



**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT DISTILASI
AIR LAUT TIPE *VAPOR COMPRESSION***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Memenuhi Penyusunan Studi
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Mesin

Oleh :

AGUNG SETIABUDI
NPM. 6417500027

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2024

LEMBAR PERSETUJUAN

Skripsi yang berjudul “Analisis Perpindahan Panas Pada Alat Distilasi Air Laut Tipe Vapor Compression”

Nama Penulis : Agung Setiabudi

NPM : 6417500027

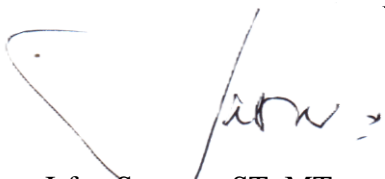
Disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk Diujikan dihadapan dosen penguji

Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 25 Agustus 2024

Pembimbing I



Irfan Santosa, ST, MT
NIPY. 124521611980

Pembimbing II



Hadi Wibowo, ST, MT
NIPY. 20651641971

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi
Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Pada hari : Selasa

Tanggal : 6 Agustus 2024

Ketua Sidang

(Dr. Agus Wibowo, ST.,MT.)
NIPY. 126518101872

(.....)

Penguji Utama

(Ir Soebyakto, MT.)
NIPY. 19467260

(.....)

Penguji 1

(Irfan Santosa, ST.,MT.)
NIPY. 124521611980

(.....)

Penguji II

(Hadi Wibowo, ST.,MT.)
NIPY. 20651641971

(.....)

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer



Universitas Pancasakti Tegal

(Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T.)
NIPY. 126518101972

PERNYATAAN ORIGINAL

Dengan ini, saya menyatakan bahwa Laporan skripsi saya yang berjudul: “Analisis Perpindahan Panas Pada Alat Distilasi Air Laut Tipe *Vapor Compression*” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri.

Dalam penelitian laporan skripsi ini saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara tidak sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dapat dijadikan pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila pada kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim terhadap keaslian karya tulis ini.

Tegal, 13 Juli 2024



Agung Setiabudi

NPM. 6417500027

PRAKATA

Allhamdulillah, puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat limpahan rahmat, nikmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA ALAT DISTILASI AIR LAUT TIPE *VAPOR COMPRESSION*”. penelitian ini di susun sebagai salah satu syarat untuk mengajukan skripsi pada program Strata-1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Dalam penyusunan dan penulisan proposal skripsi ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih banyak kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan karunia serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan lancar.
2. Bapak Dr, Agus Wibowo, ST., MT. Selaku Dekan Fakultas Teknik & Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal dan seluruh civitas akademik yang telah memberikan kemudahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Irfan Santosa, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan selama penyusunan tugas akhir ini .
4. Bapak Hadi Wibowo, ST., MT. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing selama penyusunan tugas akhir ini.
5. Segenap Dosen dan Staff Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
6. Bapak dan Ibuku yang tidak pernah Lelah mendoakanku.

Penulis telah mencoba membuat laporan ini sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis, untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemaafanya. Harapan penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua, amin

Tegal, 13 juli 2024



Agung Setiabudi

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Ada berbagai cara yang sering dilakukan untuk mendapatkan air bersih yaitu : perebusan, penyaringan, destilasi dan lain – lainnya. Cara perebusan dilakukan hanya untuk mematikan kuman dan bakteri – bakteri yang merugikan, namun kotoran yang berupa padatan – padatan kecil tidak bisa terpisah dengan air. Penyaringan digunakan hanya untuk menyaring kotoran – kotoran yang berupa padatan kecil, namun kuman dan bakteri yang merugikan tidak bisa terpisah dari air. Cara distilasi merupakan cara yang efektif digunakan untuk menghasilkan air bersih yang bebas dari kuman, bakteri, dan kotoran yang berupa padatan kecil. Pada proses destilasi, yang diambil hanya air kondensatnya, kuman dan bakteri akan mati oleh proses pemanasan, dan kotoran akan mengendap di dasar basin.

Distilasi yaitu suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (*volatilitas*) bahan. Dalam distilasi, campuran zat dididihkan sehingga menguap, dan uap ini kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Metode ini termasuk sebagai unit operasi kimia jenis perpindahan panas. Penerapan proses ini didasarkan pada teori bahwa pada suatu larutan, masing-masing komponen akan menguap pada titik didihnya.

Perpindahan panas dapat terjadi melalui mekanisme secara menyeluruh adalah proses dimana panas mengalir dari daerah yang bersuhu tinggi ke daerah yang

bersuhu rendah di dalam satuan medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan yang bersinggungan secara langsung. Dari perihal diatas penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan hasil distilasi terhadap air laut yang nantinya akan menjadi air tawar layak konsumsi yang maksimal, namun membutuhkan sistem aliran dari evaporator menuju kondensor atau pendinginan yang sesuai.

Maka dari itu penelitian ini akan membuat alat distilasi air laut dengan sistem pemanas *elektrik* kapasitas 26 liter, kemudian akan menganalisis perpindahan panasnya

B. Batasan Masalah

Batasan masalah yang akan dibahas lebih lanjut dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bahan tabung evaporator SS 304 tebal 1,2 mm dengan kapasitas 26 liter
2. Alat yang akan diteliti adalah alat distilasi kapasitas tabung evaporator 26 liter.
3. Analisa yang akan dilakukan adalah menghitung perpindahan panas konduksi dan konveksi dan evaporasi
4. Tabung penampung air laut kapasitas 50 liter.
5. *Electrical heater* type 200 Watt.
6. Pengambilan data selama 24 jam. dengan volume air yang di variasikan 15 liter dan 20 liter.

7. Data yang akan diukur temperatur air laut, temperatur penguapan, temperatur lingkungan, temperatur pipa kondensasi dan temperatur pipa evaporasi.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan di atas, masalah-masalah berikut dapat dirumuskan:

1. Menganalisa perpindahan panas pada alat distilasi air laut tipe *vapor compression* dengan variasi volume air 20 liter dan 15 liter?

D. Tujuan Dan Manfaat

1. Tujuan penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui bentuk susunan aliran fluida pada alat destilasi yang diterapkan ideal ataupun efektif terhadap perpindahan panas, seperti:

- a) Mengetahui perpindahan panas pada proses alat distilasi air laut tipe *vapor compression*.
- b) Mengetahui kinerja atau performasi dari alat distilasi air laut tipe *vapor compression*.

2. Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Studi ini menawarkan wawasan berharga ke dalam peralatan distilasi dengan menunjukkan perhitungan yang berkaitan dengan evaporator. Informasi ini dapat membantu pembaca menerapkan temuan ini untuk membuat peralatan penyulingan mereka sendiri yang efektif dalam proyek-proyek masa depan.

- b) Penelitian berkontribusi untuk memperluas pemahaman ilmiah dan berfungsi sebagai sumber daya untuk studi akademis. Ini memberikan landasan bagi siswa untuk meningkatkan pengetahuan mereka dan memperkaya pengalaman pendidikan mereka di pendidikan tinggi.

E. Sistematika Penulisan

Seperti yang sudah dirumuskan sistematika penulisan skripsi ini

sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini akan diuraikan melalui tentang latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta sistematika penulisan sebagai laporan.

BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang hasil penelitian yang berhubungan dengan teori-teori dasar seperti pengertian aluminium dan mikro struktur pada tembaga dan teori-teori yang berhubungan dengan pengambilan judul skripsi ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian operasional, pengumpulan dan pengolahan data, rencana kerja dan desain, pembuatan, pengujian bahan, dan diagram alur penelitian dibahas dalam bab ini.

