

Rev skripsi.docx

by TURNITIN.to  Situs Cek Plagiasi & Ai

Submission date: 03-Jun-2025 08:54AM (UTC-0400)

Submission ID: 2691298443

File name: Rev_skripsi.docx (2.95M)

Word count: 6161

Character count: 38046

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanaman Aren (*Arenga pinata*) adalah tanaman yang tumbuh secara alami dinegara kepulauan di asia tenggara. Tanaman ini memiliki potensi yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi salah satu komoditas agro-industri diindonesia [1]. Hal ini dikarenakan penyebarannya yang hampir diseluruh wilayah Indonesia. Dengan adanya potensi tersebut, pengembangan tanaman aren dapat memberikan dampak yang signifikan bagi perkeekonomian, khususnya pada sektor agro-industri, sekaligus mendukung pelestarian sumber daya alam lokal.

Nira aren adalah salah satu produk berupa cairan manis yang dihasilkan dari pohon aren (*Arenga pinnata*), cairan ini merupakan hasil metabolisme dari pohon tersebut. Cairan nira aren biasanya mengandung gula 10%-15%. Sehingga nira aren cair ini dapat diolah menjadi minuman ringan ataupun menjadi gula aren [2]. Pada proses pembuatan gula aren menggunakan nira cair biasanya memerlukan beberapa proses salah satunya adalah pemanasan untuk mengurai kadar air dan meningkatkan konsentrasi larutan gula pada nira cair.

Provinsi Banten memiliki beberapa wilayah sentra produksi gula aren salah satunya adalah Kampung Ciluluk RT.007 RW 004 Desa Pasangrahan Kecamatan Munjul Kabupaten Pandeglang. Berdasarkan data statistik dari dinas pertanian di kabupaten pandeglang, produksi gula aren di Desa Munjul menunjukkan tren kenaikan pada tahun 2023 produksi gula aren mencapai 1.772 kuintal. Jumlah tersebut juga meningkat jika dibandingkan dengan data tahun 2022 yang mencapai 1.644,5 kuintal [3]. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kenaikan salah satunya adalah upaya memodernisasi beberapa aspek produksi, meskipun masih banyak kendala yang dihadapi.

Kendala utama yang sering dihadapi adalah proses produksi nira aren cair yang membutuhkan energi yang besar dan waktu yang sangat lama. Umumnya petani menggunakan metode tradisional yang menggunakan tungku kayu bakar

yang memiliki suhu yang tidak stabil, sehingga dapat mempengaruhi kualitas dari nira aren cair yang dihasilkan [4]. Selain itu penggunaan energi yang tidak efisien membuat tingginya biaya produksi serta emisi gas rumah kaca. Waktu produksi yang sangat lama juga menghambat produktivitas para petani, yang akhirnya berdampak pada pendapatan mereka. Dengan adanya modernisasi dalam bentuk alat pemanas atau heater memberikan Solusi yang potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut. Heater dapat digunakan untuk memangkas waktu produksi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis dan bentuk heater terhadap efisiensi serta waktu proses pemanasan dalam produksi gula aren cair. Pengujian dilakukan menggunakan vacuum evaporator yang bekerja pada tekanan vakum sebesar -0,7 bar. Pengujian dilakukan langsung menggunakan nira aren cair segar sebagai bahan uji utama. Nira aren merupakan bahan alami yang mudah mengalami fermentasi dan penurunan kualitas, sehingga proses pemanasan yang cepat dan efisien sangat diperlukan untuk menjaga mutu produk akhir. Penggunaan bahan asli ini memungkinkan evaluasi performa alat secara lebih akurat dan relevan terhadap kondisi nyata di lapangan. Dari pengujian ini, diharapkan akan memberikan dasar penting dalam pengembangan teknologi pemrosesan gula aren cair yang lebih efisien dan berkualitas.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang ada hingga saat ini adalah pengembangan potensi gula cair di Indonesia yang masih sangat minim. Hal ini ditunjukkan dengan minimnya teknologi pengolahan gula aren cair, sehingga menyebabkan gula aren cair yang dihasilkan masih berwarna keruh dan cenderung gelap. Berikut ini merupakan rumusan masalah yang ada pada penelitian ini adapun seperti dibawah ini.

1. Bagaimana pengaruh bentuk heater terhadap waktu pemanasan dan laju evaporasi pada proses produksi nira aren cair ?
2. Bagaimana efisiensi thermal dan efisiensi laju evaporasi masing-masing heater dalam menurunkan kadar air pada proses produksi nira aren cair ?

3. Bentuk heater apa yang paling optimal untuk meningkatkan efisiensi energi dan waktu dalam proses produksi nira aren cair ?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini dapat dilihat seperti pada di bawah ini sebagai berikut.

1. Menganalisis Pengaruh bentuk Heater terhadap Waktu Pemanasan dan laju evaporasi pada proses produksi nira aren cair.
2. Menganalisa efisiensi thermal dan laju evaporasi masing masing heater untuk menentukan bentuk yang paling efektif dalam mengurangi kadar air pada proses produksi nira aren cair.
3. Memberikan rekomendasi bentuk heater yang optimal untuk meningkatkan efisiensi waktu dan energi dalam proses produksi nira aren cair

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat pada penelitian ini agar focus penelitian tidak keluar dari variable yang ingin dicari. Adapun batasan masalah yang ada pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Jenis cairan yang digunakan adalah nira aren cair dengan brix 28-29%
2. Bentuk heater yang digunakan untuk menganalisa performa adalah heater tubular, heater spiral, dan tubular fin
3. Pengujian dilakukan pada kondisi vacuum dengan tekanan -0,7bar
4. Daya pengujian heater dibatasi di 500W untuk mensimulasikan penggunaan di Desa-desa.
5. Pengaruh tekanan vakum diabaikan diperhitungan

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain adalah untuk meningkatkan efisiensi konsumsi energi pada proses produksi nira aren cair, sehingga penggunaan energi menjadi lebih hemat dan ramah lingkungan. Selain itu, penelitian ini bertujuan mengoptimalkan waktu pemasakan agar proses

produksi menjadi lebih efektif dan tidak memakan waktu yang terlalu lama, sehingga kapasitas produksi dapat meningkat tanpa mengurangi kualitas. Dengan pengaturan temperatur heater yang lebih presisi sesuai dengan ketentuan yang diinginkan oleh para pengrajin, diharapkan kualitas gula aren cair yang dihasilkan dapat lebih konsisten dan memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan, khususnya standar sukrosa cair sesuai dengan NO. 8779.2019. Hal ini akan berdampak positif pada cita rasa gula aren cair yang lebih manis dan stabil, serta meningkatkan daya saing produk di pasar. Selain itu, peningkatan kualitas produk juga dapat membantu menjaga kepercayaan konsumen dan memperluas pangsa pasar gula aren cair.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Heater

Electrical Heating Element adalah penghasil panas yang sering digunakan disegala bidang. Elemen pemanas berfungsi untuk meningkatkan suhu dari suhu rendah suatu zat sampai ke suhu tinggi [5]. Sumber panas yang dihasilkan oleh *element heater* ini berasal dari lilitan kawat bertahanan Listrik tinggi (*Resistance Wire*) biasanya bahan yang digunakan adalah lilitan kawat nikelin yang dimasukkan kedalam sebung sebagai pelindung kemudian dialiri arus Listrik dikedua ujungnya dan dilapisi oleh isolator listrik yang mampu meneruskan panas dengan baik hingga aman jika digunakan [6]. Jenis dan bentuk dari heter element sangat beragam sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan seperti tempat pemasangan dan media yang dipanaskan [7]. Adapun berikut adalah jenis dari heater element adalah sebagai berikut

