

BAB IV

DATA DAN ANALISA

4.1 *Vacuum evaporator* dengan Sistem Kontrol ESP32

Vacuum evaporator yang digunakan dalam penelitian atau pengujian ini merupakan mesin *vacuum* yang telah sedikit mengalami pembaharuan yang terlihat pada gambar 4.1, dari yang sebelumnya. Dimana yang sebelumnya *vacuum evaporator* tidak menggunakan sistem Kontrol ESP32 sekarang alat ini menggunakan sistem Kontrol ESP32 yang dapat memudahkan kita dalam pemantauan ketika alat ini berjalan tanpa harus berada dekat dengan *vacuum evaporator*. Membuat alat ini lebih efisien dan juga memudahkan orang banyak dalam pemantauan kerja alat hingga nira aren cair jadi hingga mencapai nilai *brix* 65°.



Gambar 4.1 *Vacuum evaporator* dengan Kontrol ESP32

Prinsip kerja dari alat ini secara umum yaitu dengan melakukan *vacuum* pada sebuah ruangan yang menyebabkan ruangan tersebut terjadi *vacuum* atau tidak ada udara sama sekali karena telah dihisap menggunakan pompa *vacuum*. Nira aren cair segar dimasukan kedalam panci yang kemudian akan dilakukan *vacuum* hingga tekanan -0,7 sampai -0,75 bar, barulah setelah itu dilakukan pemasakan dengan temperatur pemasakan diatur melalui sistem Kontrol ESP32 ketika temperatur pemasakan sudah diatas 80 maka api pada kompor mati dan ketika temperatur sudah mencapai 77 maka kompor akan dinyalakan kembali, maka temperatur pemasakan akan stabil di 80 ° C. Hal tersebut ditujukan agar nutrisi pada nira aren cair tidak rusak dan masih dalam keadaan baik.

Program Kontrol ESP32 disini ditujukan untuk dapat memudahkan pemantauan dan pengambilan data ketika pengujian atau pemasakan, dimana data yang didapat dari sistem Kontrol ESP32 ini berupa temperatur panci pemasakan, perubahan berat ketika pemasakan dan juga nilai *brix* dari perhitungan konversi berat. Semua data itu didapatkan dari sensor yang ditempelkan pada alat seperti pada panci *loadcell* pada timbangan dan semua data yang terbaca pada sensor akan diteruskan dan ditampilkan pada spreadsheet tiap 10 menit sekali pembacaanya.

4.2 Hasil Pengujian Performa *Vacuum evaporator* dengan Sistem Kontrol ESP32

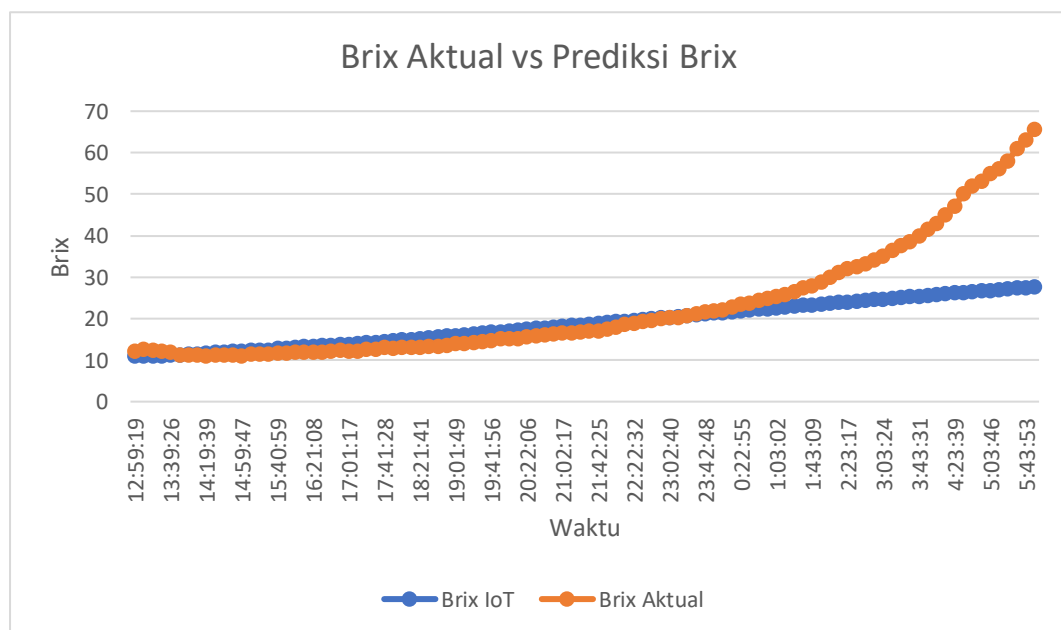
Adapun data uji performa alat *vacuum evaporator* dengan sistem Kontrol ESP32 dengan berbagai variabel data yang didapatkan seperti berat, temperatur, baik temperatur yang terbaca oleh sistem Kontrol ESP32 maupun yang menggunakan *thermocouple*, tekanan *vacuum* panci, waktu yang dibutuhkan dan juga nilai *brix* yang didapatkan sistem Kontrol ESP32 dengan nilai *brix* aktual dengan pengecekan menggunakan *refractometer* yang dapat membaca nilai konsentrasi gula dengan akurat. Adapun hasil pengolahan nira aren cair menggunakan *vacuum evaporator* dengan sistem Kontrol ESP32 dengan pemasakan selama kurang lebih 17 Jam dengan nilai index *brix* yaitu mencapai 65,5 sebagaimana pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.2 Nira Aren Hasil Pengolahan

