

## **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 selubung 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

##### **2.1.1 Jenis-Jenis Elemen Pemanas (*Heater Element*)**

Elemen pemanas adalah inti dari sistem pemanas berbasis listrik. Fungsinya adalah mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui resistansi listrik. Ketika arus listrik mengalir melalui elemen dengan resistansi tinggi, energi panas dilepaskan akibat gesekan antara elektron dan atom material penyusun.

###### **a. Elemen Pemanas Logam (*Metal Heating Elements*)**

Elemen pemanas logam merupakan jenis yang paling umum digunakan dalam berbagai aplikasi rumah tangga maupun industri karena kinerjanya yang stabil dan efisien dalam menghasilkan panas. Di antara logam-logam yang digunakan, nikrom dan Kantal adalah dua bahan yang paling banyak diaplikasikan.

Nikrom, atau nickel-chromium, merupakan paduan logam yang terdiri dari sekitar 80% nikel dan 20% krom. Kombinasi ini menghasilkan bahan yang memiliki resistansi listrik tinggi serta ketahanan luar biasa terhadap oksidasi dan korosi pada suhu tinggi.

Nikrom mampu bekerja dengan stabil hingga suhu  $1100^{\circ}\text{C}$ , menjadikannya pilihan utama dalam perangkat pemanas seperti kompor listrik, oven rumah tangga, pemanas air, dan blower. Kestabilan termalnya membuat elemen ini dapat digunakan secara terus-menerus tanpa mengalami degradasi signifikan, bahkan dalam siklus pemanasan dan pendinginan yang berulang.



**Gambar 2.1** Element Pemanas Logam (Khantal)

Sementara itu, Kantal adalah paduan logam yang terdiri dari besi (Fe), kromium (Cr), dan aluminium (Al). Material ini memiliki kemampuan kerja pada suhu yang lebih tinggi dibandingkan nikrom, bahkan mencapai  $1300^{\circ}\text{C}$ . Keunggulan utama Kantal terletak pada pembentukan lapisan oksida aluminium yang melindungi permukaan logam dari oksidasi dan korosi selama proses pemanasan, sehingga memperpanjang umur pakai elemen tersebut. Selain itu, Kantal dikenal tahan terhadap kejutan termal, menjadikannya sangat sesuai untuk penggunaan di lingkungan industri berat seperti pada tungku, kiln, dan *heater* industri. Kelebihan ini menjadikan elemen pemanas logam berbahan Kantal lebih ekonomis dalam jangka panjang karena mengurangi kebutuhan penggantian dan perawatan.

b. Elemen Pemanas Keramik (*Ceramic Heating Elements*)

Elemen pemanas keramik merupakan jenis pemanas yang menggunakan bahan keramik sebagai media utama penghantar panas. Pemanas ini sering kali berbasis material PTC (*Positive Temperature Coefficient*), yaitu bahan yang resistansinya meningkat ketika suhu naik, seperti barium titanate. Sifat ini menjadikan

elemen pemanas keramik lebih aman, karena ketika suhu mencapai ambang tertentu, arus listrik yang mengalir akan berkurang secara alami, sehingga suhu tidak terus meningkat secara tak terkendali.



**Gambar 2.2** Element Pemanas Keramik

Elemen keramik umumnya digunakan dalam perangkat yang memerlukan keamanan tinggi dan pengendalian suhu otomatis seperti pemanas ruangan, *hair dryer*, pemanas udara, dan perangkat elektronik yang sensitif. Keunggulan utama dari elemen ini adalah daya tahannya terhadap suhu tinggi serta ketahanan terhadap degradasi kimia atau korosi. Selain itu, karena keramik bersifat isolator listrik, elemen pemanas ini cenderung lebih aman untuk digunakan dalam lingkungan lembap atau dalam sistem tertutup. Penggunaan elemen keramik juga memungkinkan pemanasan yang cepat dan efisien dalam area kecil, menjadikannya ideal untuk aplikasi portabel dan perangkat miniatur.