BAB IV:HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini, metodologi penelitian yang akan digunakan dalam penulisan skripsi dijelaskan.

BAB V:KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini menjelaskan ringkasan hasil penelitian serta anjuran yang disampaikan kepada pihak yang berkepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Distilasi

Distilasi merupakan metode operasi pemisahan suatu campuran homogen berdasarkan perbedaan titik didih atau perbedaan tekanan uap murni dengan menggunakan sejumlah panas. Distilasi termasuk proses pemisahan menurut dasar operasi difusi. Secara difusi, proses pemisahan terjadi karena adanya perpindahan massa secara lawan arah, dari fasa uap ke fasa cair atau sebaliknya, sebagai akibat adanya beda potensial diantara dua fasa yang saling kontak, sehingga pada suatu saat pada suhu dari tekanan tertentu, sistem berada dalam keseimbangan. Salah satu penerapan terpenting dari metode distilasi adalah pemisahan minyak mentah menjadi bagian-bagian untuk penggunaan khusus seperti untuk transportasi, pembangkit listrik, pemanas, dan lain-lain. Udara didistilasi menjadi komponen-komponen seperti oksigen untuk penggunaan medis dan helium pengisi balon distilasi telah digunakan sejak lama untuk pemekatan alkohol dengan penerapan panas terhadap larutan hasil fermentasi untuk menghasilkan minuman suling. (Riyadiimam,2019)

Istilah distilasi sederhana umumnya berkaitan dengan pemisahan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih cairan melalui pemanasan. Pemanasan dimaksudkan untuk menguapkan komponen-komponen yang lebih mudah menguap (titik didih lebih rendah) dan kemudian uap yang diperoleh

dikondensasi kembali menjadi cair dan kemudian ditampung dalam suatu bejana. distilasi merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang terdapat dalam suatu larutan atau campuran dan tergantung pada distribusi komponen-komponen tersebut antara fasa uap dan fasa cair. Semua komponen tersebut terdapat dalam fasa cairan dan uap. Fasa uap terbentuk dari fasa cair melalui penguapan (evaporasi) pada titik didihnya.

Syarat utama dalam operasi pemisahan komponen-komponen dengan cara distilasi adalah komposisi uap harus berbeda dari komposisi cairan dengan terjadi keseimbangan larutan-larutan, dengan komponen-komponennya cukup dapat menguap. Suhu cairan yang mendidih merupakan titik didih cairan tersebut pada tekanan *atmosfer* yang digunakan.

Distilasi dilakukan melalui tiga tahap: evaporasi yaitu memindahkan pelarut sebagai uap dari cairan; pemisahan uap-cairan di dalam kolom, untuk memisahkan komponen dengan titik didih lebih rendah yang lebih volatil dari komponen lain yang kurang volatil; dan kondensasi dari uap, untuk mendapatkan fraksi pelarut yang lebih volatil.

a) Macam – Macam Distilasi

1. Distilasi Sederhana

Distilasi sederhana bergantung pada pemisahan komponen berdasarkan perbedaan signifikan pada titik didihnya atau volatilitas tinggi satu komponen. Ketika campuran dipanaskan, komponen dengan titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dahulu. Metode ini beroperasi

pada tekanan atmosfer dan efektif untuk memisahkan campuran seperti air dan alkohol, di mana satu komponen memiliki titik didih yang sangat berbeda.

2. Distilasi Pecahan

Distilasi fraksional digunakan untuk memisahkan beberapa komponen cair dari campuran berdasarkan titik didihnya. Teknik ini cocok untuk campuran dengan perbedaan titik didih kurang dari 20°C dan dapat dilakukan pada tekanan atmosfer atau tekanan rendah. Perbedaan utama dari distilasi sederhana adalah penggunaan kolom fraksional, yang berisi beberapa baki atau pelat yang memanaskan campuran pada suhu yang semakin berbeda. Pengaturan ini memungkinkan pemisahan komponen yang lebih tepat berdasarkan volatilitasnya, dengan lebih sedikit cairan yang mudah menguap dikumpulkan pada tingkat yang lebih tinggi di kolom.

3. Distilasi Uap

Distilasi uap digunakan untuk senyawa dengan titik didih di atas 200°C . Dengan memasukkan uap atau air mendidih, metode ini memungkinkan penguapan senyawa ini pada suhu mendekati 100°C di bawah tekanan atmosfer. Ciri penting dari distilasi uap adalah kemampuannya untuk menyuling zat pada suhu yang lebih rendah dari titik didih masing-masing. Teknik ini juga efektif untuk senyawa yang tidak larut dalam air tetapi dapat disuling dengan itu. Distilasi uap biasa digunakan untuk mengekstrak minyak atsiri, seperti minyak kayu putih dari daun kayu

putih dan minyak jeruk dari lemon atau jeruk, serta minyak parfum dari berbagai tanaman. Prosesnya melibatkan melewati uap melalui campuran, yang kemudian naik ke kondensor dan dikumpulkan dalam labu distilat.

4. Distilasi Vakum

Distilasi vakum digunakan untuk senyawa yang rentan terhadap dekomposisi pada atau dekat titik didihnya, atau untuk campuran dengan titik didih di atas 150°C . Metode ini sangat berguna bila titik didih senyawa terlalu tinggi untuk distilasi konvensional. Karena distilasi vakum menurunkan tekanan, hal ini mencegah dekomposisi zat yang sensitif terhadap panas. Pompa vakum atau aspirator digunakan untuk mengurangi tekanan dalam sistem distilasi, memungkinkan distilasi senyawa yang mungkin tidak stabil atau memerlukan suhu yang sangat tinggi untuk menguap.



Gambar 2 1 Siklus Destilasi

(sumber :Riyadiimam, 2019)

2. Evaporasi

Penguapan adalah proses di mana cairan, seperti air, secara spontan bertransisi menjadi gas. Ini pada dasarnya melibatkan transformasi molekul dari keadaan cair menjadi keadaan gas. Penguapan terjadi ketika tingkat kelembaban di udara lebih rendah dari tingkat penguapan. Proses ini secara alami terjadi di berbagai lingkungan, seperti di danau, sungai, dan lautan, di mana air menguap dan naik ke atmosfer. Misalnya, ketika melakukan aktivitas fisik yang berat atau dalam kondisi panas, tubuh kita mengeluarkan keringat. Keringat ini menyerap panas eksternal, menyebabkan kelembaban menguap dari kulit kita, yang mendinginkan tubuh.

Beberapa faktor yang mempengaruhi laju penguapan:

- a) Tekanan Udara: Tekanan udara mengacu pada gaya yang diberikan oleh berat udara di area tertentu. Ketinggian yang lebih tinggi memiliki tekanan udara yang lebih rendah karena tekanan menurun seiring dengan ketinggian. Tekanan udara yang lebih rendah dapat mengurangi titik didih cairan, sehingga mempercepat proses penguapan.
- b) Luas Permukaan: Laju penguapan dipengaruhi oleh luas permukaan yang terkena sumber panas. Luas permukaan yang lebih besar memungkinkan lebih banyak molekul air keluar ke udara, sehingga mempercepat proses penguapan.
- c) Suhu: Suhu memainkan peran penting dalam penguapan. Suhu yang lebih tinggi meningkatkan energi kinetik molekul air, menyebabkan mereka bergerak lebih cepat dan bertransisi ke udara sebagai uap.

Sebaliknya, suhu yang lebih rendah menurunkan energi kinetik ini, sehingga memperlambat laju penguapan.

