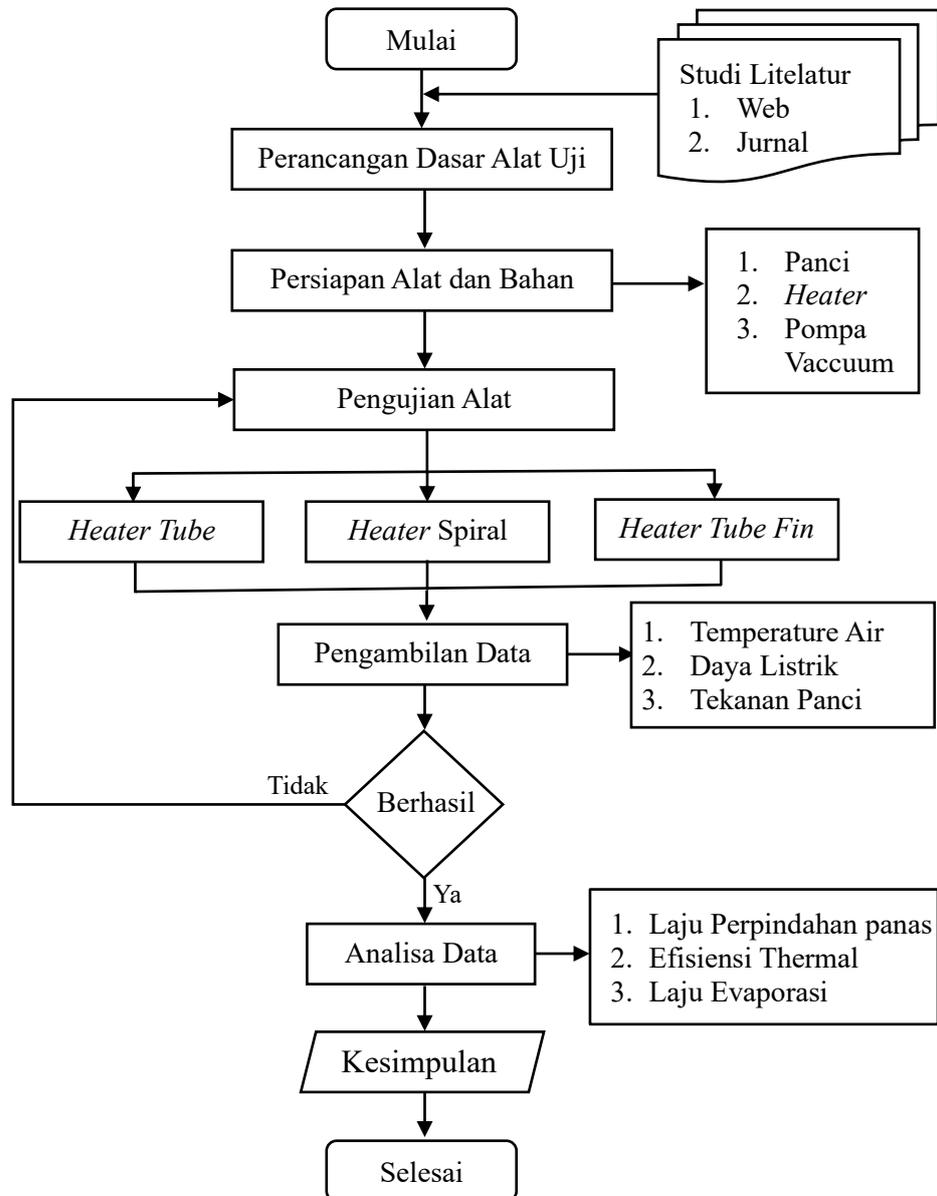


BAB III

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 variabel pada penelitian ini yaitu variabel bebas berupa bentuk dan jenis *heater* yang digunakan sedangkan variabel terikat pada pengujian ini mencakup suhu pemanasan yang dihasilkan *heater* dan tekanan vakum pada panci pemanasan yang dapat mengindikasikan performa kinerja sistem. Selain itu ada juga variabel 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*

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



a). *Heater*



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 alumunium 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

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, selai 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 -0,7 Bar untuk menjaga kestabilan proses pemanasan.



Gambar 3.8 *Pressure sensor dan Vishner ch102*

8. *WattMeter*

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*

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*

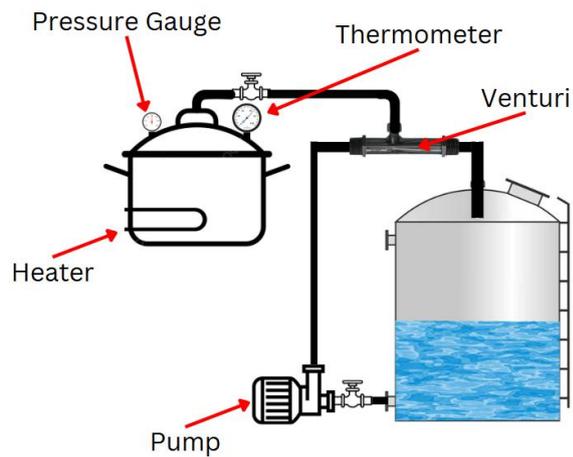
3.4 Prosedur Penelitian

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.

