

**ANALISIS EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS  
KONDENSOR PADA PROSES DESTILASI DAUN SERAI  
WANGI**

**SKRIPSI**

**OLEH :**

**SEPTA FERNANDO KARO KARO  
168130090**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

**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 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

**ANALISIS EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS  
KONDENSOR PADA PROSES DESTILASI DAUN SERAI  
WANGI**

**SKRIPSI**

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



**OLEH :**  
**SEPTA FERNANDO KARO KARO**  
**168130090**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

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 17/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)17/12/21

**ANALISIS EFEKTIVITAS PERPINDAHAN PANAS  
KONDENSOR PADA PROSES DESTILASI DAUN SERAI  
WANGI**

**SKRIPSI**

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



**OLEH :**

**SEPTA FERNANDO KARO KARO**

**168130090**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2021**

## HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Skripsi : Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor Pada  
Proses Destilasi Daun Serai Wangi  
Nama : Septa Fernando Karo Karo  
NPM : 168130090  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Fakultas : TEKNIK

Disetujui Oleh Komisi Pembimbing

Pembimbing I

(Ir. H. Darianto, M.Sc.)  
NIDN : 0126066502

Pembimbing II

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)  
NIDN : 0106058104

Dekan



(Ir. H. Dina Maizana, M.T.)  
NIDN : 0112096601



Prodi Teknik Mesin

(Muhammad Idris, S.T., M.T.)  
NIDN : 0106058104

Tanggal Lulus : 07, Juni 2021

## 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, 07 Juni 2021



(Septa Fernando Karo Karo)  
(168130090)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI**  
**TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN**  
**AKADEMIS**

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

Nama : Septa Fernando Karo Karo

NIM : 168130090

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 eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor Pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif 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, 07 Juni 2021

Yang menyatakan



(Septa Fernando Karo Karo)  
(168130090)

## ABSTRAK

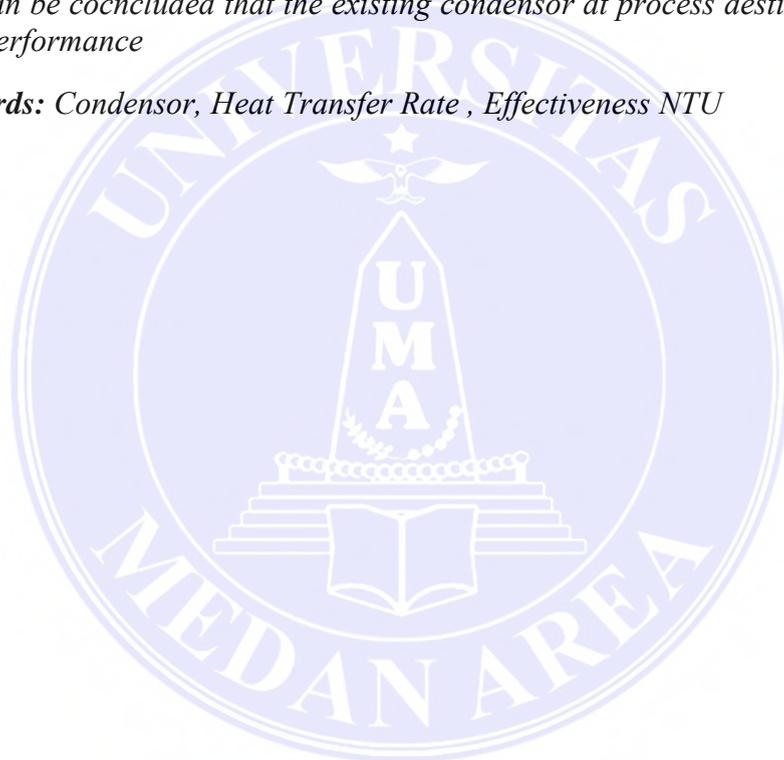
Kondensor merupakan salah satu komponen utama pada sistem yang bekerja mengkondensasi uap menjadi cair. Kinerja dari suatu kondensor dapat dipengaruhi oleh laju perpindahan panas, tekanan vakum dan efektivitas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai efektivitas dan variabel-variabel yang mempengaruhi kinerja kondensor pada proses destilasi daun serai wangi serta mengetahui pengaruh laju perpindahan panas terhadap kondensasi film (massa uap kondensat). Metode penelitian nilai efektivitas menggunakan *Log Mean Temperature Different (LMTD)* dan *Effectiveness – Number of Transfer Unit (NTU)* serta membandingkan massa uap kondensat dengan laju aliran massa uap untuk mendapatkan kondensasi film. Pada hasil Penelitian, perhitungan nilai efektivitas pada kondensor didapatkan sebesar 89%, dan massa uap kondensat 36% yang menjadi biooil. Variabel yang mempengaruhi adalah kapasitas rasio sebesar 0,0182840, laju perpindahan panas sebesar 186544,68 W. LMTD sebesar 29,74 C, Sehingga dapat disimpulkan bahwa kondensor yang ada pada proses destilasi daun serai wangi masih mempunyai performa yang baik

**Kata Kunci :** Kondensor, Laju Perpindahan Panas, Efektivitas NTU

## ABSTRACT

*Condenser is one of the main components in the system that works to convert steam into water and reuse it. The performance of a condenser can be influenced by heat transfer rate, vacuum pressure and effectiveness. This research was to determine the value of effectiveness and variables that influence the performance of the condenser and to research condensate mass rate. The method of determining the value of effectiveness use the log mean temperature different (LMTD) method and the number of transfer unit – effectiveness (NTU). The result of research the calculation the effectiveness value on condensor was 89% and the condensate mass rate obtained by 36% is the result of biooil output, capacity ratio was 0,0182840, heat transfer rate was 186544,68 W, log mean temperature different was 29,74 C. So it can be concluded that the existing condensor at process distillation still has good performance*

**Keywords:** *Condensor, Heat Transfer Rate, Effectiveness NTU*



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Penulis bernama Septa Fernando Karo Karo dilahirkan di Kota Batam pada tanggal 6 September 1997. Penulis merupakan anak tunggal, pasangan dari Niko Perdana Karo Karo, dan Flora Saragi. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Kristen Kalam Kudus 1 Kecamatan Batam Kota, Kota Batam dan Tamat pada tahun 2009. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 12 Batam dan Tamat pada Tahun 2012. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 3 Batam. Jurusan Ilmu Penegetahuan Alam dan Tamat pada tahun 2015. Pada tahun 2015, penulis tidak langsung mendaftar di Perguruan Tinggi karena ingin mencoba mengikuti pendaftaran penerimaan POLRI namun gagal dikarenakan kurang memenuhi syarat, dan memutuskan untuk kerja setahun untuk menabung kuliah tahun depan. Pada tahun 2016 penulis terdaftar menjadi mahasiswa Fakultas Teknik Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan selesai pada tahun 2021.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena dengan rahmat serta bimbingan Nya maka penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Yang mana sudah menjadi kewajiban yang harus dipenuhi oleh setiap mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Adapun judul tugas akhir ini ialah : **“Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensator Pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi”**

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sudah berusaha semaksimal mungkin untuk melakukan penyusunan dengan sebaik-baiknya. Namun penulis menyadari bahwa keterbatasan pengetahuan dan pengalaman masih banyak kekurangan yang terdapat di dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan petunjuk dan saran dari semua pihak yang bersifat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini.

Selama perkuliahan sampai dengan seterusnya skripsi ini penulis telah banyak menerima bantuan moral maupun material yang tidak dapat dinilai harganya. Untuk itu melalui tulisan ini, penulis mengucapkan banyak terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk penyusunan tugas akhir ini.
2. Ibu Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., yang telah memberikan izin dalam penyusunan tugas akhir ini.

3. Bapak Ir.H.Darianto, M.Sc dan Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, motivasi dan memberikan saran kepada penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
4. Bapak Muhammad Idris, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Bapak M.Yusuf Rahmansyah Siahaan, S.T., M.T., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area yang telah banyak membantu dalam pengurusan administrasi dan bimbingannya.
5. Segenap Dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area dan Birokrasi Administrasi Fakultas Teknik Universitas Medan Area
6. Niko Perdana Karo Karo dan Flora Saragi selaku orang tua yang sangat saya sayangi dan cintai,dimana telah banyak memberikan perhatian, motivasi, nasihat, doa, dukungan moral dan materi sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
7. Muhammad Syafrizal dan Eko Syahputra yang ikut memberikan semangat, motivasi, dan membantu menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Rekan-rekan Seperjuangan Mahasiswa Teknik Mesin Stambuk 2016 dari kampus Universitas Medan Area, serta semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu yang sudah banyak memberikan motivasi, masukan, dan bantuan sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat, terutama bagi penulis dan semua pembaca.

Semoga TUHAN YME memberikan balasan yang berlipat ganda kepada semuanya. Hanya kepada TUHAN YME penulis serahkan segalanya mudan-mudahan dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan kita semua.

Medan, 7 Juni 2021

(Septa Fernando Karo Karo)  
(168130090)



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
ABSTRAK .....	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Peneltian .....	1
B. Rumusan Penelitian .....	3
C. Batasan Penelitian .....	3
D. Tujuan Penelitian .....	3
E. Manfaat Penelitian .....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Kondensor .....	5
B. Klasifikasi Kondensor .....	6
C. Serai <i>Cymbopogon Nardus L</i> .....	8
D. Minyak Atsiri .....	10
E. Alat Penukar Kalor ( <i>Heat Exchanger</i> ) .....	10
F. Energi Balance .....	10
G. Perpindahan Panas .....	33
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....	35
A. Tempat Dan Waktu .....	35
B. Alat dan Bahan .....	35
C. Variable .....	39
D. Flow Chart .....	41
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	42
A. Data Spesifikasi dan Data Aktual .....	48
B. Perhitungan Laju Perpindahan Panas .....	43
C. Perhitungan Kondensasi Film .....	48
D. Perhitungan Efektivitas Kondensor .....	48
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	50
A. Kesimpulan .....	50
B. Saran .....	50
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN .....	53

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kondensor.....	5
Gambar 2. 2. Konservasi Energi pada Volume Atur .....	15
Gambar 2. 3. Perpindahan Panas Konduksi .....	18
Gambar 2. 4. Perpindahan Panas Konveksi .....	19
Gambar 2. 5. Perpindahan Panas Konveksi .....	21
Gambar 2. 6. Aliran fluida melintasi (a) aligned dan (b) staggered tube.....	23
Gambar 2. 7. Susunan tube (a) aligned (b) staggered .....	24
Gambar 2. 8. Zona Kondensasi .....	26
Gambar 2. 9. Film condensation on (a) a sphere (b) a single horizontal .....	29
Gambar 2. 10. Distribusi Temperatur Dinding Pipa .....	31
Gambar 2. 11. Aliran Paralel.....	33
Gambar 2. 12. Aliran Berlawanan Arah ( CrossFlow ) .....	34
Gambar 2. 13. Struktur Sitronelal, Sitronelol, dan Geraniol.....	35
Gambar 3. 1. Bejana Destilasi.....	39
Gambar 3. 2. Kondensor .....	39
Gambar 3. 3. Pressure Gauge .....	35
Gambar 3. 4. Termometer .....	36
Gambar 3. 5. Tabung Pemisah .....	36
Gambar 3. 6. Daun Serai Wangi .....	37
Gambar 3. 7. Flow Chart Penyusunan Penelitian .....	39
Gambar 4. 1. Perbandingan Perpindahan Panas antara Material .....	49
Gambar 4. 2. Perbandingan Perpindahan Panas antara Material .....	51

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Senyawa Penyusun Minyak Atsiri Serai .....	21
Tabel 2. 2. Spesifikasi Persyaratan Mutu Minyak Serai Wangi .....	24
Tabel 4. 1. Data Spesifikasi pada Kondensor .....	37
Tabel 4. 2. Data Aktual pada Kondensor .....	38



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang Penelitian

Krisis bahan bakar fosil yang terjadi di Indonesia telah memaksa Indonesia untuk melakukan inport bahan bakar dalam bentuk minyak mentah. Dampak pada kebijakan tersebut, pada tahun 2015 Indonesia mengalami defisit anggaran Rp. 2.1 triliun untuk menanggulangi hal tersebut [2]. Potensi cadangan minyak bumi Indonesia pada tahun 2014 hanya bersisa 3,6 milyar barel, jika Indonesia tidak segera melakukan temuan-temuan bahan bakar alternative maka minyak bumi di Indonesia akan habis dalam 12 tahun kedepan. Di sisi lain, emisi gas buang (CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> dll) dari bahan bakar fosil memberikan dampak negative bagi lingkungan dan kesehatan [3]. Sumber energy alternative di Indonesia sangat melimpah jumlahnya, salah satunya adalah energy biomasa, dari jumlah potensi yang tersedia [1] dari jumlah yang tersedia, hanya 5,4% saja yang memberikan kontribusi bagi kebutuhan bahan bakar di dalam negeri [2]

Peroses konversi biomasa menjadi bahan bakar terdiri dari 2 cara Biocamical dan Termokimical. Peroses biocamical di gunakan untuk mengkonversi bahan biomasa yang mudah membusuk sedangkan termocamical adalah peroses mengkonversi bahan bakar biomasa yang solid atau keras. Pada penelitian ini penulis akan mengkonversi biomasa ( Daun Sereh Wangi ) dengan cara destilasi/penyulingan.