3. Mekanisme Perpindahan Kalor

Ketika ada gradien suhu di dalam sistem atau di antara dua sistem pada suhu yang berbeda, transfer energi akan berlangsung. Fenomena ini, yang dikenal sebagai perpindahan panas, adalah konsep mendasar dalam teknik mesin, di samping perpindahan momentum dan perpindahan massa. Pada dasarnya, perpindahan panas melibatkan pergerakan energi panas dari satu lokasi ke lokasi lain.

Perpindahan panas sering berinteraksi dengan proses lain seperti distilasi, penguapan, dan pengeringan. Memecahkan masalah yang berkaitan dengan perpindahan panas biasanya melibatkan analisis keseimbangan energi dan menghitung laju perpindahan panas. Proses ini terjadi setiap kali ada perbedaan suhu antara dua wilayah sistem, dengan panas yang mengalir secara alami dari daerah dengan suhu lebih tinggi ke daerah dengan suhu lebih rendah.



Gambar 2 2 Ilustrasi Perpindahan Panas

(Sumber: Harini2017)

Perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi. Dalam konduksi, panas bergerak melalui suatu material tanpa pergerakan media perpindahan panas itu sendiri. Sebaliknya, energi panas dilewatkan dari satu partikel ke partikel lain di dalam medium. Konveksi, di sisi lain, melibatkan transfer panas melalui pergerakan fluida, di mana proses digambarkan secara termodinamika sebagai transfer entalpi daripada aliran panas langsung. Radiasi melibatkan transmisi energi melalui gelombang elektromagnetik, yang memungkinkan panas untuk melakukan perjalanan melalui media vakum atau transparan.

Dalam lingkungan industri, berbagai jenis penukar panas biasanya digunakan untuk memfasilitasi proses ini. Diantaranya adalah penukar panas pipa ganda, cangkang dan tabung, rangka pelat, spiral, dan lamela. Jenis pelat dan rangka, yang muncul pada akhir 1950-an, telah dipelajari secara ekstensif, meskipun sebagian besar penelitian berfokus pada aplikasi yang menggunakan air sebagai cairan operasi.

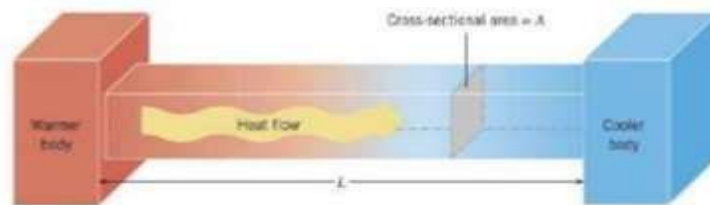
4. Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah disiplin ilmu yang berfokus pada pergerakan energi akibat perbedaan suhu antara dua media, yang mungkin padat, cair, atau kombinasi keduanya. Energi yang ditransfer, disebut sebagai panas, selalu bergerak dari daerah dengan suhu yang lebih tinggi ke satu dengan suhu yang lebih rendah. Proses ini berlanjut hingga kesetimbangan termal tercapai,

artinya tidak ada lagi perbedaan suhu antara kedua media. Perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga mekanisme utama: konduksi, konveksi, dan radiasi.

a) Konduksi

Konduksi mengacu pada proses perpindahan panas dari daerah bersuhu lebih tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah dalam satu medium— baik padat, cair, atau gas— atau melintasi medium berbeda yang bersentuhan langsung. Hal ini terjadi tanpa pergerakan molekul medium yang signifikan sesuai dengan prinsip teoritis. Intinya, konduksi melibatkan perpindahan energi panas dari bagian yang lebih panas ke bagian yang lebih dingin melalui medium, tanpa pergerakan sebenarnya dari medium itu sendiri. Laju konduksi panas umumnya dijelaskan oleh Hukum Fourier. Dalam proses ini, jika salah satu ujung benda logam lebih dingin, energi panas akan berpindah dari ujung yang lebih panas ke ujung yang lebih dingin.



Gambar 2 3 Aliran Panas Yang Terjadi Pada Saat Konduksi

Sumber: Riyadiimam,2019)

Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi,

$$qK = -k.A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{Dimana: } qk = -k. \pi. d. l \frac{T_e - T_b}{dx} \dots\dots\dots(2.2)$$

Konduktivitas termal adalah sifat material yang mengukur jumlah panas yang melewati suatu satuan luas ketika ada gradien suhu satu derajat. Bahan dengan konduktivitas termal tinggi disebut konduktor, sedangkan bahan dengan konduktivitas termal rendah disebut isolator.

Logam, seperti tembaga, biasanya merupakan konduktor panas yang sangat baik karena ikatan logamnya yang kuat dan adanya elektron bebas dalam struktur kristalnya. Sebaliknya, fluida (baik cairan maupun gas) merupakan konduktor panas yang buruk. Hal ini karena jarak molekul dalam gas sangat jauh, sehingga menghasilkan lebih sedikit tumbukan dan konduksi termal yang lebih rendah. Selain itu, kepadatan cairan menurun, yang selanjutnya mengurangi sifat konduktifnya. Tabel berikut mencantumkan konduktivitas termal berbagai bahan.

Tabel 2 1 Konduktivitas Termal (K) Bahan (sumber: Riyadiimam 2019)

No	Bahan	Konduktivitas termal (K)	
		W/m	Btu/h.ft
1	Tembaga	385	223
2	Aluminium	202	117
3	Besi	73	42
4	Air	0,556	0,327
5	Udara	0,024	0,0139
6	Uap air (jenuh)	0,0206	0,0119

b) Konveksi

Konveksi adalah proses perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dan fluida di sekitarnya yang bergerak atau mengalir. Mekanisme ini menggabungkan prinsip konduksi dan pergerakan fluida. Misalnya,

pelat besi panas akan mendingin lebih cepat bila ditempatkan di depan kipas dibandingkan jika dibiarkan terkena udara tenang. Untuk memprediksi laju perpindahan panas melalui konveksi, J.P. Holman (1997) memberikan formulasi untuk persamaan yang relevan:

$$q = hA (T_s - T_\infty) \dots\dots\dots(2.3)$$

c) Radiasi

Radiasi adalah proses transfer energi melalui emisi gelombang elektromagnetik atau foton. Contohnya adalah kehangatan yang dirasakan saat berdiri dekat dengan api unggun. Holman (1997) memberikan persamaan untuk memperkirakan laju perpindahan panas oleh radiasi, yaitu sebagai berikut:

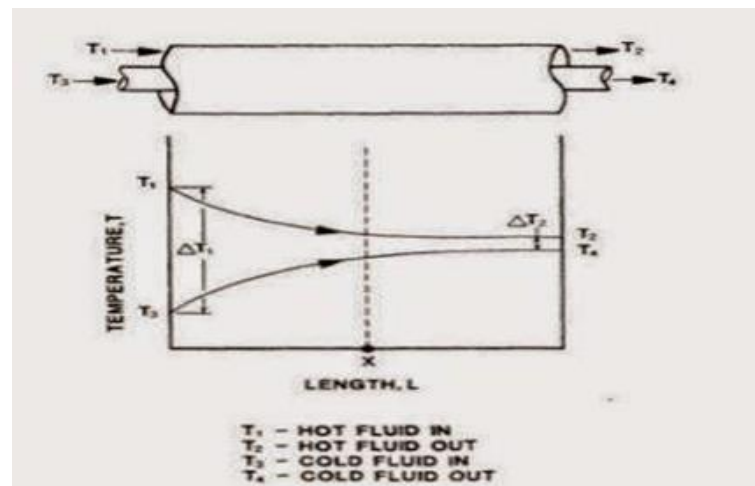
$$q = \varepsilon A \sigma (T^4 - T^4) \dots\dots\dots(2.4)$$

5. Klasifikasi Penukar Kalor

Dalam konteks penukar panas, konfigurasi aliran fluida mengacu pada seberapa sering fluida melintasi penukar panas dari masuk ke keluar, dan arah aliran relatif antara dua fluida.