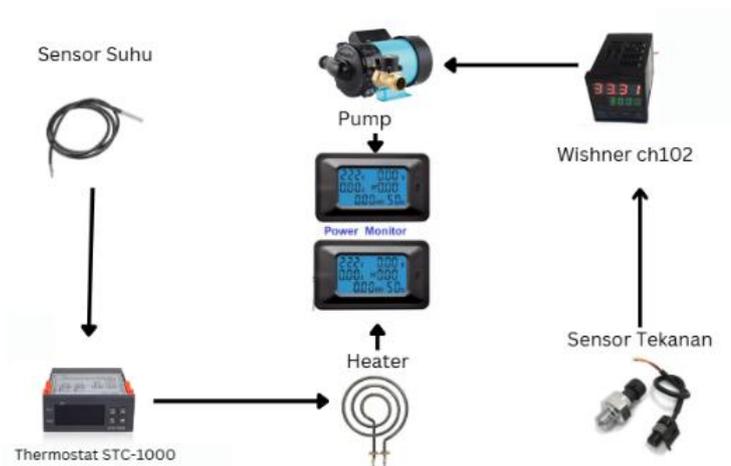
1. Memastikan seluruh alat dalam kondisi siap digunakan.
2. Memastikan seluruh sambungan pada sistem tidak mengalami kebocoran.
3. Menuangkan 20 liter air ke dalam panci.
4. Menyalakan *heater* yang akan diuji, dengan daya disetel sekitar 500 watt menggunakan dimmer kemudian Menyalakan pompa vakum lalu 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 Rancangan Percobaan

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 Wisner 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*

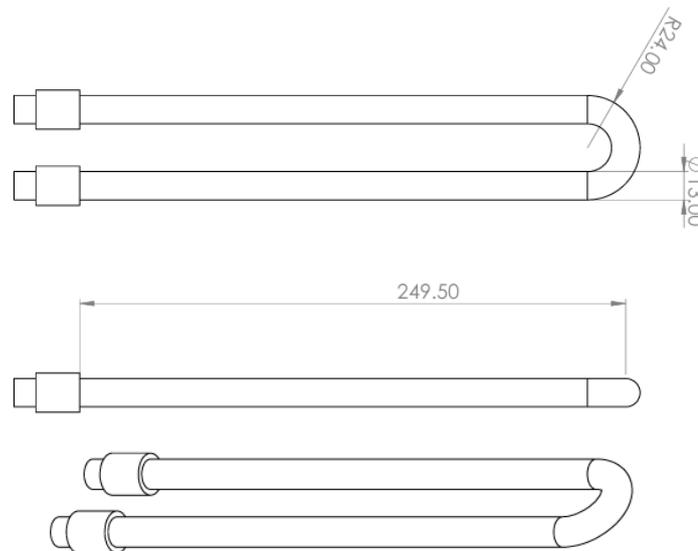
Sistem eksperimen terdiri dari dua bagian utama, yaitu sistem pemanasan dan sistem sirkulasi cairan. Dalam sistem pemanasan, sensor suhu mendeteksi suhu cairan dan mengirimkan data ke thermostat STC-1000, yang kemudian mengontrol daya ke *heater* agar suhu cairan tetap dalam batas yang diinginkan. Sementara 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.

3.6 Desain Geometri *Heater*

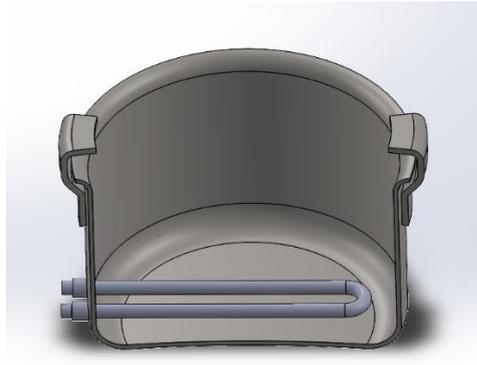
Pada subbab ini ditampilkan visualisasi tiga dimensi dari masing-masing jenis *heater* yang digunakan dalam penelitian. Visualisasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih Jelas mengenai bentuk fisik serta konfigurasi *heater* dalam sistem pemanas yang dirancang. Dengan adanya ilustrasi ini, diharapkan dapat memahami hubungan antara bentuk geometri *heater* dan proses perpindahan panas yang terjadi selama pemanasan cairan.

