

**PERANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR
TIPE *SHELL AND TUBE* 1-2 PASS
UNTUK OVEN PENGERING**

TUGAS AKHIR

**Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana**

Oleh:

**BAMBANG SAFARIANTO
NIM: 05.813.0023**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2009**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

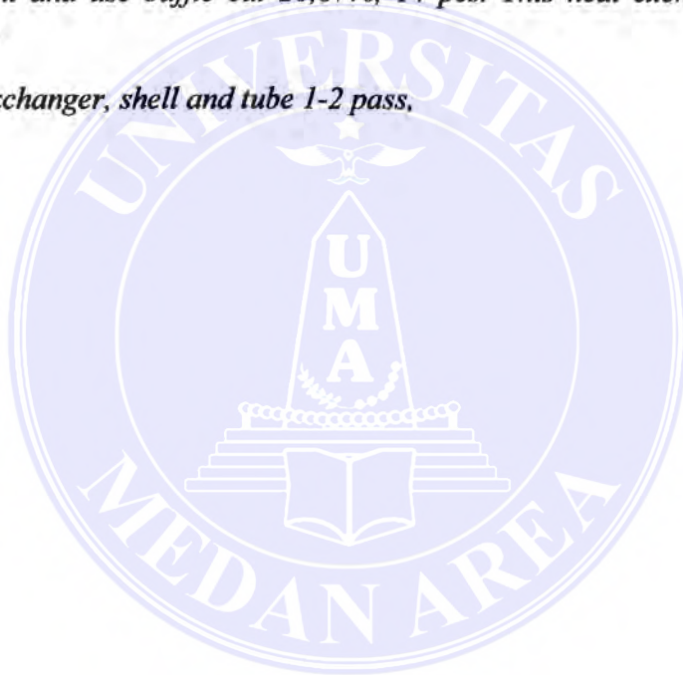
Document Accepted 13/9/23

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
- Access From (repository.uma.ac.id)13/9/23

ABSTRACT

Heat exchanger is a tool that used for energy exchange on hot form between 2 fluids which have different temperature. Fluids that's exchange energy can be 2 fluids that have different phase (fluid-gas) or have same (fluids-fluids or gas-gas) and it can be one fluid. In this heat exchanger, heat exchanger that use in it is shell and tube heat exchanger 1-2 pass. Hot water uses as hot fluids that enter on tube an it use gas that flowed by blower. Then, there is heat exchanger that happen from hot water on tube to gas in the shell, and then it produce hot gas that used or dryer. This heat exchanger used which have diameter 133 [mm] dan length 780 [mm]. Tube 32 pcs with diameter inside tube 11,7 [mm] and diameter outside 12,7 [mm]. It use baffle with single segment and use baffle cut 20,67%, 14 pcs. This heat exchanger have efectivity = 68,3%.

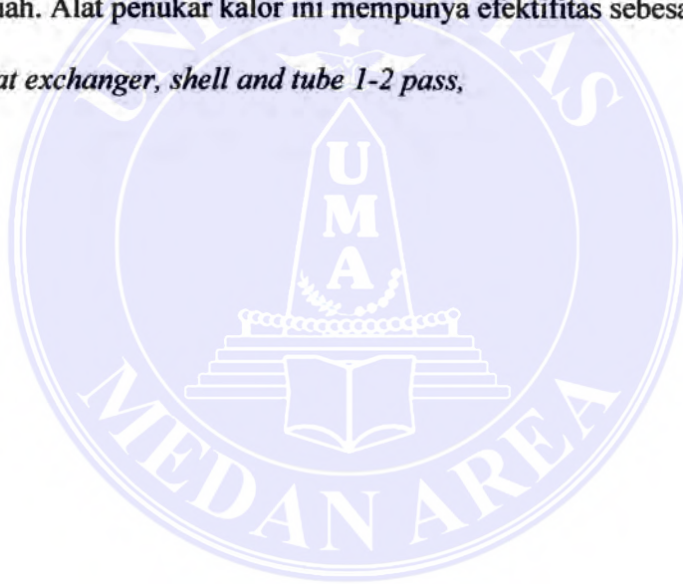
Keywords: heat exchanger, shell and tube 1-2 pass,



