Perancangan Alat

Pada tahap ini, kemudian dilakukan perancangan alat dengan konsep yang sudah dirancang dengan spesifikasi yang sudah ditentukan dengan menggunakan alat dan bahan yang sudah disiapkan.

4. Pengujian Alat

Kemudian dilakukan pengujian alat, pada tahap ini alat yang sudah dirancang dan dibangun diuji dengan memberikan beban pada alat dan ketika alat terbaca dengan baik, kemudian memasang alat pada *vacuum evaporator*.

5. Pengambilan Data

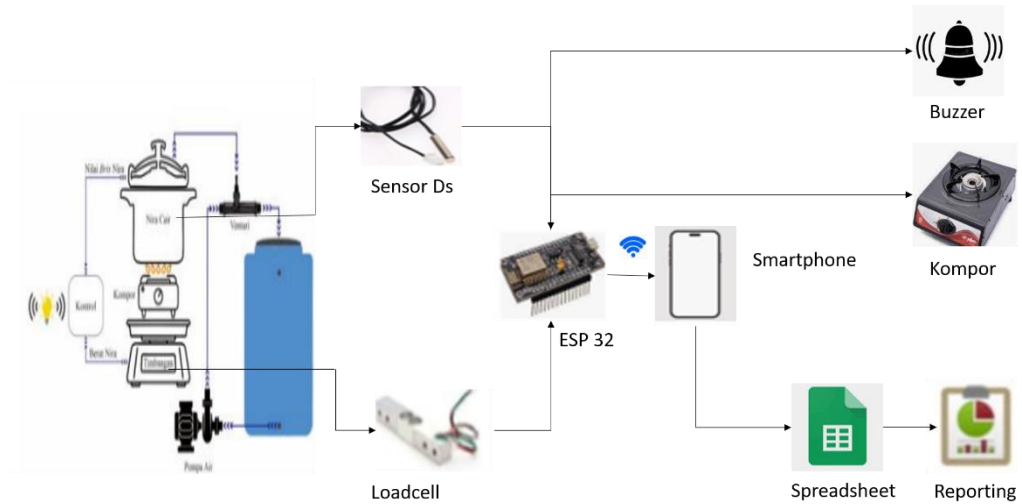
Pada tahap ini dilakukan pengambilan data dengan metode memantau nilai brix pada spreadsheet kemudian membandingkan keakurasiannya dengan pengambilan nilai brix secara manual menggunakan refraktometer dilakukan setiap 10 menit.

6. Analisis dan Kesimpulan

Kemudian pada tahap ini, setelah dilakukan pengambilan data lalu dilakukan analisis pada nilai brix yang didapatkan oleh alat dan yang didapatkan oleh refraktometer kemudian dibandingkan nilai keakurasiannya. Setelah itu, data yang telah dianalisis dibuat kesimpulannya.

3.2 Skema Alat

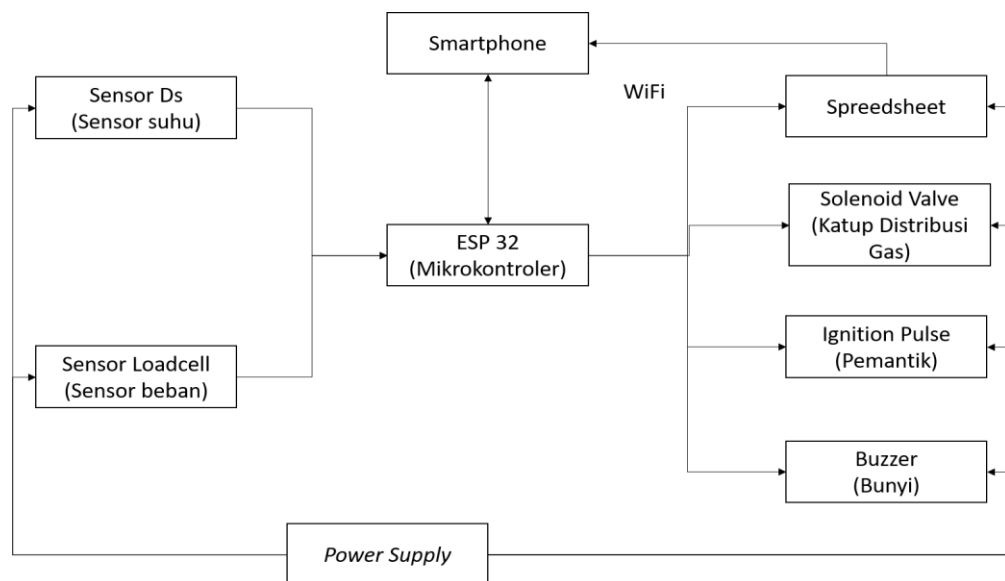
Skema alat merupakan representatif grafis dari alat berikut komponen yang digunakan. Berikut merupakan skema alat pemantau laju penurunan massa larutan nira aren cair.



Gambar 3.3 Skema Alat

3.3 Diagram Blok

Diagram blok merupakan gambaran dasar mengenai sistem yang dirancang sehingga memungkinkan untuk memahami struktur, fungsi serta aliran sistem. Berikut merupakan diagram blok dari alat pemantau proses laju massa larutan nira aren cair yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok dimulai dari input yaitu sensor Ds (sensor suhu) dan sensor *loadcell* (sensor beban) kemudian informasi diterima oleh mikrokontroler ESP 32, lalu Mikrokontroler memproses informasi untuk membuat perintah atau output untuk menyampaikan hasil data pada *spreadsheet*. Hasil data berupa beban dan suhu yang dibaca secara real time. Selain itu, pada *spreadsheet* menampilkan hasil prediksi brix. Hasil data tersebut didukung oleh teknologi IoT dengan WiFi sehingga dapat keluar di *spreadsheet* secara otomatis yang dapat diakses oleh *smartphone*. Kemudian mikrokontroler memproses informasi suhu dengan batasan yang dibuat, yaitu mengatur suhu jika lebih dari 81°C maka solenoid valve dan ignition pulse akan mati sehingga proses pemanasan dalam kompor berhenti hingga suhu menurun di 77°C lalu solenoid valve dan ignition pulse akan menyala kembali sehingga proses pemanasan dimulai. Hal ini dilakukan agar suhu pemanasan dapat di jaga. Kemudian setiap perintah yang dibuat seperti keluarnya data dalam 10 menit, kemudian suhu lebih dari 80°C , buzzer akan menyala sebagai peringatan.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu dengan menyiapkan bahan berupa nira cair kemudian dilakukan pengecekan nilai brix awal pada nira cair lalu memasukan pada panci vakum. Kemudian alat pemantau proses di pasangkan pada vakum evaporator dan di hitung berat awal sebelum proses produksi dalam satuan kg. Kemudian proses produksi dimulai dengan menyalakan kompor dan melakukan pemanasan pada suhu 65°-80° C dan menyalakan vakum. Setelah alat berjalan dilakukan pengecekan pada display LCD nilai berat dan brix yang didapatkan kemudian dilakukan pengambilan nilai brix secara manual dengan menggunakan alat refraktometer. Tahap ini dilakukan setiap 10 menit hingga nira cair yang dimasak mencapai nilai brix yang diinginkan. Setelah dilakukan tahap tersebut kemudian dibandingkan

keakurasian nilai brix pada alat dengan nilai brix yang di ambil secara manual menggunakan refraktometer.

3.5 Alat dan Bahan yang digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai penunjang untuk studi kali ini adalah sebagai berikut.

3.5.1 Alat

1. Gerinda

Gerinda merupakan mesin perkakas untuk mengasah/memotong benda kerja. Gerinda digunakan untuk proses manufaktur rangka timbangan, yaitu untuk memotong besi hollow membuat rangka timbangan. Rangka yang akan dilakukan proses fabrikasi mengacu pada gambar kerja yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 yang satuan pada gambar kerja menggunakan unit satuan centi meter (cm). Adapun untuk toleransi saat pemotongan, digunakan ± 3 cm, yang secara actual dari toleransi tersebut ada bagian pengukuran fix yang akan membentuk benda kerja yang di fabrikasi sesuai dengan dimensi yang sudah direncanakan. Saat melakukan pemotongan dari material besi hollow sangat direkomendasikan menggunakan safety glass, dan safety glove.



Gambar 3.4 Gerinda

2. Mesin Las SMAW

Mesin las SMAW merupakan las busur nyala api listrik sebagai sumber panas pencair logam. Las SMAW digunakan

untuk menyambungkan besi hollow yang telah dipotong guna membuat rangka tersambung dan kokoh. Setting ampere yang digunakan menggunakan ampere 80 unit. Saat menggunakan mesin las SMAW, clamp mesin las dikoneksikan pada besi hollow yang akan diwelding. Setelah proses koneksi clamp selesai dipasang pada besi hollow yang akan dilas, elektroda las (kawat las) menggunakan tipe LB-52. Setelah proses welding dilakukan, untuk pembersihan *spatter* menggunakan sikat besi. Lalu dilakukan penghalusan menggunakan menggunakan bor dengan mata amplas agar bentuk dari rangka lebih rapih. Pada proses welding direkomendasikan menggunakan helm las dengan fitur kaca mata khusus untuk welding agar menjaga mata dari radiasi cahaya pengelasan. Hasil penyambungan serta finishing rangka dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 3.5 Mesin LAS SMAW

3. Solder

Solder merupakan jenis alat pemanas yang berguna untuk melelehkan timah sehingga dapat menyambungkan kaki komponen dengan PCB. Solder digunakan untuk proses assembly atau perakitan pada komponen pengendali. Pada proses ini kaki komponen harus disolder dengan timah agar sambungan antara kaki komponen dan PCB kuat. Pada proses assembly komponen pengendali menggunakan timah 60/40 karena termasuk solder lunak.



Gambar 3.6 Solder

4. Refraktometer

Refraktometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur kadar/konsentrasi bahan atau zat terlarut. Refraktometer digunakan untuk mengukur kadar brix nira cair pada pengujian kali ini. Proses pengambilan data dilakukan setiap 10 menit, pengambilan data diambil melalui keran pembuangan pada panci kemudian diambil nira cair menggunakan pivet, lalu meletakkan nira tersebut pada kaca alat. Kemudian mencari daerah terang agar proses melihat kadar brix lebih jelas. Kemudian dapat disetting focus dari alat jika penglihatan pada alat terlihat kabur.