1. *Element Heater* Bentuk Dasar

Heater elemen bentuk dasar merupakan jenis heater yang tidak menggunakan lapisan pelindung tambahan untuk melindungi resistance wire, biasanya resistance wire hanya dilapisi oleh isolator listrik, heater jenis ini umumnya digunakan untuk memanaskan benda yang memerlukan pemanasan langsung, efisiensi tinggi, dan respons pemanasan yang cepat[8].

a). Keramik Heater Silica



b). Silica dan Quartz Heater



Gambar 2.1 Contoh Heater Elemen Bentuk Dasar

2. Element Heater Bentuk Lanjut

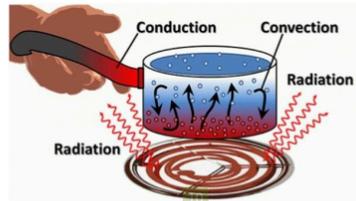
Element Heater Bentuk Lanjut Merupakan Heater dari bentuk dasar yang dilapisi oleh pelindung tambahan seperti pipa atau lembaran plat logam yang berfungsi untuk menyesuaikan penggunaan dari heater tersebut. Bahan logam yang biasa digunakan biasanya adalah mild stell, stainless stell, tembaga dan kuningan[8].



Gambar 2.2 Element Heater Bentuk Lanjut

2.2 Perpindahan Panas

Kalor atau panas adalah energi yang ditransfer atau diteruskan dari suatu benda ke benda yang lain karena perbedaan temperatur. [9]. Ini dapat terjadi ketika partikel-partikel didalam suatu benda bergerak dengan energi kinetik yang tinggi dan energi tersebut ditransfer kepada partikel-partikel yang memiliki energi kinetik yang lebih rendah. [6]. Jumlah energi panas Q yang dibutuhkan untuk menaikkan temperatur suatu zat sebanding dengan massa zat, kalor jenis dan perubahan temperatur pada zat tersebut [9].

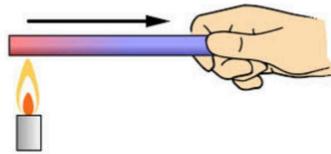


Gambar 2.3 Perpindahan Panas

Perpindahan panas merupakan berpindahnya energi dari suatu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari perbedaan temperatur antara daerah-daerah tersebut. Hal ini terjadi ketika energi panas berpindah dari partikel dengan energi kinetik yang lebih tinggi ke partikel dengan energi kinetik yang lebih rendah, sehingga meningkatkan suhu partikel yang lebih dingin. Proses ini terjadi sebagai akibat dari perbedaan suhu antara dua benda, panas adalah bentuk energi yang akan mengalir dari benda yang memiliki suhu lebih tinggi ke benda yang memiliki suhu lebih rendah sampai suhu kedua benda seimbang. Karena tersebut maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan temperatur (Δt) adalah penyebab terjadinya proses perpindahan panas. Dalam proses perpindahan panas, dikenal 3 macam metode perpindahan panas, yaitu

1. Perpindahan panas Konduksi

Perpindahan panas Konduksi adalah proses perpindahan panas yang mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Proses ini terjadi melalui material tanpa ada perpindahan substansi fisik karena partikel dalam benda tersebut bergetar, Ketika partikel ini bergetar mereka memindahkan energi kinetik mereka satu sama lain yang mengakibatkan perpindahan energi panas. Mekanisme konduksi ini merupakan perpindahan yang paling umum terjadi dalam bahan padat [10].



Gambar 2.4 Perpindahan panas Konduksi

Secara matematis untuk perpindahan panas konduksi dapat dituliskan sebagai berikut:

$$Q = -k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{d} \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana:

Q = tingkat perpindahan panas (W).

k = koefisien konduktivitas termal bahan ($\text{W/m}\cdot\text{K}$).

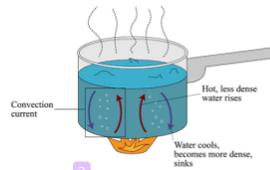
A = luas permukaan yang panasnya sedang berpindah (m^2).

ΔT = perbedaan suhu antara dua ujung bahan (K).

d = ketebalan bahan (m).

2. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi ketika panas dipindahkan menggunakan media penghantar berupa fluida yang mengalir disekitar sumber panas [7]. Ketika fluida di dekat sumber panas menjadi lebih hangat sehingga fluida tersebut menjadi kurang padat dan naik ke atas, sedangkan bagian dari fluida yang lebih dingin dan lebih padat turun ke bawah. Hal ini menciptakan sirkulasi aliran yang mengangkut panas dari satu tempat ke tempat lain



Gambar 2.5 Perpindahan panas Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan energi gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi, dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cairan atau gas [9]. Proses konveksi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu; konveksi paksa (*forced convection*) dan konveksi alami (*natural convection*)

a) Konveksi Paksa (*Forced Convection*)

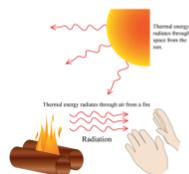
Konveksi ini terjadi ketika fluida yang mengalir dipaksa oleh menggunakan gaya eksternal, seperti kipas atau pompa. Contoh umum dari konveksi paksa adalah aliran udara di dalam radiator atau aliran air dalam pipa pemanas. Ketika fluida dipaksa mengalir, itu membantu dalam memindahkan panas dengan cepat dari sumber panas ke area yang lebih dingin[10]

b) **Konveksi Alami (Natural Convection)**

Konveksi ini terjadi ketika panas yang ditransfer ke suatu fluida menyebabkan perbedaan suhu dalam fluida dan mengurangi kepadatan fluida tersebut. Perbedaan kepadatan tersebut menimbulkan gaya apung yang mengangkat fluida serta panas yang diserap ke Lokasi lain sehingga menciptakan pergerakan alami dalam fluida. Misalnya, ketika Anda memanaskan cairan dalam panci, cairan yang lebih dekat ke dasar panci akan menjadi lebih panas dan kurang padat daripada cairan di atasnya. Ini akan menyebabkan cairan panas bergerak ke atas dan cairan dingin turun ke bawah, membentuk sirkulasi aliran konvektif[10].

3. **Perpindahan panas Radiasi**

Perpindahan panas radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi tanpa melalui perantara fisik atau medium. Hal ini adalah proses di mana energi panas dipindahkan melalui gelombang elektromagnetik, seperti cahaya tampak atau sinar inframerah. Perpindahan panas radiasi terjadi bahkan di ruang hampa udara atau vakum, karena tidak memerlukan medium fisik untuk menyebarkan panas.



Gambar 2.6 Perpindahan panas Konveksi

Hukum perpindahan panas radiasi dijelaskan oleh Hukum *Stefan-Boltzmann* dan Hukum *Planck*. Hukum *Stefan-Boltzmann* menyatakan bahwa daya pancar radiasi berbanding lurus dengan keempat dari suhu benda (Çengel & Ghajar, 2015). Ini diungkapkan dalam rumus berikut:

$$Q = \sigma \cdot A \cdot \epsilon \cdot T^4 \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana:

Q = daya pancar radiasi (W),

σ = konstanta *Stefan-Boltzmann* ($5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$),

A = luas permukaan benda (m^2),

ϵ = emisivitas benda (dalam rentang 0 hingga 1, 1 untuk benda sempurna yang menyebarkan semua radiasi, dan kurang dari 1 untuk benda non-sempurna),

T = suhu benda (K).