4.2.1 Perbandingan nilai *brix* aktual dan *brix* Kontrol ESP32 terhadap waktu

Nilai *brix* aktual ini didapatkan melalui pengecekan menggunakan *refractometer* untuk melihat perkembangan nilai *brix* yang berubah, pengecekannya sendiri dilakukan setiap 10 menit sekali untuk mendapatkan data yang akurat setiap penurunan berat yang hilang. Berat awal nira aren sebelum pengolahan yaitu 21,4 Kg namun setelah dilakukan pengolahan selama kurang lebih 17 jam dengan temperatur yang terjaga pada 77-80 yaitu tersisa 4,8 Kg.



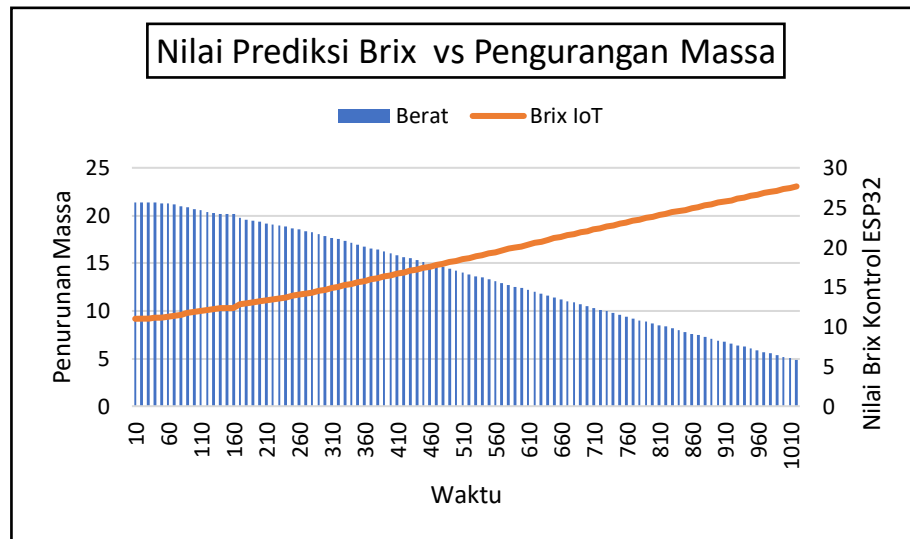
Gambar 4.3 Perbandingan nilai *brix* aktual dan *brix* Kontrol ESP32 terhadap waktu

Dari data yang ditampilkan pada gambar 4.3 ini menunjukkan grafik pemasakan nira aren cair dengan berat awal 21,4 Kg yang berisikan perbandingan *brix* kontrol ESP32 dan *brix* aktual menggunakan *refractometer* dengan waktu.