Terdapat tiga jenis elemen pemanas yang digunakan dalam pengujian, yaitu *heater* tubular berbentuk U (*Heater U*), *heater* spiral berbentuk O (*Heater Spiral*), serta *heater* tubular berbentuk U yang dilengkapi dengan sirip atau *fin* (*Heater U Fin*). Ketiganya dirancang untuk menguji pengaruh bentuk dan luas permukaan terhadap efisiensi pemanasan. Bahan yang digunakan adalah stainless steel, yang dipilih karena tahan terhadap suhu tinggi, tidak mudah korosi, serta memiliki kemampuan menghantarkan panas yang baik.

Heater pertama, yaitu *heater U*, merupakan tabung logam berbentuk melengkung menyerupai huruf U. *Heater* ini dirancang sederhana dengan dua kaki sejajar yang ditekuk pada bagian bawah untuk membentuk lengkungan. Bentuk ini dipilih karena mudah dipasang dan memiliki kontak permukaan yang cukup baik dengan cairan di dalam panci. Adapun ukuran secara detail dari *heater* ini dapat dilihat pada gambar berikut.

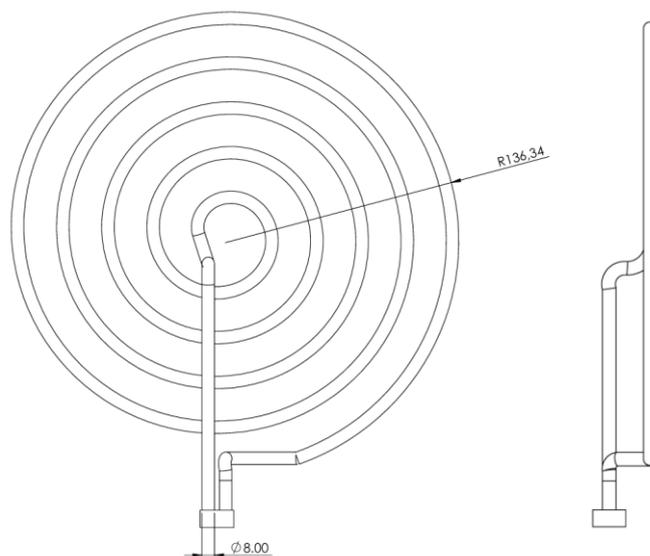


Gambar 3.13 Dimensi *Heater U*

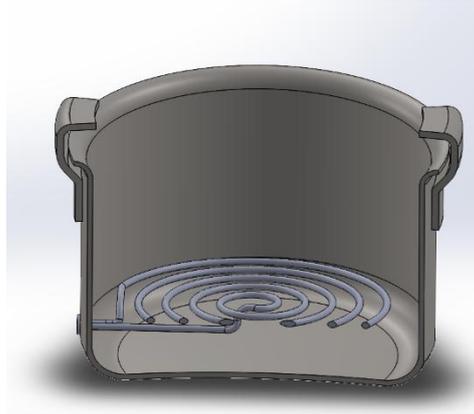


Gambar 3.14 *Heater U* pada Panci Evaporator

Heater kedua adalah *heater* spiral bentuk O, yaitu elemen pemanas yang dibentuk secara melingkar seperti koil datar. *Heater* ini terdiri dari tabung logam yang dililit sebanyak lima putaran dengan diameter rata-rata sekitar 0.8 cm, membentuk struktur spiral horizontal yang kompak. Spiral *heater* ini dipasang mendatar di bagian dasar panci, sehingga memungkinkan distribusi panas yang lebih merata ke seluruh permukaan dasar cairan. Karena bentuknya yang mendatar dan melingkar, *heater* jenis ini memiliki panjang tabung lebih besar dibanding *heater* bentuk U biasa, sehingga memberikan luas permukaan kontak yang lebih besar. Adapun dimensi dari *heater* dapat dilihat pada Gambar berikut.

