



ARTICLE

Pembuatan Gula Cair dari Nira Aren (*Arenga pinnata*) pada Kondisi Vakum

Bambang Soeswanto^{1*}, Rida Sri Maulida¹, Yohana Tiosari Br Simanjuntak¹

¹Politeknik Negeri Bandung, Indonesia

Koresponden: E-mail: bambang.soeswanto65@gmail.com

Submitted 25 Aug 2023

Revised 15 Sept 2023

Published 15 Nov 2023

ABSTRAK

Nira aren merupakan cairan yang disadap dari bunga jantan pohon aren yang dapat diolah menjadi gula aren cair. Proses pengolahan gula aren cair secara konvensional dilakukan di atas wajan terbuka dan dipanaskan dengan api. Penggunaan suhu yang tinggi menyebabkan warna gula menjadi coklat dan menurunkan kualitas gula. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan tekanan optimum dan waktu evaporasi sehingga didapatkan gula cair berkualitas baik sesuai dengan SNI 8779:2019 ditinjau dari kadar sukrosa dan kadar abu. Metode penelitian menggunakan alat Rotary Evaporator Vakum sehingga cairan dapat mendidih pada suhu yang lebih rendah dari titik didih normal. Uji yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji pH, padatan terlarut (sukrosa), kadar air, kadar abu, viskositas dan uji warna. Hasil yang diperoleh dari penelitian yaitu tekanan evaporasi optimum 0,5 Bar absolute dengan waktu proses 120 menit. Gula aren cair yang dihasilkan memiliki kadar sukrosa 78oBrix; kadar air 11,41%; kadar abu 0,02%; viskositas 6483 mPa.S, nilai warna kecerahan (L*) 58,16; Kemerahan (a*) 2,09; dan Kekuningan (b*) 21,88 dan yield yang diperoleh 71,72%.

Kata Kunci: Gula aren cair; evaporator vakum

ABSTRACT

Palm sap is a liquid that is tapped from the male flowers of the palm tree which can be processed into liquid palm sugar. The conventional process of liquid sugar production is carried out using an open pan and heated over a fire. The use of high temperatures in this process results in brown color and reduces the quality of the sugar. This study aims to obtain optimum conditions namely pressure and cooking time to obtain good quality liquid sugar that meets the standard of SNI 8779:2019, as observed from the sucrose content and ash content. The method used is a Vacuum Rotary Evaporator so that the liquid can boil at a lower temperature. The tests used in this study were pH, dissolved solids, moisture content, ash content, viscosity, and color tests. In this study the sap evaporation process was carried out at a pressure of 0.5 Bar absolute with a processing time of 120 minutes. The resulting liquid palm sugar has a sucrose content of 78 oBrix; water content of 11,41%; Ash content of 0.02%; viscosity of 6483 mPa.S, brightness color value (L) 58,16; redness (a*) 2,09; and yellowish (b*) 21,88 and the yield of liquid sugar obtained was 71,72%.*

Keywords: liquid palm sugar; vacuum evaporator

PENDAHULUAN

Gula merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang memegang peranan penting bagi masyarakat maupun industri. Konsumsi gula hingga saat ini terus mengalami peningkatan sementara gula aren kini mendapat banyak perhatian dari berbagai kalangan. Gula aren adalah pemanis alami yang terbuat dari nira yang dikumpulkan dari bunga beberapa jenis palem, yaitu aren (*Arenga pinnata*). Gula aren mempunyai kekhasan tersendiri apabila dibandingkan

dengan gula dari sumber lainnya (gula tebu, gula bit). Gula aren cair memiliki kandungan sukrosa kurang lebih 84%, sehingga gula aren mampu menyediakan energi yang lebih tinggi dari jenis gula lainnya [1-4].