Berdasarkan data yang terdapat pada gambar 4.3, dapat diketahui bahwa terjadinya berkurangnya massa air ketika pengolahan setiap 10 menitnya dengan temperatur pemasakan yaitu stabil di 77-80°C dan juga tekanan *vacuum* hingga antara -7 bar - 0,75 bar. Nilai *brix* semakin besar berbanding dengan semakin lama pemasakannya, dimana uap nira aren cair yang dihisap oleh pompa *vacuum* dapat mengurangi berat dan juga meningkatkan konsentrasi nira cair yang menyebabkan kenaikan nilai *brix*nya. Dilihat dari garis grafiknya nilai antara *brix* aktual dengan *brix* Kontrol ESP32 memiliki nilai kemiripan dari awal hingga nilai *brix* mencapai 20,8 dengan 20,72. Setelah itu barulah nilai *brix* aktual mengalami kenaikan nilai *brix* yang signifikan sedangkan nilai *brix* Kontrol ESP32 cenderung stabil.

4.2.2 Perbandingan Nilai *Brix* Kontrol ESP32 dan Berat terhadap waktu

Nilai *brix* pada sistem Kontrol ESP32 ini didapatkan melalui konversi penurunan berat diakibatkan oleh laju evaporasinya, semakin besar nilai laju evaporasinya semakin besar penurunan berat yang terbaca oleh sensor berat maka nilai *brix* yang akan muncul juga akan semakin besar. Maka dari itu nilai *brix* dengan sistem Kontrol ESP32 ini berbanding dengan terbalik dengan nilai *brix*nya. Berikut ini grafik perbandingan nilai *brix* Kontrol ESP32 dan berat terhadap waktu.



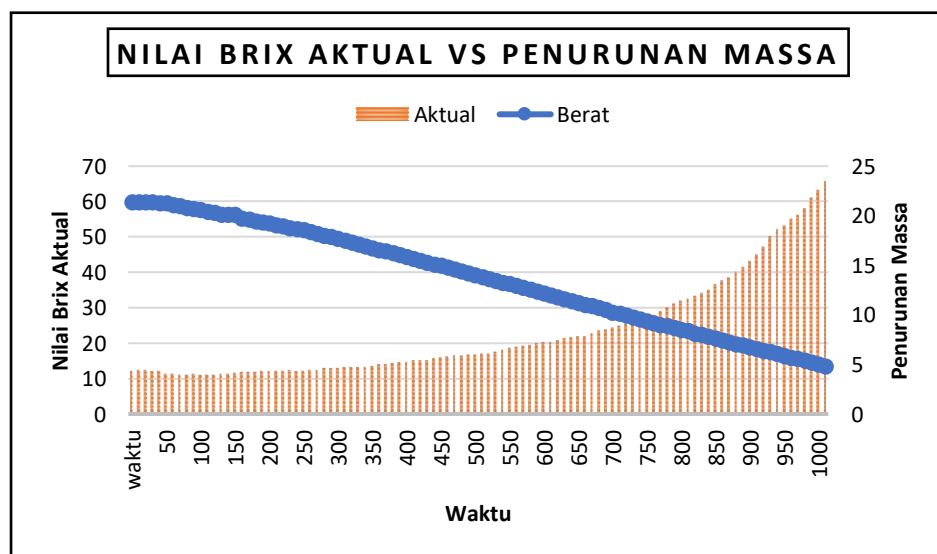
Gambar 4.4 Perbandingan Nilai *Brix* Kontrol ESP32 dan Berat terhadap waktu

Dari data yang ditampilkan pada gambar 4.4 ini menunjukkan grafik pemasakan nira aren cair dengan berat awal 21,4 Kg yang berisikan perbandingan *brix* kontrol ESP32 dan nilai penurunan berat, dimana untuk mendapatkan nilai *brix* pada sistem Kontrol ESP32 ini memerlukan penurunan berat untuk bisa mendapatkan nilai *brix*nya. Berdasarkan data yang ada pada gambar 4.4 dapat diketahui pengurangan massa nira aren cair ini terjadi ketika dilakukan pemasakan dengan temperatur 77-80, dengan titik *vacuum* 2,5 – 3 bar. Dimana penurunan berat ini mempengaruhi nilai *brix* pada sistem Kontrol ESP32. Jika dilihat grafik diatas titik *brix* awal nira sekitar 11 dan berat sekitar 21,4 Kg, yang mana berat semakin turun dan kenaikan nilai *brix* pada sistem Kontrol ESP32 yang juga bertambah dikarenakan menggunakan rumus ($Brix = Brix\ awal/terknini - (Brix\ terkini - awal)$) untuk mendapatkan konversi nilai *brix*nya.