Gambar 3.7 Refraktometer

5. Timbangan Digital

Timbangan merupakan perangkat pengukuran untuk mengukur berat atau massa suatu benda atau zat. Timbangan digunakan untuk mengukur berat bahan yang digunakan yaitu nira cair. Timbangan digunakan untuk mengetahui massa larutan nira sebelum pengolahan dan setelah pengolahan

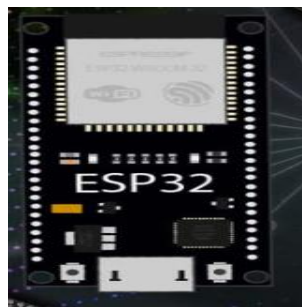
sehingga kita dapat mengetahui massa gula aren yang sudah mencapai target brix. Timbangan yang digunakan dengan skala maksimal beban 180 kg sesuai dengan spesifikasi beban dari pengujian yang dilakukan.



Gambar 3.8 Timbangan Digital

6. English Specific Purpose (ESP) 32

ESP 32 merupakan sebuah mikrokontroller dari alat pemantau laju penurunan massa atau sebagai pusat pengendali dari alat ini. ESP menerima data penurunan massa pada proses serta data hasil pembacaan suhu yang kemudian data-data tersebut akan ditampilkan pada *spreadsheet* menggunakan teknologi WiFi. Pada alat ini, untuk sistem dibuat program dengan aplikasi arduino IDE menggunakan laptop. Kemudian program diupdate pada ESP 32 menggunakan kabel USB. Setelah update selesai ESP 32 dipasangkan pada PCB.

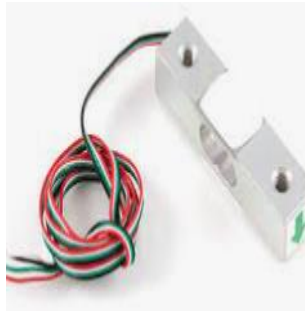


Gambar 3.9 ESP 32

7. Loadcell

Loadcell merupakan komponen utama dalam timbangan, dimana berfungsi sebagai sensor pembaca beban. Pada alat ini

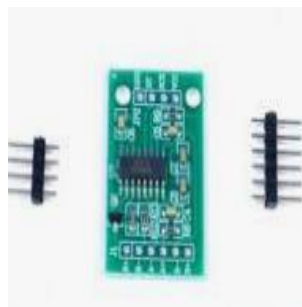
loadcell akan membaca penurunan massa nira cair pada panci saat proses pemasakan berlangsung. Sensor loadcell dipasangkan pada rangka timbangan dengan mur dan baut sebagai pengunci. Kemudian kabel-kabel input loadcell dipasangkan pada ESP 32 pada pin input. Sehingga hasil pembacaan dari loadcell dapat diintegrasikan pada ESP 32.



Gambar 3.10 Loadcell

8. Modul HX711

Modul HX711 merupakan modul amplifier (penguat sinyal) sekaligus modul *Analog to Digital Converter* (ADC) yang berfungsi untuk mengondisikan sinyal analog dari sensor load cell sekaligus mengkonversikannya menjadi sinyal digital. Modul ini diantara load cell dan ESP dengan jarum inputan pada load cell dan jarum output pada ESP 32. Sehingga modul dapat mengkonversikan data analog ke data digital yang dapat dibaca oleh ESP 32 sebagai data.



Gambar 3.11 HX711

9. *Liquid Crystal Display* I2C

Liquid Crystal Display I2C merupakan jenis layar panel datar yang menggunakan cair dalam bentuk operasi utamanya. LCD digunakan untuk menampilkan proses yang sedang terjadi pada komponen pengendali. Selama proses berlangsung ESP 32 akan memerintakan LCD untuk menampilkan kondisi proses yang terjadi. Dimulai dari kondisi timbangan di TARE lalu informasi bahwa timbangan membaca lebih dari 1 kg beban yang di letakan. Kemudian proses pembacaan dimulai sehingga selama pengolahan berlangsung LCD akan memberikan informasi bahwa alat masih bekerja membaca beban selama proses.



Gambar 3.12 LCD I2C

10. *Buzzer*

Buzzer adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan suara atau bunyi melalui getaran suatu membran. *Buzzer* adalah sebuah komponen elektronik yang berfungsi untuk menghasilkan suara atau bunyi melalui getaran suatu membran. *Buzzer* digunakan sebagai peringatan dalam proses, peringatan tersebut berupa suara atau alarm. Berdasarkan spesifikasi dari alat buzzer menggunakan tegangan 5 volt DC.



Gambar 3.13 Buzzer

3.5.2 Bahan

11. Nira Cair

Nira merupakan bahan yang digunakan dalam proses pengujian kali ini, yaitu bahan utama untuk membuat gula aren cair. Nira diambil langsung dari petani nira yang berlokasi dimunjul kemudian langsung di olah. Dimulai dari pengecekan kadar brix awal pada nira kemudian memasukan nira kedalam panci.



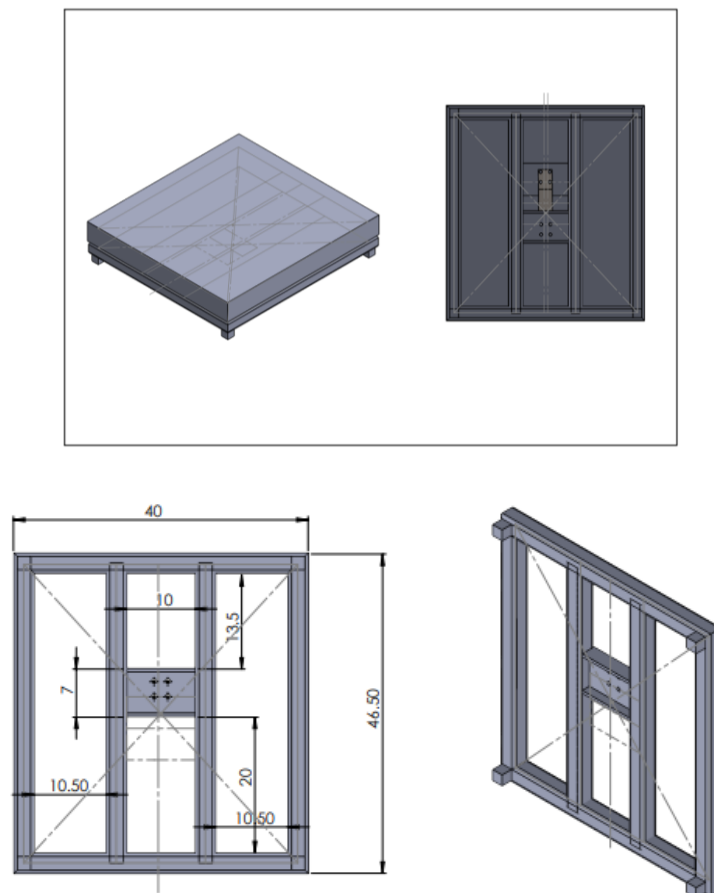
Gambar 3.14 Nira Cair

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Alat

Perancangan dilakukan guna mendesain bentuk dudukan dengan ukuran dan bentuk yang sesuai dengan ukuran panci vakum. Perancangan dilakukan menggunakan software *solidworks*, desain dari rancangan dapat dilihat sebagai gambar berikut.



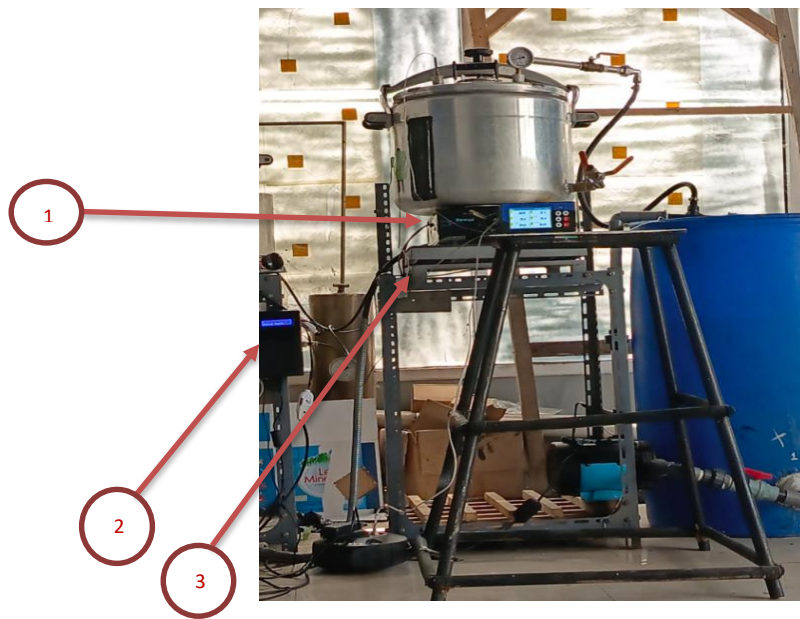
Gambar 4.1 Rangka timbangan (*Solidworks*)

Setelah membuat desain, kemudian dilakukan proses manufaktur rangka timbangan menggunakan besi hollow dengan ukuran Lebar 3 cm dan tebal 1,5 cm. Hasil manufaktur alat sebagai berikut.



Gambar 4.2 Rangka timbangan

4.2 Gambar Alat



Gambar 4.3 Gambar Alat

1. Kompor

Kompor adalah komponen pemanas pada alat *vacuum evaporator*. Model pengatur suhu pada alat pemantau ini adalah dengan memodifikasi pada kompor dengan merubah sistem pemantik dengan pemantik otomatis serta regular elektrik yang dapat diatur distribusi gasnya. Berikut adalah gambar model kompor yang digunakan.



Gambar 4.4 Kompor



Gambar 4.5 Solenoid Gas Valve

Solenoid gas valve adalah sebuah perangkat yang menggunakan solenoid, yaitu komponen listrik yang dapat menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik, untuk mengontrol aliran gas dalam sistem perpipaan. Valve ini dapat membuka atau menutup jalur aliran gas secara otomatis berdasarkan sinyal listrik yang diterimanya. Kemudian terdapat Pulse Ignition, sebagai berikut :



Gambar 4.6 Pulse Ignition

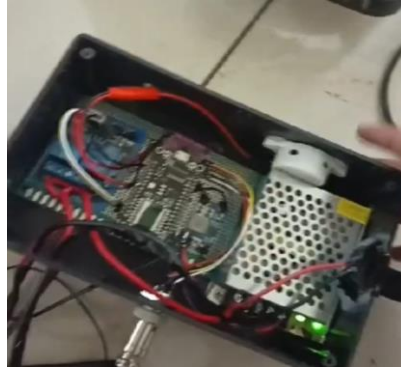
Cara kerja pulse ignition adalah dengan mengatur proses pengapian dengan mengirimkan pulsa listrik ke sebuah elektroda di dalam unit pemanasan atau kompor gas, bagian elektroda dipasang dekat dengan aliran gas sehingga terjadinya ionisasi gas kemudian akan terbakar secara spontan. Ledakan gas tersebutlah yang akan memanaskan elemen pemanas, sehingga memulai proses pemanasan atau pemasakan.