Dalam pengaturan aliran langsung, juga dikenal sebagai aliran arus bersama atau paralel, kedua fluida bergerak ke arah yang sama melalui penukar panas. Mereka masuk dari ujung yang sama dan keluar di ujung yang berlawanan sambil mengalir sejajar satu sama lain. Kelemahan utama dari pengaturan ini adalah suhu energi penyuplai fluida selalu lebih tinggi daripada suhu fluida

yang menerima energi selama melewati penukar panas. Namun, keuntungan dari pengaturan ini adalah umumnya menghasilkan efisiensi perpindahan panas yang lebih rendah dan mempertahankan laju perpindahan panas yang konsisten di sepanjang permukaan penukar panas.



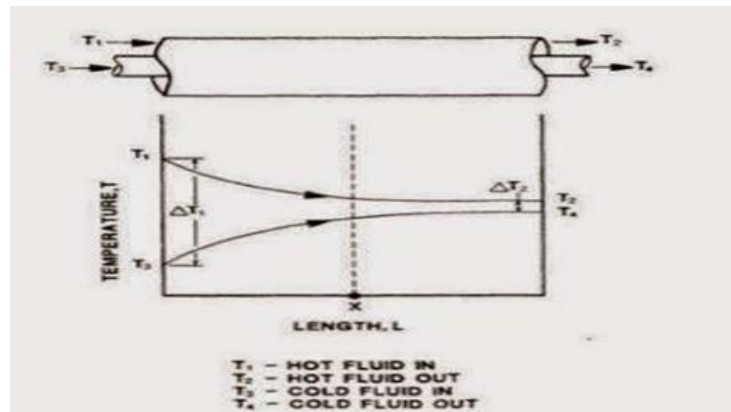
Gambar 2 4 Co-Current/Parallel Flow

(Sumber: Harini,2017)

a) Pertukaran panas dengan aliran berlawanan arah (*counter current / flow*)

Dalam konfigurasi aliran balik, di mana kedua fluida mengalir berlawanan arah dan keluar dari ujung penukar panas yang berlawanan, suhu fluida yang menerima panas (fluida yang lebih dingin) berpotensi lebih tinggi daripada suhu fluida yang memberikan panas (yang lebih panas). cairan) saat keluar. Meskipun demikian, pengaturan aliran balik memiliki kelebihannya. Dalam pengaturan ini, cairan panas yang masuk terus didinginkan oleh cairan dingin yang mengalir, memastikan bahwa suhu air yang digunakan untuk penyerapan panas tetap mendekati kondisi

normal atau netral. Gradien termal yang konsisten ini menghasilkan perpindahan panas yang lebih efektif, sehingga menghasilkan kinerja pertukaran panas yang optimal.



Gambar 2 5 Counter Current / Flow

(Sumber: Harini,2017)

6. Teori Perhitungan Alat Penukar Kalor (APK)

a) Laju perpindahan panas yang terjadi pada APK

$$Q = \dot{m} \cdot cp \cdot \Delta T \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

Q = Laju perpindahan panas (W atau Btu/h)

\dot{m} = laju aliran massa fluida (air dan uap) (kg/s)

A = Luas penampang (APK) (m^2)

ΔT = perbedaan temperature($^{\circ}C$)

Berdasarkan hukum kekekalan energi, maka laju perpindahan panas dapat ditentukan : (Harini,2017)

$$Q_{in}=Q_{out} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$Q_h = Q_c \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\dot{m}h_1 - \dot{m}h_2 = \dot{m}c_1(h_1 - h_2) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana;

Q = laju perpindahan panas (W)

\dot{m} = Laju aliran massa (kg/s)

h = Enthalpi fluida panas pada sisi aliran masuk (J/Kg.K)

$h ; c$ = Menjelaskan sebagai fluida panas dan fluida dingin.

$1 ; 2$ = Menjelaskan aliran masuk dan aliran keluar.

Jika proses perpindahan panas di dalam penukar panas tidak melibatkan perubahan fase dan panas spesifik dianggap konstan, persamaannya dapat dinyatakan sebagai berikut: (Harini, 2017).

$$Q_{air} = Q_{uap} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$\dot{m}_1 \cdot c_{p1} \cdot \Delta T_1 = \dot{m}_2 \cdot c_{p2} \cdot \Delta T_2 \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

Q = laju aliran fluida air dan uap (Watt)

T = temperature (°C)

C_p = panas spesifik fluida pada tekanan konstan (J/kg.K)

\dot{m} = laju aliran massa (kg/s)

untuk mengetahui massa yang mengalir pada *tube* dan *shell* pipa maka didapatkan sebagai perhitungan seperti dibawah ini : (Riyadiimam,2019)

Laju aliran massa air

$$\dot{m}_{air} = \rho \cdot A \cdot v \dots\dots\dots(2.12)$$

Laju aliran massa uap

$$\dot{m}_{uap} = \frac{Q_{uap}}{C_p \cdot \Delta T} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana :

$Q_{uap} = Q_{air}$

\dot{m} = laju aliran massa fluida air dan uap (kg/s)

ρ = massa jenis (kg/m³)

A = Luas penampang (APK) (m²)

v = kecepatan rata-rata (m/s)

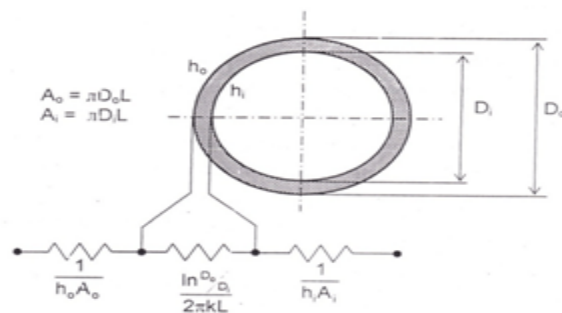
Q = laju aliran fluida air dan uap (Watt)

C_p = panas spesipik fluida (J/kg.K)

ΔT = perbedaa temperature (°C)

7. Koefesien perpindahan panas

Koefisien perpindahan panas keseluruhan mewakili ketahanan termal agregat terhadap aliran panas antara dua fluida. Hal ini didefinisikan sebagai efek gabungan dari proses konduksi dan konveksi, yang memperhitungkan resistansi pada antarmuka antara fluida dan lapisan komposit atau dinding silinder di antaranya. Koefisien ini sangat penting dalam mengkarakterisasi penukar panas.



Gambar 2.6 Koefisien perpindahan kalor total pada *heat exchanger*

(Sumber: Prajitno, 2005)

Dalam rangka melakukan analisis untuk menentukan seberapa besar koefisien perpindahan panas total selama proses berlangsung, hal ini dapat dicapai melalui penggunaan persamaan tertentu yang relevan dengan konteks perpindahan panas tersebut. Koefisien perpindahan panas total adalah parameter penting yang mencerminkan kemampuan sistem untuk mentransfer panas dari satu medium ke medium lainnya. Proses ini melibatkan sejumlah faktor yang mempengaruhi perpindahan panas, termasuk konduktivitas termal, resistansi termal, serta kondisi fisik dan geometris dari medium yang terlibat.