Secara umum proses pengolahan gula dari nira aren dilakukan dengan cara memanaskan nira di atas wajan hingga mengental. Namun, dari proses pengolahan secara konvensional tersebut terdapat permasalahan yang ditemukan khususnya mutu produk yang rendah. Pemanasan

secara langsung di atas wajan terjadi pada rentang suhu di atas 100°C yang menyebabkan warna dari produk menjadi coklat karena adanya reaksi maillard. Selain itu proses pemanasan di atas wajan ini juga dilakukan secara terbuka sehingga sangat mudah terkontaminasi. Pemanasan pada suhu tinggi dapat mempengaruhi komposisi gula aren. Oleh karena itu diperlukan kondisi proses yang tepat serta alat yang dapat memaksimalkan proses pengolahan produk gula aren cair. Evaporator Vakum (vacuum evaporator) adalah peralatan yang digunakan untuk menguapkan air pada tekanan dan suhu rendah sehingga dapat mengurangi kadar air suatu bahan, dan mengurangi kerusakan kualitas produk [5-9].

Dalam penelitian Aghata, 2018 mengenai pengaruh suhu dan lama/durasi evaporasi vakum terhadap karakteristik fisikokimia dan organoleptik gula cair sorgum, diperoleh kondisi operasi terbaik pada tekanan 26 inHg, suhu 80 °C selama 45 menit yang menghasilkan gula cair dengan total padatan terlarut 96,33 obrix, viskositas 2809,66 cp, turbiditas 269,33 NTU; nilai kecerahan (L^*) 24,99; nilai kemerahan (a^*) -1,97; nilai kekuningan (b^*) 3,8 [10].

Dalam penelitian Diniyah, et al., pemasakan nira siwalan pada tekanan 150 mBar suhu 65 °C dan waktu pemanasan 1,5 jam diperoleh gula cair dengan padatan terlarut 75°Brix, pH 6,63, viskositas 6,99 x 103 cP, dan 34,55 kecerahan (L^*), 8,83 kemerahan (a^*) dan 22,35 kekuningan (b^*) [11].

Penelitian tentang gula aren cair oleh Slamet Wiyono, et al. dilakukan dengan prototype vacuum evaporator pada tekanan 0,24 atm, suhu 72°C, dan umpan nira aren sebanyak 1,3 kg dihasilkan gula aren cair dengan kadar air 21% [12].

Berdasarkan latar belakang di atas maka dilakukan penelitian pengolahan gula aren cair menggunakan teknik evaporasi vakum dengan variasi tekanan dan lama evaporasi menggunakan rotary evaporator vakum. Penggunaan metode vakum dalam proses penguapan diharapkan dapat menghasilkan gula aren cair dengan mutu produk yang lebih baik dari pemasakan yang dilakukan secara terbuka di atas wajan baik segi fisik maupun kimiawi, serta yield yang tinggi.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pilot Plant, Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung.

Alat

Evaporasi dilakukan dalam rotary evaporator yang dilengkapi dengan thermocouple, thermometer, dengan bantuan pompa vakum dan chiller. Untuk analisa digunakan neraca analitis, piknometer, *refractometer*, *viskometer*, *oven*, *desikator*, *furnace*, dan *colorimeter*.

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu 2 L Nira Aren dari petani aren di daerah Pasanggrahan Subang, Jawa Barat, 300 g Sukrosa, dan Aquadest.

Prosedur

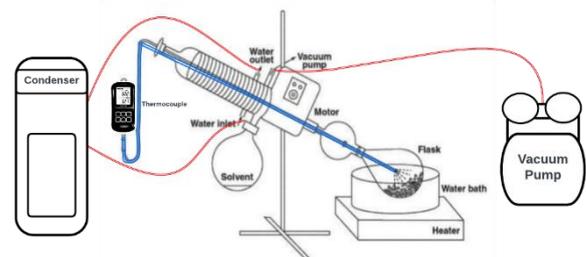
Pada penelitian ini dilakukan tahap persiapan, penelitian dan analisis produk.