2.3 Evaporasi

Evaporasi adalah suatu proses perubahan fasa dimana sebagian fluida berubah dari fasa cairan menjadi fasa uap [11]. Penguapan atau evaporasi biasanya terjadi karena adanya sumberpanas seperti heater atau matahari yang digunakan untuk menurunkan kandungan air dari bahan pangan yang berbentuk cairan [12]. Hasil dari evaporasi biasanya dapat berupa padatan atau larutan berkonsentrasi. Larutan yang sudah dievaporasi bisa saja terdiri dari beberapa komponen yang mudah menguap. Evaporator biasanya digunakan dalam industri kimia dan industri makanan [13].

Proses evaporasi merupakan proses yang melibatkan pindah panas dan pindah masa yang berarto dalam proses ini sebagian air atau pelarut akan diuapkan sehingga akan diperoleh suatu produk yang kental (kONSESTRAT). Proses perpindahan panas dan masa yang efektif akan meningkatkan kecepatan proses penguapan. Evaporasi akan terjadi apabila suhu suatu bahan sama atau lebih tinggi dari titik didih cairan [11]. Teknik evaporasi sudah banyak diimplementasikan di industri pangan. Salah satu penggunaannya adalah dalam pengolahan buah menjadi jus buah pekat untuk memperoleh produk yang lebih padat seperti jelly atau jam selain itu evaporasi juga berfungsi untuk memperkecil volume penyimpanan dan pengangkutan. Evaporasi juga sering digunakan dalam pengolahan produk sayuran untuk memperoleh tekstur yang lebih baik seperti pure dan pasta [14].

Contoh proses evaporasi yang paling sederhana adalah evaporasi pada tekanan atmosfer. Dimana pada evaporasi ini cairan di dalam suatu wadah terbuka dipanaskan dan uap air dikeluarkan ke udara atmosfer. Tetapi prosesnya sangat lambat dan tidak efisien dalam penggunaan energi. Sehingga

untuk melakukan evaporasi makanan yang memerlukan titik didih yang tinggi sangat lambat, oleh karena itu perlu adanya penurunan titik didih. Untuk menurunkan titik didih suatu cairan maka diperlukan menurunkan tekanan dibawah atmosfer atau biasa disebut vacuum [11].

2.4 Vacuum Evaporator

Evaporator vakum adalah evaporator yang menggunakan pemanasan langsung pada larutan, dengan suhu yang diinginkan. Penggunaan vakum menyebabkan kondisi suhu dalam ruangan vakum menjadi rendah (dibawah 1 atm), sehingga bahan dalam ruang vakum secara gizi ataupun fisik tidak rusak [12]. Tekanan vakum yang digunakan pada alat evaporator tergantung pada kemampuan pompa serta kondisi dari ruang evaporator. Turunnya tekanan di bawah 1 atm akan mengakibatkan turunnya titik didih air larutan yang sedang dievaporasi. Dengan demikian air akan menguap di bawah titik didih pada kondisi tekanan atmosfer [15].



Gambar 2.7 Vacuum Evaporator

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses evaporasi pada evaporator vakum yaitu tekanan vakum dan laju evaporasi. Tekanan vakum pada vacuum evaporator adalah kondisi vakum yang terjadi pada ruang evaporasi yang dihasilkan oleh pompa. Tekanan diamati dengan pressure gauge yang dipasang di dirang evaporsi Sedangkan Laju evaporasi (evaporation rate) adalah kuantitas air yang berhasil dievaporasi menjadi uap persatuan per satuan waktu. Besarnya laju evaporsi sangat dipengaruhi oleh temperature pemanasan dan luas permukaan evaporasi [12].

Penggunaan *Vacuum Evaporator* pada proses pembuatan nira aren cair dapat menghemat energi karena tekanan vacuum yang dihasilkan dapat menurunkan suhu penguapan pada proses evaporasinya. Untuk menghasilkan gula aren cair dengan kadar terbaik suhu pemanasan yang paling ideal adalah 65-80 °C [16].

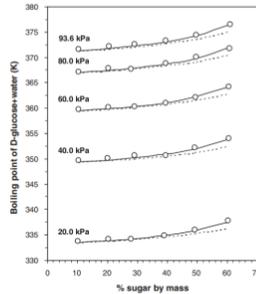
2.5 Hubungan antara Tekanan dan Suhu

Dalam proses pembuatan nira aren cair menggunakan *vacuum evaporator* suhu dan tekanan sangat penting untuk diperhatikan agar menghasilkan nira aren dengan kadar dan kandungan gizi terbaik, selain itu suhu dan tekanan yang optimal juga dapat memberikan efisiensi waktu dan energi dalam proses pembuatan nira aren cair [17]. Proses pembuatan nira aren secara tradisional biasanya dilakukan dengan wajan terbuka pada tekanan atmosfer normal, nira aren akan mendidih pada suhu sekitar 100°C. Namun, proses pemanasan pada suhu tinggi dapat menyebabkan kerusakan nutrisi dan perubahan warna yang tidak diinginkan pada produk akhir. Selain itu suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan reaksi karamelisasi berlebihan, mengubah warna dan rasa produk akhir. Dengan menurunkan tekanan menggunakan *vacuum evaporator*, titik didih dapat diturunkan, sehingga memungkinkan proses pemanasan pada suhu lebih rendah tanpa mengurangi efisiensi evaporasi [18].

Dengan *vacuum evaporator* proses produksi nira pada suhu yang lebih rendah dapat dilakukan dengan menurunkan tekanan di dalam sistem. Dalam penelitian oleh Slamet Wiyono, et al. pada tekanan 0,24 atm, nira dimasak pada suhu 72°C, menggunakan *vacuum evaporator* yang menghasilkan gula aren cair dengan kualitas baik dan kadar air sekitar 21% sehingga sesuai standar sukrosa cair NO. 8779.2019 [19].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh E. Widiastuti et al., ditemukan bahwa nira aren cair mulai mendidih pada suhu sekitar 80°C saat berada dalam tekanan vakum sebesar -30 cmHg. Hal ini menunjukkan bahwa dengan menurunkan tekanan menggunakan sistem vakum, titik didih nira juga ikut turun dari suhu normalnya. Penurunan titik didih ini sangat bermanfaat karena memungkinkan proses pemanasan nira berlangsung pada suhu yang lebih

rendah, sehingga dapat mempercepat evaporasi, mengurangi risiko kerusakan nutrisi, serta menjaga aroma dan warna alami gula semut. Dengan demikian, penggunaan sistem vakum terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi gula aren[20].



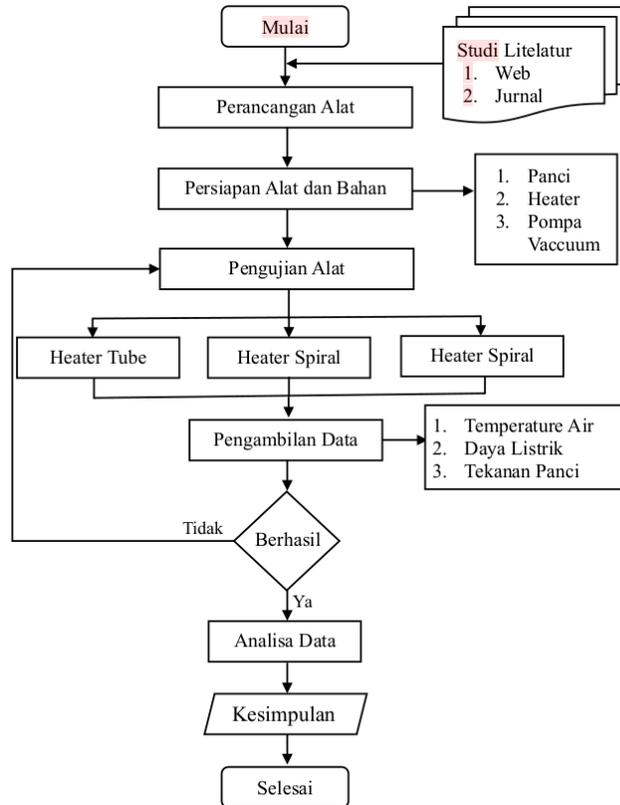
Gambar 2.8 Titik didih Nira pada vakum

menunjukkan bahwa terdapat hubungan langsung antara tekanan, suhu, dan kadar brix (konsentrasi glukosa) dalam larutan air-glukosa. Ketika tekanan meningkat, titik didih larutan juga meningkat. Begitu pula, semakin tinggi kadar brix atau konsentrasi glukosa dalam larutan, semakin tinggi pula suhu yang dibutuhkan untuk mencapai titik didih. Dengan kata lain, baik peningkatan tekanan maupun peningkatan kadar gula menyebabkan kenaikan titik didih. Namun, pada tekanan rendah (misalnya dalam kondisi vakum), larutan dapat mendidih pada suhu yang lebih rendah meskipun kadar brix-nya tinggi. Hubungan ini penting dalam proses evaporasi karena memungkinkan pengendalian suhu pemanasan berdasarkan tekanan dan komposisi larutan[21]