2. Komponen Pengendali

Terdapat komponen pengendali yang terdiri dari mikrokontroler, buzzer, lcd dan modul sensor. Berikut merupakan gambar dari komponen pengendali.



Gambar 4.7 Komponen Pengendali

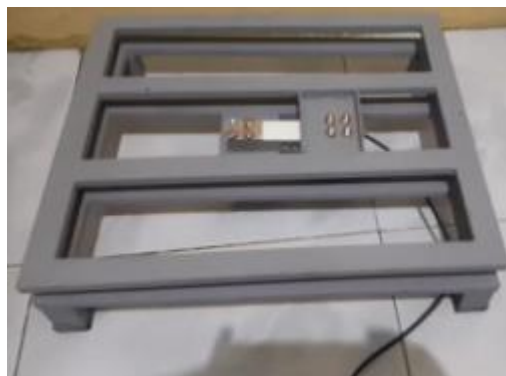


Gambar 4.8 Komponen Pengendali

Komponen pengendali akan menjadi pusat kontrol serta pemantauan, dimana terdapat parameter-parameter yang diatur seperti nilai suhu yang diatur pada *set-point* 81°C , Jadi ketika suhu lebih dari 81°C maka mikrokontroler akan memerintah untuk mematikan proses pemanasan sehingga panas pada panci menurun. Lalu mengatur pada suhu 77°C , Sehingga ketika suhu yang turun sudah dibawah 77°C maka kompor akan menyala kembali dan melakukan pemanasan. Tujuannya adalah menjaga suhu pada proses pemasakan sehingga tidak merusak kandungan nutrisi pada nira cair.

3. Timbangan

Timbangan adalah alat yang digunakan untuk mengukur berat atau massa suatu benda. Prinsip kerja timbangan adalah dengan membandingkan gaya yang dihasilkan oleh benda yang akan diukur beratnya dengan gaya yang dihasilkan oleh beban yang diketahui. Berikut adalah gambar timbangan pada alat pemantau proses.



Gambar 4.9 Timbangan



Gambar 4.10 Timbangan

Pada timbangan, menggunakan sensor *loadcell* dengan kapasitas 100 kg, *Loadcell* adalah sebuah transduser yang digunakan untuk mengubah gaya atau beban yang diterimanya menjadi sinyal listrik yang dapat diukur. Sinyal listrik yang diterima tersebut lah yang menjadi input daripada pemantauan berat proses pemasakan nira cair. Sehingga perubahan berat pada saat proses pemasakan akibat uap air hasil evaporasi dapat di *monitor* secara otomatis.

4.3 Tampilan data hasil *monitoring* pada *Spreadsheet*

Spreadsheet adalah sebuah aplikasi perangkat lunak yang digunakan untuk mengorganisir, mengelola, dan menganalisis data dalam bentuk tabel. Dalam *spreadsheet*, data disusun dalam bentuk baris dan kolom, yang membentuk sel-sel tempat data dapat dimasukkan. Alat ini akan memantau data pada saat proses pemasakan nira cair berlangsung. Data yang di pantau antara lain waktu, berat, brix dan suhu. Berikut merupakan tampilan penyajian data pada *spreadsheet*.

Brix_Monitoring Saved to Drive						
File Edit View Insert Format Data Tools Extensions Help						
100% View only						
A1 Tanggal						
	A	B	C	D	E	F
1	Tanggal	Jam	Brix Awal	Massa Terkini	Brix Terkini	Suhu Tangki
2	2024-05-22	0:22:57	10.00	3.76	10.00	32.36
3	2024-05-22	0:33:01	10.00	3.60	10.16	33.11
4	2024-05-22	0:42:59	10.00	3.39	10.37	32.25

Gambar 4.11 Tampilan data pada *spreadsheet*

Pada gambar diatas, alat ini akan menampilkan secara otomatis dan *real-time* dari tanggal pengujian, jam atau waktu setiap data keluar yaitu setiap 10 menit. Kemudian nilai brix awal yang diinputkan lalu massa terkini atau nilai berat yang dipantau selama proses, kemudian suhu dengan menempelkan sensor suhu pada panci, kemudian yang terakhir yaitu nilai brix terkini. Alat ini dapat memprediksi nilai brix pada saat proses berlangsung dengan melihat kolerasi antara nilai brix dan berat. Semakin menurun massa pada nira cair maka semakin naik nilai brix. Hal ini karena proses evaporasi yang terjadi sehingga mengurangi kadar air dalam larutan nira cair. Berdasarkan hal tersebut maka dibuat lah suatu perhitungan untuk memprediksi nilai brix pada saat proses berjalan. Rumus yang digunakan yaitu :

$$brix = brix\ awal + (m_1 - m_2) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

m1 = massa sebelumnya

m2 = massa terkini

4.4 Pengujian Alat

4.4.1 Pengujian Akurasi Sensor *Loadcell*

Akurasi sensor dilakukan untuk memvalidasi data hasil pembacaan sistem memastikan bahwa data yang dihasilkan oleh sensor dapat diandalkan dan tepat untuk tujuan. Akurasi sensor dimulai dengan mengkalibrasi nilai massa sensor *loadcell*, kemudian dilakukan penimbangan dengan variasi beban 1kg,3kg,5kg,10kg dan 20 kg menggunakan timbangan duduk lalu dilakukan penimbangan pada alat pemantau proses. Kemudian dihitung nilai akurasi dengan rumus persen error sebagai berikut.

$$Akurasi = 100\% - error\ rate$$

$$Error\ rate = \frac{Observed\ Value - Actual\ Value}{Actual\ Value} \times 100$$

Berikut merupakan data hasil pembacaan timbangan.

Tabel 4.1 Akurasi Sensor *Loadcell*

No	Timbangan	<i>Loadcell</i>	Akurasi
1	1 kg	1,24 kg	76%
2	3 kg	2,98 kg	99,04 %
3	5 kg	5,11 kg	97,8 %
4	10 kg	11,08 kg	89,2 %
5	20 kg	20,56 kg	97,3 %
Rata-rata			91,86 %

Pada tabel diatas dengan membandingkan 5 variasi beban kemudian mencari nilai akurasinya, lalu didapatkan rata-rata akurasi pembacaan *loadcell* pada alat yaitu 91,86 %.

4.4.2 Pengujian Akurasi Sensor Suhu

Selanjutnya dilakukan pengujian untuk menentukan akurasi sensor suhu dengan menggunakan data logger yang dihubungkan dengan 3 *termocouple*. 1 *termocouple* dipasang pada panci dengan jarum yang masuk kedalam, kemudian 1 *termocouple* dipasang pada panci selanjutnya 1 *termocouple* di pasang pada drum untuk mengetahui suhu air pada drum sebagai media pendinginan. Berikut merupakan gambar dari penempatan suhu pada alat.



Gambar 4.12 Penempatan sensor pada alat

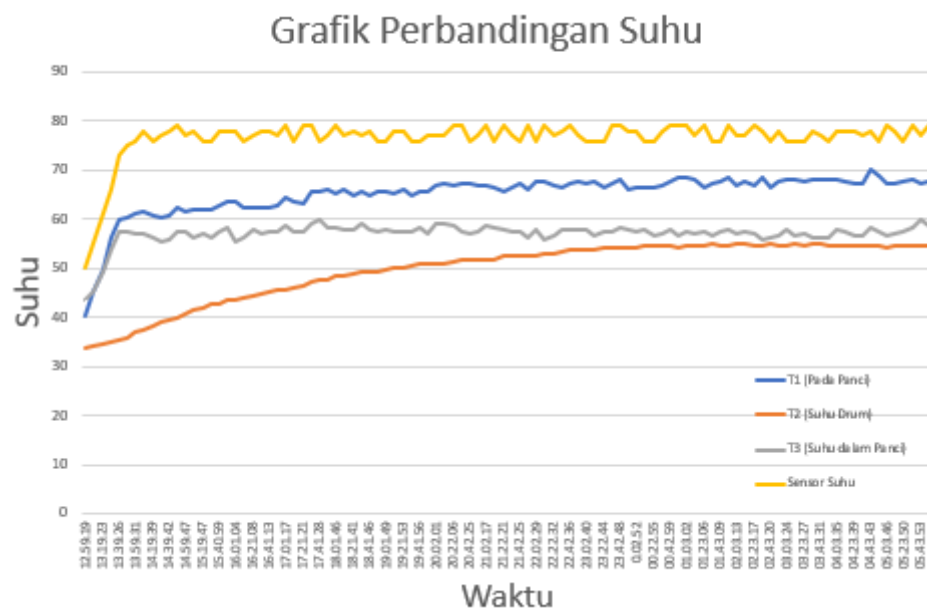
4.4.3 Pengujian Alat dalam Pemasakan Nira Aren Cair

Setelah mengetahui nilai keakurasian dari setiap sensor, kemudian dilakukan uji coba langsung dalam proses pemasakan nira aren cair untuk mengetahui performa dari alat pemantau tersebut. Dilakukan pemasakan dengan massa awal 21,4 kg, kemudian brix awal 11°Brix. Pada hasil data dapat dilihat hasil monitoring pemasakan nira pada teknologi *vacuum evaporator*. Alat membaca hasil berat dengan suhu setiap 10 menit serta mencari prediksi nilai brixnya. Kemudian didapatkan performa alat dapat bertahan dan memantau +17jam. Dengan brix akhir yang didapatkan 31,51°brix.

Kemudian dilakukan pengambilan data secara aktual pada saat proses, data suhu ditempatkan pada tiga titik yang sudah ditentukan seperti gambar 4.12, kemudian data tersebut dibaca oleh *data logger*. Kemudian nilai brix didapatkan dengan menggunakan refraktometer. Lalu nilai tekanan didapatkan menggunakan *pressure gauge* analog.

4.5 Pembahasan

Telah dilakukan pengujian nira cair 30 liter dengan berat 21,4 kg, didapatkan data hasil monitoring dengan teknologi IoT dan pengambilan data secara manual menggunakan refraktometer dan data logger. Kemudian dicari nilai keakurasian suhu sensor Ds yang digunakan oleh sistem dengan membandingkan pada suhu yang dibaca *termocouple* (T2) karena *termocouple* tersebut ditempatkan sama dengan sensor Ds. Berikut merupakan grafik perbandingan suhu untuk mencari nilai keakurasian suhu proses pemasakan nira aren cair.