Dengan melihat grafik penurunan berat massa nira yang cenderung stabil naik, maka performa dari laju evaporasinya juga dapat dikatakan stabil tidak turun dan naik begitu jauh maka dapat menghasilkan nilai penurunan massa nira aren dan nilai *brix* pada sistem Kontrol ESP32 yang stabil.

4.2.3 Perbandingan Nilai *Brix* Aktual dan Berat terhadap waktu

Nilai *brix* aktual ini didapatkan melalui pengecekan menggunakan *refractometer* untuk melihat penambahan nilai *brix* yang berubah, pengecekannya sendiri dilakukan setiap 10 menit sekali untuk mendapatkan data yang akurat setiap penurunan berat yang hilang. Berat awal nira aren sebelum pengolahan yaitu 21,4 Kg namun setelah dilakukan pengolahan selama kurang lebih 17 jam dengan temperatur stabil pada temperatur 77-80°C berat yang tersisa hanya 4,85 Kg.



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai *Brix* Aktual dan Berat terhadap waktu

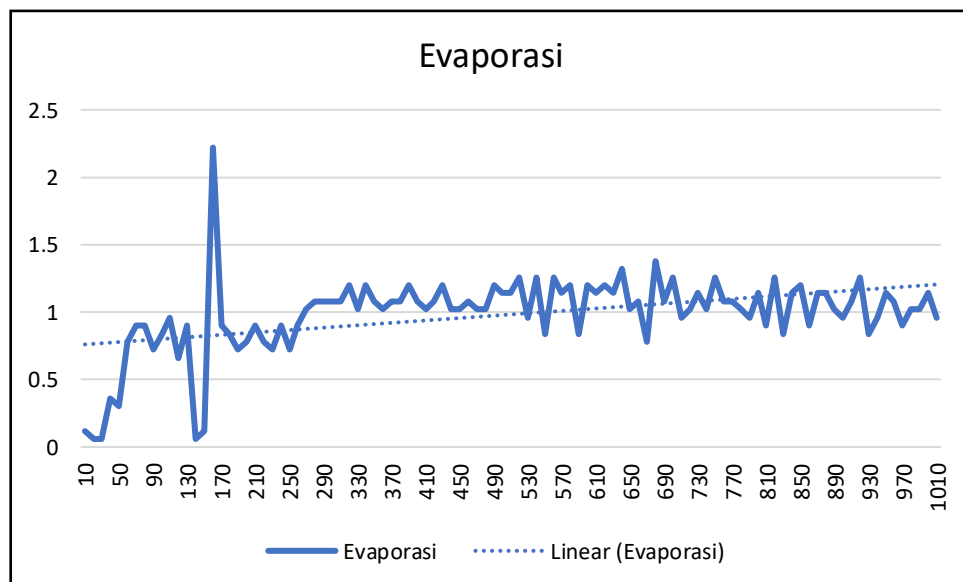
Dari data yang ditampilkan pada gambar 4.5 ini menunjukkan grafik pemasakan nira aren cair dengan berat awal 21,4 Kg yang berisikan perbandingan *brix* aktual dan nilai penurunan berat, dengan *brix* akhir 65 atau mencapai nilai yang diinginkan dengan berat akhir 4,85 kg. Untuk mendapatkan nilai *brix* tersebut umumnya digunakan alat yaitu *refractometer* yang dapat melihat konsentrasi gula melalui index pembiasan cahaya, semakin kecil nilai *brix*nya maka nilai konsentrasi gulanya semakin kecil dan semakin banyak nilai kandungan airnya, begitupun sebaliknya jika kandungan air pada nira semakin sedikit

maka nilai *brix*nya semakin besar, maka biasanya nira dengan *brix* yang tinggi ditandai dengan warna yang lebih pekat.

Melihat grafik perbandingan diatas maka dapat menunjukkan bahwa nilai grafik penurunan berat yang cenderung stabil tidak terlalu mempengaruhi nilai *brix* yang stabil pula, semakin sedikit berat nira aren yang akan mempengaruhi nilai *brix* aktual ini, dilihat dari grafik penurunan massa, semakin turun grafik penurunan massanya maka semakin besar juga kenaikan nilai *brix* aktualnya.

4.2.4 Perbandingan nilai evaporasi terhadap waktu

Nilai laju evaporasi merupakan ukuran banyaknya cairan yang berhasil diuapkan atau dievaporasi menjadi uap dalam persatuan waktu tertentu. Evaporasi atau penguapan umumnya terjadi ketika terjadinya kenaikan temperatur yang signifikan pada cairan yang hampir atau mencapai titik didih yang ditandai dengan munculnya uap atau asap putih. Banyaknya uap yang naik dari cairan maka semakin berkurang pula massa cairan tersebut termasuk juga pada nira aren cair. Adapun grafik perbandingan antara laju evaporasi dengan waktu.