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini dibuat diagram alir untuk memperlihatkan gambaran penelitian yang akan dilakukan dari awal hingga selesai. Berikut adalah uraian diagram alir yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen untuk menganalisa serta mengevaluasi pengaruh bentuk dan luas permukaan kontak terhadap performa pemanasan dalam proses produksi nira aren cair. Eksperimen dilakukan secara langsung terhadap system pemanasan berbasis heater elektrik yang dipasang pada panci bertekanan. Selama proses pemanasan data yang diambil meliputi tekanan dalam panci pemanas, suhu nira aren saat proses pemanasan dan daya yang dikonsumsi heater semua data yang diambil diukur secara terus menerus menggunakan sensor tekanan digital, watt meter, dan thermokopel type k yang terintegrasi dengan pencatatan data berbasis mikrokontroler yaitu data logger.

Adapun variable pada penelitian ini yaitu variable bebas berupa bentuk dan jenis heater yang digunakan sedangkan variable terikat pada pengujian ini mencakup suhu pemanasan yang dihasilkan heater dan tekanan vakum pada panci pemanasan yang dapat mengindikasikan performa kinerja system. Selain itu ada juga variable terkontrol yang meliputi berat awal nira aren cair, tekanan vakum pada panci, suhu target maksimal 65°C, dan daya pada heater (500 watt).

3.3 Alat dan Bahan yang digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk membantu dan mendukung kelancaran selama proses pengujian yaitu sebagai berikut.

3.3.1 Alat yang digunakan

Beberapa alat yang digunakan dalam proses pengujian yang berfungsi untuk mendukung kelancaran pada proses pengujian yaitu sebagai berikut.

1. Heater

Alat ini berfungsi untuk memanaskan dan mengurangi kadar air pada nira aren cair yang mana pada pengujian ini di simulasikan menggunakan air. Pada pengujian ini daya pada masing-masing heater dibatasi sebesar 500 watt dengan menggunakan dimmer. Adapun

spesifikasi heater yang digunakan pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 3.1 Spesifikasi Heater

	Heater Tubular	Heater Spiral	Heater Tubular fin
Jenis Bahan	Stainless Steel	Stainless Steel	Stainless Steel
Dimensi Heater Diameter*Panjang	1,3*60 cm	0,8*230cm	1,3*60cm
Luas Permukaan Kontak	245cm ²	578cm ²	1112cm ²
Fin	-	-	2,8*0,5mm
Banyak fin	-	-	100



a). Heater Tube



b).Heater Spiral



c).Heater Tube Fin

Gambar 3.2 Heater

2. Panci Vacuum

Alat ini berfungsi sebagai wadah nira aren cair yang pada pengujian ini diganti menggunakan air dan sebagai wadah tertutup yang dihisap menggunakan pompa sehingga membentuk kondisi vacuum yang bertujuan untuk menurunkan titik didih dari air. Panci terbuat dari aluminium dengan Kapasitas maksimal panci adalah 50 Liter.



Gambar 3.3 Panci Vacuum

3. Pompa

Alat ini berfungsi untuk menghisap dan mengeluarkan uap yang dihasilkan dari proses pemanasan air di dalam panci, sehingga menciptakan kondisi vakum di dalam panci tersebut. Pompa yang digunakan adalah Waterplus BR-371CPA dengan daya 200 watt. Pompa ini memiliki debit maksimal 92 liter/menit dan head maksimal 23 meter, sehingga cukup untuk menciptakan kondisi vakum yang diperlukan dalam proses evaporasi.



Gambar 3.4 Pompa

4. Venturi

Venturi dirancang untuk menciptakan penurunan tekanan yang saat fluida mengalir melaluinya. Ketika fluida memasuki bagian sempit dari venturi, kecepatan aliran meningkat, sementara tekanan turun. Proses ini menghasilkan efek vacuum, yang membantu menghisap uap dari dalam panci dan menciptakan kondisi tekanan rendah. Kondisi vacuum ini mempercepat proses evaporasi karena titik didih cairan akan lebih rendah pada tekanan yang lebih rendah.



Gambar 3.5 Venturi

26
5. *Pressure Gauge*

Pressure Gauge adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan di dalam panci, sekaligus digunakan untuk memvalidasi tekanan yang terdeteksi oleh sensor tekanan. Alat ini memastikan bahwa kondisi vakum dalam panci sesuai dengan yang dibutuhkan untuk proses evaporasi. *Pressure gauge* yang digunakan mampu mengukur tekanan vakum hingga -1 bar dengan tingkat ketelitian sebesar $\pm 0,05$ bar.



Gambar 3.6 *Pressure Gauge*

6. Thermostat

Thermostat berfungsi untuk mengukur temperature air didalam panci, selain itu thermostat ini juga terhubung ke PID STC-1000 yang berfungsi mengatur temperatur pemanasan agar stabil pada suhu 65°C.



Gambar 3.7 Thermostat STC-1000

7. Pressure sensor dan Wishner ch102

Pressure sensor berfungsi untuk mengukur tekanan didalam sistem didalam panci vakum, sensor ini terhubung ke wishner ch102 yang berfungsi membantu dalam monitoring dan pengendalian sistem vakum agar stabil berada di -0,4 Bar untuk menjaga kestabilan proses pemanasan.



Gambar 3.8 Pressure sensor dan Wisner ch102

8. Watt Meter

Alat ini berfungsi untuk mengukur konsumsi daya Listrik yang digunakan heater selama proses pengujian, sehingga memudahkan dalam melakukan analisis efisiensi daya serta perbandingan konsumsi energi antara masing masing jenis heater,



Gambar 3.9 Wattmeter

34

3.3.2 Bahan yang digunakan

Bahan yang digunakan selama proses pengujian adalah nira aren cair. Nira aren cair didapatkan dari kelompok tani Kampung Ciluluk RT.007 RW 004 Desa Pasangrahan Kecamatan Munjul Kabupaten Pandeglang Banten. Daerah ini adalah salah satu sentra produksi gula aren cair di provinsi banten.



Gambar 3.10 Nira Aren Cair

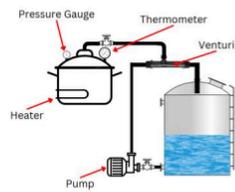
3.4 Prosedur Penelitian

Pengujian dilakukan untuk menganalisis performa heater tubular, heater tubular fin, dan spiral dalam proses produksi gula aren cair. Tahapan pengujian mencakup pengisian air, pemanasan dalam kondisi vakum, pencatatan data, dan analisis hasil. Parameter yang diukur meliputi suhu, tekanan, dan konsumsi daya listrik untuk menilai efisiensi masing-masing jenis heater. Berikut adalah prosedur pengujian ini adalah sebagai berikut.