INTISARI

Alat penukar kalor atau *heat exchanger* merupakan suatu alat yang dipergunakan untuk proses perpindahan energi dalam bentuk panas antara 2 fluida yang berbeda suhunya. Fluida yang saling bertukar energinya tersebut dapat merupakan 2 fluida yang berbeda fasanya (cairan-gas) atau mempunyai fasa yang sama (cair-cair atau gas-gas) dan dapat merupakan satu jenis fluida saja. Pada rancangan ini, alat penukar kalor yang digunakan adalah tipe *shell and tube 1-2 pass*. Air panas digunakan sebagai fluida panas yang akan masuk ke dalam tipe *shell and tube 1-2 pass*. Air panas dihembuskan oleh blower. Selanjutnya terjadi proses perpindahan panas dari air panas yang berada dalam *tube* ke udara yang berada dalam *shell*, sehingga udara panas yang digunakan untuk pengering. Pada rancangan ini digunakan *shell* dengan diameter dalam 133 [mm] dan panjang 780 [mm]. *Tube* sebanyak 32 buah dengan diameter dalam 11,7 [mm], jenis sekat segmen tunggal dan *baffle cut* 20,67% sebanyak 14 buah. Alat penukar kalor ini mempunyai efektifitas sebesar 68,3%.

Kata kunci: *heat exchanger, shell and tube 1-2 pass,*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
INTISARI	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix

BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Batasan Masalah	7
C. Tujuan	7
D. Manfaat	7
E. Metode Pengumpulan Data	8
F. Sistematika Penulisan	8

BAB II. TINJAUAN KEPUSTAKAAN	10
A. Jenis-jenis Alat Penukar Kalor	10
B. <i>Pass</i> atau Lintasan pada Alat Penukar Kalor	14
C. Konstruksi Alat Penukar Kalor	17
D. Susunan dari Tipe <i>Tube</i>	19
E. <i>Shell</i>	20
F. <i>Tube</i>	21
G. <i>Baffle</i>	23
H. Perhitungan Alat Penukar Kalor	24
1. Perhitungan Luas Bidang Pemanas	24

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 13/9/23

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
Access From (repository.uma.ac.id)13/9/23

2. Aliran dalam <i>Shell</i>	25
3. Analisa pada Sisi <i>Tube</i>	27
4. Koefisien Pindah Panas Menyeluruh	28
5. Efektivitas Alat Penukar Kalor	28
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	30
A. Konstruksi Alat	30
B. Prinsip Kerja Alat	31
C. Perhitungan Rancangan Alat Penukar Kalor	32
D. Proses Pembuatan	41
E. Analisa Biaya	49
BAB IV. PEMBAHASAN	52
A. Perawatan	52
B. Perbaikan	54
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Condensor</i>	11
Gambar 2.2 <i>Heat Exchanger</i>	12
Gambar 2.3 <i>Reboiler</i>	13
Gambar 2.4 Alat Penukar Kalor 1-1 <i>pass</i>	15
Gambar 2.5 Alat Penukar Kalor 1-1 <i>pass</i>	16
Gambar 2.6 Alat Penukar Kalor 1-2 <i>pass</i>	16
Gambar 2.7 Bagian-bagian <i>Shell and Tube Heat Exchanger</i>	18
Gambar 2.8 <i>Shell</i> Alat Panukar Kalor	21
Gambar 2.9 <i>Tube</i> Alat Penukar Kalor	23
Gambar 2.10 Aliran dalam <i>Shell</i>	25
Gambar 2.11 Susunan <i>Tube</i> dalam <i>Shell</i>	26
Gambar 3.1 Alat Penukar Kalor <i>Shell and Tube</i>	30
Gambar 3.2 Jumlah <i>Tube</i> dalam <i>Shell</i>	33
Gambar 3.3 Ring	42
Gambar 3.4 <i>Shell</i>	43
Gambar 3.5 <i>Stationary Head</i>	44
Gambar 3.6 <i>Baffle</i>	45
Gambar 3.7 <i>Baffle Header</i>	46
Gambar 3.8 Bak Air	47
Gambar 3.9 Kaki Alat Penukar Kalor	48
Gambar 3.10 Kaki Bak Air	49
Gambar 3.11 Corong	50

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Di dalam industri proses kimia masalah perpindahan energi atau panas adalah hal yang sangat banyak dilakukan. Sebagaimana diketahui bahwa panas dapat berlangsung lewat 3 cara, dimana mekanisme perpindahan panas itu sendiri berlainan adanya. Adapun perpindahan itu dapat dilaksanakan dengan:

1. Secara molekuler yang disebut dengan konduksi
2. Secara aliran yang disebut dengan perpindahan konveksi
3. Secara gelombang elektromagnetik yang disebut dengan radiasi.

