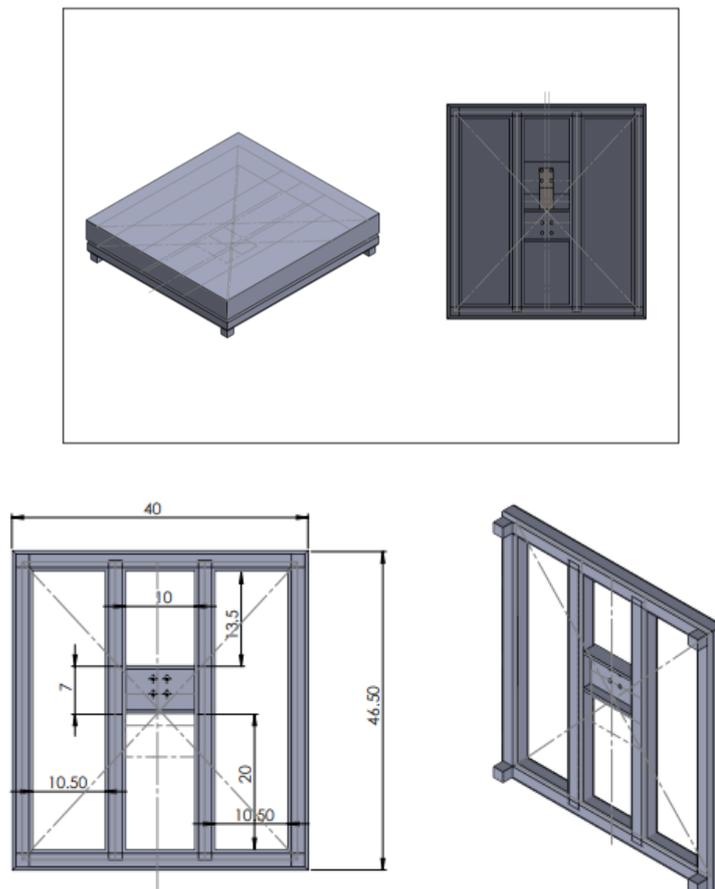


## BAB IV

### 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.



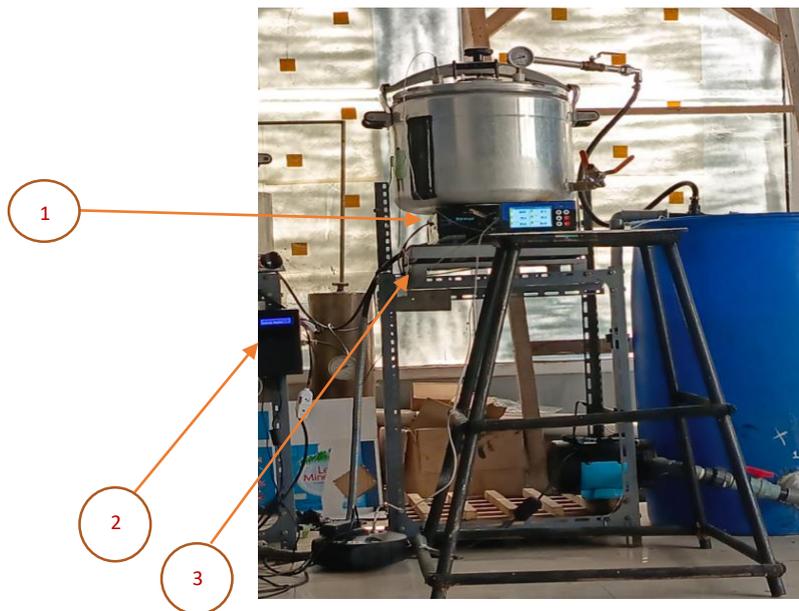
**Gambar 4.1** Rangka timbangan (*Solidworks*)