Persiapan

Semua peralatan dan bahan yang diperlukan untuk proses penelitian disiapkan. Rotary evaporator, pompa vakum dan chiller dipastikan sudah terpasang menjadi rangkaian, dan tidak ada kebocoran pada sambungan. Sukrosa sebanyak 51 g dilarutkan dalam aquadest hingga mencapai volume 300 mL. Persiapan pada bahan baku nira aren disaring terlebih dahulu menggunakan kain saring kemudian diukur pH awal pada nira aren. Jika pH <6 maka tambahkan CaCO_3 untuk menaikan pH mencapai pH 6-7.

Tahap Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian alat Rotary Evaporator vakum

Pada penelitian ini dilakukan dua tahap percobaan.

- Penelitian pendahuluan menggunakan larutan sukrosa 16 obrix

Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan tekanan yang dibutuhkan pada proses evaporasi nira.

- Evaporasi Nira Aren

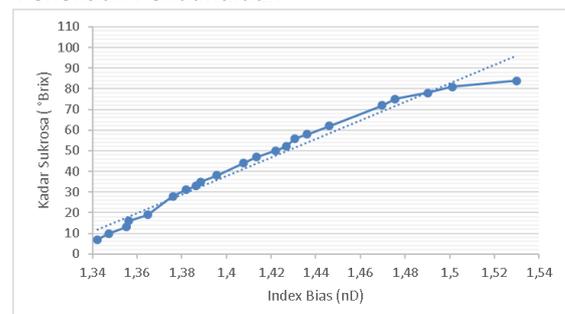
Pembuatan gula aren cair menggunakan *rotary evaporator* vakum dengan variasi tekanan, dan waktu. Bahan yang digunakan yakni cairan nira yang sudah dipersiapkan pada tahap sebelumnya.

Analisis Produk

Gula aren cair yang dihasilkan dilakukan pengujian padatan terlarut (obrix), kadar air, kadar abu, viskositas, pH, dan uji warna.

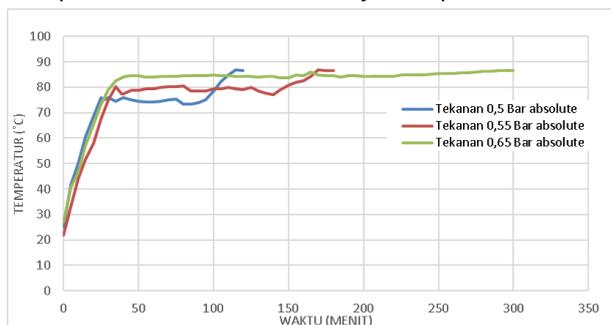
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Penelitian Pendahuluan



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Index Bias dan oBrix Larutan Sukrosa

Evaporasi larutan sukrosa dilakukan dengan variasi tekanan yaitu 0,5; 0,55 dan 0,65 Bar absolute. Perubahan suhu evaporasi larutan sukrosa ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva perubahan suhu selama evaporasi larutan sukrosa pada tekanan berbeda

Pada tekanan 0,65 Bar absolute larutan sukrosa mulai mendidih pada menit ke-45 pada suhu 84,30C dan konstan, lalu terjadi peningkatan suhu pada menit ke-250 akan tetapi tidak signifikan. Sementara pada tekanan 0,55 Bar absolute larutan sukrosa mulai mendidih pada menit ke-40 pada suhu 77,50C dan konstan, lalu terjadi kenaikan titik didih pada menit ke-145. Proses evaporasi berakhir saat kondensat tidak keluar yaitu pada menit ke 180. Pada tekanan 0,5 Bar absolute larutan sukrosa mulai mendidih pada menit ke-35 pada suhu 75,10C dan konstan, lalu terjadi peningkatan titik didih pada menit ke-95. Peningkatan terjadi karena konsentrasi larutan semakin pekat sehingga membutuhkan suhu lebih tinggi untuk menguapkan pelarut. Evaporasi berakhir saat kondensat tidak keluar yaitu pada menit ke 120.