Gambar 4.6 Perbandingan nilai evaporasi terhadap waktu

Dari data yang ditampilkan pada gambar 4.6, menunjukkan bahwa grafik memiliki nilai yang fluktuatif namun masih cenderung stabil dengan ditandai oleh *trendline* yang cenderung naik dengan stabil. Evaporasi ini ditandai dengan pengurangan massa yang berbanding selaras juga. Jika penurunan massa cairan nira aren cair banyak maka evaporasi atau pengurangan kadar airnya pun juga akan naik. Umumnya hal tersebut disebabkan oleh kenaikan temperatur pemasakan yang seketika naik drastis beberapa saat. Maka dari itu temperatur pemasakan nira aren cair ini diatur atau dijaga dalam sistem Kontrol ESP32 untuk tidak lebih dari 80°C agar performa laju evaporasinya tetap stabil. Adapun kadar cairan akhir yang ada pada nira aren cair dengan nilai *brix* 65 dapat dihitung menggunakan rumus seperti

Kadar Air dalam gula aren cair=

$$\frac{(\text{Berat awal}-\text{berat akhir})}{\text{berat awal}} \times 100\% = X\%$$

$$= 100\% - X\% = Y \%$$

$$\text{Kadar Air dalam gula aren cair} = \frac{(21,4-4,85)}{21,4} \times 100\% = 77\%$$

$$= 100\% - 77\% = 23\%$$

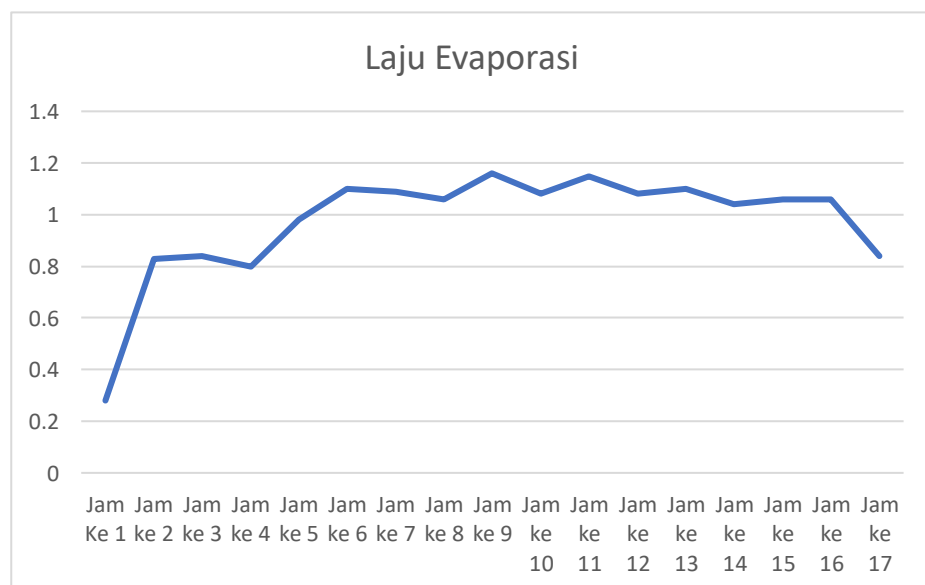
Setelah dilakukan perhitungan kadar air ini maka dapat disimpulkan bahwa pengujian kali ini dengan berat 21,4 Kg dengan dilakukan pemasakan selama kurang lebih 17 jam dengan tekanan *vacuum* (-0,7 bar) – (-0,75 bar) dan temperatur yang tidak melebihi 80°C dalam mengurangi kadar air sebanyak 77% dan dapat membuat nilai konsentrasi gula atau nilai *brix* mencapai 65.

Untuk laju evaporasinya sendiri didapat berdasarkan penjumlahan pengurangan berat yang dibaca oleh timbangan perjamnya. Besarnya laju evaporasi disebabkan oleh tingginya temperatur pemasakan pada panci yang menyebabkan penguapannya semakin banyak dan pengurangan beratnya semakin banyak. Adapun tabel dan juga grafik laju evaporasi terhadap waktu seperti dibawah ini.

Tabel 4.1 Laju Evaporasi Terhadap Waktu

Waktu	Laju Evaporasi
Jam Ke 1	0.28
Jam ke 2	0.83
Jam ke 3	0.84
Jam ke 4	0.8
Jam ke 5	0.98
Jam ke 6	1.1
Jam ke 7	1.09
Jam ke 8	1.06
Jam ke 9	1.16
Jam ke 10	1.08
Jam ke 11	1.15
Jam ke 12	1.08
Jam ke 13	1.1
Jam ke 14	1.04
Jam ke 15	1.06
Jam ke 16	1.06
Jam ke 17	0.84
Rata rata	0.973529

Berdasarkan data pada tabel diatas maka dibuatkanlah grafik dari laju evaporasi ini untuk dapat memudahkan pembacaan dan Analisa mengenai laju evaporasi seperti pada gambar dibawah ini.

**Gambar 4.7** Nilai Laju Evaporasi Terhadap Waktu

Berdasarkan data tabel dan juga gambar di atas maka dapat dijelaskan bahwasannya rata rata laju evaporasi yang berhasil

didapatkan oleh alat *vacuum evaporator* dengan sistem Kontrol ESP32 ini sebesar 0,9736 kg/jam. Artinya alat ini dapat melakukan evaporasi, mengurangi massa nira aren cair selama satu jam kurang lebih 1 kilogram, dan hasilnya adalah dalam waktu 17 jam didapati berat yang awalnya sebanyak 21,4 Kg menjadi 4,85 Kg dan telah hilang 16,55 Kg. Pengurangan berat yang terjadi karena adanya evaporasi ini disebabkan oleh adanya pemanasan pada nira aren cair, semakin panas temperatur pemasakannya maka penguapannya atau nilai evaporasinya semakin besar. Dimana kandungan cairan pada nira aren cair yang terevaporasi ini dihisap menggunakan pompa *vacuum* dengan laju evaporasi sebesar 0,9736 kg/jam. Besarnya laju evaporasi ini juga dapat disebabkan oleh tenaga hisap yang dihasilkan oleh *vacuum* itu sendiri, semakin besar daya hisap yang dihasilkan pompa *vacuum* maka laju evaporasinya juga akan bertambah.

4.3 Hasil dan Pembahasan *Vacuum evaporator* dengan Alat Kontrol Berbasis ESP32

Vacuum evaporator dengan Kontrol ESP32 ini digunakan untuk melakukan pengolahan nira aren cair dengan efisien untuk mendapatkan *output brix* 65 dengan kandungan nira aren yang baik dan tidak hancur dikarenakan pemanasan berlebih. Sistem Kontrol ESP32 yang ada pada alat ini ditujukan untuk berbagai macam tujuan seperti memudahkan pemantauan pengujian yang langsung tersedia melalui spreadsheet, mengatur temperatur agar terjaga pada temperatur 77-80. Dengan pengujian dilakukan selama kurang lebih 17 jam dengan berat awal nira aren cair sebanyak 21,4 Kg dan berat akhir 4,85 Kg, untuk nilai *brix* awal yaitu 11 dan nilai *brix* akhir mencapai 65.

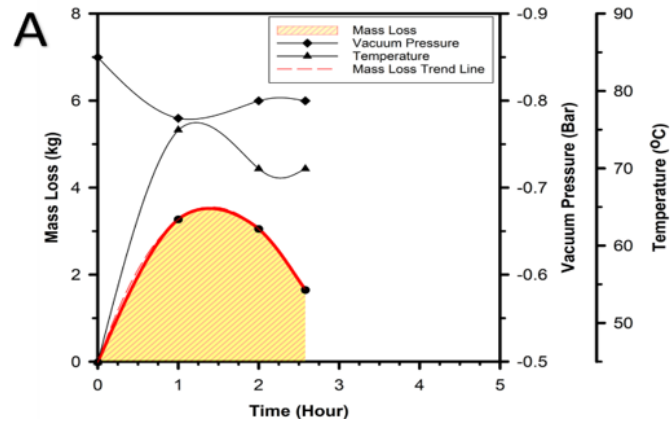
Temperatur pemasakan yang ditampilkan pada sensor temperatur maupun *thermocouple* tidak ada yang menunjukkan temperatur yang lebih tinggi dari 80, hal tersebut bukan hanya karena pemasannya yang diatur oleh sistem Kontrol ESP32 namun juga disebabkan oleh ruang *vacuum* bertekanan (-0,75 – -0,7 bar) yang dapat menurunkan titik didih suatu cairan. Maka dari itu temperatur pada *thermocouple* yang digunakan sebagai alat validasi sensor pada sistem

Kontrol ESP32 ini cenderung stabil diangka 65-70°C, hal tersebut diakibatkan oleh titik didih yang diturunkan oleh kondisi *vacuum* pada panci.

Juga kadar air yang dapat diturunkan hingga mencapai 23% dengan berat akhir 4,85 Kg dengan nilai *brix* 65 dan memiliki nilai evaporasi yang cukup ideal yaitu diangka rata rata 1,082 gr/jam. Dengan temperatur dalam panci yang dilakukan pengecekan menggunakan *thermocouple* yaitu diantara 65-75°C. Laju evaporasi yang baik, temperatur yang terjaga baik, dan juga tekanan yang terjaga baik akan menghasilkan nilai efisiensi yang baik dan akan menciptakan waktu pengolahan yang lebih baik dikarenakan nilai performa evaporasi yang semakin tinggi maka semakin banyak kadar air yang dievaporasi atau diuapkan, maka pengurangan massa cairan yang semakin banyak pula.

Setelah dilakukannya pengujian dengan alat *vacuum evaporator* untuk pengolahan nira aren cair dengan kontrol berbasis ESP32 dapat dilakukan dan benar juga dapat menampilkan data yang diteruskan oleh ESP32 melalui sinyal WI-FI dan akan diteruskan kedalam bentuk spreadsheet dan semua data yang dibutuhkan berupa temperatur, berat, waktu dan nilai *brix* ini dapat tertampil. Walaupun belum dapat dikatakan sempurna dikarenakan belum menemukan kesamaan dalam nilai *output brix*nya dan masih dalam tahap awal dari percobaan penggunaan kontrol ESP32 terhadap *vacuum evaporator* ini, dan juga masih dalam pencarian formula yang baik untuk menemukan formula untuk nilai *brix* pada spreadsheet ini setidaknya dapat menyamai dan dapat diterima dalam skala UMKM. Namun untuk saat ini penggunaan alat kontrol ESP32 ini hanyalah untuk monitoring pengolahan nira aren cair menggunakan *vacuum evaporator* untuk optimalisasi kualitas gula aren cair.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengujian yang serupa dengan perbedaannya tanpa menggunakan kontrol sistem Kontrol ESP32, dengan berat awal yang digunakan sebanyak 10 kg nira aren cair dengan berbagai macam temperatur dan tekanan *vacuum*nya dengan . Pada penelitian ini salah satu sampel yang diambil yaitu dengan pengujian dengan temperature 60°C dengan tekanan *vacuum* sebesar -0,6 bar dapat dilihat seperti gambar grafik hasil pengujiannya.



Gambar 4.8 Grafik Pengujian Sebelumnya Dengan Berat 10 kg

Berdasarkan gambar yang disajikan diatas bahwasannya pada pengujian ini memiliki nilai laju evaporasi yang cukup besar dimana pengurangan massa terbesarnya yaitu 3,9 kg/jam yang mana hal tersebut menyebabkan waktu pemasakan pada pengujian ini hanya 2 jam 14 menit. Hal tersebut menandakan laju evaporasinya sangat baik dan dapat memangkas waktu pengolahan lebih cepat. Jika dibandingkan dengan gambar 4.7 dimana pengujian saat ini dengan berat 21,4 kg pada temperatur yang kurang lebih sama di 60°C dengan waktu pemasakan 17 jam seharusnya jika performanya sama dengan pengujian sebelumnya maka waktu pengolahannya selama 4 jam 20 menit.

Hal tersebut tentu dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, karakteristik kandungan pada nira aren cair, dimana hal ini tentu dapat mempengaruhi laju evaporasi pada pemasakan nira aren cair ini menjadi lebih lama atau lebih cepat. Adapun juga kondisi tekanan *vacuum* pada panci yang akan mempengaruhi nilai temperatur pada panci semakin rendah tekanan *vacuum* maka semakin rendah temperatur yang dihasilkan dan akan membuat waktu pemasakan lebih lambat. Juga pengaruh panas pemasakan yang besar akan dapat mempengaruhi pengurangan berat dari pemasakan nira aren cair maka juga akan mempengaruhi nilai laju evaporasinya.