### **2.1.2 Jenis-Jenis Bentuk Elemen Pemanas (*Heater Element*)**

Elemen pemanas adalah komponen utama dalam sistem pemanas listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi panas melalui prinsip resistansi (hambatan listrik). Berikut adalah beberapa jenis elemen pemanas yang umum digunakan:

#### **a. *Heater* Lurus (*Straight Heater*)**

*Heater* lurus merupakan bentuk paling dasar dari elemen pemanas listrik dan menjadi tipe yang paling awal dikembangkan. Desainnya sederhana berupa batang logam lurus yang mengandung kawat resistansi di bagian dalamnya, dilapisi dengan bahan isolator serta pelindung luar dari logam. Karena bentuknya yang langsung

dan tanpa lengkungan, *heater* ini sangat cocok untuk aplikasi perendaman langsung (*immersion heater*), di mana elemen pemanas dicelupkan langsung ke dalam cairan seperti air, minyak, atau larutan kimia lainnya. *Heater* lurus banyak digunakan dalam pemanas air rumah tangga, pemanas tangki industri, dan sistem pengolahan fluida. Keunggulan utama bentuk ini adalah efisiensi dalam transfer panas secara langsung ke media cair, serta konstruksinya yang kokoh dan mudah dirawat. Namun, karena distribusi panas terjadi secara linear dari batang tersebut, maka diperlukan strategi tambahan (seperti pengadukan) agar suhu cairan tetap homogen pada seluruh volume.



**Gambar 2.3** *Straight Heater*

b. *Heater Spiral / Koil (Coiled Heater)*

*Heater* spiral atau koil memiliki bentuk kawat pemanas yang digulung menyerupai pegas, sehingga menghasilkan area permukaan yang lebih luas dibandingkan *heater* lurus. Bentuk spiral ini secara signifikan meningkatkan efisiensi pemanasan karena memperluas kontak antara elemen dan media yang dipanaskan, baik udara maupun cairan. Pemanas tipe ini banyak digunakan dalam oven, pemanas ruangan, alat pengering industri, serta sistem konveksi. Selain efisiensi panasnya, bentuk spiral juga menciptakan sirkulasi udara atau cairan yang lebih turbulen di sekitarnya, sehingga mempercepat distribusi panas secara merata. Struktur spiral juga meminimalkan tekanan termal pada logam pemanas saat terjadi ekspansi akibat kenaikan suhu. Karena alasan ini, *heater* spiral sangat disukai dalam sistem pemanas suhu tinggi yang

membutuhkan kestabilan termal dan performa jangka panjang. Namun, bentuk ini kurang cocok untuk perendaman dalam ruang terbatas karena ukurannya bisa menjadi besar tergantung panjang elemen.



**Gambar 2.4** *Coiled Heater*

c. *Heater U-Shaped*

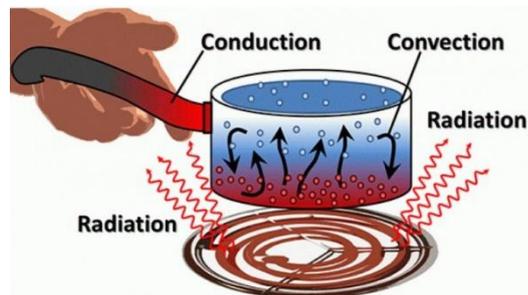
*Heater* berbentuk U merupakan hasil pengembangan dari *heater* lurus yang dibengkokkan sehingga membentuk lengkungan menyerupai huruf “U”. Dua terminal listrik berada di sisi yang sama, menjadikan desain ini lebih praktis dari segi pemasangan dan perawatan karena hanya memerlukan satu sisi akses untuk kelistrikan. Bentuk U memungkinkan jalur pemanasan ganda dari dua sisi batang pemanas, sehingga meningkatkan efisiensi panas dalam ruang sempit seperti dasar panci, tangki, atau boiler. Umumnya, *heater* tipe ini dipasang pada dinding atau dasar wadah dan digunakan untuk memanaskan cairan dalam bejana logam tertutup. Dalam aplikasi skala industri kecil seperti pemanasan nira, bentuk U memberikan keseimbangan antara luas area panas dan kesederhanaan desain, meskipun distribusi panasnya bisa tidak merata apabila bejana tidak memiliki sistem pengadukan atau permukaan pemanasnya terbatas pada satu sisi dasar



**Gambar 2.5** *Heater U-Shaped*

## 2.2 Perpindahan Panas

Kalor atau panas adalah energi yang ditransfer atau diteruskan dari suatu benda ke benda yang lain karena perbedaan temperatur. [8]. 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 [8].