Semakin rendah tekanan operasi maka titik didih larutan akan semakin rendah. Penurunan tekanan uap adalah salah satu sifat koligatif larutan yang tergantung pada jumlah partikel terlarut dalam larutan, bukan dari sifat kimiawi partikel tersebut. Adanya partikel terlarut yang hadir dalam larutan memperlambat pembentukan uap murni. Pada tekanan yang lebih rendah, molekul-molekul pelarut dalam larutan lebih mudah untuk menguap karena tekanan atmosfer yang lebih rendah mempengaruhi kesetimbangan antara fase cair dan fase uap. Hasil evaporasi larutan sukrosa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaporasi Larutan Sukrosa

Tekanan (bar absolute)	Kon-sentrat (mL)	Kon-densat (mL)	Waktu (Menit)	(°Brix)
0,50	42	255	120	81,2
0,55	44	251	180	77,6
0,65	73	227	300	50,2

Dari ketiga hasil evaporasi larutan sukrosa didapatkan kondisi terbaik yaitu tekanan 0,5 Bar absolute, dengan waktu 120 menit, dengan kadar sukrosa pada larutan konsentrat mencapai 81,2 obrix. Pada kondisi ini kadar sukrosa sudah memenuhi standar SNI 8779:2019 gula cair dengan kandungan sukrosa minimum 65o Brix. Pada tekanan 0,55 diperoleh kadar sukrosa pada larutan konsentrat mencapai 77,6824 oBrix dengan waktu evaporasi lebih lama yaitu 180

menit, sedangkan pada tekanan 0,65 Bar absolute kadar sukrosa larutan konsentrat masih di bawah standar tersebut. Volume konsentrat dan kondensat berturut-turut sebanyak 42 mL dan 255 mL. Dari hasil ini dapat diketahui adanya kehilangan umpan sebanyak 3 mL. Kehilangan umpan disebabkan karena uap yang terbentuk ikut tertarik oleh pompa vakum, sehingga diperlukan air pendingin yang memiliki suhu lebih rendah agar uap yang terbentuk dapat langsung berubah fase menjadi cair (kondensat) dan kehilangan umpan dapat dihindari. Dari hasil evaporasi larutan sukrosa ini kondisi operasi yang akan digunakan untuk evaporasi nira aren yaitu pada tekanan 0,5 bar absolute [13].

2. Evaporasi Nira Aren

Penelitian utama dilakukan evaporasi nira aren dengan tekanan operasi yang didapatkan dari hasil percobaan pendahuluan yakni 0,5 bar absolute.

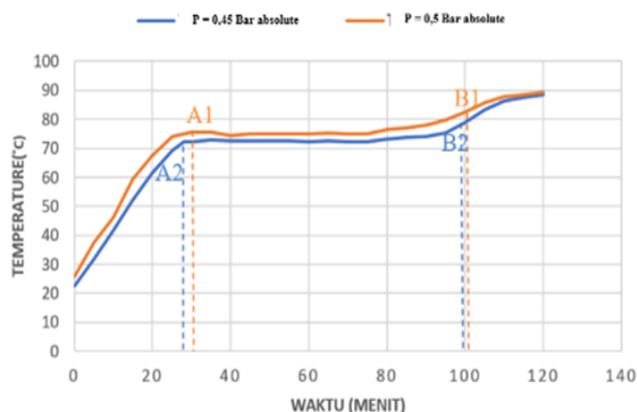
2.1 Analisis Awal Bahan Baku (Nira)

Sebelum dilakukan percobaan evaporasi terlebih dahulu dilakukan analisis kandungan brix dan pH nira. Brix menunjukkan kadar sukrosa yang terkandung dalam suatu larutan. Nilai index bias pada nira diplotkan pada kurva kalibrasi diperoleh kandungan sukrosa pada nira yaitu 14,5°Brix.