Secara umum, koefisien perpindahan panas total dapat diartikan sebagai besaran yang mencakup semua bentuk perpindahan panas yang terjadi di dalam

sistem, baik itu melalui konduksi, konveksi, maupun radiasi. Perhitungan ini tidak hanya mempertimbangkan perpindahan panas di permukaan kontak antara dua medium, tetapi juga mempertimbangkan resistansi termal dari berbagai lapisan atau material yang ada di antara kedua medium tersebut. Dengan kata lain, koefisien perpindahan panas total menggambarkan keseluruhan efisiensi sistem dalam mentransfer panas secara keseluruhan dari satu bagian ke bagian lainnya.

Sumber referensi penting yang membahas mengenai koefisien perpindahan panas total adalah karya Prajitno (2005). Dalam publikasi ini, Prajitno memberikan penjelasan mendalam mengenai cara menghitung koefisien perpindahan panas total dengan mempertimbangkan berbagai variabel yang terlibat. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pemahaman yang mendalam terhadap mekanisme perpindahan panas untuk mengoptimalkan proses termal dalam berbagai aplikasi industri, seperti di sektor manufaktur, pembangkitan energi, dan pengolahan material. Prajitno menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas total bisa dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis material yang digunakan, ketebalan dinding penghalang panas, serta suhu dan tekanan di kedua sisi permukaan perpindahan panas.

Pemahaman yang tepat tentang koefisien perpindahan panas total adalah kunci untuk merancang sistem termal yang efisien. Dalam proses industri, pengoptimalan perpindahan panas dapat berdampak langsung pada efisiensi energi, biaya operasional, dan kualitas produk akhir. Misalnya, dalam sistem pendinginan, peningkatan koefisien perpindahan panas total dapat mengurangi

waktu yang dibutuhkan untuk mendinginkan produk, sehingga meningkatkan throughput dan mengurangi konsumsi energi. Sebaliknya, dalam sistem pemanas, pemahaman tentang koefisien perpindahan panas total dapat membantu memastikan bahwa panas didistribusikan secara merata ke seluruh sistem, menghindari hot spots yang dapat menyebabkan kerusakan pada material atau peralatan.

Dalam persamaan yang digunakan untuk menentukan koefisien perpindahan panas total, beberapa parameter kunci harus diperhatikan. Pertama, konduktivitas termal dari material yang digunakan, yang menentukan seberapa cepat panas dapat mengalir melalui material tersebut. Kedua, resistansi termal, yang merupakan kebalikan dari konduktivitas termal, dan menentukan hambatan yang dihadapi oleh aliran panas. Ketiga, luas permukaan kontak antara dua medium, yang mempengaruhi jumlah panas yang dapat ditransfer. Keempat, perbedaan suhu antara kedua medium, yang mendorong aliran panas dari area yang lebih panas ke area yang lebih dingin.

Dalam aplikasinya, perhitungan koefisien perpindahan panas total sering kali memerlukan penggunaan perangkat lunak simulasi termal yang dapat memodelkan kondisi nyata dengan akurasi tinggi. Simulasi ini memungkinkan para insinyur untuk mengevaluasi berbagai skenario perpindahan panas dan mengidentifikasi faktor-faktor yang paling kritis dalam meningkatkan efisiensi sistem. Dalam banyak kasus, perbaikan dalam desain termal dapat dicapai dengan melakukan perubahan kecil pada material atau geometri sistem, yang kemudian dapat diuji melalui simulasi sebelum diterapkan pada skala penuh.

Selain itu, dalam penelitian dan pengembangan, pengetahuan tentang koefisien perpindahan panas total juga penting untuk inovasi dalam teknologi termal. Misalnya, pengembangan material baru dengan konduktivitas termal yang tinggi atau rendah tergantung pada aplikasi yang diinginkan dapat membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas. Demikian juga, penelitian tentang metode baru untuk meningkatkan konveksi alami atau paksa di dalam sistem dapat menghasilkan teknologi yang lebih efisien dan hemat energi.

Dalam konteks yang lebih luas, koefisien perpindahan panas total juga relevan dalam kajian lingkungan dan keberlanjutan. Mengoptimalkan perpindahan panas dalam sistem industri dapat mengurangi emisi gas rumah kaca dengan mengurangi konsumsi energi. Teknologi termal yang lebih efisien dapat membantu perusahaan mencapai target keberlanjutan mereka, serta mematuhi regulasi lingkungan yang semakin ketat. Oleh karena itu, studi tentang koefisien perpindahan panas total tidak hanya penting dari sudut pandang teknis, tetapi juga dari perspektif ekonomi dan lingkungan.

Pentingnya koefisien perpindahan panas total juga tercermin dalam berbagai standar industri dan pedoman desain. Organisasi internasional seperti American Society of Mechanical Engineers (ASME) dan International Organization for Standardization (ISO) telah mengembangkan standar yang mendefinisikan metode untuk mengukur dan menghitung koefisien perpindahan panas total dalam berbagai aplikasi. Standar ini membantu memastikan bahwa perhitungan yang dilakukan oleh insinyur konsisten dan

dapat diandalkan, serta bahwa sistem termal yang dirancang memenuhi spesifikasi kinerja yang diperlukan.

Secara keseluruhan, pengetahuan tentang koefisien perpindahan panas total adalah elemen penting dalam desain dan operasi sistem termal yang efisien. Melalui pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi perpindahan panas, serta penerapan metode perhitungan yang tepat, insinyur dapat merancang sistem yang lebih efisien, hemat energi, dan ramah lingkungan. Penelitian dan pengembangan terus berlanjut dalam bidang ini, dengan tujuan untuk menemukan cara-cara baru untuk meningkatkan efisiensi perpindahan panas dan mengurangi dampak lingkungan dari proses termal industri. Karya-karya seperti yang disajikan oleh Prajitno (2005) memberikan kontribusi penting bagi pemahaman kita tentang koefisien perpindahan panas total dan perannya dalam berbagai aplikasi industri dan ilmiah.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + R_{f,o}^* + \frac{r_o}{k} \ln \left(\frac{r_o}{r_i} \right) + \left(\frac{r_o}{r_i} \right) R_{f,i}^* + \left(\frac{r_o}{r_i} \right) \frac{1}{h_i}}$$

B. Tinjauan Pustaka

1. Khoirul Anam As Syukri (2023) melakukan penelitian bertajuk “Analisis Perpindahan Panas Konduksi dan Konveksi pada Evaporator Efek Ganda untuk Pengolahan Getah Tebu.” Penelitian ini bertujuan untuk menilai nilai perpindahan panas konduksi dan konveksi pada penukar panas yang digunakan

dalam proses penguapan getah tebu dengan menggunakan evaporator efek ganda dan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap laju penguapan. Penelitian ini menggunakan metode observasi dan eksperimental yang melibatkan penukar panas di dalam tabung efek kedua evaporator. Percobaan menggunakan 50 liter getah tebu pada efek pertama dan 26 liter pada tabung efek kedua. Pengumpulan data, termasuk pengukuran suhu, tekanan, dan volume, dilakukan tiga kali dengan setiap percobaan dilakukan selama 5,2 jam dalam kondisi vakum. Suhu dan tekanan dicatat setiap 10 menit. Selain itu, parameter seperti ketebalan pelat, jenis, luas permukaan kontak, dan karakteristik material juga ditentukan. Data tersebut kemudian diterapkan pada berbagai persamaan perpindahan panas untuk memperoleh nilai. Hasilnya menunjukkan bahwa koefisien perpindahan panas keseluruhan untuk konveksi adalah $35,98 \text{ W/m}^2\text{K}$, sedangkan total perpindahan panas gabungan dari konveksi dan konduksi dalam penukar panas adalah 4656,6 watt. Kapasitas perpindahan panas ini memfasilitasi laju penguapan sebesar 1,03 liter per jam pada efek kedua.