Destilasi merupakan proses memanaskan bahan sehingga menguap dalam bejana hingga uap ini kemudian didinginkan kembali kedalam bentuk cairan. Pada

dasarnya proses ini merupakan proses perpindahan panas secara konveksi pada elemen pemanas. Namun Penelitian ini berfokus pada perpindahan panas pada tabung kondensor.

Kondensor merupakan komponen pendingin yang sangat penting yang berfungsi untuk memaksimalkan efisiensi pada mesin pendingin. Pada kondensor ini terjadi pelepasan kalor secara kondensasi dan kalor sensibel.

Kondensasi merupakan proses yang terjadi ketika uap jenuh bersentuhan dengan suatu permukaan yang suhunya lebih rendah [4].. Dalam proses kondensasi terjadi proses pelepasan kalor dari suatu sistem yang menyebabkan uap (*vapor*) berubah menjadi cair (*liquid*). Kondensor merupakan alat penukar kalor (*heat exchanger*) yang berfungsi sebagai media terjadinya proses kondensasi.

Kinerja kondensor dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain desain kondensor, nilai konduktivitas bahan, kerapatan hasil isolasi pada kondensor, suhu lingkungan pengoperasian, *fouling factor* (faktor pengotoran), jenis fluida pendingin, debit aliran air pendingin dan arah aliran fluida. Desain yang dipilih akan banyak memberikan pengaruh terhadap kondensasi, karena bentuk geometri dari suatu kondensor berpengaruh terhadap proses transfer panas yang terjadi didalamnya. Nilai konduktivitas bahan suatu kondensor memberikan pengaruh besar terhadap efektivitas proses transfer panas yang terjadi di dalam kondensor, karena semakin tinggi nilai konduktivitas maka proses transfer panasnya akan semakin baik dan efisiensi akan meningkat

Satu masalah yang terjadi pada kondensor adalah terjadi pengotoran pada jalur tube air pendingin yang disebabkan oleh kotoran yang terbawa oleh air pendingin sehingga suplai air pendingin pada kondensor dan kebocoran pada

kondensor yang berdampak pada ketidakstabilan performa kondensor. Maka hal ini akan mengakibatkan berkurangnya proses perpindahan panas. Sehingga hal yang dilakukan saat melakukan perawatan pada kondensor tersebut adalah membersihkan tube air pendingin pada kondensor tersebut agar tidak terjadi pengendapan yang dapat mengganggu laju aliran pendingin kondensor. [5] Untuk mengetahui kinerja kondensor digunakan metode perhitungan efektivitas-NTU, kinerja kondensor dapat dilihat dari nilai efektivitas, laju perpindahan panas, dan tekanan vakum di dalam kondensor.

Untuk itu penulis mengambil judul Tugas Akhir “**Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor Pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi**” yang akan membahas tentang efektivitas kondensor.

## **B. Rumusan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang penelitian ini maka penulis dapat mengambil beberapa rumusan penelitian yang dihadapi sebagai berikut

1. Berapa laju perpindahan panas pada kondensor ?
2. Menghitung berapa kinerja dari Efektivitas kondensor ?
3. Berapa Laju aliran massa uap dan laju aliran massa air kondensor ?
4. Bagaimana pengaruh laju perpindahan panas terhadap kondensasi film (massa uap kondensat) ?

## **C. Batasan Penelitian**

Batasan penelitian diperlukan untuk menghindari pembahasan / pengkajian yang tidak terarah dan agar dalam pemecahan permasalahan dapat dengan mudah dilaksanakan, adapun batasan masalah dalam penyelesaian Tugas Sarjana ini yaitu

1. Perpindahan Panas terjadi secara konveksi dan konduksi dengan mengabaikan

perpindahan panas secara radiasi.

2. Perubahan energi potensial dan energi kinetik diabaikan.
3. Head losses didalam dan diluar tube diabaikan.

#### **D. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Untuk mengetahui laju perpindahan panas pada kondensor.
2. Untuk mengetahui Performa Efektivitas Kondensor.
3. Untuk mengetahui laju aliran massa uap dan laju aliran massa air pada kondensor
4. Untuk mengetahui kondensasi film (massa uap) kondensat sebagai hasil luaran biooil

#### **E. Manfaat Penelitian**

Laporan tugas akhir ini diharapkan bermanfaat bagi:

1. Manfaat bagi penulis untuk menambah khasanah ilmu pengetahuan dan pengalaman agar mampu melakukan kegiatan yang sama kelak setelah bekerja atau terjunkelapangan.
2. Untuk mengetahui laju Perpindahan Panas dan Efektivitas kondensor
3. Sebagai pengembangan pengetahuan mahasiswa dan referensi tambahan.

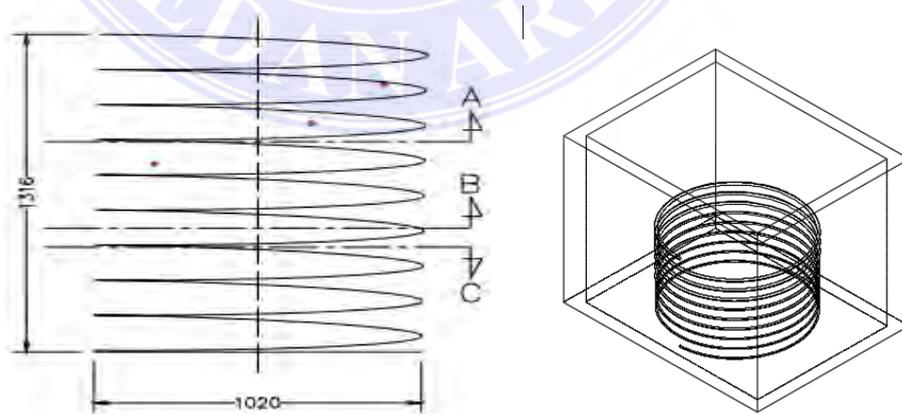
## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Kondensor

Kondensor adalah salah satu jenis mesin penukar kalor (heat exchanger) yang berfungsi untuk mengkondensasikan fluida kerja. Kondensor biasanya mengubah fasa zat gas menjadi zat cair dari temperatur yang tinggi keluar melewati dinding-dinding kondensor melewati media kondensasi, sebagai akibatnya uap akan didinginkan hingga fasanya berubah menjadi fasa cair pada temperatur rendah

Kondensor berguna membuang kalor ke lingkungan dan mengubah wujud bahan pendingin dari gas menjadi cair. Kondensor akan mengkondensasikan uap yang berasal dari kompresor yang bertemperatur dan bertekanan tinggi menjadi refrigeran cair yang akan mengalir ke katup ekspansi untuk diturunkan tekanannya. Kondensor harus ditempatkan diluar ruangan yang didinginkan agar dapat membuang panasnya keluar



Gambar 2. 1. Kondensor

## B. Klasifikasi Kondensor

Kondensor dapat diklasifikasikan dalam beberapa kategori yang berbeda antara lain menurut jumlah tingkat tekan, arah aliran uap, posisi silinder, metode pengaturan, menurut prinsip kerja, proses penurunan kalor, tekanan uap sisi masuk, dan pemakaiannya dibidang industri sebagai berikut :

### 1. Direct Contact Condensor

Kondensor jenis ini digunakan dalam hal-hal yang khusus, misalnya bila menggunakan cooling tower kering dalam instalasi daya gheothermal dan digunakan pada instalasi pembangkit daya yang digunakan menggunakan beda suhu air samudera (OTEC). Kondensor kontak langsung modern adalah jenis semprot dan yang lebih awal adalah jenis barometric atau jenis jet

#### a. Spray Condensor

Sesuai dengan namanya, kondensor ini mengkondensasi uap dengan mencampurnya langsung dengan uap air pendingin. Cara kerja kondensor semprot ini adalah dengan menyemprotkan uap

#### b. Biometrick and Jet Spray Condensor

Kondensor Jenis ini prinsipnya sama dengan kondensor semprot. Hanya saja kondensor ini tidak menggunakan pompa. Vakum didalam kondensor ini didapat oleh tinggi tekan statik dalam kondensor barometrik atau oleh difuser seperti pada jenis kondensor jet.

### 2. Surface Kondensor

Surface condenser merupakan jenis kondensor yang digunakan dalam pembahasan tugas akhir ini. Jenis kondensor ini merupakan heat exchanger tipe shell and tube dimana mekanisme perpindahan panas utamanya adalah kondensasi

saturasi uap pada sisi shell dan pemanasan secara konveksi paksa dari air yang bersirkulasi di dalam tube. Prinsip kerja surface condenser adalah steam masuk ke dalam shell kondensor melalui steam inlet connection pada bagian atas kondensor. Steam kemudian bersinggungan dengan tube kondensor yang bertemperatur rendah sehingga temperatur steam turun dan terkondensasi, menghasilkan kondensat yang terkumpul pada hotwel

Temperatur rendah pada tube dijaga dengan cara mensirkulasikan air yang menyerap kalor dari steam pada proses kondensasi. Kalor yang dimaksud disini disebut kalor laten penguapan dan terkadang disebut juga kalor kondensasi (heat of condensation) dalam lingkup bahasan kondensor. Kondensat yang terkumpul di hotwell kemudian dipindahkan dari kondensor dengan menggunakan pompa kondensat ke exhaust kondensat

Ketika meninggalkan kondensor, hampir keseluruhan steam telah terkondensasi kecuali bagian yang jenuh dari udara yang ada di dalam sistem. Udara yang ada di dalam sistem secara umum timbul akibat adanya kebocoran pada perpipaan, shaft seal, katup-katup, dan sebagainya. Udara ini masuk ke dalam kondensor bersama dengan steam. Udara dijenuhkan oleh uap air, kemudian melewati air cooling section dimana campuran antara uap dan udara didinginkan, untuk selanjutnya dibuang dari kondensor dengan menggunakan air ejectors yang berfungsi untuk mempertahankan tekanan vakum di kondensor.

Untuk menghilangkan udara yang terlarut dalam kondensat akibat adanya udara di kondensor, dilakukan deaeration. Deaeration dilakukan di kondensor dengan memanaskan kondensat dengan steam agar udara yang terlarut pada kondensat akan menguap.

### C. Serai (*Cymbopogon Nardus L*)

Tanaman serih (*Cymbopogon nardus* L. Rendle) merupakan tanaman yang memiliki potensi ekonomi cukup tinggi, karena tanaman ini banyak dimanfaatkan untuk dikonsumsi, aromaterapi dan pestisida alami. Serih mempunyai nama daerah yaitu serai wangi (Malaysia), citronella grass (Inggris), dan serih (Indonesia) [12]. Tanaman serih wangi merupakan terna tahunan dengan tinggi sekitar 0,5-1 meter. Batang tidak berkayu, beruas pendek dan berwarna putih. Daun tunggal berjumbai, berpelelah, ukurannya 25-75 cm, lebar 1,5 cm, dan berwarna hijau muda. Akar tanaman serih berakar dalam dan berserabut dari dasar yang tebal.

Tanaman serih berdiri tegak lurus hingga 2,5 m, dengan puncak melayu, lembaran daun gundul, pinggir permukaan kasar, membran bagian dalam mencapai ketinggian 5 mm, dan gundul. Perbanyakannya dilakukan dengan pemisahan stek anakan [6]. Selain itu, tanaman serih mempunyai tekstur yang lemas dan sulit patah. Tulang daun tanaman ini berbentuk sejajar. Apabila daunnya dipecah atau diremas akan berbau wangi. Pangkal batang tanaman serih ini membesar dan mempunyai pelelehan daun berwarna kuning kehijauan bercampur dengan warna merah keunguan. Bentuk tanaman ini menyerupai rumput, berumpun banyak dan mengumpul menjadi gerombol besar. Batangnya melengkung sampai 2/3 bagian panjang daunnya [6].

Umumnya komponen kimia minyak yang terdapat dalam suatu tanaman serih dipengaruhi oleh jenis tanaman dan lokasi tempat yang berbeda [8]. Tanaman serih genus *Cymbopogon* meliputi hampir 80 spesies. Tanaman serih terdiri dari dua jenis yaitu jenis mahapengiri mempunyai ciri-ciri daunnya lebih lebar dan pendek, rumpun daun serih wangi pada umur 6 bulan akan merunduk sehingga

tinggi rumpun kurang dari 1 meter, membutuhkan lahan yang lebih subur, disamping itu menghasilkan minyak dengan kadar sitronelal 30-45% dan geraniol 65- 90%. Sedangkan jenis lelabatu mempunyai ciri-ciri yaitu daunnya yang lebih panjang dan ramping, rumpunnya akan tumbuh lebih tinggi, dapat tumbuh pada lahan yang kurang subur, dan menghasilkan minyak atsiri dengan kadar sitronelal 7-15% dan geraniol 55-65% [11].

### 1. Tinjauan Tanaman Serai (*Cymbopogon Nardus L*)

Serai dipercaya berasal dari Asia Tenggara atau Sri Lanka. Tanaman ini tumbuh alami di Sri Lanka, tetapi dapat ditanam pada berbagai kondisi tanah di daerah tropis yang lembab, cukup sinar matahari dan memiliki curah hujan relatif tinggi. Kebanyakan serai ditanam untuk menghasilkan minyak atsirinya secara komersial dan untuk pasar lokal sebagai perisa atau rempah ratus. Tanaman serai banyak ditemukan di daerah jawa yaitu pada dataran rendah yang memiliki ketinggian 60-140 mdpl [15].