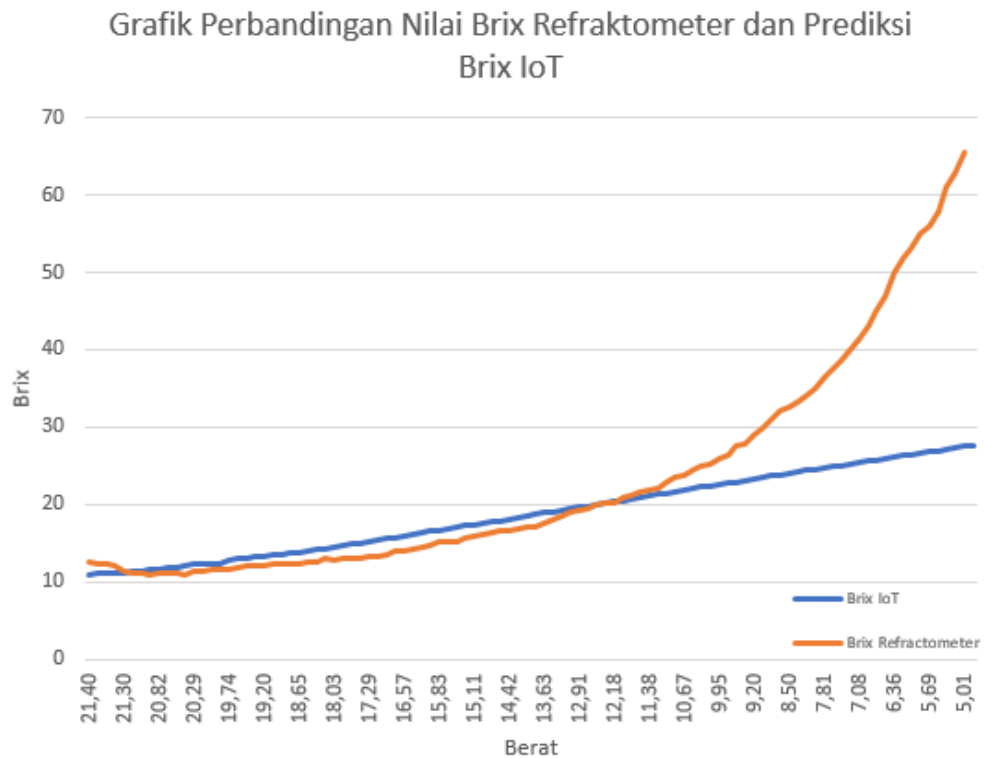


Gambar 4.13 Grafik Perbandingan Suhu

Pada grafik diatas menunjukkan nilai suhu sensor Ds lebih mendekati dengan nilai suhu T1 yang artinya nilai akurasi sensor ds dengan T1 lebih tinggi dibandingkan dengan T2 dan T3. Hal ini dikarenakan sensor Ds dan T1 dipasangkan pada panci (konduktor) sehingga pemanasan yang terbaca lebih responsif. Selanjutnya sensor T3 yaitu thermocouple yang ditempatkan didalam panci ini lebih rendah dibanding dengan sensor Ds dan T1 karena T3 mendeteksi suhu uap pemasakan sehingga pemanasannya lebih rendah dari sensor Ds dan T1. Kemudian terdapat T2 yaitu *termocouple* yang di tempatkan pada drum air sebagai media pendinginan

uap panas yang disedot oleh vakum. Suhu tertinggi pada drum air selama proses masak yaitu 57,8°C.

Selanjut melakukan perbandingan nilai brix yang diambil secara manual menggunakan refraktometer dengan prediksi brix IoT. Grafik perbandingan dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan nilai brix manual menggunakan refraktometer dengan prediksi brix IoT

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa terdapat kesenjangan yang jauh pada nilai grafik brix manual menggunakan refraktometer yaitu pada jam 00.42 WIB mulai terjadi kesenjangan brix yang jauh. Brix manual meningkat lebih pesat dibandingkan dengan nilai brix IoT. Hal ini terjadi dikarenakan terdapat ketidaksesuaian rumus yang digunakan pada nilai brix IoT. Nilai brix akan semakin meningkat pesat seiring berjalannya proses dengan suhu yang konstan atau meningkat. Nilai brix pada nira aren cair yang dimasak memiliki karakteristik yang berbeda ketika diproses dengan suhu dan tekanan yang berbeda. Konsentrasi gula pada brix akan terbaca tinggi oleh refraktometer pada saat kadar air pada larutan nira aren cair

semakin sedikit. Perbedaan kenaikan brix dimulai pada pukul 01.43 WIB pada berat 9,20 Kg, setelah berlangsungnya proses selama +13 jam yang artinya kadar air telah berkurang kurang lebih sebanyak 12,2 kg. Pada kondisi ini kadar air dalam larutan lebih sedikit dari kadar gula didalamnya. Jika dilihat cairannya berwarna lebih coklat dibanding sebelumnya, hal ini karena larutan nira cair mengalami proses pemanasan (dimasak) dan kadar air nya lebih sedikit dari kadar gula. Refraktometer bekerja menggunakan prinsip pembiasan cahaya ketika melalui suatu larutan. Ketika cahaya datang dari udara ke dalam larutan maka kecepatannya akan berkurang. Fenomena ini terlihat pada batang yang terlihat bengkok ketika dicelupkan ke dalam air. Refraktometer memakai prinsip ini untuk menentukan jumlah zat terlarut dalam larutan dengan melewati cahaya ke dalamnya. Jadi ketika dalam proses kadar gula lebih besar dari kadar air, maka pembiasan cahaya lebih besar sehingga nilai brix yang dibaca oleh refraktometer lebih besar. Fitur prediksi brix menggunakan perhitungan dengan formula :

$$brix = brix\ awal + (m_1 - m_2) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan

m1 = massa sebelumnya

m2 = massa terkini

Dengan formulasi ini, fitur prediksi brix tidak dapat mengetahui kondisi persentase kadar terlarut dan pelarut didalamnya, sehingga ketika pada berat 9,20 kg refraktometer mulai membaca lebih tinggi dibanding dengan fitur prediksi brixnya. Sehingga dilakukan pendekatan nilai prediksi brix hingga mendekati nilai brix yang diukur dengan refraktometer. Pendekatan dilakukan dengan polynomial regresi derajat 2, dimana didapatkan formulasi sebagai berikut.

$$n = ax(prediksi\ brix)^2 + bx(prediksi\ brix) + c \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

n = nilai pendekatan prediksi brix

a = (koefisiensi untuk derajat 2) = 0,2658

b = (koefisiensi untuk derajat 1) = -7,7021

c = (Intercept) = 66,8204

Setelah mendapatkan formulasi pendekatan didapatkan hasil sebagai berikut.

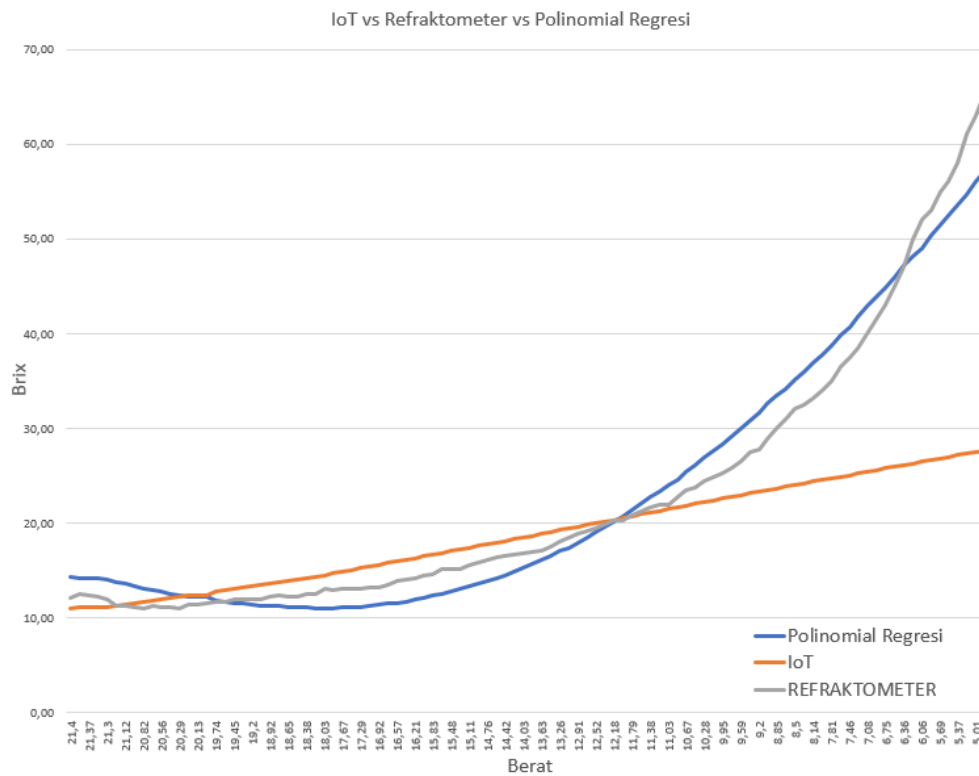
Tabel 4.2 Hasil Data *Polynomial Predict Brix*

Hours	IoT Predict	Polynomial Predict Brix	Refraktometer
12.59.19	11	14,26	12,1
13.09.21	11,05	14,17	12,5
13.19.23	11,07	14,13	12,4
13.29.24	11,08	14,11	12,2
13.39.26	11,11	14,06	12
13.49.30	11,26	13,79	11,3
13.59.31	11,4	13,56	11,2
14.09.36	11,54	13,34	11,1
14.19.39	11,69	13,11	11
14.29.40	11,81	12,93	11,2
14.39.42	11,95	12,74	11,1
14.49.45	12,11	12,53	11,1
14.59.47	12,22	12,39	11
15.09.49	12,37	12,22	11,4
15.19.47	12,38	12,21	11,4
15.30.58	12,4	12,18	11,5
15.40.59	12,77	11,81	11,7
15.51.01	12,92	11,68	11,7
16.01.04	13,06	11,57	11,9
16.11.07	13,18	11,48	12
16.21.08	13,31	11,39	12
16.31.10	13,46	11,31	12
16.41.13	13,59	11,24	12,2
16.51.16	13,71	11,19	12,3
17.01.17	13,86	11,13	12,2
17.11.19	13,98	11,09	12,2
17.21.21	14,13	11,06	12,5
17.31.23	14,3	11,03	12,5
17.41.28	14,48	11,02	13
17.51.30	14,66	11,03	12,9
18.01.46	14,84	11,06	13
18.11.40	15,02	11,10	13,1
18.21.41	15,22	11,17	13,1
18.31.43	15,39	11,24	13,2
18.41.46	15,59	11,35	13,2
18.51.47	15,77	11,46	13,5
19.01.49	15,94	11,58	13,9