2. Saut Ronny T. Siagian, (2022) Melakukan penelitian dengan Judul “**PENGARUH KETEBALAN BRIKET ARANG TERHADAP PERUBAHAN TEMPERATUR DAN KELEMBABAN PADA SISTEM HEATING INTERFACIAL SURYA**” Dalam penelitian ini, briket arang digunakan sebagai material absorber surya untuk mempercepat proses evaporasi. Percobaan dilakukan pada empat basin tipe single slope dengan briket setebal 10, 15, dan 20 mm. Percobaan dilakukan selama delapan jam di bawah sinar matahari. Basin yang tidak mengandung arang juga diuji sebagai perbandingan. Untuk

mengetahui komponen yang mempengaruhi evaporasi, temperatur dan kelembaban diukur di beberapa titik di dalam basin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa radiasi matahari memengaruhi temperatur, tetapi perubahan kelembaban dan temperatur di tiap basin serupa. Ketika suhu tinggi dan kelembaban rendah, proses penguapan meningkat. Meskipun kondensasi sangat bergantung pada kelembaban, molekul uap air dapat mencapai titik ini lebih cepat.

3. Ade Bagus Kurniawan, (2022) “ANALISA PERPINDAHAN PANAS DESALINASI *SINGLE SLOPE SOLAR STILL* DENGAN METODE KOMPUTASI” Metode penelitian yang digunakan adalah pengambilan data di lapangan untuk mendapatkan geometri benda, temperatur, dan intensitas cahaya matahari yang selanjutnya diproses dengan simulasi computational fluid dynamic menggunakan aplikasi ANSYS Fluent 2022 R1. Untuk temperatur kaca tertinggi sebesar 59oC (simulasi) terjadi pada jam 15.00 WIB dan 46.75oC (eksperimen) terjadi pada jam 11.00 WIB Untuk temperatur kaca terendah sebesar 36.25oC (simulasi) terjadi jam 09.00 WIB dan 31.75oC (eksperimen) terjadi pada jam 18.00 WIB.. Untuk temperatur uap tertinggi hasil simulasi sebesar 62oC pada jam 13.00 WIB dan 61.5oC (eksperimen) terjadi pada jam 12.00 WIB. Untuk temperatur uap terendah sebesar 45oC (simulasi) dan 40.75oC (eksperimen) terjadi pada jam 18.00 WIB . Untuk temperatur air laut tertinggi hasil simulasi sebesar 61oC terjadi pada jam 16.00 WIB, Sedangkan temperatur air laut tertinggi hasil eksperimen sebesar 57.50oC terjadi pada jam 14.00 WIB. Untuk temperatur air laut terendah hasil simulasi sebesar 40oC

terjadi pada jam 10.00 WIB untuk temperatur air laut terendah hasil eksperimen sebesar 31.50oC terjadi pada jam 09.00 WIB. Untuk temperatur pipa tertinggi sebesar 66oC (simulasi) terjadi pada jam 14.00 WIB dan 67.5oC (eksperimen) terjadi pada jam 13.00 WIB Untuk temperatur pipa terendah sebesar 35.25oC (simulasi) terjadi jam 09.00 WIB dan 35.25oC (eksperimen) terjadi pada jam 09.00 WIB.

4. Septa Fernando Karo (2021) melakukan penelitian bertajuk “Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor pada Proses Distilasi Daun Serai Wangi.” Studi tersebut mengungkapkan bahwa efektivitas kondensor dihitung sebesar 89%, dengan massa uap kondensat berubah menjadi biooil sebesar 36%. Faktor-faktor utama yang mempengaruhi termasuk rasio kapasitas 0,0182840 dan laju perpindahan panas 186.544,68 W. Perbedaan Suhu Rata-Rata Log (LMTD) adalah 29,74°C, menunjukkan bahwa kondensor mempertahankan kinerja efektif selama proses distilasi daun serai.
5. Andi Hendrawan (2020) melakukan penelitian tentang “Perpindahan Panas di Pembangkit Listrik OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion).” Studi ini menggunakan analisis Zener, dikombinasikan dengan prinsip Blak dan prinsip perpindahan dan konduksi panas konvergen dalam sistem OTEC, untuk mendapatkan persamaan tertentu. Analisis ini mencakup penghitungan variabel seperti debit, luas penampang perpindahan panas, panjang pipa, dan daya pompa. Perhitungan perpindahan panas akhir mematuhi spesifikasi desain OTEC yang diinginkan dengan nilai RD 0,0002 jam ft² °F/Btu.

6. Walujodjati (2006) melakukan penelitian bertajuk “Perpindahan Panas Konveksi Paksa.” Penelitian ini membahas berbagai tantangan perpindahan panas yang dihadapi pembangkit listrik, termasuk yang memanfaatkan bahan bakar nuklir, minyak, magneto hidrodinamik, atau sumber panas bumi. Studi ini berfokus pada isu-isu yang berkaitan dengan proses konduksi, konveksi, dan radiasi, menekankan perlunya laju perpindahan panas maksimum dan ketahanan material di lingkungan bersuhu tinggi. Secara khusus, perpindahan panas konveksi paksa dipelajari, dengan memperhatikan bahwa perpindahan panas bergantung pada sifat termal fluida, seperti viskositas, yang berdampak pada profil kecepatan dan laju transfer energi di area dinding. Studi ini juga menyoroti peran metode konveksi paksa, seperti kipas angin, pompa, dan blower, dalam meningkatkan perpindahan panas dalam pipa.
7. Irfan Santosa , Galuh Renggani Wilis (2014). Melakukan penelitian dengan judul “ PERFORMANSI HIBRID BASIN SOLAR STILL” hasil penelitiannya Distilator tata surya merupakan alat yang murah dan ramah lingkungan, karena alat ini tidak membutuhkan peralatan seperti listrik, genset atau bahan bakar lainnya. Solar distilator adalah alat yang berfungsi sebagai as pengubah air laut menjadi air tawar dengan energi matahari. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat distilasi tipe hybrid menggabungkan penggerak blower dan panel surya 10WP untuk mengurangi nilai value tekanan yang ada pada cekungan serta memanfaatkan pipa kondensasi.
8. Eko Yohanes Setyawan dan Dody Suhendra (2018) melakukan studi berjudul “Analisis Perhitungan Evaporator dan Kondensor dalam Sistem Desalinasi Air

Laut Menggunakan Vakum Alami dan Energi Matahari.” Penelitian dilakukan mulai pukul 08.00 hingga 16.00, dengan evaporator beroperasi pada suhu rata-rata 50°C dan tekanan vakum 35 cmHg. Studi tersebut menghitung bahwa 15.110,21 kJ panas dipindahkan ke evaporator, yang diperlukan untuk penguapan air laut.