Lalu dilakukan juga pengukuran pH dan diperoleh nilai sebesar 6. Tingkat keasaman nira berperan penting pada proses inversi yang merubah sukrosa menjadi glukosa dan fruktosa. Semakin kecil pH bahan baku maka laju inversi juga akan semakin tinggi. Beberapa bakteri memiliki preferensi terhadap lingkungan asam karena mereka dapat mengoptimalkan aktivitas enzimatik dan proses metabolik dalam kondisi tersebut. Oleh karena itu, pH rendah pada nira aren harus dicegah dengan penambahan basa, agar meminimalkan terjadinya gula reduksi.

2.2 Proses Evaporasi Nira

Proses evaporasi nira dilakukan dengan 2 variasi tekanan yaitu 0,45 dan 0,5 Bar absolute sampai kondensat tidak menetes. Hasil dari proses evaporasi nira dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva hasil evaporasi nira aren

Titik A1 pada Gambar 4 menunjukkan titik didih nira pada tekanan 0,5 Bar absolute dan titik A2 menunjukkan titik didih nira pada tekanan 0,45 Bar absolute. Pada tekanan 0,45 Bar absolute nira mendidih pada suhu 72,2oC dan pada tekanan 0,5 Bar absolute nira mendidih pada suhu 75,5 oC.

Titik B1 pada Gambar 4 menunjukkan kenaikan titik didih nira pada tekanan 0,5 Bar absolute dan titik B2 menunjukkan kenaikan titik didih nira pada tekanan 0,45 Bar absolute. Kenaikan titik didih terjadi setelah mencapai zona konsentrasi tertentu. Hal ini dikarenakan meningkatnya konsentrasi zat terlarut dalam sampel sehingga dibutuhkan suhu lebih tinggi untuk menguapkan pelarut. Kemudian pada waktu 100 menit terjadi peningkatan titik didih. Hasil evaporasi nira selama 120 menit ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Evaporasi Nira Aren

Tekanan (Bar absolute)	Volume (mL)			°Brix	Massa jenis kondensat (g/cm ³)
	Kon-sentrat	Kon-densat	Total		
0,45	30	260	290	77	1,1354
0,50	40	260	300	79	1,0518

Evaporasi nira pada tekanan 0,45 Bar absolute terjadi kehilangan umpan sebanyak 10 mL dengan total volume total sebesar 290 mL. Kehilangan ini dapat terjadi diduga karena kurang rendahnya suhu dari air pendingin. Suhu air pendingin yang digunakan pada evaporasi nira berkisar 10-18 oC. Selain itu tekanan vakum yang lebih besar juga memungkinkan uap yang terbentuk ikut terbawa tarikan dari pompa vakum. Oleh karena itu pada percobaan 2 dilakukan dengan air pendingin dengan suhu yang lebih rendah yaitu berkisar 9-13 oC dan tekanan operasi yang digunakan lebih tinggi dari percobaan pertama yaitu 0,5 Bar. Evaporasi nira aren pada percobaan 2 menghasilkan konsentrat sebanyak 40 mL dan kondensat 260 mL. Pada percobaan 2 tidak terjadi kehilangan umpan maka dapat dilakukan beberapa uji seperti nilai brix, kadar air, kadar abu, viskositas, dan warna.

2.3 Uji Gula Cair Nira Aren

Parameter uji yang dilakukan yaitu kadar sukrosa, kadar abu, kadar air, viskositas dan warna. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Evaporasi Larutan Sukrosa