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 pemanasan, 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*  $81^{\circ}\text{C}$ , Jadi ketika suhu lebih dari  $81^{\circ}\text{C}$  maka mikrokontroler akan memerintah untuk mematikan proses pemanasan sehingga panas pada panci menurun. Lalu mengatur pada suhu  $77^{\circ}\text{C}$ , Sehingga ketika suhu yang turun sudah dibawah  $77^{\circ}\text{C}$  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 <span style="float: right;">Saved to Drive</span>						
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

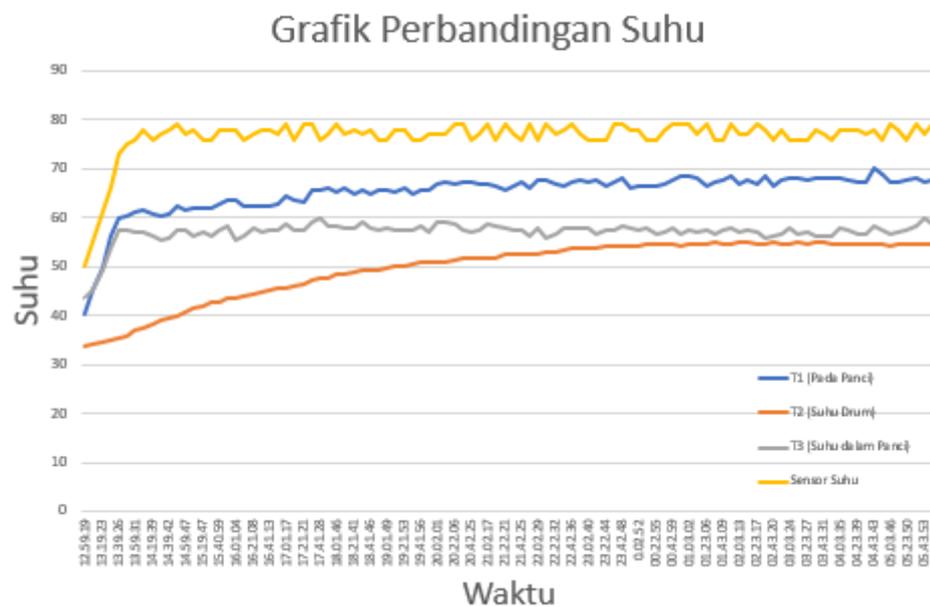
#### 4.4.3 Pengujian Alat dalam Pemasakan Nira Aren Cair

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.