19.11.51	16,12	11,73	14
19.21.53	16,31	11,91	14,2
19.31.55	16,5	12,10	14,5
19.41.56	16,68	12,30	14,6
19.51.58	16,85	12,51	15,1
20.02.01	17,04	12,75	15,2
20.12.04	17,23	13,02	15,2
20.22.06	17,4	13,28	15,6
20.32.12	17,58	13,56	15,8
20.42.25	17,76	13,87	16,1
20.52.27	17,92	14,15	16,4
21.02.17	18,1	14,49	16,5
21.12.19	18,29	14,87	16,6
21.22.21	18,49	15,28	16,8
21.32.23	18,67	15,67	17
21.42.25	18,88	16,15	17,1
21.52.27	19,04	16,53	17,5
22.02.29	19,25	17,05	18
22.12.31	19,39	17,41	18,5
22.22.32	19,6	17,97	18,9
22.32.34	19,8	18,52	19,2
22.42.36	19,99	19,07	19,5
22.52.38	20,14	19,51	19,9
23.02.40	20,33	20,09	20,2
23.12.42	20,52	20,69	20,3
23.22.44	20,72	21,35	20,8
23.32.46	20,92	22,02	21,2
23.42.48	21,13	22,75	21,6
23.52.50	21,3	23,36	21,9
0.02.52	21,48	24,02	22
0.12.54	21,61	24,50	22,8
00.22.55	21,84	25,39	23,5
00.32.57	22,02	26,10	23,7
00.42.59	22,23	26,95	24,4
00.53.00	22,39	27,62	24,9
01.03.02	22,56	28,34	25,3
01.13.04	22,75	29,17	25,8
01.23.06	22,92	29,92	26,5
01.33.07	23,13	30,87	27,5
01.43.09	23,31	31,71	27,8
01.53.11	23,49	32,56	28,9
02.03.13	23,66	33,38	30
02.13.15	23,82	34,17	31

02.23.17	24,01	35,12	32
02.33.18	24,17	35,94	32,5
02.43.20	24,37	36,98	33,2
02.53.22	24,52	37,77	34
03.03.24	24,7	38,74	35
03.13.25	24,9	39,84	36,5
03.23.27	25,05	40,67	37,5
03.33.28	25,24	41,75	38,5
03.43.31	25,43	42,84	40
03.53.33	25,6	43,84	41,5
04.03.35	25,76	44,79	43
04.13.37	25,94	45,88	45
04.23.39	26,15	47,17	47
04.33.41	26,3	48,11	50
04.43.43	26,45	49,05	52
04.53.44	26,65	50,34	53
05.03.46	26,82	51,44	55
05.13.48	26,97	52,43	56
05.23.50	27,14	53,57	58
05.33.51	27,31	54,72	61
05.43.53	27,51	56,09	63
05.53.55	27,66	57,14	65,5

Setelah didapatkan data hasil polynomial regresi, maka dibuat grafik perbandingan nilai brix, yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.15 Grafik perbandingan nilai brix manual menggunakan refraktometer, prediksi brix IoT dan nilai pendekatan brix menggunakan polinomial regresi

Jika dilihat dari grafik diatas, menggunakan pendekatan polinomial didapatkan data brix akhir 57,14°Brix. Sehingga pendekatan ini mampu mengoptimalkan nilai prediksi brix agar dapat sesuai atau setidaknya mendekati nilai brix yang dibaca oleh refraktometer. Maka dari itu, untuk penelitian selanjutnya dapat diinputkan kembali dengan formulasi pendekatan dari polinomial regresi sehingga nilai prediksi brix dapat lebih mendekati nilai aktual yang diukur menggunakan refraktometer.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan investigasi pada pengujian alat pemantau proses nira aren cair pada teknologi vakum evaporator, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Model alat pemantau proses pada mesin vakum evaporator dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai kontroler kemudian menggunakan sensor *loadcell* yang berfungsi membaca pengurangan massa dalam proses larutan nira cair yang tersisa dari evaporasi air pada larutan nira cair. Kemudian menggunakan sensor Ds sebagai pendeteksi suhu agar dapat termonitor suhu yang diinginkan. Pemantauan dilakukan pada 3 variabel yaitu berat , suhu dan nilai brix yang ditampilkan pada *spreadsheet* secara otomatis menggunakan teknologi IoT. Alat ini dapat memproses perubahan berat yang kemudian akan dihitung menjadi nilai prediksi brix.
2. Pada kalibrasi timbangan didapatkan rata-rata akurasi pembacaan *loadcell* pada alat yaitu 91,86 %. Lalu nilai suhu pada tiap titik penempatan Kemudian nilai suhu sensor lebih mendekati dengan nilai suhu T1 yang artinya nilai akurasi sensor suhu dengan T1 lebih tinggi dibandingkan dengan T2 dan T3. Selanjutnya sensor T3 yaitu thermocouple yang ditempatkan didalam panci didapatkan suhu tertinggi 59, 8°C. Kemudian terdapat T2 yaitu termocouple yang di tempatkan pada drum air sebagai media pendinginan uap panas yang disedot oleh vakum. Suhu teringgi pada drum air selama proses masak yaitu 57,8°C.
3. Pengujian mendapatkan hasil performa alat bertahan selama +13 jam dengan nilai prediksi brix akhir 27,66°brix. Kemudian hasil pengujian dengan refraktometer dengan nilai brix yaitu 65,5°brix. Lalu dilakukan pendekatan nilai brix menggunakan polynomial regresi dan didapatkan hasil akhir 57,14°brix.

5.2 Saran

Saran dibutuhkan untuk setiap kegiatan baik bersifat personal maupun sosial. Tujuan dari saran adalah menjadikan kita lebih baik. Tanpa mengurangi rasa hormat saya kepada pihak perusahaan, yaitu :

1. Dilakukan pengujian lebih lama agar mengetahui performa terbaik dari alat
2. Memastikan baut dan skrup telah kencang karena kelonggaran dapat mempengaruhi hasil kalibrasi *loadcell*
3. Melakukan tindakan antisipasi getaran (peredaman) agar pembacaan data lebih stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrayani, W. (2015). Studi Perancangan Evaporator untuk Pemurnian Larutan. *Jurnal Teknik Kimia*, 12(2), 45-52.
- Arijaya, I. M. (2019). RANCANG BANGUN ALAT KONVEYOR UNTUK SISTEM SOLTIR BARANG BERBASIS MIKROKONTROLER ESP 32. *RESISTOR*, 126-135.
- Budiarti, R., & Amelia, A. (2022). Analisis Perbandingan Antara Evaporasi dan Pengeringan dalam Konteks Pengolahan Bahan Kimia. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 10(1), 45-52.
- Dewi, A. e. (2019). Characterization of essential oil from baby java orange (Citrus sinensis) solid waste. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*.
- Efendi, Y. (2018). INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 8(1), 19-26.
- Elektro, T. (2020, November 30). *Apa itu ESP 32*. Retrieved from ELEKTRO UMA: <https://elektro.uma.ac.id/2020/11/30/apa-itu-arduino-uno/>
- Manangkalangi, F. F., & all, e. (2020). Implementasi Sistem Otomasi Takaran Biji Kopi Pada Tempat Penyimpanan di Mesin Penggiling Kopi. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2782-2790.
- Mustika, A., & Susilowati, R. (2019). Pengaruh Penambahan Minyak Esensial Kayu Manis terhadap Waktu Penguapan Nira Cair. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 17(2), 78-85.
- Nazaruddin, A. (2017). Penggunaan *Vacuum evaporator* dalam Proses Pengurangan Air pada Zat. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 14(1), 30-38.
- Nugraha, A., Santoso, H., & Pratama, D. (2020). Pengaruh Penambahan Minyak Esensial (Minyak Sawit, VCO, dan Minyak Zaitun) terhadap Laju Evaporasi Nira Cair pada *Vacuum evaporator*. *Jurnal Teknik Kimia dan Proses Industri*, 17(2), 85-93.

- Reza, M. (2008). Pengaruh Waktu Pengambilan Getah Aren dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Gula Aren. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 3(1), 1-8.
- Safitri, R. (2019). Karakteristik Nira Aren, Isolasi dan Identifikasi Mikroba Penghasil Enzim Penghidrolisis Pati, dan Kualitas Gula Aren Hasil Fermentasi Mikroba. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(2), 251-260.
- Safitri, R., & Dewi, R. (2018). Karakteristik Kimia dan Sensori Gula Aren dari Tandan Buah Aren (*Arenga pinnata Merr*) yang Berbeda. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(2), 328-338.
- Sangeetha, Y., Sashank, P. S., & all, e. (2023). Development of Weight System Embedded with Tracking System using ESP 32 Rev3. *International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 1411-1416). India: IEEE.
- Siswanto, & Triana, N. W. (2017). *Vacuum evaporator Design Liquid Ring Vacuum Pump Method* . *International Seminar of Research Month Science and Technology in Publication, Implementation and Commercialization*, 222-226.
- Syakdani, A., Purnamasari, I., & Necessary, E. (n.d.). PROTOTIPE ALAT EVAPORATOR VAKUM (EFEKTIVITAS TEMPERATUR DAN WAKTU EVAPORASI TERHADAP TEKANAN VAKUM DAN LAJU EVAPORASI PADA PEMBUATAN SIRUP BUAH MENGGUDU (*Morinda citrifolia L.*)). *Polsri*, 29-35.
- Syakdani, M., Setiawan, A., & Pratama, A. (2019). Pengaruh Suhu Larutan terhadap Laju Penguapan dalam *Vacuum evaporator*. *Jurnal Teknik Kimia dan Proses Industri*, 16(2), 100-108.
- Utama, I. (2021, September 20). *Indolab Utama*. Retrieved from <https://indolabutama.com/rotary-evaporator-pengertian-dan-prinsip-kerja/>
- Warasi, Y. M. (2021, May 26). *Apa Itu Brix Dalam Analisa Derajat Gula*. Retrieved from Cairo Food: <https://cairofood.id/apa-itu-brix-analisa-derajat-gula/>