9. La Baride et al. (2018) melakukan penelitian berjudul “Analisis Ruang Penguapan dalam Distilator Miring Dua Atap Memanfaatkan Panas Knalpot Mesin Diesel.” Dalam percobaan tiga jam menggunakan 25 liter air laut, hasilnya menunjukkan: pada kecepatan mesin 2200 RPM, output air tawar adalah 4,07 kg, output uap adalah 4,24 kg, suhu gas buang adalah 228°C , suhu air laut adalah 89°C , panas sensibel maksimum adalah 1.609 kJ/s, panas laten maksimum adalah 1.276 kJ/s, dan panas kondensasi maksimum adalah 1.356 kJ/s. Pada RPM 2000, keluaran air tawar adalah 3,34 kg, keluaran uap 4,075 kg, suhu gas buang 209°C , suhu air laut 87°C , panas sensibel maksimum 1,727 kJ/s, panas laten maksimum 1,14 kJ/s, dan kondensasi maksimum panas adalah 1,12 kJ/s. Pada 1800 RPM, keluaran air tawar adalah 2,62 kg, keluaran uap 3,001 kg, suhu gas buang 185°C , suhu air laut 83°C , panas sensibel maksimum 1,551 kJ/s, panas laten maksimum 0,903 kJ/s, dan kondensasi maksimum panas adalah 0,911 kJ/s.
10. Himsar Ambarita (2018) melakukan studi berjudul “Studi Numerik Penguapan dalam Sistem Evaporator Desalinasi Air Laut.” Penelitian ini berfokus pada sistem desalinasi air laut bertenaga surya menggunakan vakum alami. Ini menekankan pentingnya proses penguapan di dalam evaporator. Studi ini

mengusulkan penggunaan metode numerik dengan perangkat lunak CFD untuk menggambarkan proses penguapan, membandingkan hasil numerik dan analitis dengan pengukuran eksperimental. Simulasi tersebut menunjukkan bahwa metode CFD secara akurat mewakili proses penguapan, dan metode numerik sangat cocok dengan data eksperimen, menunjukkan kegunaannya untuk meningkatkan kinerja sistem desalinasi tenaga surya.

11. Riyadi Imam (2019) melakukan penelitian bertajuk “Analisis Kinerja Peralatan Perpindahan Panas pada Mesin Distilasi.” Penelitian ini melibatkan penghitungan laju perpindahan panas dan perbedaan suhu untuk aliran arus searah dan berlawanan arah. Pada aliran langsung, laju perpindahan panas adalah 4.861,84 watt selama 600 detik, dan 20.628,46 watt selama 900 detik. Untuk aliran arus berlawanan, lajunya adalah 5.458,47 watt selama 600 detik dan 24.040,42 watt selama 900 detik. Perbedaan suhu dalam aliran langsung adalah 3°C setelah 600 detik dan 8,5°C setelah 900 detik. Untuk aliran arus berlawanan, perbedaannya adalah 4°C setelah 600 detik dan 13,6°C setelah 900 detik.
12. Bayu Buana Taqwa dkk. (2020) melakukan penelitian bertajuk “Desain Peralatan Distilasi Air Laut Menggunakan Pemanas Listrik.” Percobaan mereka menunjukkan bahwa dengan 5 liter air laut pada 102.00°C, 600 ml distilat diproduksi dalam 5 jam 5 menit. Dengan air laut pada 92.00°C, diperoleh 200 ml distilat dalam waktu 15 jam 7 menit. Air suling memiliki pH 7,4 dan kandungan 16 ppm, menunjukkan kesesuaiannya untuk konsumsi sehari-hari.

13. Santosa et al. (2015) melakukan penelitian pada “Filmwise dan Dropwise Hybrid Basin Solar Stills.” Sistem desalinasi surya hibrida ini mengubah air laut menjadi air tawar menggunakan energi matahari. Sistem ini memanaskan air laut dalam bejana kaca, menyebabkan penguapan, yang kemudian dikondensasikan melalui kaca penutup yang miring. Penelitian tersebut melibatkan pengukuran berbagai parameter seperti intensitas matahari, suhu air laut, suhu ruang cekungan, suhu kaca penutup, suhu lingkungan, dan tekanan. Hasil selama 9 jam menunjukkan suhu pemanasan rata-rata $468,81 \text{ W/m}^2\text{K}$, dengan suhu air laut, ruang cekungan, kaca penutup, dan lingkungan masing-masing sebesar $318,67 \text{ K}$, $315,66 \text{ K}$, $306,0 \text{ K}$, dan $303,22 \text{ K}$. Tekanannya adalah $5,58 \text{ Pa}$, dan bilangan Reynolds adalah $348,27$, menunjukkan transisi dari kondensasi film ke kondensasi tetes demi tetes.
14. Octavian Ama Ki'i (2015) melakukan penelitian berjudul “Desain dan Konstruksi Sistem Distilasi Air Laut Surya Kemiringan Ganda dengan Pelat Penyerap Bentuk Gelombang Segitiga dan Reflektor Internal.” Studi ini menemukan bahwa penambahan pelat penyerap bentuk gelombang segitiga meningkatkan produktivitas sistem distilasi air laut surya menjadi 529 mL , peningkatan $24,67\%$ dibandingkan sistem konvensional. Efisiensi maksimum yang dicapai dengan pelat ini adalah $17,31\%$, menunjukkan bahwa desain bentuk gelombang segitiga meningkatkan produktivitas dan efisiensi dalam sistem distilasi air laut tenaga surya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Metode yang digunakan adalah jenis penelitian eksperimen, di mana subjek penelitian secara sengaja dan secara sistematis melakukan perlakuan atau pengamatan terhadap variabel tertentu. Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah kapasitas tabung evaporator 15 liter dan 20 liter dengan volume air laut yang berbeda.

B. Waktu dan Tempat Penelitian

Tabel 3 1 Rencana Jadwal Penelitian

No	Tahapan Kegiatan	Tahun 2024					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi awal						
2	Pembuatan proposal						
3	Persiapan bahan dan alat						
4	Pembuatan Alat						
5	Pengujian						
6	Pengolahan Data						
7	Ujian Skripsi						

C. Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah alat destilasi kapasitas tabung variasi volume air laut didalam tabung 15 liter dan 20 liter. yang mengumpulkan data dari masing-masing percobaan dan menggabungkan hasil pengolahan data penelitian ke dalam tabel.

D. Variabel dalam Penelitian

1. Variabel bebas Penelitian ini adalah :

- a) Alat destilasi kapasitas tabung evaporator dengan Volume air 15 Liter.
- b) Alat destilasi kapasitas tabung evaporator dengan Volume air 20 Liter.

2.. Variabel terikat penelitian ini adalah :

Analisis Perpindahan panas pada tabung evaporator kapasitas 26 liter.

E. Metode Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari pengujian perpindahan panas pada mesin distilasi air laut kapasitas tabung evaporator 26 liter dengan pemanas 200 watt. Kemudian data diambil dari masing-masing pengujian dan kesimpulan ditarik menggunakan tabel.

F. Metode Analisa Data

Hasil eksperimen dimasukkan ke dalam tabel dan grafik, dan kemudian dianalisa untuk menarik kesimpulan.