Tanaman serai dikenal dengan nama berbeda di setiap daerah. Daerah Jawa mengenal serai dengan nama sereh atau sere. Daerah Sumatera dikenal dengan nama serai, sorai atau sanger-sange. Kalimantan mengenal nama serai dengan nama belangkak, senggalau atau salai. Nusa Tenggara mengenal serai dengan nama see, nau sina atau bu muke. Sulawesi mengenal nama serai dengan nama tonti atau sare sedangkan di Maluku dikenal dengan nama hisa atau isa. [17]

### 2. Kandungan Tanaman Serai (*Cymbopogon Nardus L*)

Tanaman serai mengandung minyak esensial atau minyak atsiri. Minyak atsiri dari daun serai rata-rata 0,7% (sekitar 0,5% pada musim hujan dan dapat mencapai 1,2% pada musim kemarau). Minyak sulingan serai wangi berwarna

kuning pucat. Bahan aktif utama yang dihasilkan adalah senyawa aldehid (sitronelol-C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>O) sebesar 30-45%, senyawa alkohol (sitronelol-C<sub>10</sub>H<sub>20</sub>O dan geraniol-C<sub>10</sub>H<sub>18</sub>O) sebesar 55-65% dan senyawa-senyawa lain seperti geraniol, sitral, nerol, metil, heptonon dan dipentena [11]. Senyawa penyusun minyak atsiri serai dapat dilihat pada Tabel 2.1 :

Tabel 2.1. Senyawa Penyusun Minyak Atsiri Serai

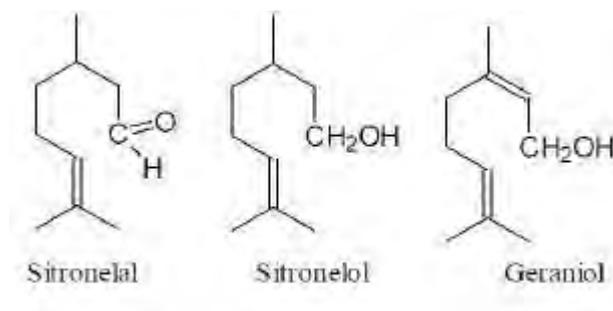
No	Senyawa Penyusun	Kadar (%)
1.	Sitronelal (antioksidan)	32-45
2.	Geraniol (antioksidan)	12-18
3.	Sitronellol	12-15
4.	Geraniol Asetat	3-8
5.	Sitronellil Asetat	2-4
6.	L. Limonene	2-5
7.	Elemol & Seskwiterpene	2-5
8.	Elemene & Cadinene	2-5

#### D. Minyak Atsiri

Minyak atsiri (volatile oils atau essential oils) didefinisikan sebagai campuran kompleks yang menunjukkan dan merupakan senyawa yang menguap bersama uap air. Sifat fisik terpenting minyak atsiri adalah sangat mudah menguap pada suhu kamar (sering digunakan untuk parfum). Selain itu, mempunyai rasa getir, berbau wangi sesuai dengan aroma tanaman yang menghasilkannya dan umumnya larut dalam pelarut organik. [14]

Minyak atsiri disebut juga volatil oil atau essential oil merupakan senyawa mudah menguap pada suhu kamar yang berasal dari tanaman aromatik (daun, bunga, buah, kulit batang dan akar). Saat ini, Indonesia menghasilkan beberapa jenis minyak atsiri yaitu: minyak cengkeh, minyak kenanga, minyak nilam, minyak akar wangi, minyak pala, minyak kayu putih dan minyak sereh wangi.

Senyawa utama minyak sereh wangi adalah sitronellal, geraniol dan sitronellol. Dalam fraksi minyak atsiri dari tanaman *C. winterianus/nardus* terdapat senyawa sitronellal, sitronellol, limonene, linalool. Hasil identifikasi dari Delespaul dilaporkan bahwa dalam tanaman *Cymbopogon nardus* terdapat senyawa sitronellal, geraniol, sitronellol, sedangkan minyak atsiri dari *C. nardus* asal India mengandung sitronellal, geraniol,  $\alpha$ -terpineol, cis-sabinene hidrat, nerolidol,  $\beta$ -caryophyllene, dan germacren-4-ol [14]. Sitronellal dengan rumus kimia  $C_{10}H_{16}O$  yang memiliki nama kimia 3,7-dimetyl-6-octenal merupakan cairan yang tak berwarna yang memiliki bau seperti minyak tawon dari golongan senyawa monoterpen. Sitronellal bersifat optik karena mempunyai pusat khiral pada atom C3 [14]. Geraniol ( $C_{10}H_{18}O$ ) yang memiliki nama kimia 3,7-Dimethylocta-2,6-die-1-ol merupakan persenyawaan yang terdiri dari 2 molekul isoprene dan 1 molekul air. Geraniol dapat dioksidasi menjadi sitral. Sitronellol, 3,7-dimethyloct-6-en-1-ol, atau sering disebut juga dihydrogeraniol adalah suatu monoterpenoid alami dengan formula  $C_{10}H_{20}O$  yang diperoleh dari minyak sereh wangi. Struktur dari senyawa sitronellal, geraniol dan sitronellol dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2. 2. Struktur Sitronelal, Sitronelol, dan Geraniol

### 1. Standar Mutu Minyak Serai Wangi

Menurut standar pasar internasional, minyak serai wangi harus mengandung sitronelal lebih dari 35% dengan jumlah total alkohol juga lebih dari 35%. Kandungan sitronelal dan alkohol yang dipanen sebelum waktunya menyebabkan kualitas minyak serai yang tidak memenuhi standar nasional [14]. Minyak serai wangi yang memenuhi persyaratan internasional dapat dicapai melalui cara penyulingan dan cara tanam. Kandungan sitronelal dan geraniol yang tinggi merupakan persyaratan ekspor. Kualitas minyak serai wangi untuk kualitas ekspor dapat dianalisis menurut kriteria fisik, yaitu berdasarkan warna, bobot jenis, indeks bias, ataupun secara kimia, yaitu kadar total geraniol dan total sitronelal. Pengujian standar mutu tersebut dilakukan antara lain dengan gas liquid chromatography (GLC) dan spektrofotometer infra merah. Minyak yang kurang memenuhi persyaratan ekspor dijual di pasar dalam negeri sebagai bahan baku sabun, pasta gigi, dan obatobatan

Tabel 2 1. Spesifikasi Persyaratan Mutu Minyak Serai Wangi

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Warna	-	Kuning pucat sampai kuning kecklat-coklatan
2.	Bobot Jenis	-	0.880-0.922
3.	Indeks Bias (Nd20)	-	1.466-1.475
4.	Total Geraniol Bobot	%	Min. 85
5.	Sitronelal Bobot	%	Min. 35
6.	Kelarutan dalam etanol	-	1+2 jernih

#### E. Alat Penukar Kalor (*Heat Exchanger*)

Penukar panas adalah peralatan utama untuk mentransfer panas antara aliran panas dan dingin. Alat penukar panas memiliki bagian terpisah untuk dua aliran dan beroperasi secara terus menerus, di mana panas dan aliran dingin melewati bergantian melalui saluran yang sama dan pertukaran panas dengan massa peralatan, yang sengaja dibuat dengan kapasitas panas. Berikut adalah beberapa jenis tipe *heat exchanger* yang biasa digunakan, yaitu:

##### 1. *Exchanger plate and frame*

Alat penukar panas tipe pelat dan bingkai terdiri dari paket pelat-pelat tegak lurus, bergelombang, atau profil lain. Pelat dan sekat disatukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat terdapat lubang pengalir fluida. Tutup jarak dan sekat menghasilkan koefisien tinggi di kedua sisi dengan faktor pelat dan bingkai dan menghasilkan emisi yang rendah.

## 2. *Spiral heat exchanger*

*Heat exchanger* tipe ini menggunakan desain spiral pada susunan pelatnya, yang berbentuk gulungan tabung helik. Jarak antara lembar saluran spiral dijaga dengan menggunakan paku pengatur jarak yang dilas sebelum bergulung. Begitu paket spiral utama telah digulung, alternatif atas dan bawah yang dilas dan setiap ujungnya ditutup oleh penutup berbentuk kerucut.

Aliran fluida pada *heat exchanger* tipe ini menggunakan aliran fluida spiral mengalir dua arah. *Heat exchanger* tipe ini sangat cocok untuk fluida dengan viskositas tinggi.

## 3. *Compact (flat in) exchanger*

*Heat exchanger* tipe ini menggunakan alat yang sama digunakan untuk cairan panas dan dingin, digunakan terutama untuk gas. Ukuran permukaan alat ini sebesar 1200 m<sup>2</sup>. Besar permukaan dapat diperpanjang sekitar empat kali. Jenis *heat exchanger* ini telah dirancang untuk tekanan sampai 300 kPa atau lebih, dimana panas mengalir dari dalam ke luar secara konstan.

## F. Energi Balance

Perpindahan panas adalah perpindahan energi panas/kalor sebagai akibat adanya perbedaan temperatur. Pada suatu *control volume* keluar masuknya energi dan materi. Pada sistem tertutup, hanya terdapat dua energi yang keluar masuknya energi dan materi. Pada sistem tertutup, hanya terdapat dua energi yang berpengaruh yaitu kalor pada suatu boundary dan kerja yang dikenakan pada control volume tersebut. Sehingga Hukum Pertama Termodinamika yaitu:

$$\Delta E_{tot} = Q - W \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana

$\Delta E_{tot}$  : Perubahan pada energi total yang tersimpan didalam sistem

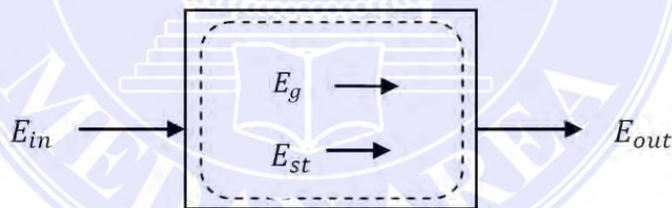
Q : Kalor yang dipindahkan terhadap suatu sistem

W : Kerja yang dikenakan oleh sistem

Apabila persamaan diatas menjadi energi persatuan waktu, maka akan menjadi

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = Q - W \dots\dots\dots (2.2)$$

Penjumlahan dari energi thermal dan energi mekanis tidak mampu dikonversikan, karena akan menjadi bentuk energi lain. Oleh karena itu, hukum termodinamika pertama yang sesuai untuk analisis perpindahan panas adalah: Laju energi thermal dan energi mekanis yang disimpan dalam volume atur sama dengan Laju energi thermal dan energi mekanis yang masuk ke dalam volume atur dikurangi dengan laju thermal dan mekanis yang keluar dari volume atur dan ditambah dengan Laju energi thermal dan energi mekanis yang dibangkitkan dalam volume atur.



Gambar 2. 3 Konservasi Energi pada Volume Atur

$$\Delta E_{st} = E_{in} - E_{out} + E_g \dots\dots\dots (2.3)$$

Identifikasi energi pada gambar 2.2 ini terdiri dari energi masuk ( $E_{in}$ ) dan energi keluar ( $E_{out}$ ) dari volume atur serta energi yang dibangkitkan ( $E_g$ ) dan energi yang tersimpan ( $E_{st}$ ) di dalam volume atur

Hukum pertama termodinamika merupakan energi total yang terdiri dari energi kinetik ( $KE = \frac{1}{2} mV^2$ ), energi potensial ( $PE = mgz$ ), dan energi dalam (U).