- Wibowo, A., Setiawan, B., & Prasetyo, D. (2018). Pengaruh Penambahan Minyak Esensial Jahe terhadap Waktu Penguapan Nira Cair Kelapa. *Jurnal Teknik Kimia dan Proses Industri*, 15(1), 45-52.
- Winter. (2023). Using Data from *Loadcell*. *PROTOCOL*, 14.
- Wiyono, B., Setiawan, R., & Pramono, H. (2021). Pengaruh Penambahan Minyak Esensial terhadap Laju Evaporasi dalam Alat Penelitian. *Jurnal Teknik Kimia Terapan*, 18(3), 145-152.
- Yuwono, S., & Waziroh, W. (2017). Pengaruh Suhu dan Tekanan dalam Proses Penguapan terhadap Pembentukan Kristal Gula. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 15(2), 87-94.
- Zamroni, A. (2013). Pengukuran Indeks Bias Zat Cair Melalui Metode Pembiasan Menggunakan Plan Paralel. *Jurnal Fisika*.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Dokumentasi Proses Manufaktur Alat & Pengujian Alat



Lampiran 2 : Tabel dan Grafik Pengambilan Data

- Hasil Data Proses (IoT)

Date	Hours	Initial Brix (°Brix)	Weight	Brix Terkini (°Brix)	Pan Temp
07/06/2024	12.59.19	11	21,4	11	50
07/06/2024	13.09.21	11	21,38	11,05	55
07/06/2024	13.19.23	11	21,37	11,07	61
07/06/2024	13.29.24	11	21,36	11,08	66
07/06/2024	13.39.26	11	21,3	11,11	73
07/06/2024	13.49.30	11	21,25	11,26	75
07/06/2024	13.59.31	11	21,12	11,4	76
07/06/2024	14.09.36	11	20,97	11,54	76
07/06/2024	14.19.39	11	20,82	11,69	79
07/06/2024	14.29.40	11	20,7	11,81	77
07/06/2024	14.39.42	11	20,56	11,95	79
07/06/2024	14.49.45	11	20,4	12,11	78
07/06/2024	14.59.47	11	20,29	12,22	78
07/06/2024	15.09.49	11	20,14	12,37	77
07/06/2024	15.19.47	11	20,13	12,38	79
07/06/2024	15.30.58	11	20,11	12,4	79
07/06/2024	15.40.59	11	19,74	12,77	78
07/06/2024	15.51.01	11	19,59	12,92	78
07/06/2024	16.01.04	11	19,45	13,06	76
07/06/2024	16.11.07	11	19,33	13,18	77
07/06/2024	16.21.08	11	19,2	13,31	79
07/06/2024	16.31.10	11	19,05	13,46	78
07/06/2024	16.41.13	11	18,92	13,59	79
07/06/2024	16.51.16	11	18,8	13,71	76
07/06/2024	17.01.17	11	18,65	13,86	77
07/06/2024	17.11.19	11	18,53	13,98	77
07/06/2024	17.21.21	11	18,38	14,13	79
07/06/2024	17.31.23	11	18,21	14,3	79
07/06/2024	17.41.28	11	18,03	14,48	77
07/06/2024	17.51.30	11	17,85	14,66	78
07/06/2024	18.01.46	11	17,67	14,84	78
07/06/2024	18.11.40	11	17,49	15,02	79
07/06/2024	18.21.41	11	17,29	15,22	77
07/06/2024	18.31.43	11	17,12	15,39	78
07/06/2024	18.41.46	11	16,92	15,59	76
07/06/2024	18.51.47	11	16,74	15,77	79

07/06/2024	19.01.49	11	16,57	15,94	78
07/06/2024	19.11.51	11	16,39	16,12	76
07/06/2024	19.21.53	11	16,21	16,31	77
07/06/2024	19.31.55	11	16,01	16,5	79
07/06/2024	19.41.56	11	15,83	16,68	77
07/06/2024	19.51.58	11	15,66	16,85	76
07/06/2024	20.02.01	11	15,48	17,04	76
07/06/2024	20.12.04	11	15,28	17,23	76
07/06/2024	20.22.06	11	15,11	17,4	76
07/06/2024	20.32.12	11	14,94	17,58	76
07/06/2024	20.42.14	11	14,76	17,76	79
07/06/2024	20.52.16	11	14,59	17,92	77
07/06/2024	21.02.17	11	14,42	18,1	78
07/06/2024	21.12.19	11	14,22	18,29	78
07/06/2024	21.22.21	11	14,03	18,49	76
07/06/2024	21.32.23	11	13,84	18,67	77
07/06/2024	21.42.25	11	13,63	18,88	76
07/06/2024	21.52.27	11	13,47	19,04	77
07/06/2024	22.02.29	11	13,26	19,25	79
07/06/2024	22.12.31	11	13,12	19,39	76
07/06/2024	22.22.32	11	12,91	19,6	76
07/06/2024	22.32.34	11	12,72	19,8	78
07/06/2024	22.42.36	11	12,52	19,99	77
07/06/2024	22.52.38	11	12,38	20,14	76
07/06/2024	23.02.40	11	12,18	20,33	78
07/06/2024	23.12.42	11	11,99	20,52	79
07/06/2024	23.22.44	11	11,79	20,72	76
07/06/2024	23.32.46	11	11,6	20,92	79
07/06/2024	23.42.48	11	11,38	21,13	77
07/06/2024	23.52.50	11	11,21	21,3	78
08/06/2024	00.02.52	11	11,03	21,48	77
08/06/2024	00.12.54	11	10,9	21,61	76
08/06/2024	00.22.55	11	10,67	21,84	76
08/06/2024	00.32.57	11	10,49	22,02	79
08/06/2024	00.42.59	11	10,28	22,23	76
08/06/2024	00.53.00	11	10,12	22,39	77
08/06/2024	01.03.02	11	9,95	22,56	76
08/06/2024	01.13.04	11	9,76	22,75	79
08/06/2024	01.23.06	11	9,59	22,92	77
08/06/2024	01.33.07	11	9,38	23,13	77
08/06/2024	01.43.09	11	9,2	23,31	78

08/06/2024	01.53.11	11	9,02	23,49	79
08/06/2024	02.03.13	11	8,85	23,66	79
08/06/2024	02.13.15	11	8,69	23,82	77
08/06/2024	02.23.17	11	8,5	24,01	78
08/06/2024	02.33.18	11	8,35	24,17	78
08/06/2024	02.43.20	11	8,14	24,37	78
08/06/2024	02.53.22	11	8	24,52	79
08/06/2024	03.03.24	11	7,81	24,7	79
08/06/2024	03.13.25	11	7,61	24,9	76
08/06/2024	03.23.27	11	7,46	25,05	79
08/06/2024	03.33.28	11	7,27	25,24	77
08/06/2024	03.43.31	11	7,08	25,43	78
08/06/2024	03.53.33	11	6,91	25,6	77
08/06/2024	04.03.35	11	6,75	25,76	77
08/06/2024	04.13.37	11	6,57	25,94	79
08/06/2024	04.23.39	11	6,36	26,15	76
08/06/2024	04.33.41	11	6,22	26,3	79
08/06/2024	04.43.43	11	6,06	26,45	77
08/06/2024	04.53.44	11	5,87	26,65	77
08/06/2024	05.03.46	11	5,69	26,82	77
08/06/2024	05.13.48	11	5,54	26,97	76
08/06/2024	05.23.50	11	5,37	27,14	79
08/06/2024	05.33.51	11	5,2	27,31	76
08/06/2024	05.43.53	11	5,01	27,51	77
08/06/2024	05.53.55	11	4,85	27,66	77

- Hasil Data Proses (Manual/Refraktometer)

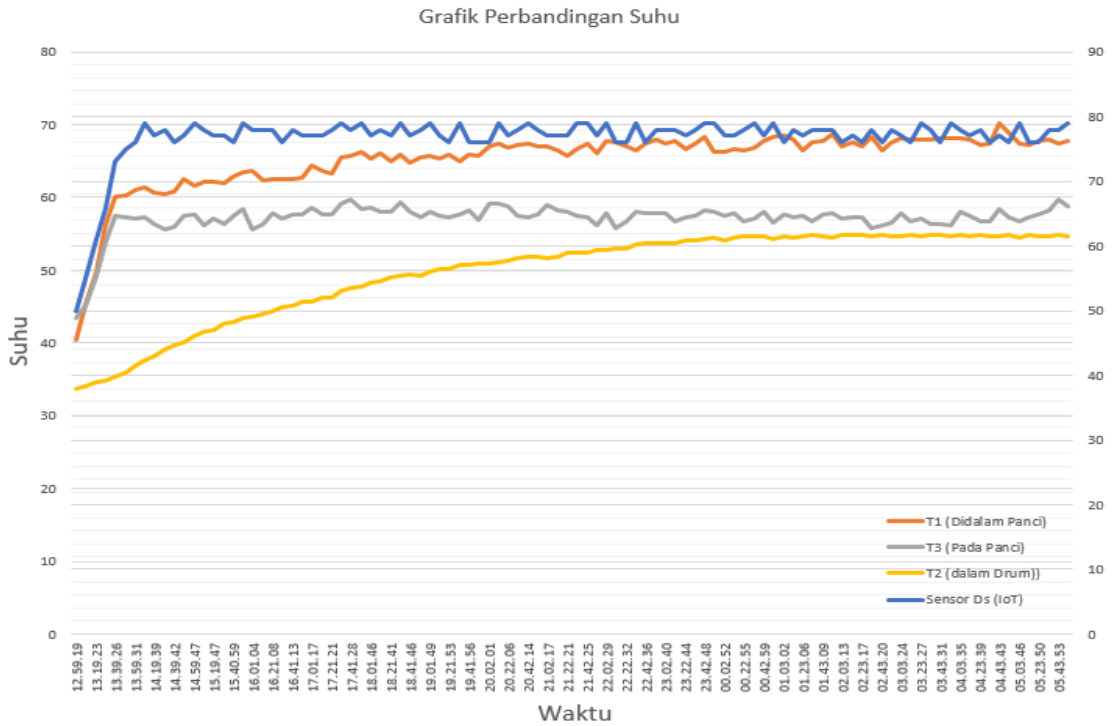
Date	Hours	Initial Brix (°Brix)	Weight (Kg)	Latest Brix (°Brix)	Pan Temp (T1)	Drum Temp(T2)	Temp in the Pan(T3)	Pressure (bar)
07/06/2024	12.59.19	11	21,40	12,1	40,5	33,7	43,4	0,25
07/06/2024	13.09.21	11	21,38	12,5	45,3	34,1	45,1	0,25
07/06/2024	13.19.23	11	21,37	12,4	49,7	34,6	49,3	0,25
07/06/2024	13.29.24	11	21,36	12,2	56,4	34,9	53,9	0,25
07/06/2024	13.39.26	11	21,30	12	60,1	35,4	57,5	0,25
07/06/2024	13.49.30	11	21,25	11,3	60,3	36	57,3	0,25
07/06/2024	13.59.31	11	21,12	11,2	61,1	36,9	57,1	0,25
07/06/2024	14.09.36	11	20,97	11,1	61,4	37,6	57,2	0,25
07/06/2024	14.19.39	11	20,82	11	60,6	38,2	56,4	0,25
07/06/2024	14.29.40	11	20,70	11,2	60,4	39,1	55,6	0,25
07/06/2024	14.39.42	11	20,56	11,1	60,9	39,7	56	0,25
07/06/2024	14.49.45	11	20,40	11,1	62,5	40,1	57,4	0,25