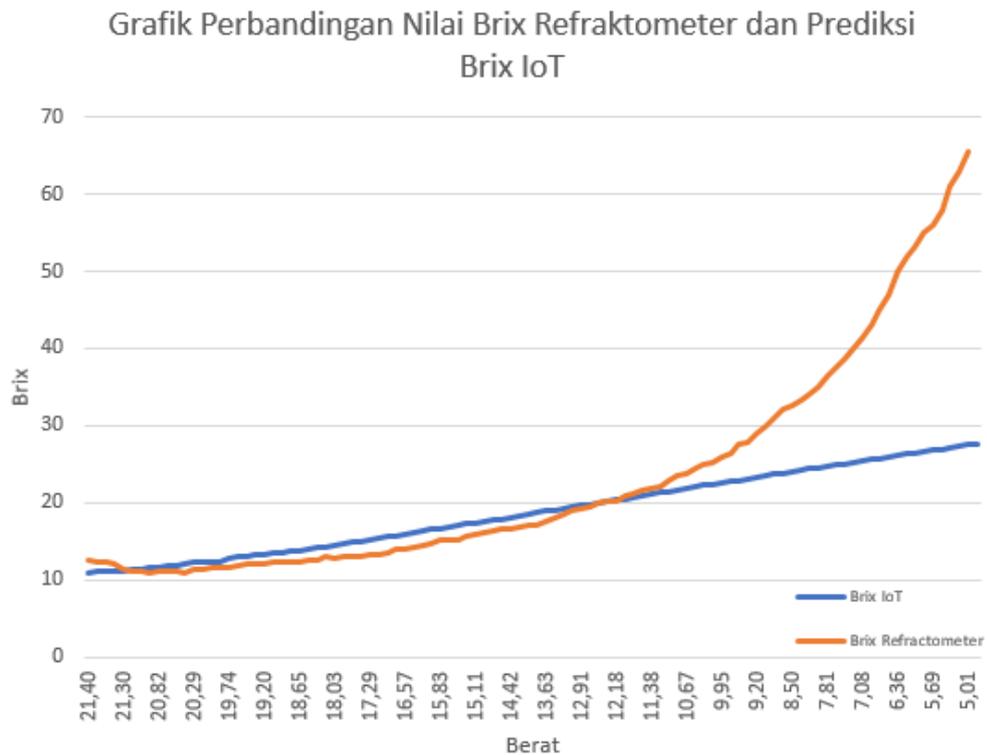


**Gambar 4.13** Grafik Perbandingan Suhu

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

$m_1$  = massa sebelumnya

$m_2$  = 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.

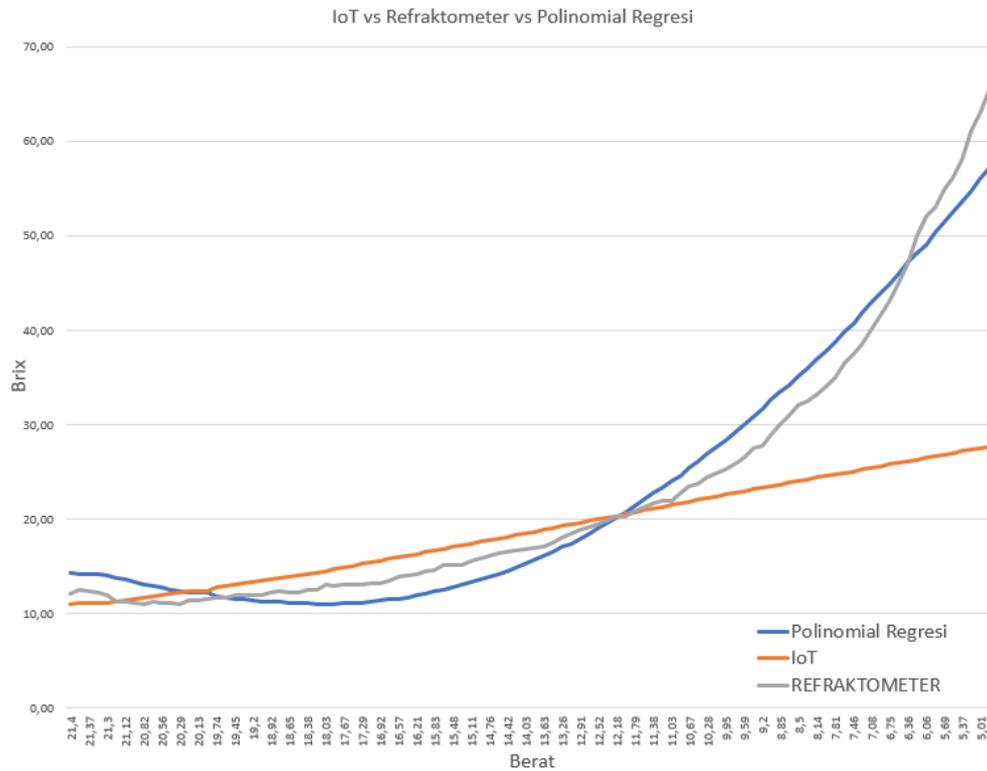
**Tabel 4.2** Hasil Data *Polynomial Predict Brix*

<b>Hours</b>	<b>IoT Predict</b>	<b>Polynomial Predict Brix</b>	<b>Refraktometer</b>
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.