Dalam mempelajari perpindahan panas, energi dalam dapat dibagi menjadi energi thermal dan energi mekanis. Sehingga persamaan menjadi :

$$\frac{dE_{cv}}{dt} = \dot{Q}_{cv} - W + \left( h_i + \frac{V_i^2}{2} + gz_i \right) - \left( h_e + \frac{V_e^2}{2} + gz_e \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Karena kerja selalu dilakukan oleh suatu volume atur, maka dapat dipisahkan menjadi dua, yaitu kerja yang berhubungan dengan tekanan fluida, sedangkan yang kedua dinyatakan dalam termasuk semua pengaruh kerja lainnya. Sementara laju perpindahan energi melalui kerja dapat dinyatakan sebagai perkalian antara gaya dengan kecepatan titik dimana gaya tersebut bekerja. Dengan demikian, maka laju dimana kerja dilakukan pada sisi keluar oleh gaya normal yang disebabkan oleh tekanan adalah perkalian antara gaya normal tersebut  $pA$  dengan kecepatan aliran fluida  $V$

Pada umumnya pada sistem terbuka, perubahan kalor laten antara aliran masuk dan keluar dapat diabaikan, jadi energi thermal berkurang hanya pada komponen sensible. Jika fluida mendekati keadaan gas ideal dengan constant specific heats ( $C_p$ ), perbedaan enthalpy per satuan massa antara aliran masuk dan keluar dapat ditulis

$$(h_{in} - h_{out}) = C_p \times (T_{out} - T_{in}) \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan asumsi steady state, maka tidak ada perubahan panas energi laten dan tidak ada ataupun mechanical energy, serta sehingga persamaan (2.2) dapat ditulis menjadi

$$\dot{Q} = \dot{m} \times C_p \times (T_{out} - T_{in}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana

$Q$  : Kalor yang dipindahkan per satuan waktu (kW)

$M$  : Laju aliran massa (Kg/s)

$C_p$  : Spesifik Heat (KJ/Kg.k)

$T_{out}$  : Temperatur keluar (k)

$T_{in}$  : Temperatur Masuk (k)

Maka didapatkan kesetimbangan energi yang terjadi pada kondensor.

$$\begin{aligned}
 q_{hot} &= q_{cold} \\
 \dot{m}_h \times h_{fg} &= \dot{m}_c \times C_c \times \Delta T \\
 \dot{m}_h (h_g - h_f) &= \dot{m}_c C_c (T_{CO} - T_{CI}) \dots\dots\dots (2.7)
 \end{aligned}$$

**G. Perpindahan Panas**

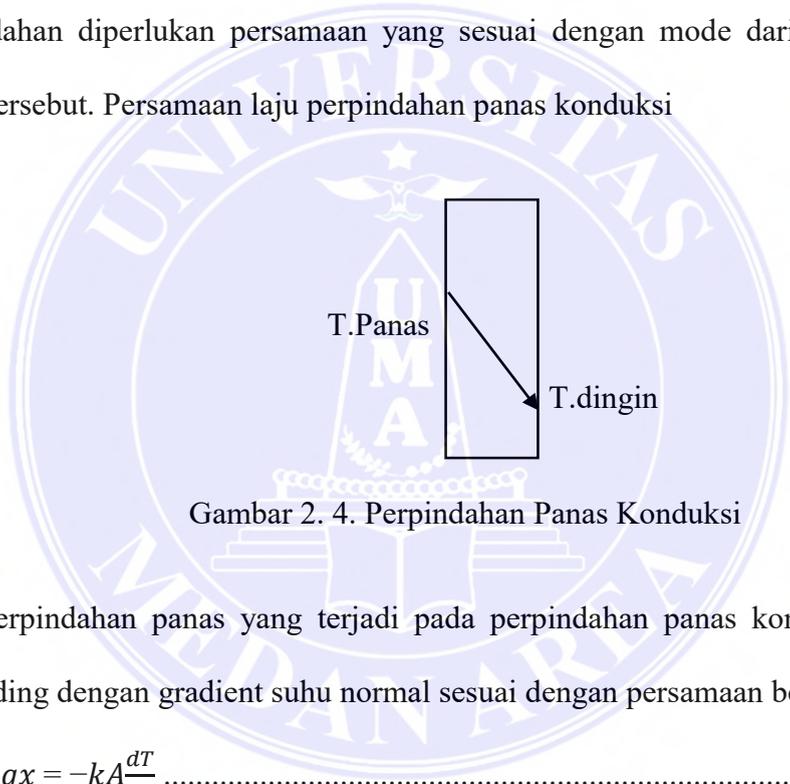
Proses Perpindahan Kalor Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu. Perpindahan kalor dapat didefinisikan sebagai suatu proses berpindahnya suatu energi (kalor) dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Ada tiga bentuk mekanisme perpindahan panas yang diketahui, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Pada tugas akhir ini hanya menjelaskan perpindahan konduksi dan konveksi saja, untuk perpindahan panas secara radiasi tidak dijelaskan.

**2. Perpindahan Panas Secara Konduksi**

Perpindahan panas secara konduksi adalah perpindahan panas yang disebabkan perbedaan temperatur dan bergantung pada aktivitas level atom atau molekuler. Dimana energi panas dipindahkan melalui hantaran molekul-molekul

yang bergerak dan saling bertumbukan yang ada di dalam suatu zat padat, atau melalui hantaran molekul-molekul zat cair atau gas yang berada dalam keadaan diam atau tidak dalam keadan mengalir [7].

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



Gambar 2. 4. Perpindahan Panas Konduksi

Laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradient suhu normal sesuai dengan persamaan berikut

$$qx = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana

$qx$  : laju perpindahan panas ke arah sumbu x positif

$K$  : konduktivitas panas ( $W/m^2K$ )

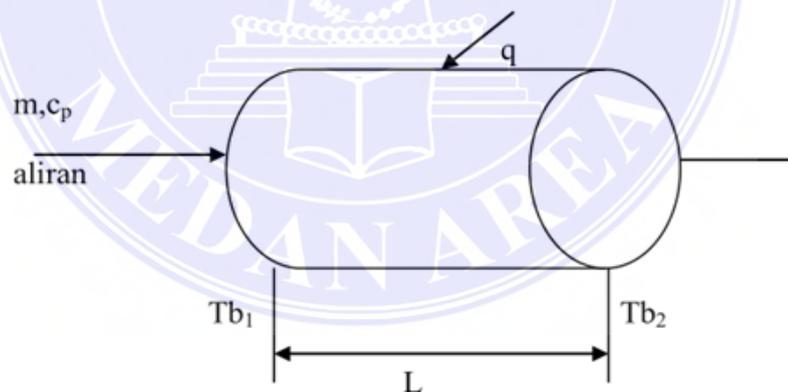
$A$  : luasan penampang perpindahan panas, ( $m^2$ )

$\frac{dT}{dx}$  : gradient temperature (K)

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

### 3. Perpindahan Panas Secara Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan zat dengan fluida yang bergerak dan keduanya mempunyai perbedaan temperatur..Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (free/natural convection). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya pemaksa / eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (forced convection)



Gambar 2. 5.Perpindahan Panas Konveksi

Proses pemanasan atau pendinginan fluida yang mengalir didalam saluran tertutup seperti pada gambar 2.4 merupakan contoh proses perpindahan panas. Laju perpindahan panas pada beda suhu tertentu dapat dihitung dengan persamaan

$$q = hA(Ts - T) \dots\dots\dots (2.9)$$

dimana

$q$  : laju perpindahan panas konveksi, (Watt)

$h$  : koefisien perpindahan panas konveksi, (W/m<sup>2</sup>K)

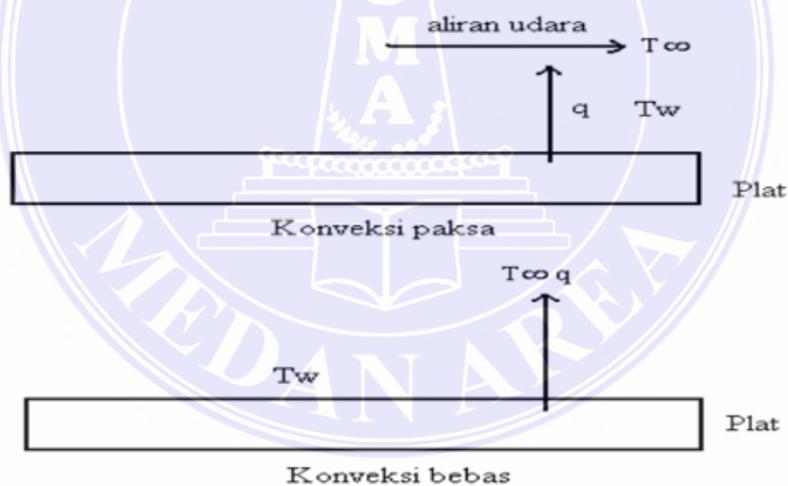
$A$  : luasan penampang perpindahan panas, (m<sup>2</sup>)

$T_s$  : temperatur permukaan padat, (K)

$T$  : temperatur rata-rata fluida, (K)

Tanda minus ( - ) digunakan untuk memenuhi hukum II termodinamika, sedangkan panas yang dipindahkan selalu mempunyai tanda positif ( + ).

Persamaan (2.9) mendefinisikan tahanan panas terhadap konveksi. Koefisien pindah panas permukaan  $h$ , bukanlah suatu sifat zat, akan tetapi menyatakan besarnya laju pindah panas didaerah dekat pada permukaan itu



Gambar 2. 6.Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan konveksi paksa dalam kenyataanya sering dijumpai, kaarena dapat meningkatkan efisiensi pemanasan maupun pendinginan satu fluida dengan fluida yang lain.

### 3. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Diluar 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. [9] Untuk menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi didalam tube sama dengan menghitung nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi didalam tube, dengan persamaan 2.10 sebagai berikut.

$$h_i = \frac{NuD \times K}{D} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

$h_i$  : koefisien konveksi diluar tube, (W/m<sup>2</sup>K)

$NuD$  : nusselt number

$K$  : konduktifitas thermal, (W/m<sup>2</sup>K)

$D$  : diameter luar tube, (m)

Pada aliran internal ini terdapat 2 jenis aliran, yaitu:

a. Aliran Laminar

Aliran ini terjadi jika nilai dari  $ReD < 2300$ . Perpindahan panas pada aliran ini dapat ditinjau dari heat flux permukaan konstan dan temperatur permukaan konstan. Pada saat aliran internal pada tube dengan karakteristik uniform surface, heat flux, dan laminar fully develop conditions; nusselt number konstan dan tidak bergantung pada  $ReD$ ,  $Pr$ , dan axial location. Untuk nusselt number didapat dari persamaan 2.11 dan 2.12 berikut,

$$NuD = \frac{h_i \times d}{K} = 4.36 (q'' \text{ konstan}) \dots\dots\dots (2.11)$$

Jika  $\Delta$  pada seluruh permukaan perpindahan panas sama

$$NuD = \frac{h_i \times d}{K} = 3.66 (T_s = \text{konstan}) \dots\dots\dots (2.12)$$

Jika  $T_s$  pada seluruh permukaan perpindahan panas sama dimana,

$NuD$  : nusselt number

$h$  : koefisien konveksi diluar tube, (W/m<sup>2</sup>K)

$D$  : diameter luar tube, (m)

$K$  : konduktifitas thermal, (W/m<sup>2</sup>K)

b. Aliran Turbulen

Aliran ini terjadi jika nilai  $ReD \geq 2300$ . Di dalam aliran ini untuk menghitung nusselt number dapat dicari dengan menggunakan persamaan ditus-boelter. Dengan pengaruh jenis perpindahan panas menjadi salah satu faktor yang diperhitungkan (cooling atau heating). Untuk nusselt number didapatkan dari persamaan 2.13 berikut,

$$NuD = 0.023 RD_5^4 Pr^n \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana

$N_uD$  : nusselt number

$ReD$  : reynold number

$Pr$  : prandtl number

$n$  : 0.4 untuk proses heating ( $T_s > T_m$ ) dan 0.3 untuk proses cooling ( $T_s < T_m$ )

untuk membedakan kedua aliran tersebut, digunakan batasan dengan menggunakan reynold number. Seperti yang terdapat pada persamaan 2.14 berikut,

$$ReD = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dimana

$ReD$  : reynold number

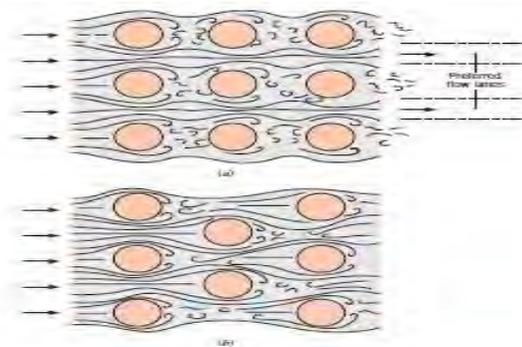
$\rho$  : massa jenis aliran, (Kg/m<sup>2</sup>)

- $V$  : kecepatan aliran, (m/s)
- $D$  : diameter dalam tube, (m)
- $\mu$  : viskositas absolut, (Ns/m<sup>2</sup>)

#### 4. Perpindahan Panas Akibat Aliran Fluida Diluar 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 tipe tube sepiral, dikarenakan memiliki koefisien perpindahan panas yang lebih tinggi kerana bentuknya berliku-liku, sehingga semakin banyak bagian tube teraliri fluida

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 2.5



Gambar 2. 7. Aliran fluida melintasi (a) aligned dan (b) staggered tube

$$ReD = \frac{\rho \times V \times D}{\mu} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana

$ReD$  : reynold number

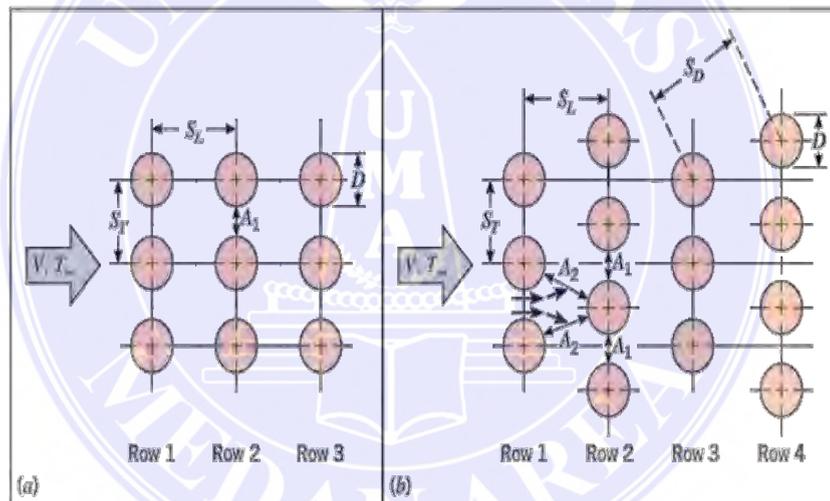
$\rho$  : massa jenis aliran, (Kg/m<sup>2</sup>)