07/06/2024	14.59.47	11	20,29	11	61,6	40,9	57,6	0,25
07/06/2024	15.09.49	11	20,14	11,4	62,1	41,5	56,1	0,25
07/06/2024	15.19.47	11	20,13	11,4	62,1	41,8	57,1	0,25
07/06/2024	15.30.58	11	20,11	11,5	62	42,6	56,3	0,25
07/06/2024	15.40.59	11	19,74	11,7	62,9	42,8	57,4	0,25
07/06/2024	15.51.01	11	19,59	11,7	63,5	43,4	58,4	0,25
07/06/2024	16.01.04	11	19,45	11,9	63,6	43,7	55,5	0,25
07/06/2024	16.11.07	11	19,33	12	62,4	44	56,3	0,25
07/06/2024	16.21.08	11	19,20	12	62,6	44,4	57,8	0,25
07/06/2024	16.31.10	11	19,05	12	62,5	44,9	57	0,25
07/06/2024	16.41.13	11	18,92	12,2	62,6	45,1	57,6	0,25
07/06/2024	16.51.16	11	18,80	12,3	62,8	45,6	57,6	0,25
07/06/2024	17.01.17	11	18,65	12,2	64,3	45,6	58,6	0,25
07/06/2024	17.11.19	11	18,53	12,2	63,6	46,2	57,7	0,25
07/06/2024	17.21.21	11	18,38	12,5	63,2	46,3	57,7	0,25
07/06/2024	17.31.23	11	18,21	12,5	65,5	47,1	59,1	0,25
07/06/2024	17.41.28	11	18,03	13	65,7	47,6	59,8	0,25
07/06/2024	17.51.30	11	17,85	12,9	66,2	47,7	58,4	0,25
07/06/2024	18.01.46	11	17,67	13	65,4	48,3	58,5	0,25
07/06/2024	18.11.40	11	17,49	13,1	66	48,5	58	0,25
07/06/2024	18.21.41	11	17,29	13,1	64,9	49,1	58	0,25
07/06/2024	18.31.43	11	17,12	13,2	65,8	49,2	59,3	0,25
07/06/2024	18.41.46	11	16,92	13,2	64,8	49,4	58,1	0,25
07/06/2024	18.51.47	11	16,74	13,5	65,6	49,3	57,3	0,25
07/06/2024	19.01.49	11	16,57	13,9	65,7	49,7	58	0,3
07/06/2024	19.11.51	11	16,39	14	65,3	50,1	57,5	0,3
07/06/2024	19.21.53	11	16,21	14,2	65,9	50,1	57,3	0,3
07/06/2024	19.31.55	11	16,01	14,5	65	50,7	57,6	0,3
07/06/2024	19.41.56	11	15,83	14,6	65,8	50,8	58,3	0,3
07/06/2024	19.51.58	11	15,66	15,1	65,7	50,9	56,9	0,3
07/06/2024	20.02.01	11	15,48	15,2	67	50,9	59,2	0,3
07/06/2024	20.12.04	11	15,28	15,2	67,4	51,1	59,1	0,3
07/06/2024	20.22.06	11	15,11	15,6	66,8	51,2	58,8	0,3
07/06/2024	20.32.12	11	14,94	15,8	67,2	51,6	57,5	0,3
07/06/2024	20.42.25	11	14,76	16,1	67,4	51,8	57,2	0,3
07/06/2024	20.52.27	11	14,59	16,4	67,1	51,9	57,7	0,3
07/06/2024	21.02.17	11	14,42	16,5	67	51,7	58,9	0,3
07/06/2024	21.12.19	11	14,22	16,6	66,4	51,9	58,3	0,3
07/06/2024	21.22.21	11	14,03	16,8	65,7	52,4	58,1	0,3
07/06/2024	21.32.23	11	13,84	17	66,6	52,5	57,5	0,3
07/06/2024	21.42.25	11	13,63	17,1	67,4	52,4	57,3	0,3
07/06/2024	21.52.27	11	13,47	17,5	66	52,7	56,1	0,3
07/06/2024	22.02.29	11	13,26	18	67,8	52,7	57,9	0,3

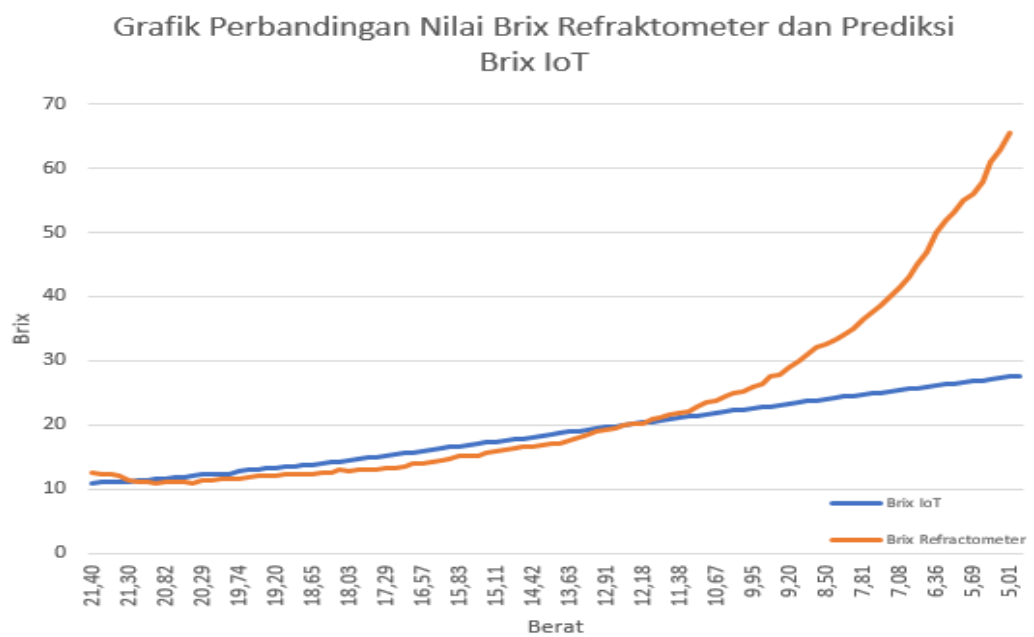
07/06/2024	22.12.31	11	13,12	18,5	67,6	52,9	55,8	0,3
07/06/2024	22.22.32	11	12,91	18,9	67,1	52,9	56,7	0,3
07/06/2024	22.32.34	11	12,72	19,2	66,4	53,5	58,1	0,3
07/06/2024	22.42.36	11	12,52	19,5	67,4	53,7	57,9	0,3
07/06/2024	22.52.38	11	12,38	19,9	67,9	53,7	57,9	0,3
07/06/2024	23.02.40	11	12,18	20,2	67,4	53,8	57,8	0,3
07/06/2024	23.12.42	11	11,99	20,3	67,7	53,8	56,7	0,3
07/06/2024	23.22.44	11	11,79	20,8	66,6	54,1	57,3	0,3
07/06/2024	23.32.46	11	11,60	21,2	67,4	54,1	57,5	0,3
07/06/2024	23.42.48	11	11,38	21,6	68,3	54,3	58,3	0,3
07/06/2024	23.52.50	11	11,21	21,9	66,2	54,4	58,1	0,3
08/06/2024	0.02.52	11	11,03	22	66,3	54,1	57,4	0,3
08/06/2024	0.12.54	11	10,90	22,8	66,6	54,5	57,9	0,3
08/06/2024	00.22.55	11	10,67	23,5	66,4	54,6	56,7	0,3
08/06/2024	00.32.57	11	10,49	23,7	66,8	54,7	57	0,3
08/06/2024	00.42.59	11	10,28	24,4	67,8	54,6	58,1	0,3
08/06/2024	00.53.00	11	10,12	24,9	68,4	54,3	56,6	0,3
08/06/2024	01.03.02	11	9,95	25,3	68,6	54,7	57,7	0,3
08/06/2024	01.13.04	11	9,76	25,8	68	54,5	57,2	0,3
08/06/2024	01.23.06	11	9,59	26,5	66,4	54,6	57,5	0,3
08/06/2024	01.33.07	11	9,38	27,5	67,5	54,9	56,8	0,3
08/06/2024	01.43.09	11	9,20	27,8	67,8	54,7	57,6	0,3
08/06/2024	01.53.11	11	9,02	28,9	68,7	54,5	57,8	0,3
08/06/2024	02.03.13	11	8,85	30	67,1	54,9	57	0,3
08/06/2024	02.13.15	11	8,69	31	67,6	54,9	57,3	0,3
08/06/2024	02.23.17	11	8,50	32	67	54,8	57,2	0,3
08/06/2024	02.33.18	11	8,35	32,5	68,4	54,6	55,8	0,3
08/06/2024	02.43.20	11	8,14	33,2	66,4	54,9	56,2	0,3
08/06/2024	02.53.22	11	8,00	34	67,6	54,7	56,6	0,3
08/06/2024	03.03.24	11	7,81	35	68,2	54,7	57,9	0,3
08/06/2024	03.13.25	11	7,61	36,5	68	54,9	56,7	0,3
08/06/2024	03.23.27	11	7,46	37,5	67,9	54,6	57	0,3
08/06/2024	03.33.28	11	7,27	38,5	68	54,9	56,4	0,3
08/06/2024	03.43.31	11	7,08	40	68,2	54,9	56,3	0,3
08/06/2024	03.53.33	11	6,91	41,5	68,1	54,7	56,2	0,3
08/06/2024	04.03.35	11	6,75	43	68,1	54,8	58,1	0,3
08/06/2024	04.13.37	11	6,57	45	67,9	54,7	57,4	0,3
08/06/2024	04.23.39	11	6,36	47	67,2	54,8	56,8	0,3
08/06/2024	04.33.41	11	6,22	50	67,4	54,7	56,7	0,3
08/06/2024	04.43.43	11	6,06	52	70,2	54,7	58,4	0,3
08/06/2024	04.53.44	11	5,87	53	68,9	54,8	57,3	0,3
08/06/2024	05.03.46	11	5,69	55	67,4	54,4	56,7	0,3
08/06/2024	05.13.48	11	5,54	56	67,2	54,8	57,2	0,3