Kriteria Uji	Hasil Pengujian	Satuan
Kadar sukrosa	78	°Brix
Kadar Abu	0,02	Fraksi massa, %
Kadar Air	11,41	%
Viskositas	6483	mPa.S
Warna	58,15	Kecerahan (L)
	2,09	Kemerahan (a)
	21,88	Kekuningan (b)

a. Brix

Brix merupakan komponen padatan yang terdapat dalam suatu larutan. Hal ini berkaitan dengan konsentrasi padatan yang dihitung sebagai gula, dimana konsentrasi gula tinggi akan menyebabkan produk gula cair terasa lebih manis. Penentuan sukrosa pada gula aren cair dilakukan dengan mengukur index bias menggunakan refraktometer. Hasil pengukuran index bias pada gula aren cair diperoleh sebesar 1,4991. Lalu dibuat kurva kadar sukrosa dengan index bias dari beberapa larutan standar. Nilai index bias pada gula aren cair diplotkan pada kurva dan diperoleh kadar sukrosa sebesar 78 oBrix, berarti gula aren cair yang dihasilkan sudah memenuhi SNI 8779:2019 gula sukrosa cair dengan minimum kadar sukrosa 65 oBrix. Peningkatan nilai total padatan terlarut disebabkan karena semakin banyaknya pelarut yang teruapkan. Selain itu semakin banyak jumlah total padatan terlarut yang terbentuk viskositas larutan akan semakin meningkat.

b. Kadar Air

Kadar air dalam bahan pangan sering dihubungkan dengan ketahanan/masa penyimpanan pangan. Metode yang digunakan untuk penentuan kadar air yaitu digunakan metode pengeringan oven/gravimetri dengan suhu 105oC sehingga sampel akan kehilangan bobot kandungan airnya, saat sampel kehilangan bobot air maka dapat ditentukan kadar air pada sampel gula aren cair. Hasil pengukuran kadar air pada gula aren cair yaitu sebanyak 11,41%.

c. Kadar Abu

Kadar abu merupakan salah satu penentu mutu gula. Kadar abu dalam suatu bahan erat kaitannya dengan kandungan mineral bahan tersebut. Pengukuran kadar abu menggunakan metode gravimetri, dimana bahan akan dibakar pada furnace dalam suhu tinggi. Hasil pengukuran kadar abu pada gula aren cair yakni didapat sebesar 0,02%. Artinya dalam gula aren cair terdapat 0,02% kandungan mineral. Nilai kadar abu sudah memenuhi SNI 8779:2019 yaitu kadar abu maksimum sebesar 0,1%.

d. Viskositas

Viskositas adalah ukuran yang menyatakan kekentalan suatu cairan atau fluida. Nilai viskositas berbanding lurus dengan nilai brix suatu sampel. Semakin tinggi nilai brix maka viskositas larutan akan semakin tinggi. Pada percobaan ini dilakukan pengukuran viskositas menggunakan NDJ-5S viscometer. Nilai yang dihasilkan dari hasil pengukuran adalah 6483 mPa.S dengan spindle yang digunakan rotor nomor 4 dan TORQ sebesar 64,8%. Nilai TORQ merujuk pada gaya torsi yang diperlukan untuk memutar sebuah rotor/spindle.

e. Warna

Warna merupakan salah satu parameter penting dalam produk pangan, karena warna merupakan penentu mutu suatu produk atau bahan. Proses evaporasi akan mengakibatkan perubahan warna pada bahan yang menunjukkan adanya perubahan komposisi dalam produk.

Sampel gula aren cair dilakukan pengujian warna menggunakan colorimeter dan sebagai pembandingan dilakukan juga pengujian warna pada gula aren cair hasil pemasakan secara terbuka di atas wajan. Nilai warna yang diukur untuk gula cair pada evaporasi vakum yaitu $L = 58,15$, $a = 2,09$, $b = 21,88$. Sedangkan untuk gula aren cair dari pemasakan terbuka di atas wajan yaitu $L = 49,07$, $a = 15,22$, $b = 36,87$.