$V$  : kecepatan aliran, (m/s)

$D$  : diameter dalam tube, (m)

$\mu$  : viskositas absolut, (Ns/m<sup>2</sup>)

Syarat – syarat tersebut dapat dilihat dari susunan tube berikut seperti yang terlihat pada gambar 2.4 berikut,



Gambar 2. 8.Susunan tube (a) aligned (b) staggered

Baris tabung dari tepi dapat disejajarkan atau dipindahkan menuju kecepatan fluida  $V$  seperti yang ditunjukkan (Gambar 2.6).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

Menemukan harga  $ReD$  maka dapat diketahui prandtl number, sehingga mampu menghitung *Nusselt Number*. Seperti yang terlihat pada persamaan 2.11 berikut,

$$NuD = C_1 R_{eD}^m Pr^{0.36} \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{\frac{1}{4}} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dimana

$Nu$  : nusselt number

$C$  : harga konstanta (C)

$Re$  : reynold number

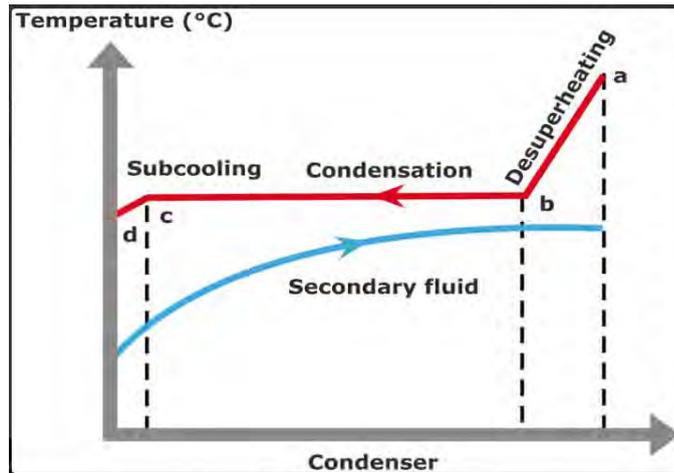
$m$  : harga konstanta (m)

$Pr$  : prandtl number

$Pr_s$  : prandtl number pada bagian surface

5. Koefisien Perpindahan Panas Pada Zona Kondensasi

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, tetapi tetap konstan selama proses kondensasi seperti terlihat pada (Gambar 2.5). 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 seperti yang terlihat pada gambar 2.5 berikut.



Gambar 2. 9.Zona Kondensasi

Penelitian ini hanya membahas tentang zona kondensasi yang berada di kondensor. Proses kondensasi berlangsung apabila uap jenuh. bersinggungan dengan permukaan yang mempunyai suhu lebih rendah. Steam yang masuk ke dalam kondensor berupa uap jenuh. Kemudian, steam ini dikondensasikan hingga keadaannya 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:

a. Film Condensation

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.

b. Dropwise Condensation

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, hampir 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, dengan persamaan 2.17 sebagai berikut.

$$Nu = \frac{h_0 D_0}{K_f} = C \left[ \frac{g \times \rho_f \times (\rho_f - \rho_g) \times h_{fg} \times D_0^3}{\mu_f \times K_{Ff} \times (T_{sat} - T_s)} \right]^{1/4} \dots\dots\dots(2.17)$$

Dimana

$Nu$  : nusselt number

$h_0$  : koefisien konveksi di luar tube, (W/m<sup>2</sup>K)

$D_0$  : diameter luar tube, (m)

$K_f$  : thermal conductivity, (W/m.K)

$C$  : the constant for vertical tubes = 0.729

$g$  : acceleration due to gravity, (m/s<sup>2</sup>)

$f$  : density fluida

$h_{fg}$  : kalor laten penguapan, (J/Kg)

$D_o$  : diameter luar tube, (m)

$\mu_f$  : viscosity, (Ns/m<sup>2</sup>)

$T_{sat}$  : saturation temperature (°C)

$T$  : surface temperature (°C)

Nilai  $C$  : 0.862 untuk bola dan  $C$  : 0.729 untuk tube. Untuk penggunaan persamaan diatas, semua liquid properties didapat dari film temperature ( $T_f$ ) =  $\frac{T_{sat}-T_s}{2}$  sedangkan untuk massa jenis vapour ( $\rho$ ) dan kalor laten penguapan ( $h_{fg}$ ) didapat dari  $T_{sat}$

Tube yang disusun bertingkat secara horizontal tanpa *fin* dengan banyak *tube* adalah  $N$ , maka koefisien rata-ratanya adalah seperti yang terlihat pada persamaan 2.18 berikut :

$$h_o . N = h_o \times N \times n \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana

$h_o.N$  : koefisien konveksi rata-rata dari semua tube secara horizontal kebawah (W.m<sup>2</sup>K)

$h_o$  : koefisien konveksi aliran diluar tube (m<sup>2</sup>K)

$N$  : Jumlah tube

$n$  : nilai empiris yang digunakan untuk menentukan ketebalan lapisan

Harga untuk kalor laten penguapan  $h_{fg}$  dicari dengan menggunakan persamaan 2.19 Jacob number ( $Ja$ ), yaitu,

$$Ja = \frac{c_{p,f} \times (T_{sat} - T_s)}{h_{fg}} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana

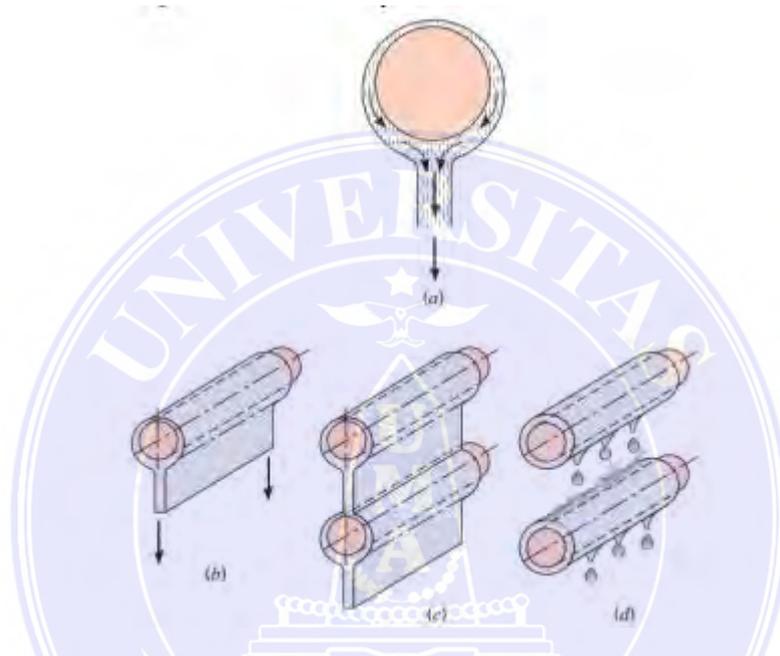
$J_a$  : Jacob number

$C_{f,g}$  : Spesific heat, (KJ/Kg.K)

$T_{sat}$  : saturation temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_s$  : surface temperature ( $^{\circ}\text{C}$ )

$h_{fg}$  : heat of vaporization , (KJ/Kg)



Gambar 2. 10. Film condensation on (a) a sphere (b) a single horizontal

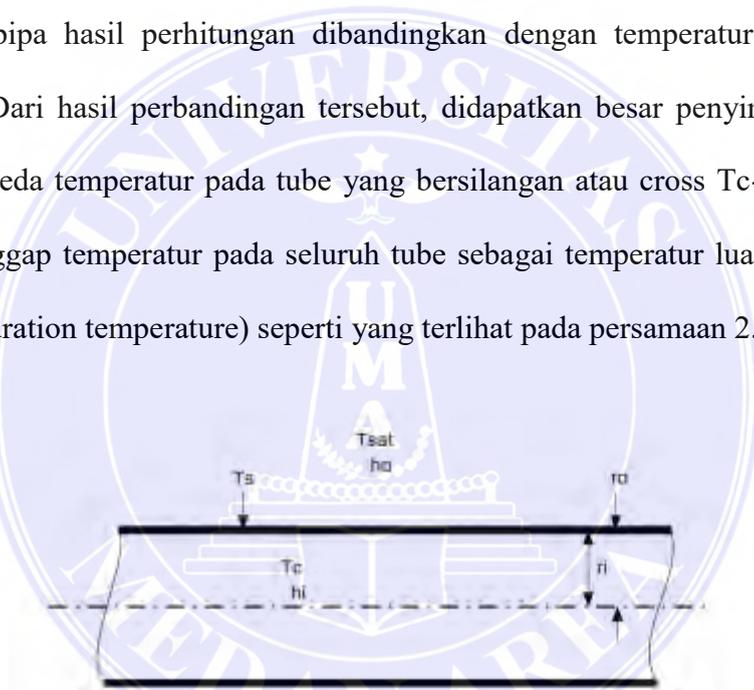
Ketika antarmuka cairan-uap melengkung, seperti terlihat pada (Gambar 2.6) perbedaan tekanan ditetapkan di seluruh antarmuka oleh efek dari tegangan permukaan. tekanan pada sisi cair antarmuka tidak seragam, mempengaruhi distribusi kecepatan dalam cairan dan laju perpindahan panas [10].

## 6. Temperatur Dinding Pipa

Metode literasi di gunakan untuk mencari temperatur dari dinding pipa, metode literasi yaitu metode yang digunakan secara berulang- ulang dalam menyelesaikan suatu masalah. Sedangkan harga koefisien konveksi perpindahan panas secara paksa dan koefisien konveksi perpindahan panas secara kondensasi

diketahui dari temperatur dinding atau *surface* ( $T_s$ ) asumsi. Kemudian harga temperatur dinding pipa hasil perhitungan dibandingkan dengan temperatur dinding pipa asumsi. Dari hasil perbandingan tersebut, didapatkan besar penyimpangan yang terjadi. Beda temperatur pada *tube* yang bersilangan atau = cross  $T_c - T_s$  diabaikan dan dianggap temperatur pada *seluruh tube* sebagai temperatur luar dinding *tube*  $T_{sat}$  (*saturation temperature*).

Temperatur dinding atau *surface* ( $T_s$ ) asumsi. Kemudian harga temperatur dinding pipa hasil perhitungan dibandingkan dengan temperatur dinding pipa asumsi. Dari hasil perbandingan tersebut, didapatkan besar penyimpangan yang terjadi. Beda temperatur pada tube yang bersilangan atau cross  $T_c - T_s$  diabaikan dan dianggap temperatur pada seluruh tube sebagai temperatur luar dinding tube  $T_{sat}$  (*saturation temperature*) seperti yang terlihat pada persamaan 2.20 berikut.



Gambar 2. 11. Distribusi Temperatur Dinding Pipa

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R} = \frac{T_{sat} - T_c}{R_o - R_i} = \frac{T_s - T_c}{R_i} = \frac{T_{sa} - T_c}{\frac{1}{H_o} + \frac{1}{H_{D_o}}} = \frac{T_s - T_c}{\frac{1}{h_{iD_o}}} \dots\dots\dots(2.20)$$

maka temperatur dinding tube dapat dihitung dengan persamaan 2.21 sebagai berikut,

$$T_s = T_{mean} + \frac{h_o}{h_{iD_o} + h_o} \times (T_{sat} - T_{mean}) \dots\dots\dots(2.21)$$

Dimana

$T_s$  : surface temperature (°C)

$T_{mean}$  : temperatur rata-rata (°C)

$h_o$  : koefisien konveksi aliran diluar tube , (W/m<sup>2</sup>K)

$h_i$  : koefisien konveksi aliran didalam tube , (W/m<sup>2</sup>K)

$D_i$  : diameter dalam tube (m)

$D_o$  : diameter luar tube (m)

$T_{sat}$  : saturation temperature (°C)

### 7. Koefisien Perpindahan Panas Keseluruhan

Koefisien perpindahan panas keseluruhan merupakan tahanan *thermal* keseluruhan diantara dua fluida (fluida dingin ke fluida panas) yang terjadi perpindahan panas, termasuk adanya faktor kerak (*fouling factor*) yang mungkin terjadi sesudah alat penukar kalor digunakan. *Overall heat transfer coefficient* dapat dihitung dengan menjumlahkan tahanan *thermal* akibat konduksi dan konveksi diantara dua fluida yang dibatasi oleh dinding silinder. Persamaan 2.22 umum untuk menghitung *overall heat transfer coefficient* yaitu,

$$R_{tot} = \frac{1}{U \cdot A} \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana

$R_{tot}$  : total resistant

$U$  : overall heat transfer coefficient (W/m<sup>2</sup>K)

$A$  : luasan total bidang permukaan perpindahan panas ( m<sup>2</sup> )

tahanan konduksi pada material silinder dan tahanan konveksi aliran diluar silinder, sehingga dapat diambil persamaan 2.23 berikut,

$$R_{tot} = \frac{1}{h_o \cdot x \cdot r_o \cdot L} + \frac{\ln \frac{r_o}{r_i}}{2 \cdot k \cdot L} + \frac{h}{h_i \cdot z \cdot r_i \cdot L} \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana

- $R_{tot}$  : resistant total
- $h_o$  : koefisien konveksi di luar *tube* , (W/m<sup>2</sup>K )
- $r_o$  : jari-jari dalam *tube* (m)
- $L$  : panjang *tube* (m)
- $r_i$  : jari-jari dalam *tube* (m)
- $k$  : konduktifitas *thermal* , (W/m<sup>2</sup>K)
- $h_i$  : koefisien konveksi di dalam *tube* , (W/m<sup>2</sup>K).

8. LMTD (*Log Mean Temperature Different*)

Metode LMTD adalah metode untuk menegetahui laju perpindahan panas dengan asumsi perpindahan panas antara pesawat dan lingkungannya diabaikan.

Laju perpindahan panasnya adalah

$$q = U \cdot A \Delta T_{LM} \dots\dots\dots(2.24)$$

Dimana

- $q$  : laju perpindahan panas (W)
- $U$  : *overall heat transfer coefficient*
- $A$  : luasan total bidang permukaan perpindahan panas (m<sup>2</sup>)
- $\Delta T_{LM}$  : perbedaan temperatur rata-rata antara fluida (K)

$$\Delta T_{LM} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} \dots\dots\dots(2.25)$$

Dimana

- $\Delta T_{LM}$  : perbedaan temperatur rata-rata antara fluida (K)
- $\Delta T_1$  :  $T_i - t_o$
- $\Delta T_2$  :  $T_o - t_i$

Keterangan

$T_i$  adalah temperatur fluida panas *inlet* ( $T_{h,i}$ ) (K)

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

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

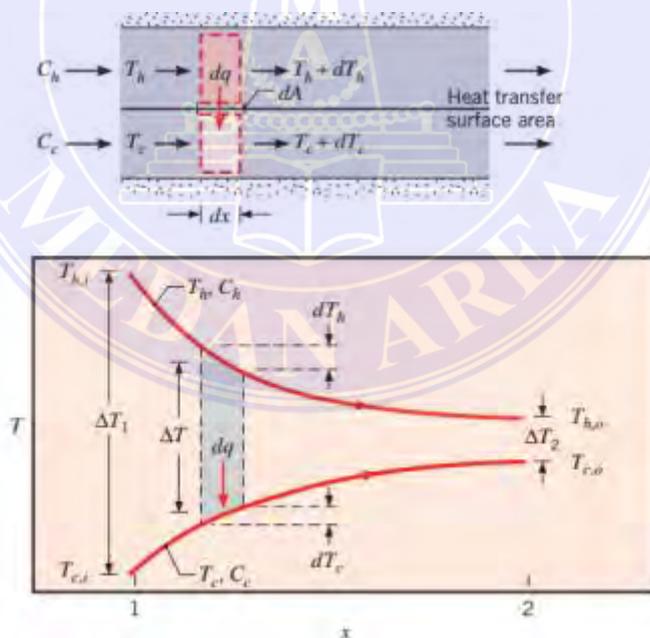
$t_i$  adalah temperatur fluida dingin *outlet* ( $T_{c,i}$ ) (K)

sebelum menentukan LMTD, terlebih dahulu mengetahui jenis alirannya.

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

a. Tipe Aliran Paralel

Distribusi suhu cairan rata-rata panas dan dingin yang terkait dengan penukar panas aliran paralel ditunjukkan pada (Gambar 2.7). 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



Gambar 2. 12. Aliran Paralel

Sehingga distribusi temperature untuk aliran parallel dapat di rumuskan seperti persamaan 2.26 dan 2.27 berikut,

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,i} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,o} \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana

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

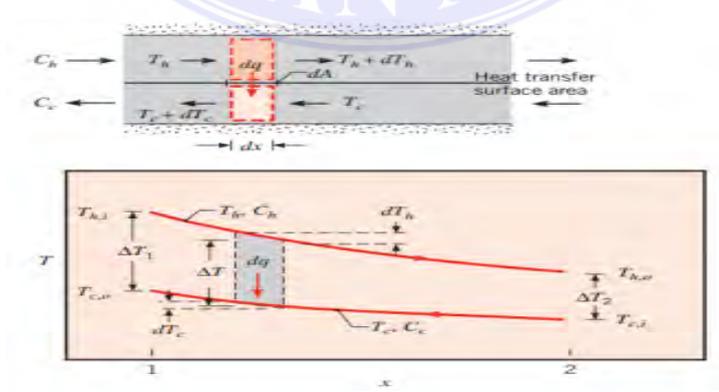
$T_{c,i}$  : temperatur masuk fluida dingin (K)

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

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

b. Aliran Berlawanan Arah (*Crossflow*)

Jenis aliran ini, pembedanya terletak pada  $\Delta T_1$  dan  $\Delta T_2$  dikarenakan arah aliran yang berbeda. Distribusi suhu cairan panas dan dingin yang terkait dengan penukar panas aliran berlawanan arah ditunjukkan pada (Gambar 2.8). 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. 13. Aliran Berlawanan Arah ( CrossFlow )

Sehingga dapat di rumuskan seperti yang terlihat pada persamaan 2.28 dan 2.29 berikut,

$$\Delta T_1 = T_{h,i} - T_{c,o} \dots\dots\dots(2.28)$$

$$\Delta T_2 = T_{h,o} - T_{c,i} \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana

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

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

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

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

c. Aliran Multipasses atau silang

Tipe aliran ini membutuhkan faktor koreksi dengan hasil perhitungan yang tepat. Seperti yang terlihat pada persamaan 2.30 berikut,

$$\Delta T_{LM} = F \Delta T_{LM,CF} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dimana

$\Delta T_{LM}$  : perbedaan temperatur rata-rata antara fluida (K)

F : faktor koreksi

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

9. 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 2.31, 2.32 dan 2.33 dari NTU sebagai berikut,

$$NTU = \frac{U \cdot A}{C_{min}} \dots\dots\dots(2.31)$$

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

$$C_c = m_c \times CP_c \dots\dots\dots(2.32)$$

$$C_h = m_h \times CP_h \dots\dots\dots(2.33)$$

Dimana

- $C_c$  : heat capacity rate untuk fluida dingin, (W/K)
- $m_c$  : laju aliran massa fluida dingin, (W/K)
- $CP_c$  : kalor spesifik fluida dingin, (J/Kg.K)
- $C_h$  : heat capacity rate untuk fluida panas, (W/K)
- $m_h$  : laju aliran massa fluida panas, (W/K)
- $CP_h$  : kalor spesifik fluida panas, (J/Kg.K)

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

$$\epsilon = 1 - \exp \left\{ -\frac{1}{C} (1 - \exp(-C NTU)) \right\} \dots\dots\dots(2.34)$$

Dimana

- $\epsilon$  : Effectiveness
- $f$  : faktor kerak (*fouling factor*)
- $C_{min}$  : *heat capacity rate* untuk fluida panas
- $C_{max}$  : *heat capacity rate* untuk fluida dingin

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

$$\epsilon = 2 \left\{ 1 + C_r + (1 + C_{r,2})^{\frac{1}{2}} \frac{1 + \exp[(-NTU)_1(1 + C_{r,2})^{\frac{1}{2}}]}{1 - \exp[(-NTU)_1(1 + C_{r,2})^{\frac{1}{2}}]} \right\} \dots\dots\dots(2.35)$$

Dimana

$\varepsilon$  : *Effectiveness*

$Cr$  : *specific heat ratio*

$NTU$  : *number of transfer unit*



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini di mulai dengan studi literatur dan survey lapangan, menganalisa proses serta metode penyulingan dan diharapkan memperoleh data yang akurat yang dilaksanakan di Area lahan kosong IV Lau Macem Kecamatan Pancur Batu, Kabupaten Deli Serdang

#### A. Tempat Dan Waktu

##### 1. Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Desa IV Lau Macem Kecamatan Pancur Batu

##### 2. Waktu

Penelitian ini Dimulai dari 3 bulan setelah dilaksanakannya seminar proposal. Dalam jangka waktu itu sudah cukup untuk mengumpulkan data-data yang dibutuhkan untuk menganalisis dan untuk mendapatkan hasil dari penulisan tugas akhir ini.

#### B. Alat dan Bahan

##### 1. Alat

Alat yang digunakan dalam proses Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor pada proses Destilasi Daun Serai Wangi sebagai berikut :

##### a. Bejana Destilasi

Bejana destilasi merupakan suatu alat dimana bahan baku biomassa daun sereh wangi dipanaskan pada temperature tinggi dengan atau tanpa oksigen atau reaksi kimia lainnya, dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas seperti pada gambar 3.1. berikut.



Gambar 3. 1. Bejana Destilasi

b. Kondensor

Kondensor merupakan salah satu komponen alat penukar kalor yang fungsi utamanya adalah mengembunkan uap buang dari turbin menjadi fase cair melalui perpindahan panas dari uap ke air pendingin sehingga dihasilkan air umpan berkualitas tinggi untuk digunakan kembali dalam siklus, seperti pada gambar 3.2. berikut.



Gambar 3. 2. Kondensor

### c. Pressure Gauge

Pressure Gauge adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan fluida (gas atau liquid) 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).



Gambar 3. 3. Pressure Gauge

### d. Termometer Digital

Termometer digunakan untuk mengukur suhu air dan uap yang masuk dan keluar melalui kondensor, Skala model temperatur ini mampu mengukur suhu maksimal 1000°C. Berikut gambar Termometer yang digunakan dalam penelitian ini :



Gambar 3. 4. Termometer

#### e. Tabung Pemisah

Tabung Pemisah merupakan tempat penampung hasil sulingan yang tujuannya untuk memudahkan pemisahan minyak dan air. Pemisahan minyak dan air dapat dilakukan menggunakan tangki ini yang pada dasarnya molekul air saling menarik satu sama lain sedangkan minyak akan saling menempel. Kemudian membentuk 2 lapisan. Air akan berada dibawah sedangkan minyak diatas air. Hal ini karena minyak kurang padat dibandingkan dengan air. Minyak akan keluar pada pipa lubang buang atas dan air akan keluar dipipa lubang buang bawah.



Gambar 3. 5.Tabung Pemisah

1. Bahan
  - a. Daun Serai Wangi

Bahan yang digunakan pada proses destilasi ini adalah daun serai wangi



Gambar 3. 6.Daun Serai Wangi

### C. Variable

Variabel merupakan besaran yang bisa berubah dan berpengaruh terhadap hasil penelitian. Adanya variabel juga turut mempermudah dalam menganalisis suatu permasalahan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ada 2 yaitu variabel bebas dan terikat.

#### 1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi dalam penelitian.

Adapun variabel bebas dalam penelitian ini sebagai berikut ;

- a. Laju Aliran Massa uap
- b. Laju Aliran massa air

#### 2. Variabel Tetap

Variabel tetap adalah variabel yang dipengaruhi dalam penelitian. Adapun variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut;

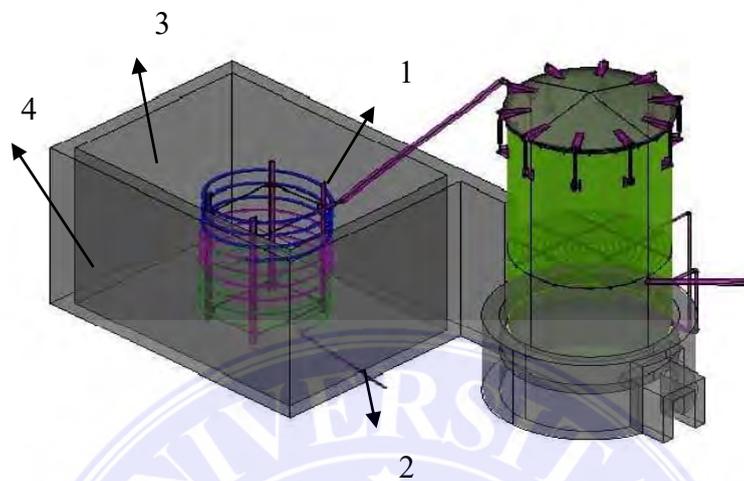
- a. Laju Perpindahan Panas
- b. Peforma Efektivitas Kondensor

### D. Set-Up Alat

Set-up alat adalah segala kegiatan yang perlu dilakukan terhadap mesinsampai mesin tersebut bekerja dengan baik. Sebelum melakukan penelitian ini, terlebih dahulu peneliti memasang komponen-komponen yang terpisah. Cara pemasangan komponen sebagai berikut :

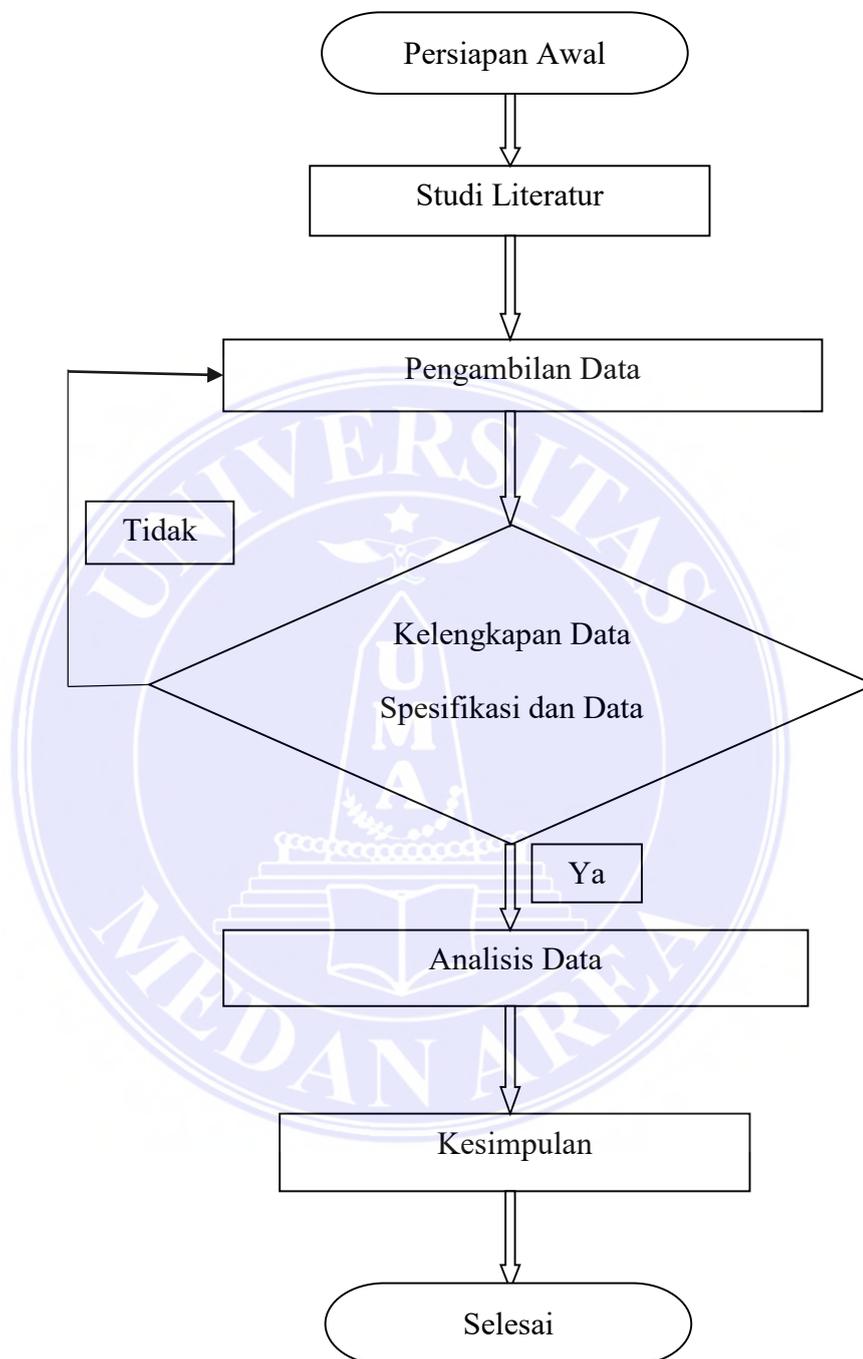
1. Pemasangan kabel 1 pada termometer digital untuk mengukur steam inlet
2. Pemasangan kabel 2 pada termometer digital untuk mengukur steam outlet
3. Pemasangan kabel 3 pada termometer digital untuk mengukur water inlet.
4. Pemasangan kabel 4 pada termometer digital untuk mengukur water outlet

Desain instalasi proses penyulingan minyak serai wangi yang menjadi objek penelitian penulis seperti ditunjukkan pada gambar 3.7 berikut ;



Gambar 3. 7 Skema Penyulingan Minyak Atsiri

E. Flow Chart (Diagram Alir)



Gambar 3. 8.Flow Chart Penyusunan Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan Hasil dan Perhitungan dari efektivitas kondensator maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Laju Perpindahan panas kondensator sebesar 186544,688 W
2. Efektivitas kondensator sebesar 0,890 atau 89% yang dimana dapat disimpulkan bahwa kondensator masih mempunyai peforma yang baik
3. Laju Aliran Massa uap diperoleh dari persamaan kesetimbangan energi sebesar 0,224667 Kg/s dan laju aliran massa air sebesar 17,839 Kg/s
4. Kondensasi film dibuktikan dalam bentuk aliran turbulen. Kondensasi film (massa uap kondensat) yang diklaim sebagai hasil luaran biooil diperoleh sebesar 0,082673 Kg/s, Nilai ini sangat logis jika dibandingkan dengan laju aliran massa uap sebelum kondensasi 0,224667 Kg/s , artinya 36% uap menjadi biooil

#### B. Saran

Pada perhitngan laju perpindahan panas dan efektivitas kondensator ini belum sepenuhnya sempurna. ini dikarenakan masih banyak parameter-parameter yang tidak diikutkan dalam perhitungan, seperti factor plugging, pressure drop, beberapa zona dalam kondensator dan yang lainnya. Selain itu keterbatasan data yang ada, sehingga membuat data yang dianalisis menggunakan asumsi asumsi tertentu, seperti pada laju aliran massa pada sisi air pendingin dan faktor koreksi

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Administration, I. (2010). Assessment Report Indonesia. *Renewable Energy*, 2, 1-10
- [2] Heri, N., Deden, S., Bambang, P., & Mustika, P. (n.d). Outlook Energi Indonesia 2016. (A. Saleh, Ed.). Jakarta Dewan Energi Nasional
- [3] Hao Chen a, Jingjing He a, X. Z., b a. (2018). Engine combustion and emission fuelled with natural gas A review. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 49(3), 929-939
- [4] Kreith, Frank. 1991. Prinsip - Prinsip Perpindahan Panas. Jakarta Erlangga
- [5] A. Suardi, N. Chairat, F. Muhammad, T, B, Impak, and B, Teknik, Power Plant, no.4, 2017
- [6] Emmyzar dan Muhammad, H. 2002. Budidaya Serai Wangi (*Cymbopogon nardus L.*). Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 22p.
- [7] C. Soekardi, Teknik Perpindahan Energi Panas, 2019.
- [8] Guenther, E. 1987. *Minyak Atsiri Jilid I (Terjemahan)*. Jakarta UI Press
- [9] S. M. S. Ir. Tunggul M. Sitompul, Alat Penukar Kalor, 1993
- [10] D. P. D. T. L., B. a. A. S. L., F. P. Incropera, Fundamentals of Heat and Mass Transfer 6<sup>th</sup> Edition, 2007
- [11] Guenther, E. 1990 . *Minyak Atsiri Jilid IV (Terjemahan)*. Jakarta UI Press
- [12] Quattrocchi, U. 2006. *CRC World Dictionary of Grasses*, Volume 1, Taylor & Francis Group, New York.
- [13] U. N. H. Muhammad Idris, "Analisis Perpindahan Kalor Kondensor Pada Destilasi Bioetanol Sebagai Biofuel Dari Campuran Limbah Buah Salak Dengan Limbah Air Kelapa," 2018, vol. 2, no. 10, pp. 44-45, JMEMME.

- [14] Ketaren, S. 1985. *Pengantar Teknologi Minyak Atsiri*. Jakarta. Balai Pustaka.
- [15] Amando, R. 2009. *Memproduksi 15 Minyak Atsiri Berkualitas*. Niaga Swadaya, Jakarta.
- [16] J. Holman, *Perpindahan Kalor*, Edisi keenam, Alih Bahasa E. Jasifi, Jakarta: Erlangga, 1994.
- [17] Syamsuhidayat, S dan Hutapea, J. R. 1991. *Inventaris Tanaman Obat Indonesia*. Jakarta Depkes RI. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan Jakarta
- [18] "*Fundamental Engineering of Thermodynamics*", Michael J. Maron dan Howard N. Saphiro, "*Introduction to heat Transfer dan fundamentals of heat and mass transfer*"

Muhklisin, M. (2020). Analisa Gaya Radial Pada Proses Turning Menggunakan Sensor Strain Gauge. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 144-151. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.3992>

Pane, M., Sebayang, M., & Siahaan, A. (2020). Perencanaan Transmisi dan Poros Bagi PLTMH dengan Head 22 Meter dan Debit Air 50 Liter Per Detik pada Air Terjun Curug Pelangi. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 152-158. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4066>

Arifiyanto, M., Siswanto, B., & Hotsan, B. (2020). Analisa Pengaruh Temperatur dan Kelembaban Terhadap Perubahan Panjang dan Gugus Fungsi Pada Material Plastik PMMA (Polymethymethacrylate). *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 159-173. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4057>

tampubolon, k., & Lumbanbatu, F. (2020). Analisis Penggunaan Knalpot Berbahan Komposit Untuk Mengurangi Tingkat Kebisingan Pada Motor Suzuki Satria. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 174-182. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4065>

Elbar, W., & tampubolon, k. (2020). Pengaruh Campuran Silikon Pada Aluminium Terhadap Kekerasan Dan Tingkat Keausannya. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 183-196. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4070>

sugihrahma, g. (2020). Pengaruh Arus Pengelasan Shield Metal Arc Welding dengan Elektroda E7018 pada Baja Karbon Rendah. *JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY*, 4(2), 197-207. doi:<https://doi.org/10.31289/jmemme.v4i2.4091>

## LAMPIRAN

### Tabel Thermophysical Properties of Saturated Water

Table A.6 Thermophysical Properties of Saturated Water<sup>a</sup>

Temperature, <i>T</i> (K)	Pressure, <i>p</i> (bars) <sup>b</sup>	Specific Volume (m <sup>3</sup> /kg)		Heat of Vaporization, <i>h</i> <sub>fg</sub> (kJ/kg)	Specific Heat (kJ/kg·K)		Viscosity (N·s/m <sup>2</sup> )		Thermal Conductivity (W/m·K)		Prandtl Number		Surface Tension, <i>σ</i> <sub>s</sub> ·10 <sup>3</sup> (N/m)	Expansion Coeffi- cient, <i>β</i> <sub>f</sub> ·10 <sup>6</sup> (K <sup>-1</sup> )	Temper- ature, <i>T</i> (K)
		<i>v</i> <sub>f</sub> ·10 <sup>3</sup>	<i>v</i> <sub>g</sub>		<i>c</i> <sub>p,f</sub>	<i>c</i> <sub>p,g</sub>	<i>μ</i> <sub>f</sub> ·10 <sup>6</sup>	<i>μ</i> <sub>g</sub> ·10 <sup>6</sup>	<i>k</i> <sub>f</sub> ·10 <sup>3</sup>	<i>k</i> <sub>g</sub> ·10 <sup>3</sup>	<i>Pr</i> <sub>f</sub>	<i>Pr</i> <sub>g</sub>			
273.15	0.00611	1.000	206.3	2502	4.217	1.854	1750	8.02	569	18.2	12.99	0.815	75.5	-68.05	273.15
275	0.00697	1.000	181.7	2497	4.211	1.855	1652	8.09	574	18.3	12.22	0.817	75.3	-32.74	275
280	0.00990	1.000	130.4	2485	4.198	1.858	1422	8.29	582	18.6	10.26	0.825	74.8	46.04	280
285	0.01387	1.000	93.4	2473	4.189	1.861	1225	8.49	590	18.9	8.81	0.833	74.3	114.1	285
290	0.01917	1.001	69.7	2461	4.184	1.864	1080	8.69	598	19.3	7.56	0.841	73.7	174.0	290
295	0.02617	1.002	51.94	2449	4.181	1.868	959	8.89	606	19.5	6.62	0.849	72.7	227.5	295
300	0.03531	1.003	39.13	2438	4.179	1.872	855	9.09	613	19.6	5.83	0.857	71.7	276.1	300
305	0.04712	1.005	29.74	2426	4.178	1.877	769	9.29	620	20.1	5.20	0.865	70.9	320.6	305
310	0.06221	1.007	22.93	2414	4.178	1.882	695	9.49	628	20.4	4.62	0.873	70.0	361.9	310
315	0.08132	1.009	17.82	2402	4.179	1.888	631	9.69	634	20.7	4.16	0.883	69.2	400.4	315
320	0.1053	1.011	13.98	2390	4.180	1.895	577	9.89	640	21.0	3.77	0.894	68.3	436.7	320
325	0.1351	1.013	11.06	2378	4.182	1.903	528	10.09	645	21.3	3.42	0.901	67.5	471.2	325
330	0.1719	1.016	8.82	2366	4.184	1.911	489	10.29	650	21.7	3.15	0.908	66.6	504.0	330
335	0.2167	1.018	7.09	2354	4.186	1.920	453	10.49	656	22.0	2.88	0.916	65.8	535.5	335
340	0.2713	1.021	5.74	2342	4.188	1.930	420	10.69	660	22.3	2.66	0.925	64.9	566.0	340
345	0.3372	1.024	4.683	2329	4.191	1.941	389	10.89	664	22.6	2.45	0.933	64.1	595.4	345
350	0.4163	1.027	3.846	2317	4.195	1.954	365	11.09	668	23.0	2.29	0.942	63.2	624.2	350
355	0.5100	1.030	3.180	2304	4.199	1.968	343	11.29	671	23.3	2.14	0.951	62.3	652.3	355
360	0.6209	1.034	2.645	2291	4.203	1.983	324	11.49	674	23.7	2.02	0.960	61.4	679.9	360
365	0.7514	1.038	2.212	2278	4.209	1.999	306	11.69	677	24.1	1.91	0.969	60.5	707.1	365
370	0.9040	1.041	1.861	2265	4.214	2.017	289	11.89	679	24.5	1.80	0.978	59.5	728.7	370
373.15	1.0133	1.044	1.679	2257	4.217	2.029	279	12.02	680	24.8	1.76	0.984	58.9	750.1	373.15
375	1.0815	1.045	1.574	2252	4.220	2.036	274	12.09	681	24.9	1.70	0.987	58.6	761	375
380	1.2869	1.049	1.337	2239	4.226	2.057	260	12.29	683	25.4	1.61	0.999	57.6	788	380
385	1.5233	1.053	1.142	2225	4.232	2.080	248	12.40	685	25.8	1.53	1.004	56.6	814	385
390	1.794	1.058	0.980	2212	4.239	2.104	237	12.69	686	26.3	1.47	1.013	55.6	841	390
400	2.455	1.067	0.751	2183	4.256	2.158	217	13.05	688	27.2	1.34	1.033	53.6	896	400
410	3.302	1.077	0.553	2153	4.278	2.221	200	13.42	688	28.2	1.24	1.054	51.5	952	410
420	4.370	1.088	0.425	2123	4.302	2.291	185	13.79	688	29.8	1.16	1.075	49.4	1010	420
430	5.699	1.099	0.331	2091	4.331	2.369	173	14.14	685	30.4	1.09	1.10	47.2		430

Appendix A Thermophysical Properties of Matter

I-00035

## Tabel Thermophysical properties of Selected Methallic Solids

TABLE A.1 Thermophysical Properties of Selected Metallic Solids\*

Composition	Melting Point (K)	Properties at Various Temperatures (K)													
		Properties at 300 K				$k$ (W/m · K)/ $c_p$ (J/kg · K)									
		$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg · K)	$k$ (W/m · K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	2000	2500
Aluminum															
Pure	933	2702	903	237	97.1	302	237	240	231	218					
						482	798	949	1033	1146					
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186	186						
Alloy 195, Cast (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2			174	185						
Beryllium	1550	1830	1825	200	59.2	990	301	161	126	106	90.8	78.7			
						203	1114	2191	2604	2823	3018	3227	3519		
Bismuth	545	9780	122	7.86	6.59	16.5	9.69	7.04							
						112	120	127							
Boron	2573	2500	1107	27.0	9.76	190	55.5	16.8	10.6	9.60	9.85				
						128	600	1463	1892	2160	2338				
Cadmium	594	8650	231	96.8	48.4	203	99.3	94.7							
						198	222	242							
Chromium	2118	7160	449	93.7	29.1	159	111	90.9	80.7	71.3	65.4	61.9	57.2	49.4	
						192	384	484	542	581	616	682	779	937	
Cobalt	1769	8862	421	99.2	26.6	167	122	85.4	67.4	58.2	52.1	49.3	42.5		
						236	379	450	503	550	628	733	674		
Copper															
Pure	1358	8933	385	401	117	482	413	393	379	366	352	339			
						252	356	397	417	433	451	480			
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14			42	52	59					
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17			41	65	74					
Cartridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137	149						
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19								
						237	362								
Germanium	1211	5360	322	39.9	34.7	232	96.8	43.2	27.3	19.8	17.4	17.4			
						190	290	337	348	357	375	395			

Appendix A • Thermophysical Properties of Matter

A-283



## Tabel Heat Exchanger Effectiveness

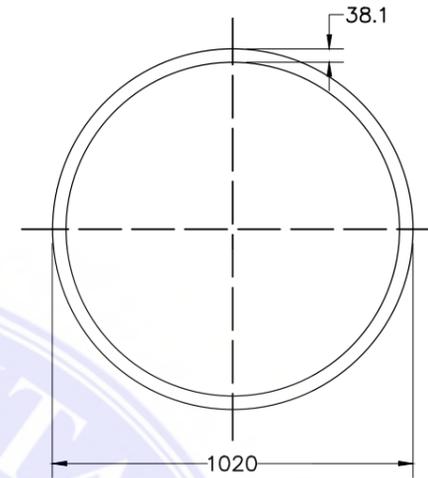
**TABLE 11.3** Heat Exchanger Effectiveness Relations [5]

Flow Arrangement	Relation	
Parallel flow	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 + C_r)]}{1 + C_r}$	(11.28a)
Counterflow	$\varepsilon = \frac{1 - \exp[-NTU(1 - C_r)]}{1 - C_r \exp[-NTU(1 - C_r)]}$	$(C_r < 1)$
	$\varepsilon = \frac{NTU}{1 + NTU}$	$(C_r = 1)$
<b>Shell-and-tube</b>		
One shell pass (2, 4, ... tube passes)	$\varepsilon_1 = 2 \left\{ 1 + C_r + (1 + C_r^2)^{1/2} \times \frac{1 + \exp[-(NTU)_1(1 + C_r^2)^{1/2}]}{1 - \exp[-(NTU)_1(1 + C_r^2)^{1/2}]} \right\}^{-1}$	(11.30a)
$n$ shell passes ( $2n, 4n, \dots$ tube passes)	$\varepsilon = \left[ \left( \frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1} \right)^n - 1 \right] \left[ \left( \frac{1 - \varepsilon_1 C_r}{1 - \varepsilon_1} \right)^n - C_r \right]^{-1}$	(11.31a)
<b>Cross-flow (single pass)</b>		
Both fluids unmixed	$\varepsilon = 1 - \exp \left[ \left( \frac{1}{C_r} \right) (NTU)^{0.22} (\exp[-C_r(NTU)^{0.78}] - 1) \right]$	(11.32)
$C_{\max}$ (mixed), $C_{\min}$ (unmixed)	$\varepsilon = \left( \frac{1}{C_r} \right) (1 - \exp[-C_r(1 - \exp(-NTU))])$	(11.33a)
$C_{\min}$ (mixed), $C_{\max}$ (unmixed)	$\varepsilon = 1 - \exp(-C_r^{-1} [1 - \exp[-C_r(NTU)])]$	(11.34a)
All exchangers ( $C_r = 0$ )	$\varepsilon = 1 - \exp(-NTU)$	(11.35a)



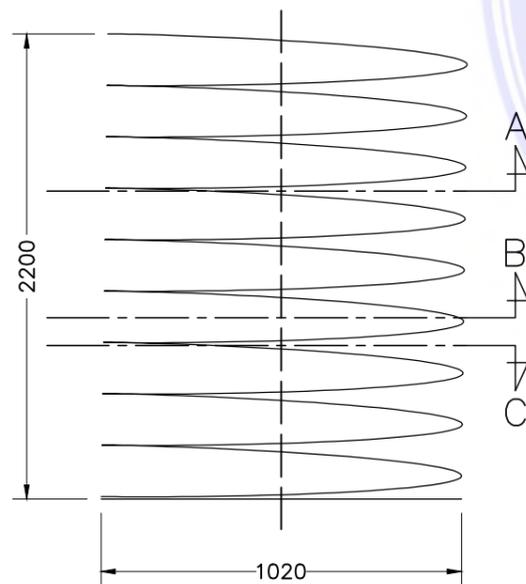
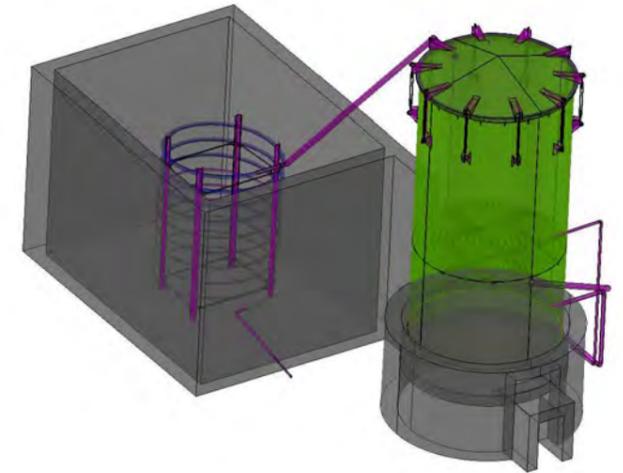
**2. WATER RESERVOIR**

SCALE 1 : 20



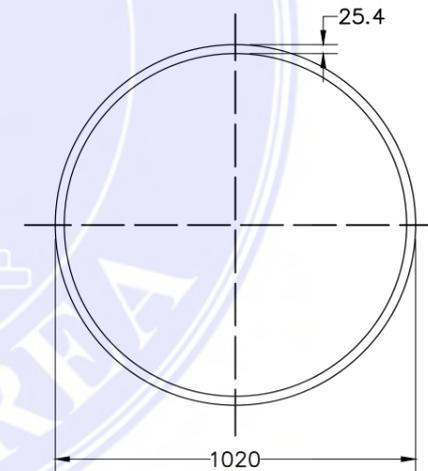
**SECTION A**

SCALE 1 : 1



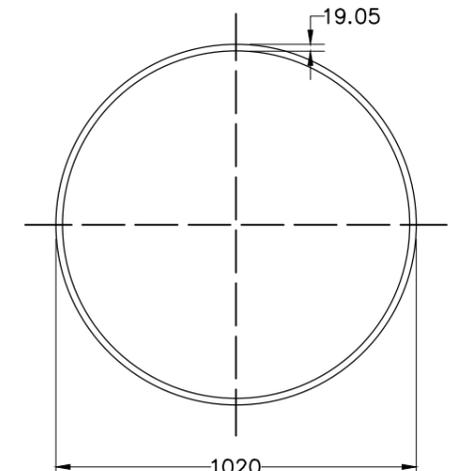
**1. PIPA SEPIRAL DETAIL**

SCALE 1 : 20



**SECTION B**

SCALE 1 : 20



**SECTION C**

SCALE 1 : 20

3.				
2.		WATER RESERVOIR	2310X1800	SEMEN & BATA
1.		PIPA SEPIRAL	DI020X1361	SS 304
NO.	Q'TY	PART DESCRIPTION	SIZE	MATERIAL

KONDENSOR PADA DESTILASI  
TA-FT-I68130090  
UNIVERSITAS MEDAN AREA

KETERANGAN :

DILIHAT	: IR. H. DARIANTO, M,Sc	DIPERIKSA	: IR. H. DARIANTO, M,Sc
SCALE	: 1 : 30	DIGAMBAR	: SEPTA FERNANDO

NOTE: THE CONTAINS OF THIS DRAWING AND INFORMATION ARE THE PROPERTY OF UNIVERSITY OF NORTH AREA (UMA). IT ISN'T TO BE TRACED, COPIED OR PUBLISHED WITHOUT UMA WRITTEN CONSENT, NOR IT THE INFORMATION THERE ON TO BE MISUSED IN ANY WAY.



# UNIVERSITAS MEDAN AREA

## FAKULTAS TEKNIK

**Kampus I** : Jalan Kolam Nomor 1 Medan Estate/Jalan PBSI Nomor 1 ☎(061) 7366878, 7360168, 7364348, 7366781, Fax.(061) 7366998 Medan 20223  
**Kampus II** : Jalan Setia Budi Nomor 79 / Jalan Sei Serayu Nomor 70 A, ☎ (061) 8225602, Fax. (061) 8226331 Medan 20122  
 Website: www.teknik.uma.ac.id E-mail: univ\_medanarea@uma.ac.id

Nomor : 144/FT.3/01.10/X/2020

22 Oktober 2020

Lamp : -

H a l : **Penelitian Dan Pengambilan Data Tugas Akhir**

Yth. Kepala Pesantren Ar-Raudhatul Hasanah  
 Jln. Setia Budi, Simpang Selayang  
 Di  
 Medan

Dengan hormat,

Kami mohon kesediaan Bapak/Ibu berkenan untuk memberikan izin dan kesempatan kepada mahasiswa kami tersebut dibawah ini :

NO	N A M A	N P M	PRODI
1	Septa Fernando Karo Karo	168130090	Teknik Mesin

Untuk melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir pada perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu Pimpin.

Perlu kami jelaskan bahwa Pengambilan Data tersebut adalah semata-mata untuk tujuan ilmiah dan Skripsi yang merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa tersebut untuk mengikuti ujian sarjana lengkap pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area dan tidak untuk dipublikasikan, dengan judul penelitian :

**Analisis Efektivitas Perpindahan Panas Kondensor Pada Proses Destilasi Daun Serai Wangi.**

Atas perhatian dan kerja sama yang baik diucapkan terima kasih.



Dekan,

Dr. Grace Yuswita Harahap, ST, MT

Tembusan :

1. Ka. BAMAI
2. Mahasiswa
3. File



Nomor : 008/DIR/B.1/2021

Medan, 5 Januari 2021

Perihal : Selesai Penelitian

Kepada Yth:

**Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Medan Area**

Di-

Tempat

Bismillahirrahmanirrahim  
Assalamu'alaikum Wr,Wb

Kami Direktur Pesantren Ar-Raudlatul Hasanah Medan dengan ini menerangkan bahwa saudara :

Nama : Septa Fernando Karo-Karo  
N I M : 168130090  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul : Analisis Efektifitas Perpindahan Panas Kondensor pada  
Proses Destilasi Daun Serai Wangi

Telah selesai melakukan penelitian di Pesantren Ar-Raudlatul Hasanah dari tanggal 5 November 2020 s/d 5 Januari 2021 sesuai dengan yang direncanakan.

Demikian Surat Balasan ini kami buat, untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Wassalam,

Direktur Pesantren  
Ar-Raudlatul Hasanah