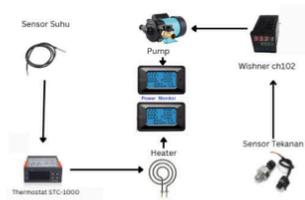
1. Memastikan seluruh alat dalam kondisi siap digunakan.
2. Memastikan seluruh sambungan pada sistem tidak mengalami kebocoran.
3. Menuangkan 20 liter air ke dalam panci.
4. Menyalakan heater yang akan diuji, dengan daya disetel sekitar 500 watt menggunakan dimmer kemudian Menyalakan pompa vakum lalu setel tekanan dalam system sebesar -0,7 bar.
5. Memantau suhu menggunakan thermostat dan mencatat suhu setiap 1 menit selama durasi 120 menit.

3.5 Setup Experiment

Eksperimen ini menggunakan beberapa komponen utama untuk mensimulasikan proses produksi gula aren cair dengan metode *vacuum evaporator*. Komponen yang digunakan meliputi heater sebagai elemen pemanas untuk meningkatkan suhu cairan dalam wadah pemasakan, sensor suhu untuk memantau suhu cairan, serta thermostat STC-1000 yang mengontrol suhu pemanasan dengan membaca data dari sensor suhu dan mengatur daya ke heater. Selain itu, sensor tekanan digunakan untuk mengukur tekanan dalam sistem *vacuum evaporator*, dan Wishner CH102 bertugas sebagai pengontrol tekanan yang menerima data dari sensor tekanan dan mengatur pompa vacuum. Pompa digunakan untuk mensirkulasikan cairan antara tangki utama dan wadah pemasakan, sementara power monitor mencatat konsumsi daya heater dan pompa. Sistem juga dilengkapi dengan venturi untuk menciptakan efek vacuum, serta thermometer dan *pressure gauge* untuk pemantauan manual suhu dan tekanan.



Gambar 3.11 *Setup Experiment Alat Uji*



Gambar 3.12 *Setup Experiment Sistem Kontrol*

Sistem eksperimen terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem pemanasan dan sistem sirkulasi cairan. Dalam sistem pemanasan, sensor suhu mendeteksi suhu cairan dan mengirimkan data ke thermostat STC-1000, yang kemudian mengontrol daya ke heater agar suhu cairan tetap dalam batas yang diinginkan. Sementara itu, dalam sistem sirkulasi dan vacuum, cairan dipompa dari tangki utama menuju wadah pemasakan melalui sistem venturi, dengan sensor tekanan yang mengukur tekanan dalam wadah dan mengirimkan data ke Wishner CH102 untuk mengontrol kerja pompa.

BAB IV DATA DAN ANALISA

4.1 *Vacuum evaporator* dengan Sistem Pemanas Elektrik

Vacuum evaporator yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil pengembangan dari alat sebelumnya. Salah satu pengembangan yang dilakukan adalah penggunaan sistem pemanas elektrik yang dilengkapi dengan sistem kontrol otomatis. Inovasi ini memungkinkan pemantauan proses secara jarak jauh, sehingga pengguna tidak perlu berada dekat dengan alat selama beroperasi. Dengan perbaikan ini, *vacuum evaporator* menjadi lebih efisien dan mudah digunakan oleh lebih banyak orang.



Gambar 4.1 Setup Pengujian

Secara umum, prinsip kerja *vacuum evaporator* ini adalah menciptakan kondisi vakum di dalam ruang pemasakan, yaitu dengan mengeluarkan udara di dalam panci menggunakan kombinasi pompa vacuum dan venturi. Yang mana pompa vacuum akan mengalirkan air bertekanan menuju venturi, yang kemudian aliran fluida berkecepatan tinggi akan menghasilkan efek hisap untuk menghisap udara dari panci. Penurunan tekanan yang dihasilkan oleh sistem mencapai $-0,7$ sampai $-0,75$ bar. Dengan bantuan sistem ini, udara di dalam ruang pemasakan dapat dikeluarkan secara efektif, menciptakan kondisi tekanan rendah yang optimal untuk proses penguapan.

Pada pengujian ini nira aren cair segar dimasukkan ke dalam panci evaporator. Kemudian pompa dinyalakan agar terjadi efek vakum didalam panci pemanasan. Pemanasan dilakukan menggunakan heater hingga suhu nira mencapai 65°C. Untuk menjaga kualitas nutrisi dalam nira, sistem kontrol otomatis akan mematikan heater saat suhu mencapai batas yang ditentukan, sehingga mencegah kenaikan suhu yang berlebihan. Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu dan sensor tekanan yang berfungsi untuk memantau kondisi di dalam panci secara real-time. Data dari sensor digunakan oleh sistem kontrol untuk mengatur kerja heater dan pompa secara otomatis. Dengan adanya sistem kontrol otomatis ini, tekanan dan suhu di dalam ruang vakum dapat dijaga tetap stabil, sehingga proses pemanasan berlangsung lebih cepat, lebih hemat energi, dan mampu mempertahankan kualitas produk secara optimal.

4.2 Hasil Pengujian Performa pada masing masing heater

Adapun data hasil uji performa heater pada alat *vacuum evaporator* diperoleh melalui berbagai variabel pengukuran. Parameter yang diamati meliputi berat cairan sebelum dan sesudah proses, suhu di dalam panci selama pemanasan, tekanan vakum yang terjadi, serta nilai *Brix* aktual dari nira hasil pemrosesan. Selama pengujian, setiap jenis heater yaitu tubular (U), spiral, dan tubular fin (U finn) dipasang secara bergantian pada alat yang sama untuk memastikan konsistensi kondisi pengujian. Dengan pendekatan ini, performa dari tiap desain heater dapat dibandingkan secara objektif dalam kondisi vakum yang dikontrol, sehingga dapat disimpulkan jenis heater mana yang paling optimal digunakan dalam proses pengolahan nira menggunakan sistem *vacuum evaporator*.

4.3.1 Hasil Pengujian Heater Tubular (U)

Pengujian terhadap Heater Tubular dilakukan untuk mengevaluasi performanya dalam sistem *vacuum evaporator* dalam hal kecepatan pemanasan, stabilitas tekanan vakum, serta efektivitas penguapan nira. Data pengujian direkam menggunakan data logger dengan interval satu menit. Berikut adalah hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Heater Tubular

Parameter	Nilai	Satuan
Waktu hingga 65°C	90	menit
Suhu Awal	33,2	°C
Suhu Akhir	65	°C
Konsumsi Daya Heater	570,7	Watt
Total Konsumsi Energi	0,87	kWh
Berat Nira Awal	20,56	Kg
Berat Nira Akhir	20,48	Kg
Nilai Brix Awal	29	% Brix
Nilai Brix Akhir	30	% Brix

4.3.2 Hasil Pengujian Heater Spiral

Pengujian Heater Spiral bertujuan untuk membandingkan performa pemanas berbentuk spiral terhadap jenis heater lainnya dalam sistem *vacuum evaporator*. Data hasil pengujian direkam menggunakan data logger dengan pembacaan tiap satu menit untuk memperoleh informasi suhu, tekanan, konsumsi daya, serta hasil akhir pemanasan. Ringkasan data pengujian ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Heater spiral

Parameter	Nilai	Satuan
Waktu hingga 65°C	85	menit
Suhu Awal	33,1	°C
Suhu Akhir	65	°C
Konsumsi Daya Heater	565,8	Watt
Total Konsumsi Energi	0,88	kWh
Berat Nira Awal	20,48	Kg
Berat Nira Akhir	20,36	Kg
Nilai Brix Awal	28,5	% Brix
Nilai Brix Akhir	30	% Brix