08/06/2024	05.23.50	11	5,37	58	67,8	54,7	57,6	0,3
08/06/2024	05.33.51	11	5,20	61	68	54,7	58,2	0,3
08/06/2024	05.43.53	11	5,01	63	67,4	54,8	59,8	0,3
08/06/2024	05.53.55	11	4,85	65,5	67,8	54,7	58,8	0,3

- Grafik Perbandingan Suhu



- Grafik perbandingan nilai brix manual menggunakan refraktometer dengan prediksi brix IoT



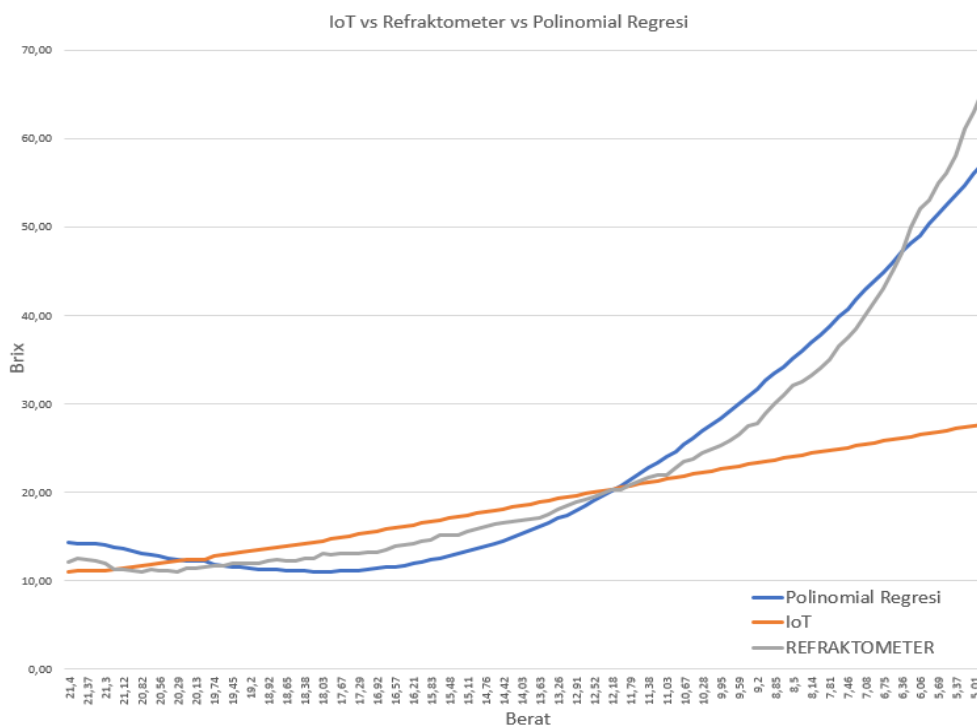
- Hasil Data *Polynomial Predict Brix*

Hours	IoT Predict	Polynomial Predict Brix	Refraktometer
12.59.19	11	14,26	12,1
13.09.21	11,05	14,17	12,5
13.19.23	11,07	14,13	12,4
13.29.24	11,08	14,11	12,2
13.39.26	11,11	14,06	12
13.49.30	11,26	13,79	11,3
13.59.31	11,4	13,56	11,2
14.09.36	11,54	13,34	11,1
14.19.39	11,69	13,11	11
14.29.40	11,81	12,93	11,2
14.39.42	11,95	12,74	11,1
14.49.45	12,11	12,53	11,1
14.59.47	12,22	12,39	11
15.09.49	12,37	12,22	11,4
15.19.47	12,38	12,21	11,4
15.30.58	12,4	12,18	11,5
15.40.59	12,77	11,81	11,7
15.51.01	12,92	11,68	11,7
16.01.04	13,06	11,57	11,9
16.11.07	13,18	11,48	12
16.21.08	13,31	11,39	12
16.31.10	13,46	11,31	12
16.41.13	13,59	11,24	12,2
16.51.16	13,71	11,19	12,3
17.01.17	13,86	11,13	12,2
17.11.19	13,98	11,09	12,2
17.21.21	14,13	11,06	12,5
17.31.23	14,3	11,03	12,5
17.41.28	14,48	11,02	13
17.51.30	14,66	11,03	12,9
18.01.46	14,84	11,06	13
18.11.40	15,02	11,10	13,1
18.21.41	15,22	11,17	13,1
18.31.43	15,39	11,24	13,2
18.41.46	15,59	11,35	13,2
18.51.47	15,77	11,46	13,5
19.01.49	15,94	11,58	13,9
19.11.51	16,12	11,73	14
19.21.53	16,31	11,91	14,2
19.31.55	16,5	12,10	14,5

19.41.56	16,68	12,30	14,6
19.51.58	16,85	12,51	15,1
20.02.01	17,04	12,75	15,2
20.12.04	17,23	13,02	15,2
20.22.06	17,4	13,28	15,6
20.32.12	17,58	13,56	15,8
20.42.25	17,76	13,87	16,1
20.52.27	17,92	14,15	16,4
21.02.17	18,1	14,49	16,5
21.12.19	18,29	14,87	16,6
21.22.21	18,49	15,28	16,8
21.32.23	18,67	15,67	17
21.42.25	18,88	16,15	17,1
21.52.27	19,04	16,53	17,5
22.02.29	19,25	17,05	18
22.12.31	19,39	17,41	18,5
22.22.32	19,6	17,97	18,9
22.32.34	19,8	18,52	19,2
22.42.36	19,99	19,07	19,5
22.52.38	20,14	19,51	19,9
23.02.40	20,33	20,09	20,2
23.12.42	20,52	20,69	20,3
23.22.44	20,72	21,35	20,8
23.32.46	20,92	22,02	21,2
23.42.48	21,13	22,75	21,6
23.52.50	21,3	23,36	21,9
0.02.52	21,48	24,02	22
0.12.54	21,61	24,50	22,8
00.22.55	21,84	25,39	23,5
00.32.57	22,02	26,10	23,7
00.42.59	22,23	26,95	24,4
00.53.00	22,39	27,62	24,9
01.03.02	22,56	28,34	25,3
01.13.04	22,75	29,17	25,8
01.23.06	22,92	29,92	26,5
01.33.07	23,13	30,87	27,5
01.43.09	23,31	31,71	27,8
01.53.11	23,49	32,56	28,9
02.03.13	23,66	33,38	30
02.13.15	23,82	34,17	31
02.23.17	24,01	35,12	32
02.33.18	24,17	35,94	32,5
02.43.20	24,37	36,98	33,2

02.53.22	24,52	37,77	34
03.03.24	24,7	38,74	35
03.13.25	24,9	39,84	36,5
03.23.27	25,05	40,67	37,5
03.33.28	25,24	41,75	38,5
03.43.31	25,43	42,84	40
03.53.33	25,6	43,84	41,5
04.03.35	25,76	44,79	43
04.13.37	25,94	45,88	45
04.23.39	26,15	47,17	47
04.33.41	26,3	48,11	50
04.43.43	26,45	49,05	52
04.53.44	26,65	50,34	53
05.03.46	26,82	51,44	55
05.13.48	26,97	52,43	56
05.23.50	27,14	53,57	58
05.33.51	27,31	54,72	61
05.43.53	27,51	56,09	63
05.53.55	27,66	57,14	65,5

- Grafik perbandingan nilai brix manual menggunakan refraktometer, prediksi brix IoT dan nilai pendekatan brix menggunakan polinomial regresi



Lampiran 3 : Pengujian Keakurasian

$$Akurasi = 100\% - error\ rate$$

$$Error\ rate = \frac{Observed\ Value - Actual\ Value}{Actual\ Value} \times 100$$

- Akurasi Sensor *Loadcell*

No	Timbangan	<i>Loadcell</i>	Akurasi
1	1 kg	1,24 kg	76%
2	3 kg	2,98 kg	99,04 %
3	5 kg	5,11 kg	97,8 %
4	10 kg	11,08 kg	89,2 %
5	20 kg	20,56 kg	97,3 %
Rata-rata			91,86 %

Lampiran 4 : Spesifikasi Alat dan Bahan yang digunakan

1. ESP 32

Atribut	Detail
CPU	Tensilica Xtensa LX6 32 bit Dual-Core di 160/240 MHz
SRAM	520 KB
FLASH	2MB (max 64MB)
Tegangan	2.2 V – 3.6 V
Arus Kerja	80mA
Program	C, C++, Phyton, Lua, dll
Open Source	Ya
Konektivitas	
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	4.2BR/EDR+BLE
UART	3
I/O	
GPIO	32
SPI	4
I2C	2
PWM	8
ADC	18(12bit)
DAC	2 (8bit)

2. Loadcell 100 kg (Sensor Timbangan)

- Merek Zemic

- Tipe L6E

- Kapasitas 100 KG

- Dimensi :

P :150 mm

L : 35 mm

T : 40 mm

3. Modul HX711

- V_{in} : DC 5V
- Arus : 10 mA
- Input : 2 channel Analog dari load cell (bisa dipakai untuk 2 load cell)
- Output : TTL (serial tersinkronisasi, DI dan SCK)
- Akurasi data : 24 bit (24-bit ADC)
- Frekuensi pembacaan (*refresh rate*) : 80 Hz
- Dimensi : panjang 38 mm x lebar 21 mm
- Berat : 20 gr

4. Refraktometer RHS10ATC

- Rentang :
Berat : 1000 – 1070
Salinitas : 0 – 100 %
- Min. Div (Resolusi) :
Salinitas : 1%
Massa Jenis : 0,001
- Akurasi
Salinitas : $\pm 0,001$
Massa Jenis : $\pm 0,001$

5. Solenoid Gas Valve

- Pipe Size/Drat : $\frac{1}{4}$ inch
- Tegangan : 220 V
- Lilitan : Tembaga
- Bahan pipa : Kuningan

6. Pulse Ignition Ariston

- Type part : PTI 1420 4 socket
- Tegangan : AC 220-240 Volt, 50/60 Hz
- Temperatur : 120°C
- Dimensi : P-112 mm, L-27mm & T-36mm

7. Kompor Miyako KG-101 C

- Daya Api : 2,9 kW
- Dimensi : 380 x 280 x 144 mm
- Berat bersih : 2 Kg
- Berat Kotor : 2,5 Kg