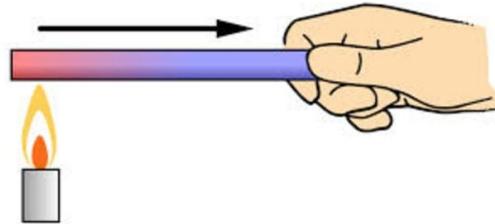
Gambar 2.6 Perpindahan Panas

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 ( $\Delta t$ ) 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 ketempat yang suhunya lebih rendah, dengan media penghantar panas tetap. Proess 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[9].



**Gambar 2.7** 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 (W/m·K).

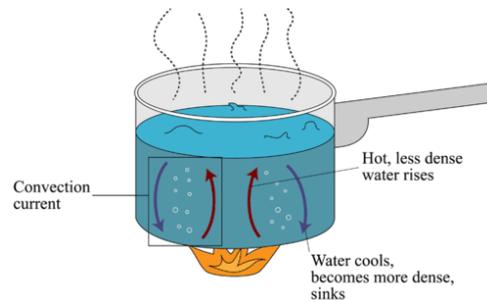
$A$  = luas permukaan yang panasnya sedang berpindah (m<sup>2</sup>).

$\Delta T$  = 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 2.8** 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 [8]. Proses konveksi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu; konveksi paksa (*forced convection*) dan konveksi alami (*natural convection*)

a) Konveksi Paksa (*Forced Convection*)

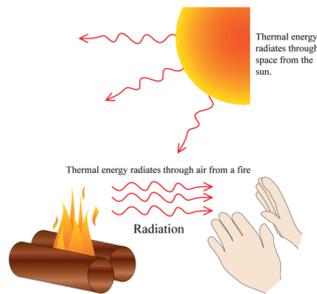
Konveksi ini terjadi ketika fluida yang mengalir dipaksa oleh menggunakan gaya eksternal, seperti kipas atau pompa. Contoh umum dari konveksi paksa adalah aliran udara di dalam radiator atau aliran air dalam pipa pemanas. Ketika fluida dipaksa mengalir, itu membantu dalam memindahkan panas dengan cepat dari sumber panas ke area yang lebih dingin[9]

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[9].

### 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 2.9** 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),

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

A = luas permukaan benda ( $\text{m}^2$ ),

$\epsilon$  = 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 [10]. Penguapan atau evaporasi biasanya terjadi karena adanya sumberpanas seperti *heater* atau matahari yang digunakan untuk menurunkan kandungan air dari bahan pangan yang berbentuk cairan [11]. 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 [12].

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 (konestrat). 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 [10]. Teknik evaporasi sudah banyak diimplentasikan diindustri 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 [13].

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 *vacum* [10].

## 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 [11]. 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 [14].



**Gambar 2.10** *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 evaporasi. Sedangkan Laju evaporasi (*evaporation rate*) adalah kuantitas air yang berhasil dievaporasi menjadi uap persatuan per satuan waktu. Besarnya laju evaporasi sangat dipengaruhi oleh temperature pemanasan dan luas permukaan evaporasi [11].

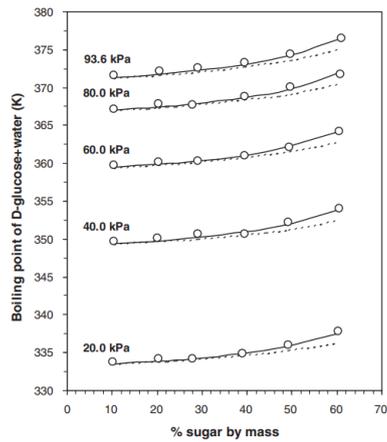
Penggunaan *Vacuum Evaporator* pada proses pembuatan nira aren cair dapat menghemat energi karena tekanan vacuum yang dihasilkan dapat menurunkan suhu penguapan pada proses evaporasinya. Untuk menghasilkan gula aren cair dengan kadar terbaik suhu pemanasan yang paling ideal adalah 65-80 °C [15].