4.3.3 Hasil Pengujian Heater Tubular Fin (U Fin)

Pengujian Heater U Fin dilakukan untuk mengamati kinerja heater dengan sirip (fin) yang bertujuan memperluas permukaan kontak pemanasan. Adapun data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3, yang meliputi data suhu, tekanan, daya, serta hasil akhir berupa nilai Brix.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Heater Tubular fin

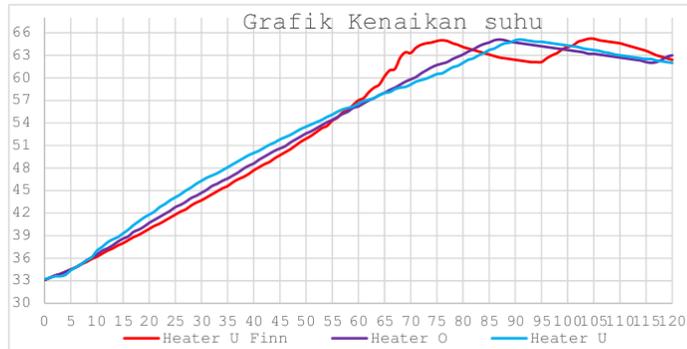
Parameter	Nilai	Satuan
Waktu hingga 65°C	76	menit
Suhu Awal	33,2	°C
Suhu Akhir	65	°C
Konsumsi Daya Heater	571,4	Watt
Total Konsumsi Energi	0,91	kWh
Berat Nira Awal	20,46	Kg
Berat Nira Akhir	20,35	Kg
Nilai Brix Awal	28	% Brix
Nilai Brix Akhir	30	% Brix

4.3 Analisa Kinerja Pemanasan

Berdasarkan data pada tabel diatas, terlihat bahwa jenis heater memberikan pengaruh yang berbeda terhadap waktu pemanasan, penguapan, konsumsi daya, dan daya rata-rata. Heater U Finn menunjukkan performa terbaik dalam hal kecepatan pemanasan, dengan waktu tercepat yaitu 76 menit untuk mencapai suhu 65°C. hal ini dikarenakan Luas permukaan kontaknya yang paling besar, memungkinkan transfer panas berlangsung lebih cepat. Namun, meskipun waktu pemanasannya paling singkat, konsumsi dayanya tertinggi di antara ketiga jenis heater, yaitu sebesar 0,91 kWh. Sementara itu, heater Spiral menghasilkan penguapan terbesar, yakni 0,125 kg, walaupun waktu pemanasannya tidak secepat U Finn. Heater spiral yang memiliki bentuk melingkar menyerupai cincin sehingga distribusi panas yang merata efektif dalam menguapkan cairan. Di sisi lain, heater U dengan luas permukaan terkecil, memiliki performa paling rendah dalam hal kecepatan pemanasan dan penguapan, serta konsumsi daya paling rendah sebesar 0,87 kWh. Meskipun ketiga jenis heater memiliki daya rata-rata yang hampir sama, sekitar 570 Watt, Secara keseluruhan, data

menunjukkan bahwa luas dan bentuk permukaan kontak heater sangat memengaruhi efisiensi pemanasan, di mana heater dengan desain permukaan yang luas atau bentuk melingkar mampu meningkatkan kecepatan pemanasan dan efisiensi penguapan.

Untuk memahami perilaku termal dari masing-masing jenis heater yang diuji, maka dibuatkan Grafik kenaikan suhu ini yang berfungsi untuk menunjukkan seberapa cepat dan stabil masing-masing heater dalam mentransfer energi panas ke media cair hingga mencapai suhu target, yang dapat dilihat pada grafik dibawah.



Gambar 4.2 Grafik Kenaikan suhu

Berdasarkan grafik kenaikan suhu, dapat dilakukan perbandingan performa pemanasan dari tiga jenis heater, yaitu Heater U Finn, Heater Spiral, dan Heater U. Ketiga heater menunjukkan pola kenaikan suhu yang relatif serupa pada fase awal, yaitu dari waktu 0 hingga sekitar 60 menit, di mana suhu naik secara linear. Namun, perbedaan performa mulai terlihat pada fase pertengahan hingga akhir.

Heater Tubular Finn menunjukkan laju pemanasan yang paling lambat di awal. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya sirip (fin) yang memperluas area permukaan pemanas, sehingga sebagian energi awal digunakan untuk memanaskan struktur sirip terlebih dahulu. Namun, setelah sirip mencapai suhu tertentu, finn dapat mempercepat perpindahan panas, efisiensi sirip berkurang seiring dengan peningkatan diameter sirip dan koefisien perpindahan panas. Hal ini menunjukkan bahwa pada awal pemanasan, bagian ujung sirip memiliki suhu

yang lebih rendah dibandingkan dengan pangkalnya, sehingga laju perpindahan panas di area tersebut lebih rendah. Setelah sirip mencapai suhu tertentu, efisiensi perpindahan panas meningkat [10]. Heater Tubular Finn memperlihatkan peningkatan suhu yang lebih tajam pada pertengahan waktu, bahkan melampaui dua heater lainnya, meskipun pada fase akhir suhunya sedikit berfluktuasi.

Sementara itu, Heater U tanpa Fin memperlihatkan pemanasan tercepat di awal. Ini terjadi karena panas dari elemen langsung ditransfer ke fluida dengan area kontak yang kecil dan efisien pada suhu rendah. Namun, seiring meningkatnya suhu, efektivitas perpindahan panas menurun karena keterbatasan area permukaan. Akibatnya, laju kenaikan suhu menjadi lebih lambat di fase akhir, dan suhu maksimumnya tidak setinggi Heater U Finn.

Heater spiral menunjukkan performa yang paling stabil di antara ketiganya. Kenaikan suhunya konsisten dari awal hingga mencapai suhu operasional tanpa fluktuasi yang berarti. Meskipun tidak secepat Heater tubular Finn dalam mencapai suhu puncak, Heater spiral menunjukkan kestabilan dan efisiensi yang baik sepanjang proses pemanasan.

4.4 Analisis Efisiensi Heater

Efisiensi termal merupakan parameter penting yang menunjukkan seberapa besar energi listrik yang dikonversi menjadi panas dan diserap oleh cairan selama proses pemanasan. Dalam analisis ini, kalor jenis nira diasumsikan sebagai gabungan dari nilai *brix* air dan glukosa, yaitu sebesar 3,36 kJ/kg°C. Hasil pengujian efisiensi termal untuk tiga jenis heater yang digunakan ditunjukkan dalam tabel berikut.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Efisiensi Heater

Jenis Heater	Massa Nira (kg)	ΔT (°C)	Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Efisiensi Termal (%)
Heater Tubular	20,56	31,8	0,86	70,7%
Heater Spiral	20,48	31,9	0,84	72,5%
Heater Tubular Fin	20,46	31,8	0,77	78,9%

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa seluruh jenis heater memiliki efisiensi termal di atas 70%. Heater U Fin menunjukkan efisiensi tertinggi, yaitu sebesar 78,9%, diikuti oleh Heater Spiral sebesar 72,5%, dan Heater U sebesar 70,7%. Nilai-nilai ini mencerminkan sejauh mana energi listrik yang dikonsumsi oleh heater dapat dikonversi menjadi energi panas yang diserap oleh nira, yang dalam pengujian mengalami peningkatan suhu dari sekitar 33°C menjadi 65°C.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan heater listrik dalam pemanasan nira memberikan efisiensi termal yang lebih tinggi dibandingkan metode tradisional menggunakan kompor LPG. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan heater listrik dalam pemanasan nira memberikan efisiensi termal yang lebih tinggi dibandingkan metode tradisional menggunakan kompor LPG dalam penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Fuadi, et al menggunakan kompor LPG, efisiensi termal hanya mencapai 59% pada tahap pendidihan nira dari suhu 28°C hingga mendidih pada 99°C, dengan 41% energi terbuang ke lingkungan. Rendahnya efisiensi pada sistem LPG disebabkan oleh hilangnya panas melalui konveksi bebas, radiasi, dan kontak nyala api yang tidak langsung terhadap fluida. Sementara itu, sistem heater listrik memberikan pemanasan yang lebih terkontrol, efisien, dan minim kehilangan energi, terutama jika digunakan dalam lingkungan tertutup atau semi-terisolasi[22].

Perbedaan efisiensi berhubungan dengan desain fisik dan luas permukaan kontak masing-masing heater. Heater U memiliki luas permukaan kontak sebesar 245 cm², Heater Spiral sebesar 578 cm², dan Heater U Fin memiliki luas permukaan kontak paling besar, yaitu 1.112 cm². Semakin besar luas permukaan kontak, semakin besar pula kontak perpindahan panas antara elemen pemanas dan cairan, sehingga proses pemanasan menjadi lebih efisien. Heater Tubular Fin, dengan sirip-sirip tambahan pada permukaannya, mampu meningkatkan luas kontak secara signifikan sehingga panas dapat didistribusikan lebih banyak dan cepat ke seluruh volume cairan. Hal ini menjelaskan mengapa heater ini memiliki efisiensi termal paling tinggi. Heater Spiral, meskipun tidak memiliki sirip, tetap menunjukkan efisiensi yang baik karena desain melingkarnya memungkinkan distribusi panas secara merata. Sementara itu, Heater Tubular memiliki efisiensi paling rendah karena luas permukaannya yang kecil,

meskipun transfer panas tetap terjadi secara langsung melalui kontak dengan cairan.

4.5 Analisa Laju Penguapan

Untuk menganalisis kinerja sistem *vacuum evaporator* dibutuhkan dua parameter utama, yaitu laju evaporasi dan efisiensi pemanfaatan energi panas (efisiensi evaporasi). Kedua parameter ini sangat penting untuk menentukan seberapa efektif proses pemanasan dalam mengubah cairan nira menjadi uap, khususnya dalam sistem tertutup dengan tekanan vakum yang dijaga konstan pada -0,7 bar dan suhu ditahan pada 65°C. Proses pengujian berlangsung selama 2 jam untuk seluruh jenis heater yang diuji, yaitu Heater U, Heater Spiral, dan Heater U Fin.

Laju evaporasi merupakan besarnya massa cairan yang berubah menjadi uap per satuan waktu. Dalam penelitian ini, laju evaporasi dihitung berdasarkan selisih berat nira sebelum dan sesudah pemanasan selama 2 jam dalam sistem *vacuum evaporator*. Berdasarkan data pengujian, berikut adalah hasil perhitungan laju evaporasi rata-rata untuk masing-masing jenis heater:

Tabel 4.4 Hasil perhitungan laju evaporasi rata-rata

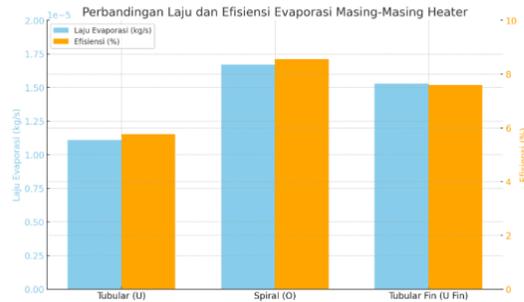
Jenis Heater	Berat Awal (kg)	Berat Akhir (kg)	Δ Massa (kg)	Waktu (s)	Laju Evaporasi (kg/s)
Heater Tubular	20,56	20,48	0,08	7200	$1,11 \times 10^{-5}$
Heater Spiral	20,48	20,36	0,12	7200	$1,67 \times 10^{-5}$
Heater Tubular Fin	20,46	20,35	0,11	7200	$1,53 \times 10^{-5}$

Sementara itu, efisiensi evaporasi dihitung dengan membandingkan energi yang digunakan secara efektif untuk menguapkan cairan terhadap total energi listrik yang dikonsumsi heater selama pengujian. Asumsi kalor laten penguapan nira mendekati air yaitu sebesar $L_v = 2,26 \times 10^6 \text{ J/kg}$. Berdasarkan data pengujian, berikut adalah hasil efisiensi evaporasi untuk masing-masing jenis heater:

Tabel 4.5 Hasil perhitungan efisiensi evaporasi

Jenis Heater	Energi Input (J)	Energi Evaporasi (J)	Efisiensi Evaporasi (%)
Heater Tubular	3.132.000	180.800	5,77%
Heater Spiral	3.168.000	271.200	8,56%
Heater Tubular Fin	3.276.000	248.600	7,59%

Berdasarkan hasil dari tabel diatas Berikut ini adalah grafik yang membandingkan laju evaporasi dan efisiensi energi dari masing-masing heater:



Gambar 4.2 Grafik Laju dan Evaporator masing masing Heater

Berdasarkan hasil grafik perbandingan laju dan efisiensi evaporasi, dapat dianalisis bahwa masing-masing jenis heater memiliki karakteristik performa yang berbeda. Heater Spiral menunjukkan kinerja terbaik dari segi efisiensi penguapan, yaitu sebesar 8,56%, disusul oleh Heater U Fin dengan efisiensi sebesar 7,59%, dan yang terendah adalah Heater U sebesar 5,77%. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun ketiga heater memiliki daya Listrik yang hampir sama (sekitar 570 watt), desain bentuk dan luas permukaan kontak sangat memengaruhi efektivitas pemanfaatan energi.

Dari sisi laju evaporasi, Heater Spiral juga mencatat laju tertinggi sebesar $1,67 \times 10^{-5}$ kg/s, yang berarti mampu menguapkan cairan lebih banyak per satuan waktu dibandingkan dua heater lainnya. Heater U Fin sedikit lebih rendah dengan laju $1,53 \times 10^{-5}$ kg/s, sementara Heater U memiliki laju terendah yakni $1,11 \times 10^{-5}$ kg/s. Grafik diatas, di mana terlihat bahwa Heater Spiral unggul baik dari segi efisiensi maupun laju penguapan. Hal ini dapat dikaitkan dengan bentuk spiralnya yang memberikan distribusi panas lebih merata ke seluruh permukaan cairan, serta kemampuan mempertahankan suhu stabil di bawah kondisi vakum.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

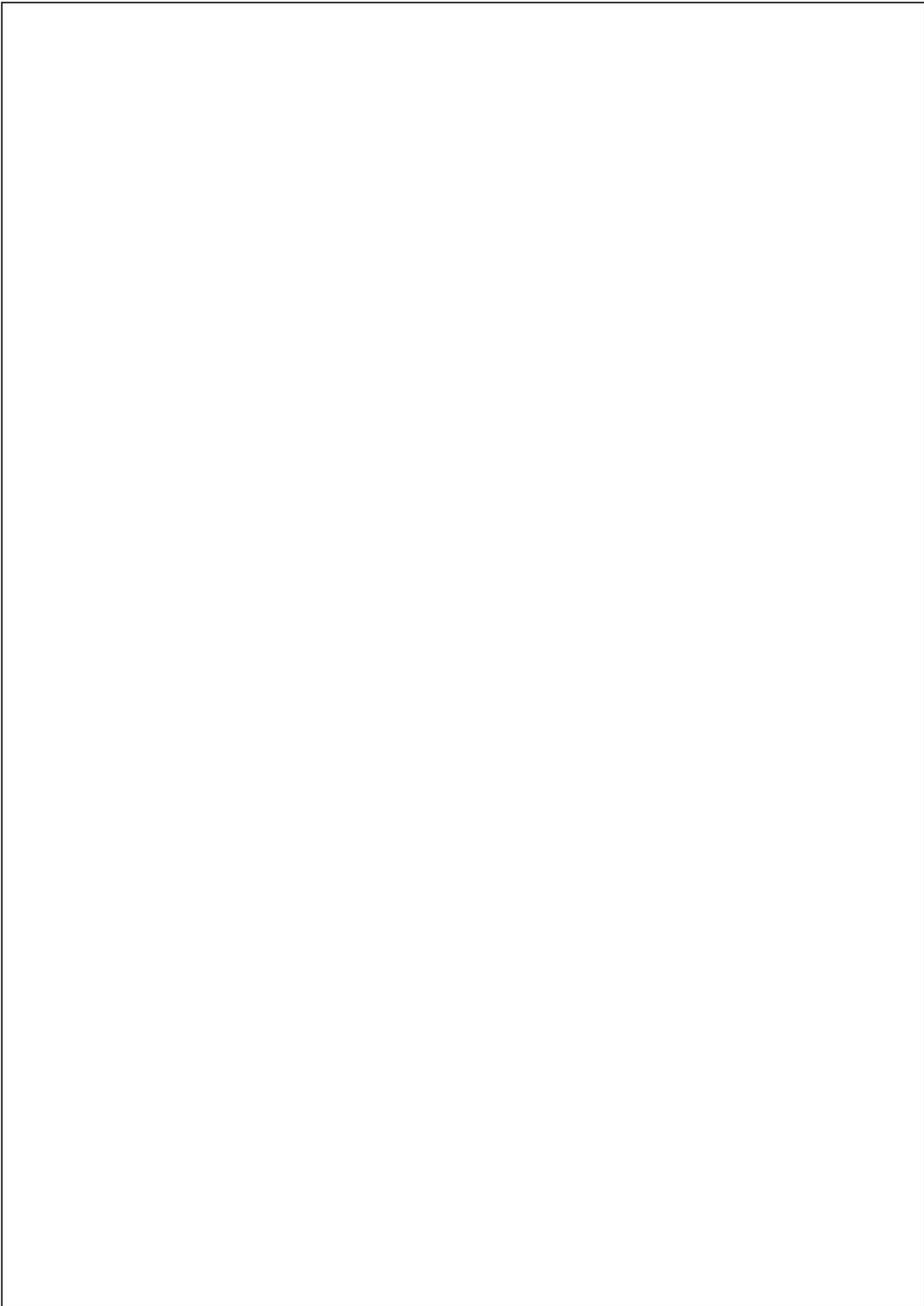
Berdasarkan hasil pengujian performa dari masing-masing heater menggunakan *vacuum evaporator* maka didapatkan Kesimpulan yang menjawab tujuan dari pengujian ini. Adapun Kesimpulan dari pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis performa pemanasan dan laju evaporasi, bentuk heater berpengaruh signifikan terhadap efisiensi proses produksi gula aren cair. Heater dengan desain permukaan kontak yang lebih luas dan bentuk distribusi panas yang lebih merata mampu meningkatkan efisiensi termal dan laju penguapan nira secara efektif.
2. Heater Tubular Fin menunjukkan efisiensi termal tertinggi sebesar 78,9% karena luas permukaan kontaknya yang besar, memungkinkan transfer panas lebih cepat ke media cair. Namun, dari segi laju evaporasi dan kestabilan suhu, Heater Spiral terbukti lebih unggul dengan efisiensi evaporasi tertinggi (8,56%) dan laju evaporasi tertinggi ($1,67 \times 10^{-5}$ kg/s), serta kestabilan pemanasan yang lebih baik selama proses berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa Heater Spiral merupakan bentuk yang paling efisien dalam mencapai suhu kerja optimal sekaligus efektif dalam mengurangi kadar air pada nira aren cair.
3. Berdasarkan data efisiensi energi, waktu pencapaian suhu, dan performa laju penguapan, dapat direkomendasikan bahwa Heater Spiral adalah pilihan optimal untuk proses produksi gula aren cair menggunakan *vacuum evaporator*. Desain spiral memberikan kombinasi terbaik antara efisiensi waktu, kestabilan suhu, dan efisiensi penggunaan energi, sehingga cocok untuk diterapkan dalam skala produksi guna meningkatkan kualitas dan produktivitas gula aren cair.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat disampaikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut

1. Pengujian lanjutan dengan menggunakan heater spiral dengan tambahan sirip (fin) agar menghasilkan peningkatan pada kecepatan pemanasan dan laju evaporasi.



Rev skripsi.docx

ORIGINALITY REPORT

18%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

4%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	pdfcoffee.com Internet Source	2%
2	jurnal.polsri.ac.id Internet Source	2%
3	repository.its.ac.id Internet Source	1%
4	repository.unja.ac.id Internet Source	1%
5	123dok.com Internet Source	1%
6	jurnal.unej.ac.id Internet Source	1%
7	docplayer.info Internet Source	1%
8	wikipedia.co.id Internet Source	1%
9	yogaadiwibowo.blogspot.com Internet Source	<1%

10	eprints.polsri.ac.id Internet Source	<1 %
11	lib.unnes.ac.id Internet Source	<1 %
12	Submitted to Westlake High School Student Paper	<1 %
13	edoc.pub Internet Source	<1 %
14	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
15	eprints2.undip.ac.id Internet Source	<1 %
16	kc.umn.ac.id Internet Source	<1 %
17	docobook.com Internet Source	<1 %
18	vdocuments.site Internet Source	<1 %
19	eprints.unram.ac.id Internet Source	<1 %
20	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
21	Annisa Sarah Fauza, Fadhil Athif Ananda Putra, Tahta Masita Dinanti Masuara, Arya	<1 %

Abdi Perdana Bahi, Ghinia Yusri Annur.
"Pendampingan Pendaftaran Sertifikat Halal
Bagi UMKM Desa Pasirjambu Ciwidey", Jurnal
Abdimas Le Mujtamak, 2024

Publication

22

Submitted to Universitas Pamulang

Student Paper

<1 %

23

text-id.123dok.com

Internet Source

<1 %

24

www.scribd.com

Internet Source

<1 %

25

core.ac.uk

Internet Source

<1 %

26

eprints.umm.ac.id

Internet Source

<1 %

27

id.123dok.com

Internet Source

<1 %

28

pustaka.sttw.ac.id

Internet Source

<1 %

29

garuda.kemdikbud.go.id

Internet Source

<1 %

30

inovasi.lipi.go.id

Internet Source

<1 %

31

jurnal.umj.ac.id

Internet Source

<1 %

32	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
33	hwp-electromedic14.blogspot.com Internet Source	<1 %
34	id.scribd.com Internet Source	<1 %
35	repository.umy.ac.id Internet Source	<1 %
36	ardhasport.wordpress.com Internet Source	<1 %
37	digilib.unila.ac.id Internet Source	<1 %
38	ejournal.upnjatim.ac.id Internet Source	<1 %
39	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
40	journal.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
41	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
42	repository.umsu.ac.id Internet Source	<1 %
43	vbook.pub Internet Source	<1 %

44	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
45	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
46	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
47	fe-akuntansi.unila.ac.id Internet Source	<1 %
48	thenursdiary.wordpress.com Internet Source	<1 %
49	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
50	yossono.blogspot.com Internet Source	<1 %
51	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
52	Prichilia Theresa Tilaar, Juliana Ruth Mandei, Esry Olly Harryani Laoh. "Analisis Keuntungan Usaha Gula Aren Di Desa Ranoiapo Kecamatan Ranoyapo", AGRI-SOSIOEKONOMI, 2023 Publication	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On