Tabel 3 1 Pengambilan Data Perpindahan Panas volume air 15 liter

No	Variasi volume air laut (liter)	Jam (WIB)	Q_{evap} (W)	Q_{konv} (W)	Q_{radi} (W)	Q_{total} (W)
1	15 Liter	10.00				
		11.00				
		12.00				
		13.00				
		14.00				
		15.00				
		16.00				
		Rata-rata				

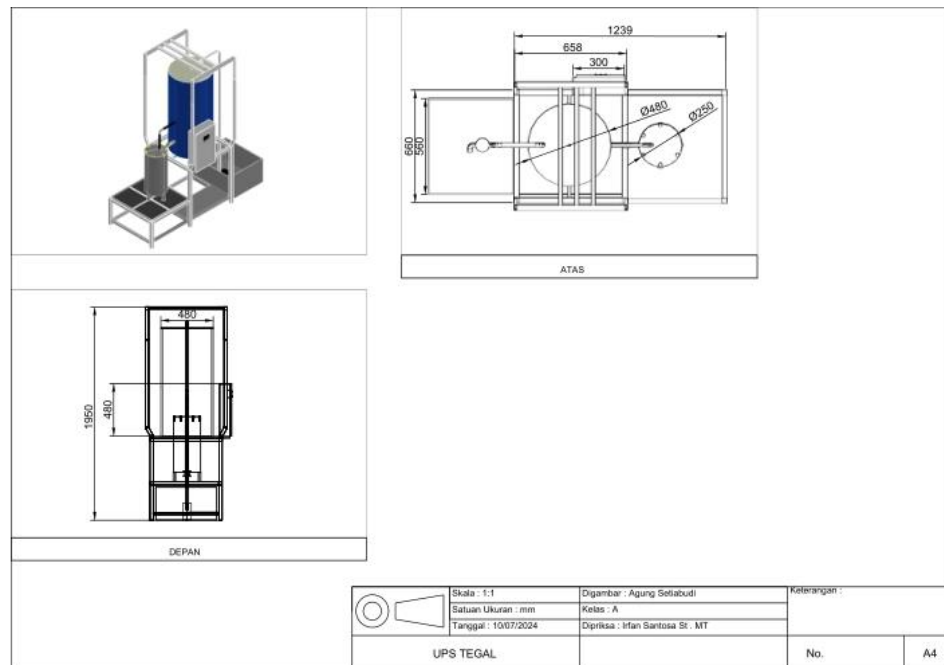
Tabel 3 2 Pengambilan Data Perpindahan Panas volume air 20 liter

No	Variasi volume air laut (liter)	Jam (WIB)	Q_{evap} (W)	Q_{konv} (W)	Q_{radi} (W)	Q_{total} (W)
1	20 Liter	10.00				
		11.00				
		12.00				
		13.00				
		14.00				
		15.00				
		16.00				
		Rata-rata				

G. Instrumen Penelitian

Instrumen dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Desain Alat Distilasi air laut



Gambar 3. 1 Desain alat distilasi air laut

2. Alat

- a) 1 unit Alat destilasi Air Laut.
- b) *Thermometer* untuk mengukur suhu.
- c) *Stopwatch*

3. Bahan

1. Pelat besi

Pelat besi digunakan untuk alas meja.

2. Besi *hollow*

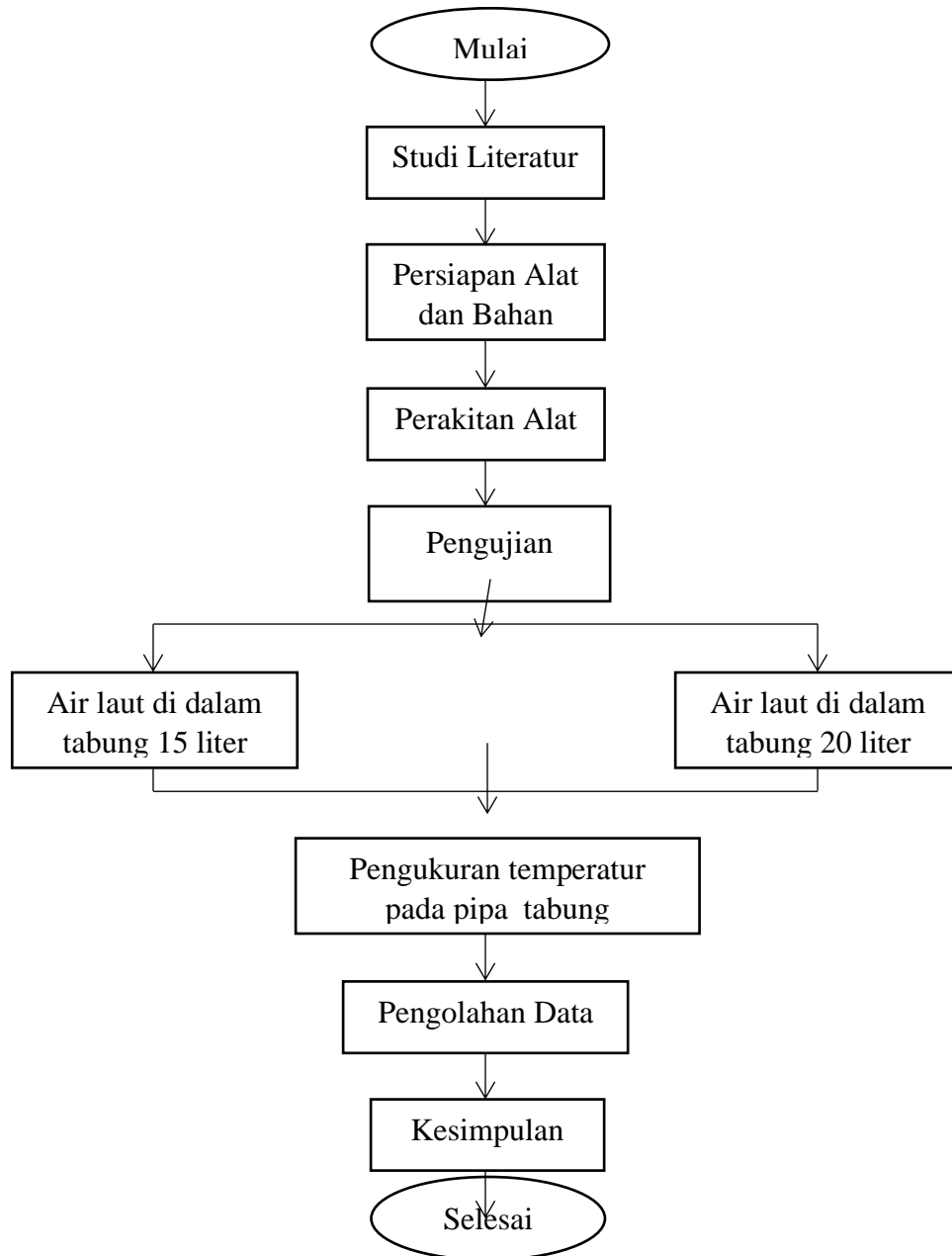
- a) Pipa Pvc $\frac{3}{4}$
- b) Pipa Tembaga $\frac{5}{8}$ (1 meter)
- c) Heater
- d) Stop keran
- e) Pompa air
- f) Tabung pemanas

Tabel 3 4 Bahan Bahan Pembuatan

N0.	Nama Bahan	Kapasitas & Spec	Unit
1.	Pipa Galvanis Kotak	4 x 4 x 0,4 x 4 m	4
3.	Plat Galvanis	122 x 244 cm x 0,7mm	2
4.	Pompa Air	12 Volt	1
5.	Penampung Air Plastik	100 Liter	1
6.	Penampung Air Stainless	26 Liter	1
7.	Pipa Pvc	1/2 6m	1 m
8.	Leter L Pipa Pvc	$\frac{1}{2}$	
9.	Lem Pipa PVC	$\frac{1}{2}$	1
10.	Pipa Tembaga	$\frac{5}{8}$ x 1m	3
11.	Leter L Pipa tembaga	$\frac{1}{2}$	2
12.	Pemanas (Heater)	200 Watt	1
13.	Kabel <i>Jamper Male to Female</i>	20 Cm	2
14.	Arduino		1

H. Cara Penelitian atau Pengambilan Data

1. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian