

**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR TIPE
*SHELL AND TUBE***

SKRIPSI

**OLEH :
ZULPIKAR RIFALDO
168130079**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/7/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/7/22

**ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENSOR TIPE
*SHELL AND TUBE***

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh :

ZULPIKAR RIFALDO

16.813.0079

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 27/7/22

Access From (repository.uma.ac.id)27/7/22

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Proposal/TA : Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Tipe Shell And Tube
Nama Mahasiswa : Zulpikar Rifaldo
NIM : 168130079
Bidang Keahlian : Konversi Energi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing II,

Dosen Pembimbing I

(Ir. Husin Ibrahim, M.T.)
NIDN : 0018106107

(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T.)
NIDN : 0025125606

Dekan

Ka. Prodi Teknik Mesin



(M. Nur Hafid, S.Kom, M.kom)
NIDN : 05058804



(M. Nur Hafid, S.T., M.T.)
NIDN : 06058104

Tanggal Lulus : 11 Januari 2022

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Januari 2022



(Zulpikar Rifaldo)
NPM:168130079

 Dipindai dengan CamScanner

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Zulpikar Rifaldo
NPM : 168130079
Fakultas : TEKNIK
Program Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non Ekklusif (*Non-exclusive Royalty-FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Perpindahan Panas Pada Kondensor Tipe *Shell And Tube*. Dengan Bebas Royalti Non Ekklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 11 Januari 2022

Yang Menyatakan



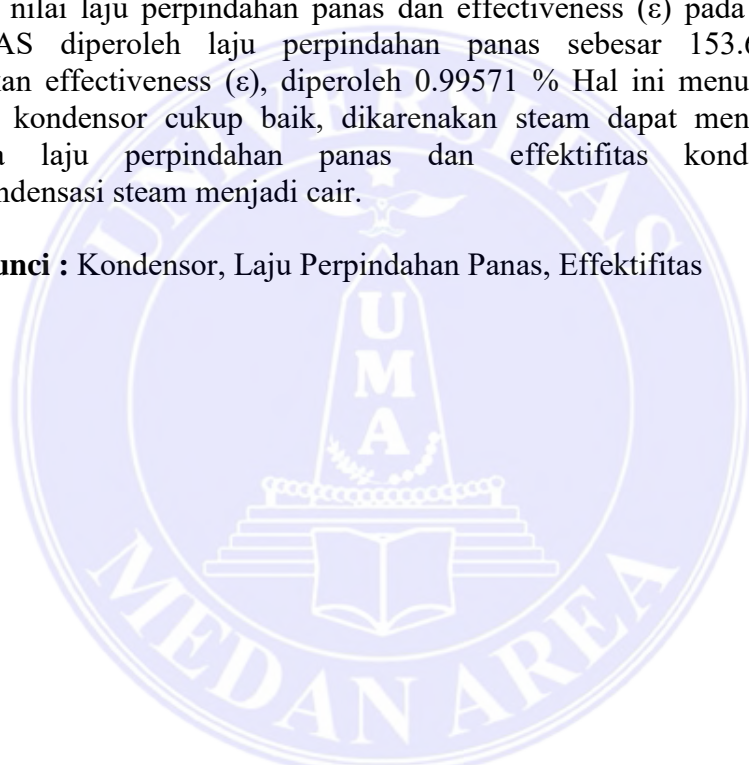
(Zulpikar Rifaldo)

NPM:168130079

ABSTRAK

Alat penukar kalor merupakan suatu alat yang digunakan untuk menukar atau mengubah temperatur fluida dengan mempertukarkan kalornya dengan fluida lain. Salah satu dari alat penukar kalor adalah kondensor tipe permukaan dimana uap terpisah dari air pendingin, uap berada diluar pipa-pipa sedangkan air pendingin berada dalam pipa yang terdapat di PT. SOCIMAS. Pada PT. SOCIMAS, kondensor merupakan bagian sistem pendingin yang utama yang berfungsi untuk mengkondensasikan uap menjadi air dan menjaga efisiensi dan siklus kerja turbin tetap tinggi. Untuk itu laporan tugas akhir ini fokus pada analisis kondensor. Hasil yang didapat dari tugas akhir ini adalah nilai koefisien konveksi dalam $4056.6827 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ dan koefisien konveksi luar sebesar $97414.18 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ nilai laju perpindahan panas dan effectiveness (ϵ) pada kondensor PT. SOCIMAS diperoleh laju perpindahan panas sebesar 153.6001264 MW . Sedangkan effectiveness (ϵ), diperoleh 0.99571% Hal ini menunjukkan bahwa keadaan kondensor cukup baik, dikarenakan steam dapat menuju kondensor, sehingga laju perpindahan panas dan efektifitas kondensor mampu mengkondensasi steam menjadi cair.

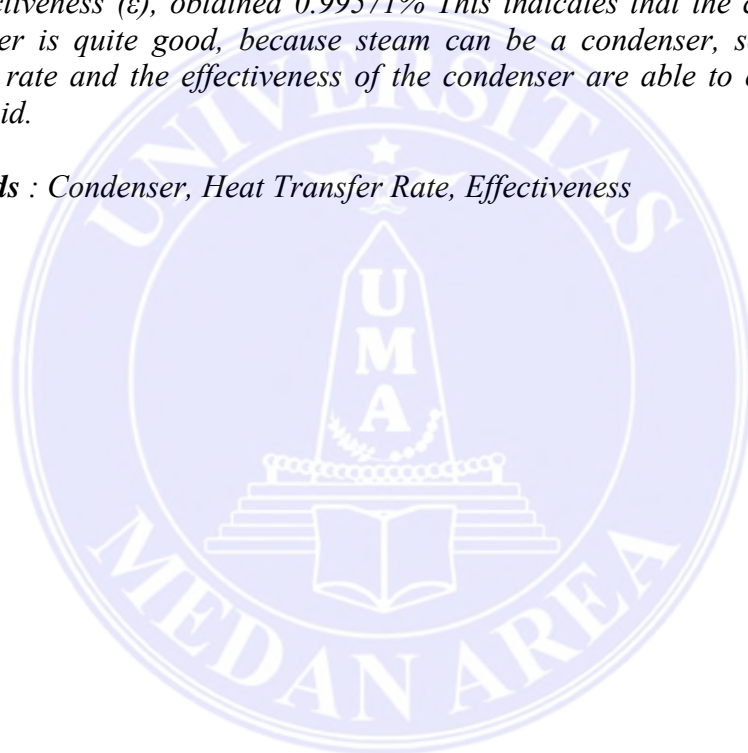
Kata Kunci : Kondensor, Laju Perpindahan Panas, Efektifitas



ABSTRACK

A heat exchanger is a device used to exchange or change the temperature of a fluid by exchanging heat with another fluid. One of the heat exchangers is a surface type condenser where the steam is separated from the cooling air, the steam is outside the pipes while the cooling water is in the pipes at PT. SOCIMAS. At PT. SOCIMAS, the condenser is the main part of the cooling system whose function is to condense the steam into air and keep the efficiency and work cycle of the turbine high. For this reason, this final report focuses on condenser analysis. The results obtained from this final project is the value of the coefficient of internal convection is $4056.6827 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ and the coefficient of external convection is $97414.18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ value of heat transfer rate and effectiveness (ϵ) on the condenser PT. SOCIMAS obtained a heat rate of $153,6001264 \text{ MW}$. While the effectiveness (ϵ), obtained 0.99571% This indicates that the condition of the condenser is quite good, because steam can be a condenser, so that the heat transfer rate and the effectiveness of the condenser are able to condense steam into liquid.

Keywords : *Condenser, Heat Transfer Rate, Effectiveness*



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Zulpikar Rifado dilahirkan di Medan pada tanggal 24 Juli 1997. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara, pasangan dari Mhd Juni Simanjuntak dan, Aida Andayani. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 060915 Medan dan Tamat pada tahun 2009. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Brigjend Katamso Medan dan Tamat pada Tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan Panca Budi 1 medan Jurusan Teknik Kendaraan Ringan dan Tamat pada tahun 2015. Pada tahun 2016, penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala karunia-Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan sebagai syarat menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Adapun judul skripsi ini adalah perpindahan panas pada kondensor tipe *shell and tube*.

Selama penulisan skripsi ini penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, serta motivasi dari berbagai pihak, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

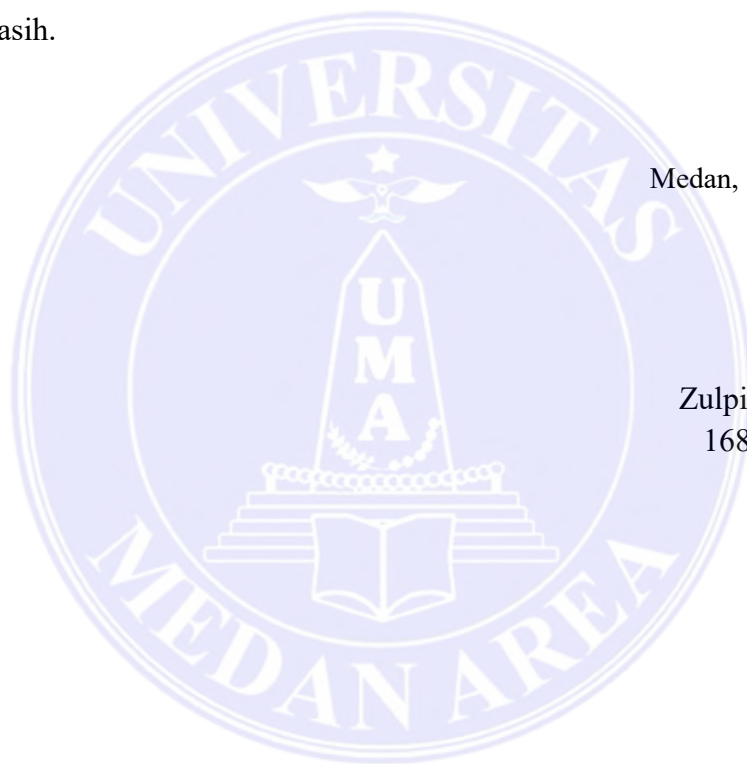
1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.kom., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Muhammad Idris, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. H.Amirsyam Nasution, MT dan Bapak Ir. Husin Ibrahim, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bantuan, saran, dan masukan.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Mesin serta Bagian Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
6. Kedua orang tua saya, kepada ayah, ibu dan seluruh keluarga atas dukungan serta do'a yang tidak henti-hentinya.

7. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Mesin Universitas Medan Area yang solid, khususnya Recci, Syahrinal, Arizal, Ferdi, Ammar, Faru Roza, Jody, Irfan, Wawan yang telah banyak membantu dalam pengurusan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan maupun masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Medan, 11 Januari 2022

Zulpikar Rifaldo
168130079



DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL Erro
r! Bookmark not defined.	
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
ABSTRAK	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	vi
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang.....	2
B. Rumusan Masalah.....	2
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan.....	3
E. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
A. Pengertian Kondensor.....	4
B. Persamaan Dasar Perpindahan Panas	5
C. Perpindahan Panas Secara Konduksi.....	6
D. Perpindahan Panas Secara Konveksi.....	7
E. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Di Dalam Pipa.....	8
F. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Di Luar Pipa.....	10
G. Koefisien Perpindahan Panas Pada Zona Kondensasi.....	12
H. Analisa Perpindahan Panas.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Waktu dan Tempat.....	22
B. Alat	23
C. Metodologi Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	27
A. Data Spesifikasi dan Data Aktual Pada Kondensor.....	27
B. Perhitungan Nilai Koefisien Konveksi dalam <i>Tube</i> (h_i)	28
C. Perhitungan Nilai Koefisien Konveksi Luar <i>Tube</i> (h_o)	31
D. Perhitungan Overall Heat Transfer Coefficient.....	39
E. Perhitungan dengan Metode Log Mean Temperature Different (LMTD)	39
F. Perhitungan Laju Perpindahan Panas	41
G. Perhitungan dengan Metode <i>Number of Transfer Unit</i> (NTU) <i>Effectiveness</i>	41
Bab V KESIMPULAN DAN SARAN	44
A. Kesimpulan.....	44
B. Saran	44
DAFTAR PUSTAKA	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kondensor	4
Gambar 2. 2 Aliran fluida melintasi (a) aligned dan (b) staggered tube.....	10
Gambar 2. 3 Susunan tube (a) aligned (b) staggered	12
Gambar 2. 4 Zona Kondensasi	13
Gambar 2. 5 Distribusi temperatur untuk aliran parallel.....	16
Gambar 2. 6 Distribusi temperatur untuk aliran berlawanan arah	18
Gambar 3. 1 Computer Central Control Room	23
Gambar 3. 2 Pressure Gauge	23
Gambar 3. 3 Gambaran Umum Surface Condensor.....	24



DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1. Condenser's Specification Design	27
Tabel 4. 2. Data Aktual Kondensor.....	28
Tabel 4. 3. Variabel Pengambilan Data 1	29
Tabel 4. 4. Variabel Pengambilan Data 2	32
Tabel 4. 5. Variabel Pengambilan Data 3	36



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kebutuhan listrik pada Indonesia sekarang sebagai sesuatu yg sangat penting apalagi di pabrik-pabrik,serta pula banyak pabrik yg membutuhkan listrik dengan daya yg sangat besar ,maka asal itu pabrik pada Indonesia sekarang banyak yg memakai pembangkit listrik energi uap (PLTU). Karena PLTU diprioritaskan menjadi pemercepat pemenuhan kebutuhan energi listrik dengan mempertimbangkan efisiensinya yg tinggi serta bahan bakar yg relatif lebih murah dibandingkan bahan bakar pembangkit listrik tenaga selain uap.

Salah satu pembangkit listrik energi uap yg didirikan di PT.SOCI MAS Medan berkapasitas 10 MW. siklus sederhana pada suatu pembangkit khususnya PLTU yg berbahan bakar batubara yaitu air dipanaskan pada pada tungku sebagai akibatnya menjadi uap, uap memutar turbin yang berada satu shaft menggunakan generator sehingga generator iku tberputar serta membuat listrik. pada dasarnya komponen primer asal suatupembangkit yaitu boiler, turbin, kondensor, dan pompa. Fungsi berasal masing – masing komponen tersebut tidak sama.

Boiler adalah alat konversi energi yang mengubah air menjadi uap dengan cara pemanasan. Panas yang dibutuhkan air untuk penguapan tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada ruang bakar ketel uap. Uap atau energi kalor yang dihasilkan ketel uap tersebut dapat digunakan pada semua peralatan yang membutuhkan uap di pabrik kelapa sawit terutama turbin.. [1]

Dimana fluida pendingin berupa air yang di ambil dari cooling tower mengalir ke tabung-tabung, sedangkan fluida kerja sistem (fluida yang didinginkan) yaitu uap keluaran turbin tekanan rendah mengalir melalui selongsong di luar tabung.

Satu masalah yang terjadi di kondensor adalah terjadi pengotoran pada jalur tube air pendingin yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa oleh air pendingin sehingga suplai air pendingin pada kondensor yang berdampak pada ketidakstabilan performa kondensor. Maka hal ini akan mengakibatkan berkurangnya proses perpindahan panas.

Maka hal yang perlu diperhatikan saat melakukan perawatan pada kondensor ialah membersihkan tube air pendingin pada kondensor tersebut agar tidak terjadi pengendapan yang dapat mengganggu laju aliran air pendingin kondensor. Untuk mengetahui kinerja kondensor dipakai metode perhitungan effectiveness – NTU. Kinerja kondensor dapat dilihat dari nilai efektivitas, laju perpindahan panas. Agar mengetahui kondisi kondensor tersebut baik atau tidak. Sehingga penulis tertarik untuk mengambil judul “ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KONDENOR TIPE SHELL AND TUBE”

B. Rumusan Masalah

Topik permasalahan yang akan dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini adalah :

1. Berapa nilai koefisien konveksi dalam dan luar Tube ?
2. Berapa laju perpindahan panas pada kondensor ?
3. Berapa nilai NTU dari kondensor ?

C. Batasan Masalah

Masalah yang diangkat dalam penulisan tugas akhir ini terlalu luas jika dianalisis secara menyeluruh. Maka dari itu agar masalah tidak melebar kemana-mana penulis hanya meneliti empat point terkait. Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Hanya membahas proses pada PLTU batubara dan tidak pada pembangkit energi lain.
2. Prinsip kerja kondensor.
3. Prinsip laju transfer panas pada heat exchanger tipe shell and tube.

D. Tujuan

1. Menganalisis nilai koefisien konveksi dalam dan luar Tube.
2. Menganalisis laju perpindahan panas pada kondensor.
3. Menganalisis nilai NTU dari kondensor.

E. Manfaat Penelitian

1. Sebagai sarana agar mendapatkan ilmu dan pengetahuan buat penulis, di Pembangkit Listrik Tenaga Uap khususnya dalam bidang kondensor.
2. Sebagai bahan referensi dalam pengembangan pengetahuan mahasiswa/I tentang perpindahan panas pada kondensor di PLTU.

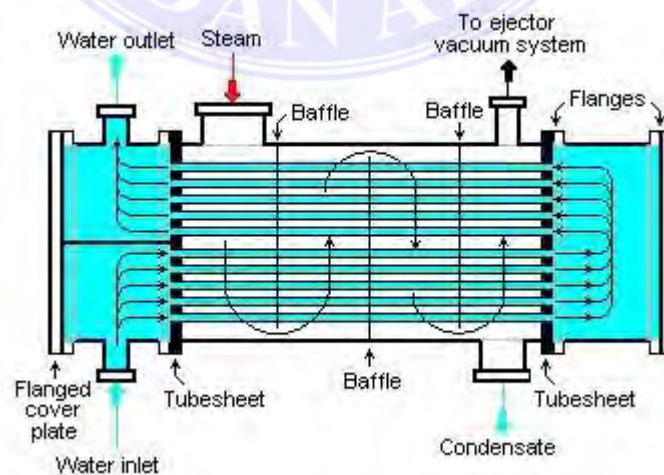
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Kondensor

Kondensor adalah peralatan yang berfungsi untuk mengubah uap menjadi air. Prinsip kerja Kondensor proses perubahannya dilakukan dengan cara mengalirkan uap ke dalam suatu ruangan yang berisi pipa-pipa (tubes). Uap mengalir di luar pipa-pipa (*shell side*) sedangkan air sebagai pendingin mengalir di dalam pipa-pipa (*tube side*). Seperti pada gambar 2.1 kondensor seperti ini disebut kondensor tipe surface (permukaan).

Kebutuhan air untuk pendingin di kondensor sangat besar sehingga dalam perencanaan biasanya sudah diperhitungkan. Air pendingin diambil dari sumber yang cukup persediannya, yaitu dari danau, sungai atau laut. Posisi kondensor umumnya terletak dibawah turbin sehingga memudahkan aliran uap keluar turbin untuk masuk kondensor karena gravitasi[1]



Gambar 2. 1 Kondensor

Laju perpindahan panas tergantung pada aliran air pendingin, kebersihan pipa-pipa dan perbedaan temperatur antara uap dan air pendingin. Proses perubahan uap menjadi air terjadi pada tekanan dan temperatur jenuh, dalam hal ini kondensor berada pada kondisi vakum. Karena temperatur air pendingin sama dengan temperatur udara luar, maka temperatur air kondensatnya maksimum mendekati temperatur udara luar. Apabila laju perpindahan panas terganggu, maka akan berpengaruh terhadap tekanan dan temperatur.

B. Persamaan Dasar Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Pehitungan laju perpindahan panas membutuhkan perhitungan total pada area permukaan yang terkena panas. Oleh karena itu, dibutuhkan beberapa data, seperti data temperatur 10 fluida yang masuk dan keluar, koefisien perpindahan panas total, laju perpindahan panas total, dan data-data lain yang mendukung untuk analisis pada permasalahan yang dibahas untuk tugas akhir ini.

Data-data tersebut dianalisis dengan menggunakan metode log mean temperature differenr (LMTD) dan metode effectivenesss (ϵ) - number of transfer unit (NTU) dengan mengabaikan perpindahan panas secara radiasi yang terjadi ke lingkungan, berada pada kondisi steady state, dan aliran fluida dianggap dalam keadaan steady flow. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi.

Pada tugas akhir ini hanya menjelaskan perpindahan konduksi dan konveksi saja, untuk perpindahan panas secara radiasi tidak dijelaskan..Ada dua perpindahan panas yaitu perpindahan panas konduksi dan konveksi. Ketika gradien suhu ada dalam media stasioner, yang mungkin berupa padatan atau fluida, maka menggunakan istilah konduksi untuk merujuk pada perpindahan panas yang akan terjadi di seluruh media.

Sebaliknya, istilah konveksi mengacu pada perpindahan panas yang akan terjadi antara permukaan dan cairan yang bergerak ketika mereka pada suhu yang berbeda. Mode ketiga dari perpindahan panas adalah disebut radiasi termal. Semua permukaan suhu terbatas mengeluarkan energi dalam bentuk gelombang elektromagnetik. Oleh karena itu, dengan tidak adanya media intervensi, ada panas bersih ditransfer oleh radiasi antara dua permukaan pada temperatur yang berbeda.[2]

C. Perpindahan Panas Secara Konduksi

Konduksi adalah perpindahan panas melalui zat padat yang tidak ikut mengalami perpindahan. Artinya, perpindahan kalor pada suatu zat tersebut tidak disertai dengan perpindahan partikel-partikelnya. Ketika gradien suhu ada dalam tubuh, pengalaman menunjukkan bahwa ada transfer energi dari wilayah suhu tinggi ke wilayah suhu rendah.

Kami mengatakan bahwa energi ditransfer oleh konduksi dan bahwa laju perpindahan panas per satuan luas adalah proporsional ke gradien suhu normal. Untuk menghitung laju perpindahan diperlukan persamaan yang sesuai dengan mode dari perpindahan panas tersebut. Persamaan laju perpindahan panas

konduksi satu dimensi pada dinding datar dikenal dengan persamaan (hukum)

Fourier's Law, yaitu:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.1}$$

Dimana :

q_x = laju perpindahan panas ke arah sumbu x positif (watt)

k = konduktivitas panas adalah karakteristik individu material dinding $\left(\frac{W}{mK}\right)$

A = luasan penampang yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas (m^2)

$\frac{dT}{dx}$ = gradient temperature

Tanda minus adalah konsekuensi bahwa panas berpindah dari lokasi yang bertemperatur tinggi ke yang lebih rendah.

D. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikel berpindah dan mengakibatkan kalor merambat, terjadilah konveksi. Konveksi terjadi pada zat cair dan gas (udara/angin).

Laju perpindahan panas konveksi secara didapat dengan menggunakan (hukum) newton's law of cooling, yaitu :

$$q = hA(T_s - T) \dots\dots\dots \text{Pers. 2.2}$$

dimana :

q = laju perpindahan panas konveksi, (Watt)

h = koefisien perpindahan panas konveksi, $\left(\frac{W}{m^2K}\right)$

A = luasan penampang yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas (m^2)

T_s = temperatur permukaan padat, (K)

T = temperatur rata-rata fluida, (K)

E. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Di Dalam Pipa

Perpindahan panas akibat aliran fluida yang terjadi di dalam pipa merupakan aliran internal dimana *boundary layer* tidak memungkinkan untuk berkembang dikarenakan dibatasi oleh *surface*. Ada perbedaan yang prinsip antara tube dengan pipa terutama diameter dan tebalnya. Untuk menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi didalam tube sama dengan menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi didalam *tube*, dengan persamaan sebagai berikut, [3]

$$h_i = \frac{Nu_D \times K}{D} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.3}$$

Dimana :

h_i = koefisien konveksi diluar tube ($\frac{W}{m^2K}$)

Nu_D = nusselt number

K = konduktivitas *thermal* ($\frac{W}{mK}$)

D = diameter luar *tube*, (m)

Pada aliran ini terdapat 2 jenis aliran, yaitu :

1. Aliran Laminer

Aliran laminer adalah aliran fluida yang bergerak dengan kondisi lapisan-lapisan yang membentuk garis-garis alir dan tidak berpotongan satu sama lain. Alirannya relatif mempunyai kecepatan rendah dan fluidanya bergerak sejajar (*laminae*) & mempunyai batasan-batasan yang berisi aliran fluida. Aliran laminar adalah aliran fluida tanpa arus turbulenta (pusaran air).

Partikel fluida mengalir atau bergerak dengan bentuk garis lurus dan sejajar. Laminar adalah ciri dari arus yang berkecepatan rendah, dan partikel sedimen dalam zona aliran berpindah dengan menggelinding (rolling) ataupun terangkat (saltation). Pada laju aliran rendah, aliran laminar tergambar sebagai filamen panjang yang mengalir sepanjang aliran. Aliran laminar mempunyai Bilangan Reynold lebih kecil dari 2300.

2. Aliran Turbulen

Aliran turbulen adalah aliran fluida yang partikel-partikelnya bergerak secara acak dan tidak stabil dengan kecepatan berfluktuasi yang saling interaksi. Akibat dari hal tersebut garis alir antar partikel fluidanya saling berpotongan. Turbulen mentransport partikel-partikel dengan dua cara; dengan penambahan gaya fluida dan penurunan tekanan lokal ketika pusaran turbulen bekerja padanya.

Keduanya adalah penyebab terjadinya transportasi pasir sepanjang bawah permukaan. Di alam hampir semua mekanisme transport pasir terjadi secara turbulen. Turbulen terutama terjadi di sungai akibat penggerusan sepanjang batas arus air, dan meningkat akibat kekasaran bawah permukaan; sepanjang garis pantai dan laut penyebabnya adalah ombak, tekanan angin permukaan, dan penggerusan arus. Di udara turbulen yang membawa bekas ledakan vulkanis ditransport angin.

Besarnya gerakan turbulen bervariasi dari mikro hingga makro, yang terakhir tadi sangat mudah dilihat di sungai dengan penampakan pusaran yang kompleks atau dengan boil yang berbenturan dengan permukaan sungai, secara

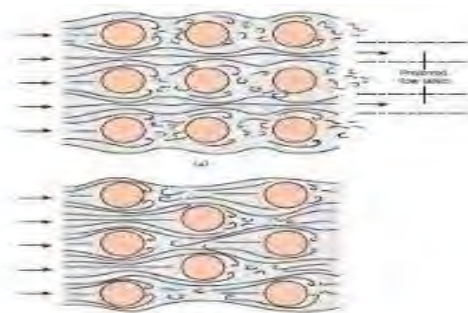
terus menerus. Aliran turbulen mempunyai bilangan reynold yang lebih besar dari 4000.[4]

F. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Di Luar Pipa

Perpindahan panas akibat aliran fluida yang terjadi di luar pipa dari *shell and tube heat exchanger* dianalisa berdasarkan analisa perpindahan panas secara konveksi yang melewati susunan *tube* pada *shell and tube heat exchanger*. Besarnya koefisien perpindahan panas secara konveksi sangat dipengaruhi oleh tingkat turbulensi aliran dan jumlah baris pada tiap *tube*.

Tingkat *turbulensi* pada aliran dapat ditingkatkan dengan mengatur susunan susunan *tube*. Ada dua jenis susunan *tube* yaitu susunan *aligned* dan *staggered*. Pada kondensor ini memakai susunan *tube staggered*, dikarenakan memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi kerana bentuknya berliku-liku, sehingga semakin banyak bagian *tube* teraliri fluida.[5]

Aliran di sekitar tabung di baris pertama dari tabung penyusun mirip dengan silinder (terisolasi) tunggal dalam aliran silang. Sejalan dengan itu koefisien perpindahan panas untuk tabung di baris pertama kira-kira sama dengan untuk satu tabung dalam aliran silang. Untuk baris hilir, kondisi aliran sangat bergantung pada pengaturan penyusun tabung seperti terlihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Aliran fluida melintasi (a) aligned dan (b) staggered tube

Jenis aliran dapat dicari dengan mengetahui Re_d

$$Re_D = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.4}$$

Dimana :

Re_D = reynold number

ρ = massa jenis aliran, $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

V = kecepatan aliran, $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$

D = diameter dalam tube, (m)

μ = viskositas absolut, $\left(\frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}\right)$

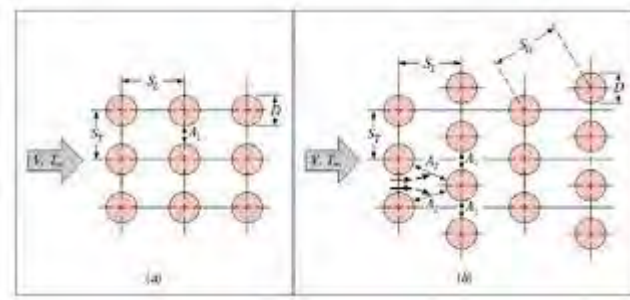
Untuk mencari V_{max} , dengan menggunakan perumusan,

$$V_{max} = \frac{S_T}{S_T - D} \times V \dots\dots\dots \text{Pers. 2.5}$$

Dengan syarat $(S_T - D) < 2(S_D - D)$ atau dengan perumusan lain,

$$V_{max} = \frac{S_T}{S_D - D} \times V \dots\dots\dots \text{Pers. 2.6}$$

Dengan syarat $(S_T - D) > 2(S_D - D)$

Gambar 2. 3 Susunan *tube* (a) *aligned* (b) *staggered*

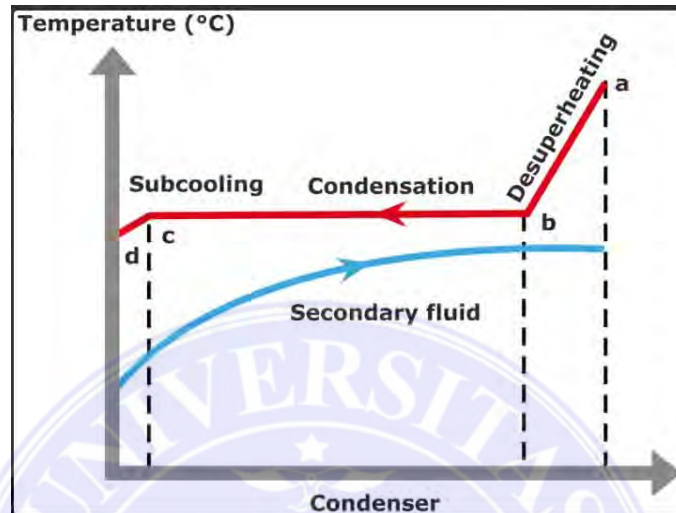
Baris tabung dari tepi dapat disejajarkan atau dipindahkan menuju kecepatan fluida V seperti yang ditunjukkan (Gambar 2.3). Konfigurasi dicirikan oleh diameter tabung D dan oleh ST dan SL transversal longitudinal diukur antara pusat tabung. Kondisi aliran di dalam penyusun didominasi oleh efek pemisahan lapisan batas dan oleh interaksi bangun, yang pada gilirannya mempengaruhi perpindahan panas konveksi.[6]

G. Koefisien Perpindahan Panas Pada Zona Kondensasi

Koefisien perpindahan panas pada zona kondensasi adalah daerah didalam kondensor dimana terjadinya perubahan fase dari uap jenuh menjadi cair jenuh. Perpindahan panas pada daerah kondensasi dapat dianalisa melalui lapisan tube yang terkondensasi pada sistem radial pada horizontal tube.

Temperatur berkurang selama proses desuperheating dan sub-cooling. Energi yang ditolak dari pendingin memanaskan media sekunder, yang suhunya meningkat. Tekanan berubah sedikit dari desuperheating ke subcooling. Dalam cara yang mirip dengan penguapan, satu-satunya perbedaan tekanan antara pintu masuk dan keluar dari penukar panas adalah penurunan tekanan.

Karena kecepatan aliran dalam kondensor berkurang, penurunan tekanan yang diinduksi jauh lebih rendah. Kecepatan aliran dalam kondensor berkurang, penurunan tekanan yang diinduksi jauh lebih rendah. Seperti pada gambar 2.4



Gambar 2. 4 Zona Kondensasi

Proses kondensasi berlangsung apabila uap jenuh bersinggungan dengan permukaan yang mempunyai suhu lebih rendah. Steam yang masuk ke dalam kondensor setelah keluar dari low pressure (LP) turbine berupa uap jenuh. Kemudian, steam ini dikondensasikan hingga keadaanya menjadi saturated liquid.

Liquid hasil kondensasi akan terkumpul pada permukaan tube dan jatuh karena adanya gravitasi atau dikarenakan terseret oleh pergerakan steam. Proses kondensasi yang paling umum ialah adanya kondensasi film pada liquid yang tipis dan terbentuk di seluruh permukaan film.

Di proses ini, kalor yang dilepas oleh steam tidak membuat temperaturnya berubah, tetapi terjadi perubahan fase atau kalor laten. Sedangkan kalor yang diterima oleh air pendingin mengalami perubahan temperature dengan tidak

terjadinya perubahan fase atau kalor sensibel. Kondensasi yang terjadi didalam kondensor dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

1. Film Condensation

Pada kondensasi jenis ini, kondensasi berbentuk tipis menyelubungi dinding tube, semakin lama seakin tebal. Pengaruh gaya gravitasi dan gaya berat yang menyebabkan lapisan kondensasi tipis tersebut jatuh kebawah dan nantinya menjad air kondensat.

2. Dropwise Condensation

Pada kondensasi jenis ini, kondensasi berbentuk bintik- bintik embun yang nantinya akan menetes secara terus- menerus dikarenakan gaya gravitasi dan gaya berat. Kondensasi jenis ini hanya akan terjadi pada lapisan permukaan tube yang tipis.

Pengebunan yang diharapkan terjadi pada tube kondensor adalah dropwise condensation, tetapi dikarenakan dalam dropwise condensation dinding pipa tidak diselubungi oleh bintik-bintik embun, maka uap dapat berkontak langsung dengan tube pendingin secara kontinyu. Ini dapat menyebabkan nilai koefisien perpindahan panasnya menjadi besar.

Selama proses pengembunan berlangsung, hampr selalu dipastikan bawa kondensasi yang terjadi adalah film condensation, ini disebabkan karena kondensasi akan menetes pada permukaan yang benar-benar licin saja. Oleh karena itu, untuk perhitungan koefisien perpindahan panas pada zona kondensasi yang terjadi adalah film condensation,[7]

H. Analisa Perpindahan Panas

1. Analisa Perpindahan Panas Dengan Metode LMTD (*Log Mean Temperature Different*)

Metode ini digunakan untuk mencari temperatur rata-rata, yaitu dari temperatur inlet dan outlet dari fluida, pada pesawat penukar kalor. Maka untuk mendapatkan laju perpindahan panas, digunakan perumusan sebagai berikut:

$$q = U \cdot A \Delta T_{LM} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.7}$$

Dimana :

q = laju perpindahan panas (W)

U = *overall heat transfer coefficient*

A = luasan total bidang permukaan perpindahan panas (m^2)

ΔT_{LM} = perbedaan temperatur rata-rata antara fluida panas dan fluida dingin (K)

Rumus ΔT_{LM} adalah :

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.8}$$

Dimana :

ΔT_{LM} : perbedaan temperatur rata-rata antara fluida panas dan fluida dingin (K)

$\Delta T_1 = T_i - t_o$

$\Delta T_2 = T_o - t_i$

Keterangan :

T_i adalah temperatur fluida dingin outlet ($T_{c,o}$) (K)

T_o adalah temperature fluida panas inlet ($T_{h,o}$) (K)

t_i adalah temperatur fluida dingin outlet ($T_{c,i}$) (K)

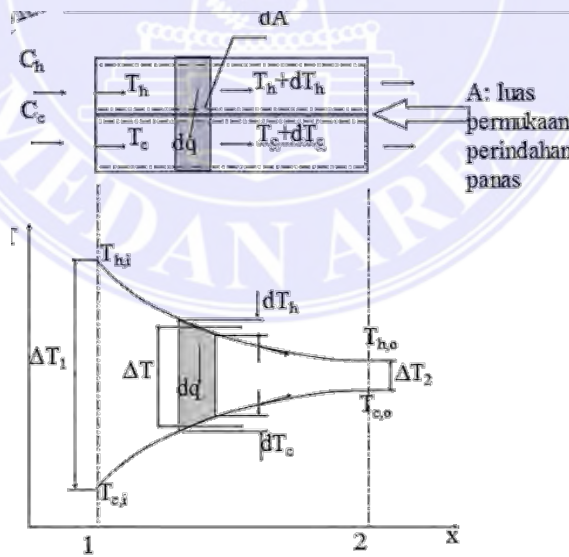
Sebelum menentukan LMTD, terlebih dahulu mengetahui jenis alirannya.

Berdasarkan arah aliran heat exchanger, dibagi menjadi 3 jenis arah aliran yaitu:

a. Aliran parallel

Distribusi suhu cairan rata-rata panas dan dingin yang terkait dengan penukar panas aliran parallel ditunjukkan pada (Gambar 2.4). Perbedaan suhu T pada awalnya besar tetapi menyeluruh dengan meningkatnya x , mendekati nol tanpa gejala. Penting untuk dicatat bahwa, untuk penukar seperti itu, suhu keluar dari fluida dingin tidak pernah melebihi dari fluida panas. Neraca energi dan analisis selanjutnya adalah subjek dengan asumsi berikut.

- 1) Penukar panas terisolasi dari lingkungannya, dalam hal ini satu-satunya pertukaran panas antara cairan panas dan dingin.
- 2) Konduksi aksial sepanjang tabung dapat diabaikan.
- 3) Perubahan energi potensial dan kinetik dapat diabaikan.
- 4) Pemanasan spesifik fluida konstan.
- 5) Koefisien perpindahan panas keseluruhan adalah konstan.



Gambar 2. 5 Distribusi temperatur untuk aliran parallel

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - t_{c,i} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.9}$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - t_{c,o} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.10}$$

Dimana :

$T_{h,i}$ = adalah temperatur masuk fluida panas (K)

$T_{c,i}$ = adalah temperatur masuk fluida dingin (K)

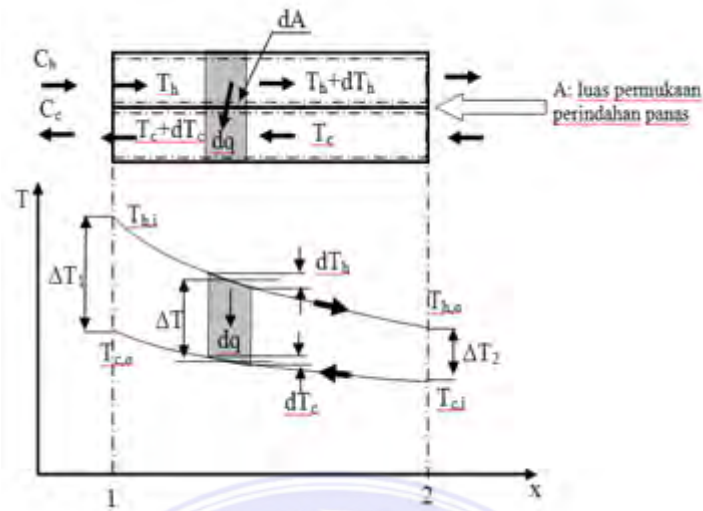
$T_{h,o}$ = adalah temperature keluar fluida panas (K)

$T_{c,o}$ = adalah temperatur keluar fluida dingin (K)

b. Aliran berlawanan arah

Pada jenis aliran ini, pembedanya terletak pada ΔT_1 dan ΔT_2 dikarenakan arah aliran yang berbeda. Distribusi suhu cairan panas dan dingin yang terkait dengan penukar panas aliran berlawanan arah. Berbeda dengan penukar aliran paralel, konfigurasi ini menyediakan perpindahan panas antara bagian yang lebih panas dari dua cairan di satu ujung, serta antara bagian yang lebih dingin di sisi lainnya.

Untuk alasan ini, perubahan dalam perbedaan suhu, $\Delta T = \Delta T_H - T_C$, sehubungan dengan x tidak ada yang sebesar untuk daerah saluran masuk dari penukar aliran paralel. Perhatikan bahwa suhu keluar dari fluida dingin sekarang dapat melebihi suhu keluar dari fluida panas.



Gambar 2. 6 Distribusi temperatur untuk aliran berlawanan arah

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - t_{c,o} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.11}$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - t_{c,i} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.12}$$

Dimana :

Th,i adalah temperatur masuk fluida panas (K)

Tc,o adalah temperatur keluar fluida dingin (K)

Th,o adalah temperature keluar fluida panas (K)

Tc,i adalah temperatur masuk fluida dingin (K)

c. Aliran *multipasses* dan silang

Tipe aliran ini membutuhkan faktor koreksi dengan hasil perhitungan yang tepat.

$$\Delta T_{LM} = F \Delta T_{LM,CF} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.13}$$

Dimana :

ΔT_{LM} = perbedaan temperatur rata-rata antara fluida panas dan fluida dingin
(K)

F = faktor koreksi

$\Delta T_{LM,CF}$ = log mean temperature different untuk aliran berlawanan arah

2. Analisa Perpindahan Panas Dengan Dengan Metode Effectiveness- NTU (Number Of Transfer Unit)

Untuk metode NTU sendiri ialah bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk menganalisis perpindahan panas pada suatu pesawat penukar kalor. Persamaan dari NTU sebagai berikut,[7]

$$NTU = \frac{U.A}{C_{min}} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.14}$$

Dimana :

NTU = number of transfer unit

U = overall heat transfer coefficient

A = luasan total bidang permukaan perpindahan panas (m^2)

C_{min} = nilai terkecil yang diperoleh dari C_c dan C_h

Keterangan :

$$C_c = \dot{m}_c \times C_{Pc} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.15}$$

$$C_h = \dot{m}_h \times C_{Ph} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.16}$$

Dimana :

C_c = heat capacity rate untuk fluida dingin, $\left(\frac{W}{K}\right)$

\dot{m}_c = laju aliran massa fluida dingin, $\left(\frac{W}{K}\right)$

C_{Pc} = kalor spesifik fluida dingin, $\left(\frac{J}{Kg.K}\right)$

C_h = heat capacity rate untuk fluida panas, $\left(\frac{W}{K}\right)$

\dot{m}_h = laju aliran massa fluida panas, $\left(\frac{W}{K}\right)$

C_{ph} = kalor spesifik fluida panas, $\left(\frac{J}{Kg.K}\right)$

Selanjutnya nilai NTU dari berbagai jenis heat exchanger dapat dicari dari grafik. Untuk analisis perhitungan kondensor menggunakan grafik single-pass, cross-flow heat exchanger with one fluid mixed and the other unmixed pada buku “fundamentals of heat and mass transfer” oleh Frank P. Incropera. Untuk kondensor tipe shell and tube dengan a shell and two passes, maka digunakan perumusan NTU sebagai berikut,

Jika $C_c < C_h$, maka $q_{maks} = C_c(T_{h,i} - t_{c,i})$

Jika $C_h < C_c$, maka $q_{maks} = C_h(T_{h,i} - t_{c,i})$

Effectiveness (ε) ialah rasio perbandingan antara laju perpindahan panas maksimum yang dimungkinkan terjadi pada suatu heat exchanger. Effectiveness (ε) merupakan bilangan tak berdimensi yang berada dalam batas $0 < 1$. Untuk perumusan Effectiveness, data dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = f \left[NTU \frac{C_{min}}{C_{max}} \right] \dots\dots\dots \text{Pers. 2.17}$$

ε = Effectiveness

f = faktor kerak (*fouling factor*)

C_{min} : C_h = heat capacity rate untuk fluida panas

C_{max} : C_c = heat capacity rate untuk fluida dingin

Untuk kondensor tipe shell and tube dengan satu shell and two passes, menggunakan perumusan effectiveness sebagai berikut :

$$\varepsilon = 2 \left\{ 1 + C_r + (1 + C_r^2)^{\frac{1}{2}} \times \frac{1 + \exp\left[-(NTU)_1 (1 + C_r^2)^{\frac{1}{2}}\right]}{1 - \exp\left[-(NTU)_1 (1 + C_r^2)^{\frac{1}{2}}\right]} \right\}^{-1} \dots\dots\dots \text{Pers. 2.18}$$

Dimana :

ε = *Effectiveness*

C_r = *specific heat ratio*

NTU = *number of transfer unit*



BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Waktu

Penelitian ini dilakukan mulai 6 Agustus- 6 September 2020 pengambilan data di PT.SOCI MAS OLEOCHEMICAL pada setiap hari senin – jumat.

2. Tempat

Tempat penulis melakukan penelitian dilaksanakan di PT.SOCI MAS OLEOCHEMICAL Jl.Pulau Irian No.2 ,Kawasan Industri Medan,Saentis – Percut Sei Tuan,Deli Serdang – 20371,Sumatera Utara

Tabel 3.1. Jadwal Penelitian

Jadwal	2020 - 2022											
	Ju	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar		
Persiapan Alat												
Pengambilan judul												
Seminar Proposal												
Pengambilan Data												
Analisis Data												
Seminar Hasil												
Sidang Sarjana												

B. Alat

1. Komputer Central Control Room



Gambar 3. 1 Computer Central Control Room

Pada Gambar 3.1 Computer Central Control Room digunakan untuk mengetahui data Spesifikasi kondensor. Didalam computer central control tersedia data dan perintah yang diperlukan untuk menjalankan kondensor.

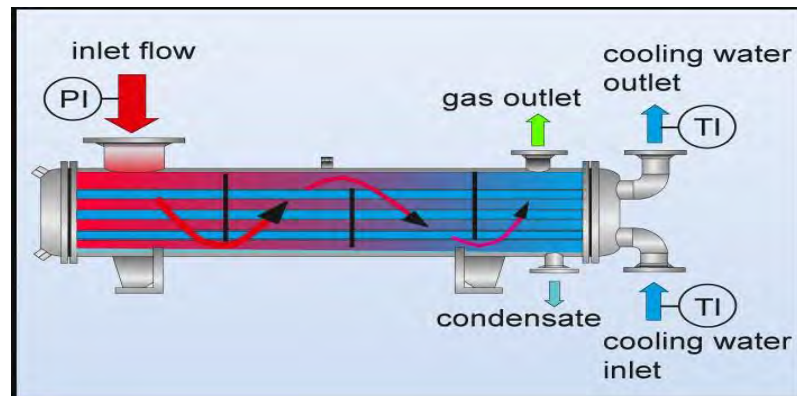
2. Pressure Gauge



Gambar 3. 2 Pressure Gauge

Pressure gauge merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau cairan) dalam tabung tertutup. Satuan dari alat ukur tekanan ini berupa psi (pound per square inch), psf (pound per square foot), mmHg (millimeter of mercury), inHg (inch of mercury), bar, ataupun atm (atmosphere)

3. Unit Condensor



Gambar 3. 3 Gambaran Umum *Surface Condensor*

Pada gambar 3.3 merupakan tipe *surface condensor*. Prinsip kerja surface condenser ialah uap mengalir mengarah ke dalam ruangan yang berisi lapisan pipa yang jadi uap tersebut penuh permukaan luar pipa. Sedangkan air yang berperan selaku pendingin hendak mengalir mengarah ke dalam pipa (tube side).

Hingga terjalin kontak antara keduanya, dimana uap yang bertemperatur besar (panas) hendak bersinggungan dengan tube kondensor bertemperatur rendah yang berperan selaku penyerap kalor dari uap tersebut. Sehingga temperatur uap

(steam) hendak turun serta terkondensasi.

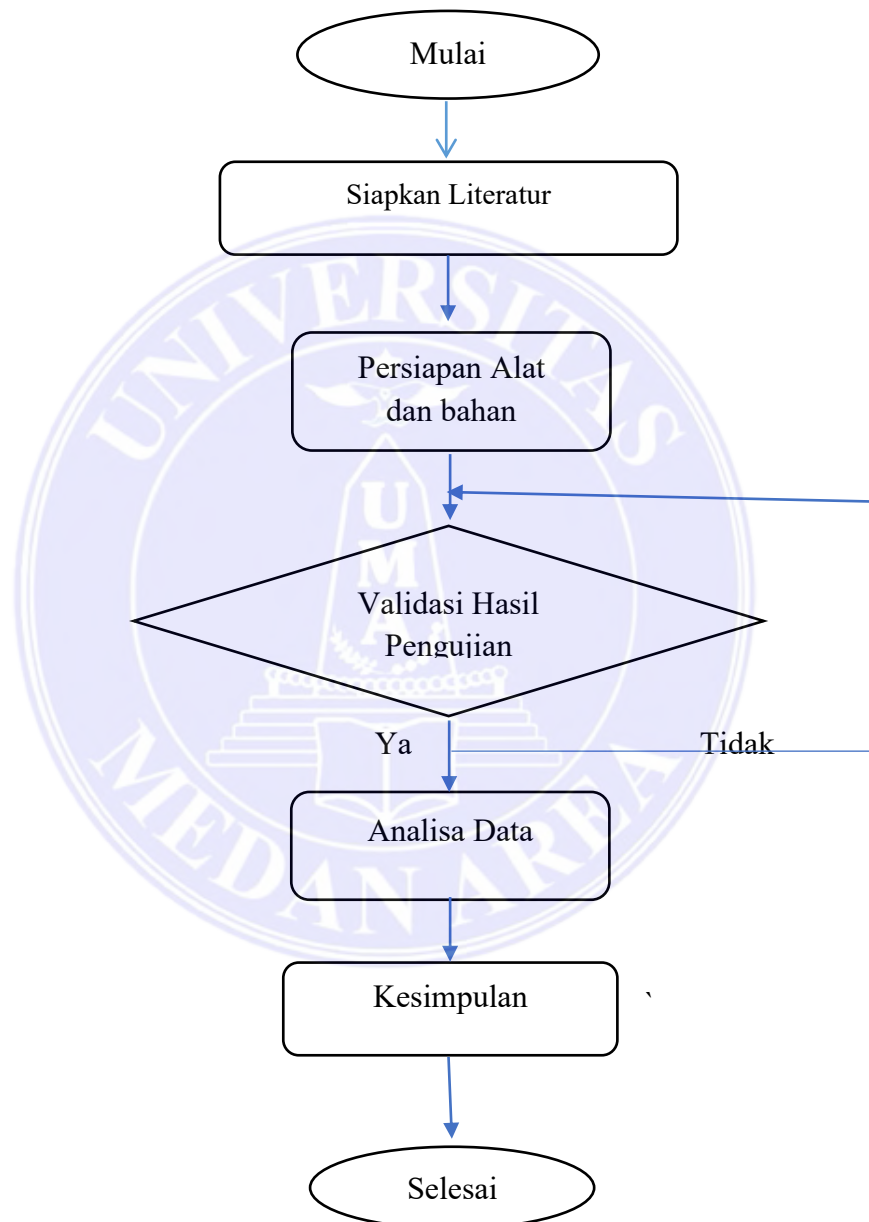
Tipe condensor dikala ini merupakan horizontal kondensor. Pada Horizontal Condensor, air pendingin masuk melewati bagian dasar setelah itu mengalir ke dalam pipa-pipa pendingin (tube) serta keluar dari bagian atas. Sedangkan uap hendak masuk pada bagian tengah condensor serta hendak keluar selaku kondensat pada bagian dasar condensor

C. Metodologi Penelitian

Metode Penelitian Adapun data tugas akhir ini dilakukan di PT.SOCI MAS Medan supaya memperoleh pengetahuan dan pemahaman mengenai condensor dan laju perpindahan panas pada suatu condensor. Dengan studi literatur dan survey lapangan, berharap mendapatkan data yang akurat buat perhitungan laju perpindahan panas dengan metode Effectiveness (ϵ) – number of transfer unit (NTU).



Diagram alir dibawah ini merupakan langkah – langkah untuk menyelesaikan penelitian ini



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

D. Kesimpulan

1. Dari penelitian yang dilakukan maka didapatkan nilai koefisien konveksi dalam tube sebesar $4056.6827 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, dan nilai koefisien konveksi luar tube sebesar $97414.18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
2. Dari perphitungan konveksi dalam dan konveksi luar tube didapatkan laju perpindahan panas sebesar 153.60011264 MW Pada kondensor
3. Hasil nilai NTU didapatkan sebesar 0.99571 Dimana nilai tersebut didapatkan dari mencari overall heat transfer di kali luas bidang permukaan perpindahan panas

E. Saran

1. Pada perhitungan laju perpindahan panas dan efektifitas kondensor PLTU belum begitu sempurna dikarenakan tidak diikutkannya pressure drop serta beberapa bagian sehingga perhitungan belum terlalu akurat
2. Didalam penelitan peneliti menghitung berdasarkan sampling performa test pada logsheet harian yang terbatas. Diharapkan peneliti selanjutnya menambahkan sampling performa tes
3. Untuk penelitian selanjutnya agar melengkapi variabel penelitian yang diuji agar didapatkan hasil yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Aziz, Herisiswanto, H. Ginting, N. Hatorangan, and W. Rahman, "Analisis Kinerja Air Conditioning Sekaligus Sebagai Water Heater," *J. Univ. Riau*, 2014, doi: 10.13140/RG.2.1.2396.5840/1.
- [2] F. Kreith and A. Priyono, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas*. 1997.
- [3] L. Nurcholis, "Perhitungan Laju Aliran fluida Pada Jaringan Pipa," *ISSN 1693 - 3451 Vol. 7 Juni 2008*, 2008.
- [4] H. Budiartma, "Perbedaan Aliran Laminer dan Turbulen," *Usaha 321*, 2016.
- [5] U. Faruk and Kamiran, "Analisis Pengaruh Aliran Turbulen Terhadap Karakteristik Lapisan Batas pada Pelat Datar Panas," *J. Sains dan Seni*, 2012.
- [6] D. P. 1990. Incropera, Frank P., and Dewitt, *Introduction to Heat Transfer Second Edition*. Canada: John Willey& Sons, Inc. 1369.
- [7] M. Fatkhurrahman, "Analisis Kinerja Kondensor," *Eksergi J. Tek. Energi.*, vol. 10, no. 1, 2014.