Gambar 4. Kurva hasil evaporasi nira aren

Warna gula aren cair yang dihasilkan dari evaporasi vakum memiliki kecerahan yang relative tinggi ($L = 58,15$) menunjukkan bahwa sampel cenderung lebih terang atau lebih dekat dengan warna putih. Lalu untuk nilai a pada produk yang mendekati 0 menunjukkan bahwa gula aren cair memiliki nuansa merah-hijau yang netral. Kemudian untuk nilai b yang positif menunjukkan kecenderungan kekuningan pada warna coklat tersebut. Sedangkan gula aren cair pada pemasakan dengan wajan terbuka memiliki nilai L (kecerahan) yang lebih kecil yaitu 49,07 yang berarti lebih gelap dari gula cair hasil evaporasi vakum. Secara visual juga dapat dilihat pada Gambar 5 produk gula cair pada pemasakan dengan wajan terbuka memiliki warna yang lebih gelap dari produk gula pada evaporasi vakum.

Perbedaan warna dari kedua produk gula ini disebabkan karena adanya perubahan warna non-enzimatik yaitu karamelisasi. Proses karamelisasi terjadi karena adanya degradasi gula-gula tanpa interaksi/tanpa adanya asam amino. Degradasi gula ini terjadi akibat suhu tinggi yang melebihi titik leburnya. Selain itu proses karamelisasi dapat terjadi juga karena adanya perubahan jenis gula dan hilangnya kadar air disebabkan oleh suhu tinggi. Gula kompleks "sukrosa" akan didegradasi menjadi molekul yang lebih sederhana berupa glukosa dan fruktosa. Pada pemasakan gula dengan wajan terbuka terjadi pada suhu tinggi yang menyebabkan terurainya sukrosa menjadi gula reduksi. Sedangkan pada produk gula yang dihasilkan dari proses evaporasi vakum, pemanasan dilakukan pada suhu yang lebih rendah karena adanya tekanan vakum. Dengan adanya penurunan titik didih ini akan menghindari proses karamelisasi karena kandungan sukrosa tidak akan terurai menjadi gula reduksi.

2.4 Uji Gula Cair Nira Aren

Yield diartikan sebagai perbandingan antara sukrosa dalam produk dengan sukrosa dalam umpan. Kadar sukrosa awal pada nira aren sebesar 14,5 brix dengan volume 300 mL, didapatkan berat sukrosa yaitu 43,5 g. Kadar sukrosa setelah evaporasi sebesar 78obrix dengan volume 40 mL, berat

sukrosa yang didapatkan yaitu 31,2 g. Nilai yield yang didapatkan sebesar 71,72%. Nilai ini menandakan bahwa proses penguapan perlarut menggunakan rotary evaporator vakum cukup efektif.

KESIMPULAN

Kondisi optimum evaporasi nira aren pada tekanan 0,5 bar absolute dengan waktu 120 menit menghasilkan gula aren cair yang telah sesuai SNI 8779:2019 dengan Kadar sukrosa sebesar 78 obrix, Kadar air 11,41%, Kadar abu 0.02%, viskositas 6483 mPa.S dan warna $L = 58,16$, $a = 2,09$, $b = 21,88$. Yield yang dihasilkan sebesar 71,72%.

KONTRIBUSI PENULIS

RS dan YT melakukan studi mengenai pembuatan gula aren cair dalam kondisi vakum, membuat laporan penelitian, dan melakukan analisis produk. RS terutama bertanggung jawab untuk merencanakan dan merancang penelitian, serta memeriksa akurasi data selama proses berlangsung. YT bertanggung jawab untuk menguji karakteristik dan menganalisis produk yang dihasilkan, menyajikan hasil yang diperoleh, dan penyuntingan naskah serta artikel ilmiah. BS terlibat dalam mengumpulkan data eksperimental, membuat gambar dan grafik yang diperlukan, mengawasi keseluruhan penelitian, dan memberikan saran dan masukan berharga selama proses penelitian. Semua penulis berpartisipasi dalam penulisan revisi dan telah membaca serta menyetujui versi final naskah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pelaksanaan hingga penyusunan karya ilmiah ini penulis banyak sekali mendapat arahan, nasihat, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada Bapak Ir. Bambang Soeswanto, M.T dan Ibu Ir.Ninik Lintang Edi Wahyuni, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah memberikan masukkan dan saran dalam penyusunan karya ilmiah ini. Kemudian kami ucapkan terima kasih kepada seluruh staf dan para pengajar dari Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Bandung yang telah membantu dan mendukung kami dalam melaksanakan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] [1] I. Maghfirah, H. Santoso, dan A. Syauqi, "Uji Rendemen Nira dan Gula Semut Aren (Arenga pinnata Merr.) Hasil Penyadapan Pagi dan Sore Hari dengan Instrumen Refraktometer", *Jurnal Sains Alami (Known Nature)*, vol. 2, no. 1, 8-15, 2019.
- [2] G.H. Crapiste, and J.E. Lozano, "Effect of Concentration and Pressure on the Boiling Point Rise of Apple Juice and Related Sugar Solutions", vol. 53, no. 3, 865-868, 1988.

- [3] H. Heryani, "Keutamaan Gula Aren & Strategi Pengembangan Produk." Univeritas Lambung Mangkurat, 2016.
- [4] J.E. Kerob, H.D. Walangitan, dan Y.Y.M.A. Sumakud, "Strategi Pengelolaan Agroforestri Berbasis Aren Di Desa Talaitad Kecamatan Tareran Kabupaten Minahasa Selatan.", vol. 13, no. 2, 2021.
- [5] L.P. Surya, A.R. Scabra, K, Kunci, A. Nira, G. Semut, dan D.P. Lestari, "Optimalisasi Aren Menjadi Produk Olahan Gula Semut Guna Meningkatkan Nilai Jual Dan Pendapatan Masyarakat Desa Pusuk Lestari", vol. 1, no. 4. (2020)
- [6] Y. Setiawan, "Analisis fisikokimia gula aren cair", *Agroscience*, vol. 10, no. 1, 69-78, 2020.
- [7] R.K. Suri, "Korelasi Waktu Fermentasi Terhadap Karakteristik Gula Cair dari Pati Ubi Jalar yang Difermentasi dengan Bakteri *Bacillus Subtilis*", Tugas Akhir, Universitas Pasundan, Bandung
- [8] M.L. Wattimena, D. Soukotta, M.R. Wenno, dan D.Y. Mantol, "MUTU IKAN KUWE (*Gnathanodon speciosus*) SEGAR YANG DIBERI PERLAKUAN CAIRAN NIRA AREN (*Arenga pinnata*) HASIL FERMENTASI SELAMA PENYIMPANAN", vol. 1, no. 1, 1-11, 2021.
- [9] H. Hamsina, M. Tang, H.T. Paniago, Z. Maulana, and R. Hasani, "Production and Purification of Alcohol from Fermentation of Nira Aren (*Arenga Pinnata Merr*)", *International Jurnal of Advanced Enginneering Research and Science (IJAERS)*, vol. 9 (12), 2022.
- [10] R.J.A. Aghata, "Pengaruh Suhu Dan Lama Proses Evaporasi Vakum Terhadap Karakteristik Fisikokimia Dan Organoleptik Gula Cair Sorgum", Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, 2018
- [11] N Diniyah, S.B. Wijanarko, H. Purnomo, "TEKNOLOGI PENGOLAHAN GULA COKLAT CAIR NIRA SIWALAN (*Borassus flabellifer L.*) [Brown Sugar Syrup Processing from Siwalan Palm Saps (*Borassus flabellifer L.*)]", vol. 23, no. 1, 53-58, 2012.
- [12] S. Wiyono, E. Erwin, dan S. Abdullah, "PENGOLAHAN AIR NIRA DENGAN VACUUM EVAPORASI MENJADI GULA AREN CAIR", *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, vol. 8, no. 2, 123-130
- [13] A. Sukoyo, "Analisis Pengaruh Suhu Pengolahan dan Derajat Brix terhadap Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Gula Kelapa Cair dengan Metode Pengolahan Vakum.", Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, 2014.