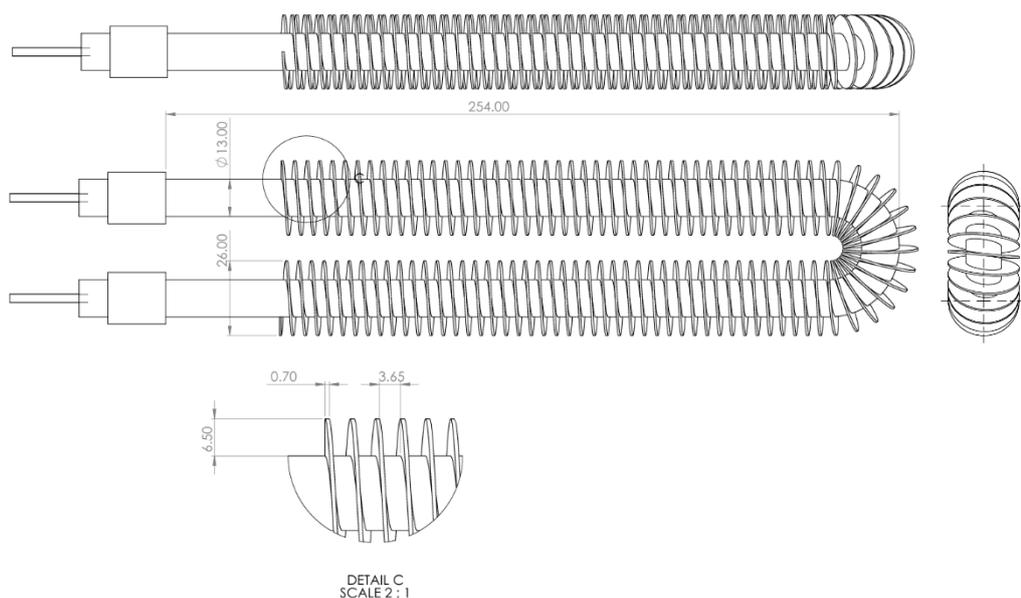


Gambar 3.15 Dimensi *Heater* Spiral

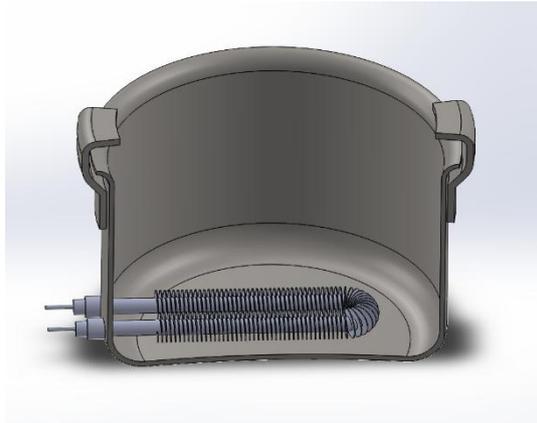


Gambar 3.16 Heater U Fin pada Panci Evaporator

Heater ketiga merupakan varian dari heater U, namun ditambahkan sirip-sirip kecil (*fin*) di sepanjang tabungnya untuk memperbesar area permukaan pemanasan. Sirip ini berbentuk pelat logam tipis yang dipasang tegak lurus terhadap sumbu tabung dengan jarak teratur. Tujuan utama penambahan *fin* adalah untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas dengan memperbesar luas area yang bersentuhan langsung dengan cairan. Jumlah *fin* yang digunakan sebanyak 100 buah dengan ukuran masing-masing $28 \times 0.5 \text{ mm}$. Heater ini diposisikan di dasar panci seperti heater U biasa, namun karena adanya *fin*, area permukaan pemanas menjadi lebih besar dan berpotensi menghasilkan laju evaporasi yang lebih tinggi. Adapun dimensi dari heater ini dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.17 Dimensi Heater U Fin



Gambar 3.18 *Heater U Fin* pada Panci Evaporator

Dalam proses perpindahan panas secara konduksi dan konveksi, luas permukaan alat pemanas yang bersentuhan langsung dengan fluida memainkan peranan penting. Semakin besar area permukaan kontak, semakin besar pula potensi perpindahan energi panas yang dapat terjadi. Oleh karena itu, untuk setiap jenis *heater* yang digunakan dalam penelitian ini, dilakukan perhitungan terhadap luas permukaan aktif yang bersentuhan dengan cairan. Ketiga jenis *heater*, yaitu *heater U*, *heater spiral*, dan *heater U fin*, memiliki karakteristik geometri yang berbeda. Masing-masing dibuat dari material stainless steel, dengan dimensi dan desain yang dirancang agar sesuai untuk pemanasan dalam sistem uji berskala laboratorium. Perhitungan luas permukaan difokuskan pada bagian selimut luar dari tabung *heater* yang bersentuhan langsung dengan cairan, serta ditambah dengan kontribusi luas dari sirip (*fin*) jika terdapat.

Berdasarkan spesifikasi, *heater U* memiliki diameter luar sebesar 1,3 cm dan panjang 60 cm, menghasilkan luas selimut tabung sebesar 0,0245 m². *Heater spiral* memiliki diameter lebih kecil, yaitu 0,8 cm, namun panjangnya mencapai 230 cm akibat bentuk spiralnya, sehingga luas permukaannya lebih besar, yaitu sekitar 0,0578 m². Adapun *heater U* dengan *fin* memiliki dimensi dasar yang sama dengan *heater U* biasa, namun dilengkapi dengan 100 buah sirip logam berukuran 2,8 mm × 0,5 mm. Kontribusi luas dari *fin* tersebut mencapai sekitar 0,0867 m², sehingga total luas permukaan aktif menjadi 0,1112 m².