## 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 [16]. 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 [17].

Dengan *vacuum evaporator* proses produksi nira pada suhu yang lebih rendah dapat dilakukan dengan menurunkan tekanan di dalam sistem. Dalam penelitian oleh Slamet Wiyono. 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 [18].

Dalam penelitian yang dilakukan oleh E. Widiastuti, 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 [19].



**Gambar 2.11** 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[20] [23].

## 2.6 State of Art

Pengolahan gula aren cair secara modern terus dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi energi dan menjaga mutu produk. Salah satu pendekatan yang banyak digunakan adalah sistem vacuum evaporator, yang memungkinkan proses pemanasan pada suhu lebih rendah dengan tekanan vakum, sehingga dapat mempertahankan kandungan nutrisi dan warna alami nira. Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas pengaruh suhu dan tekanan terhadap kualitas hasil, namun masih sedikit studi yang secara khusus mengevaluasi pengaruh bentuk dan desain *heater* terhadap efisiensi termal dan laju evaporasi. Oleh karena itu, bagian ini mengkaji beberapa penelitian

terdahulu yang relevan sebagai landasan untuk menunjukkan posisi dan keunikan penelitian ini dalam menjawab kekosongan studi terkait desain *heater* pada sistem pemrosesan nira aren cair.

**Tabel 2.1** *State of Art*

<b>No.</b>	<b>Deskripsi Jurnal (Judul, Peneliti, Tahun)</b>	<b>Objek Penelitian</b>	<b>Hasil dan Pembahasan</b>
1	<i>Pembuatan Gula Cair dari Nira Aren pada Kondisi Vakum – (Soeswanto, 2023)</i>	Nira aren pada tekanan 0,24 atm dan suhu $\pm 72^{\circ}\text{C}$ menggunakan vacuum evaporator	Proses vakum menurunkan titik didih dan menjaga kualitas nira. Cocok untuk produksi skala kecil dengan suhu rendah, namun belum membahas efisiensi energi atau desain <i>heater</i> .
2	<i>Perbaikan Proses Evaporasi Produksi Gula Aren – (Widiastuti, 2023)</i>	Proses evaporasi gula semut di bawah tekanan -30 cmHg	Titik didih turun hingga $80^{\circ}\text{C}$ , menghasilkan kualitas lebih baik. Namun tidak mengevaluasi desain alat pemanas ( <i>heater</i> ).
3	<i>Pengolahan Air Nira dengan Vacuum Evaporasi Menjadi Gula Aren Cair – (Wiyono, 2021)</i>	<i>Vacuum evaporator</i> untuk gula aren	Menjelaskan hubungan suhu dan tekanan terhadap mutu, namun belum mengukur efisiensi termal atau laju evaporasi secara kuantitatif.
4	<i>Prototype of Vacuum evaporator pada Nira Mengkudu – (Syakdani, 2019)</i>	Evaporator vakum untuk sari buah mengkudu	Fokus pada pengaruh waktu dan suhu terhadap evaporasi. Belum membahas desain <i>heater</i> . Cocok dijadikan dasar sistem vakum.

5	<i>Perubahan Sifat Fisik Nira Selama Pemasakan Udara Terbuka – (Fuadi, 2023)</i>	Pemasakan nira menggunakan kompor LPG	Efisiensi termal metode LPG hanya 59%. Banyak panas terbuang ke lingkungan, menjadi pembanding untuk efisiensi <i>heater</i> elektrik.
6	<i>Pengaruh Bentuk Elemen Pemanas terhadap Jumlah Kalor yang Dhasilkan – (Hersandi, 2014)</i>	Bentuk kawat pemanas terhadap keluaran panas	Bentuk kawat pemanas memengaruhi efisiensi panas. Semakin besar kontak permukaan, semakin tinggi kalor yang dihantarkan. Relevan untuk mendukung studi desain <i>heater</i> .