Khususnya perpindahan panas yang kita bicarakan dalam kasus alat penukar kalor di sini menyangkut butir 1 dan 2 yaitu secara konduksi dan konveksi.

Sesuai dengan fungsi alat penukar kalor diperlukan untuk sistem-sistem yang berkaitan dengan pemakaian energi panas, oleh karena itu pemakaian alat ini sangat luas. Di industri proses termal seperti petrokimia, industri makanan, baja, kimia dasar, industri agro dan pembangkit energi baik dari segi jumlah maupun nilai pemakaian alat penukar kalor memegang peranan yang cukup penting. Dengan pertumbuhan disektor industri yang semakin cepat, kebutuhan untuk alat penukar kalor akan semakin meningkat

Alat penukar kalor (APK) merupakan suatu peralatan di mana terjadi perpindahan panas dari suatu fluida yang temperaturnya lebih tinggi kepada fluida

lain yang temperaturnya lebih rendah. Fluida yang saling bertukar energinya tersebut dapat merupakan 2 (dua) fluida yang berbeda fasanya (cairan-gas) atau mempunyai fasa yang sama (cairan-cairan atau gas-gas) dan dapat merupakan satu jenis fluida saja.

Proses perpindahan panas ini dapat dilakukan secara langsung atau tidak langsung. Maksudnya ialah:

1. APK yang langsung, ialah dimana fluida yang panas akan bercampur dengan secara langsung dengan fluida dingin (tanpa adanya pemisah)
2. APK yang tidak langsung, ialah dimana fluida yang panas tidak berhubungan langsung (*indirect contact*) dengan fluida dingin. Jadi proses perpindahan panasnya itu mempunyai media perantara, seperti pipa, pelat atau peralatan jenis lainnya.

Peralatan yang masuk pada kelompok pertama (langsung) adalah: *jet condensor*; pesawat *desuperheater* pada ketel; pesawat *deaerator*; dan lain-lain. Sedangkan pada jenis kedua (tidak langsung) adalah: *condensor* pada turbin uap; pesawat pemanas lanjut pada ketel; pemanas air pendahuluan pada ketel (*ekonomiser*); pemanas udara pembakaran (*air preheater*) dan lain-lain.

Walaupun dewasa ini sangat banyak jenis APK yang dikembangkan pada industri-industri, namun APK jenis shell and tube ini masih jauh lebih banyak digunakan, dibanding dengan jenis lainnya. Hal ini adalah diakibatkan beberapa keuntungan yang diperoleh, antara lain adalah:

1. Konfigurasi yang dibuat, akan memberikan luas permukaan yang besar dengan bentuk atau volume yang kecil
2. Mempunyai *lay-out* mekanik yang baik, bentuknya cukup baik untuk operasi bertekanan
3. Menggunakan teknik fabrikasi yang sudah mapan (*well-established*)
4. Dapat dibuat dengan berbagai jenis material, dimana dapat dipilih jenis material yang dipergunakan sesuai dengan temperatur dan tekanan operasinya
5. Mudah membersihkannya
6. Prosedur perencanaannya sudah mapan (*well-established*)
7. Konstruksinya sederhana, pemakaian ruangan relatif kecil
8. Prosedur mengoperasikannya tidak berbelit-belit, sangat mudah dimengerti oleh para operator
9. Konstruksinya dapat dipisah-pisahkan satu sama lain, tidak merupakan satu kesatuan yang utuh, sehingga pengangkutannya relatif gampang.

Efektivitas dari alat penukar kalor didefinisikan sebagai perbandingan antara kalor nyata dengan perpindahan kalor maksimum yang terjadi. Perpindahan kalor nyata merupakan perpindahan kalor yang diterima fluida dingin. Sedangkan perpindahan kalor maksimum terjadi bila satu fluida mengalami perbedaan suhu sebesar beda suhu maksimum yang terdapat dalam alat penukar kalor tersebut, yaitu selisih antara suhu masuk fluida panas dan fluida dingin. Untuk alat penukar kalor yang baik harus mempunyai efektivitas yang tinggi yang dipengaruhi oleh bentuk pipa, temperatur dan kecepatan masuk baik dingin maupun panas serta keadaan lingkungan.

Di dalam kulit bumi ada kalanya aliran air dekat sekali dengan batu-batuan panas dimana suhu bisa mencapai 148° C. Air tersebut tidak menjadi uap (*steam*) karena tidak ada kontak dengan udara. Bila air panas tadi bias keluar ke permukaan bumi karena ada celah atau terjadi retak di kulit bumi, maka timbul air panas yang bias disebut dengan mata air panas alam (*hot spring*). Air panas alam ini bisa dimanfaatkan sebagai kolam air panas dan banyak pula yang sekaligus menjadi tempat wisata. Di Indonesia banyak juga air panas alami yang dimanfaatkan sebagai sarana pemandian dan tempat wisata seperti Ciater, Cipanas di Garut, Sidebuk-debuk di Tanah Karo, Sipoholon dan Desa Hutabarat di Tarutung, dan beberapa tempat lainnya di penjuru tanah air.

Meningkatnya kebutuhan energi dunia ditambah lagi dengan semakin tingginya kesadaran akan kebersihan dan keselamatan lingkungan, maka panas bumi (*geothermal*) akan mempunyai peluang untuk memanfaatkan panas bumi. Pemanfaatan mata air panas alam (*hot spring*) ini dapat digunakan sebagai pengering.

Perkembangan teknologi yg semakin cepat mengakibatkan manusia selalu berusaha melangkah lebih maju lagi agar dapat mengikuti perkembangan yg tidak berhenti ini, begitu pula pada bidang perkebunan. Pada prinsipnya manusia melakukan pengeringan biji-bijian menggunakan panasnya sinar matahari dan itu semua membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mendapatkan kekeringan biji-bijian diinginkan. Selain membutuhkan tenaga manusia yang ekstra, proses ini juga memerlukan tempat yang cukup luas untuk meletak semua biji-bijian yang akan

dikeringkan terutama bagi pengusaha besar. Pada saat ini telah banyak tercipta produk-produk yang dapat membantu mengatasi permasalahan diatas. Tetapi itu semua memerlukan biaya cukup besar untuk memperolehnya, sedangkan pengusaha/petani biji-bijian di Indonesia sebagian besar berasal dari masyarakat pribumi yang hanya memiliki pendapatan yang tidak terlalu besar. Sehingga produk-produk tersebut tidak dapat diperoleh sebagian besar pengusaha/petani biji-bijian di Indonesia.

Pengawetan ada beberapa cara, diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pengawetan dengan teknik pengeringan
2. Pengawetan dengan suhu tinggi
3. Pengawetan dengan suhu rendah
4. Pengawetan dengan teknik penggaraman
5. Pengawetan dengan teknik penggulaan
6. Pengawetan dengan teknik fermentasi
7. Pengawetan dengan teknik pengasapan
8. Pengawetan dengan bahan kimia.

Dan pengawetan yang relatif murah adalah pengawetan dengan teknik pengeringan

Teknologi pengeringan memegang peranan yang sangat penting dalam proses-proses industri khususnya yang berkaitan dengan pengawetan bahan. Jika butiran-butiran yang akan disimpan dalam waktu yang lama tersebut tidak dikeringkan, maka bahan akan berubah sifat atau rusak. Tujuan utama proses

pengeringan adalah menurunkan kadar air bahan hingga mencapai kadar air yang aman untuk penyimpanan dan memerlukan biaya serta konsumsi yang minimal, tanpa mengurangi kualitas bahan tersebut. Pengeringan butiran kadar air tinggi, dapat dilakukan baik dalam waktu lama pada waktu suhu yang rendah (pengeringan dengan tenaga sinar matahari langsung), atau dalam waktu yang lebih pendek dengan udara bersuhu tinggi. Jika waktu pengeringan terlalu lama, dapat menyebabkan penjamuran dan pembusukan, apalagi jika dilakukan pada musim hujan. Sebaliknya temperatur terlalu tinggi bisa menyebabkan kerusakan baik secara fisik maupun secara kimia terhadap butiran-butiran tersebut. Penyimpanan produk-produk pertanian harus memenuhi beberapa persyaratan dalam rangka mempertahankan kualitasnya, terutama persyaratan kandungan air dan temperatur penyimpanan.

Untuk itu dengan memanfaatkan komponen-komponen yang ada dan permasalahan diatas maka penulis mencoba merancang sebuah peralatan yang mampu mengatasi masalah diatas agar dapat memudahkan proses pengeringan biji-bijian tersebut. Alat ini dapat ditempatkan pada segala ruangan karena bentuk alatnya tidak terlalu besar. Sehubungan dengan rancangan tersebut maka penulis mencoba membahas dan menuangkan dalam bentuk skripsi dengan judul : **"RANCANGAN ALAT PENUKAR KALOR TIPE *SHELL AND TUBE* 1-2 PASS UNTUK OVEN PENERING"**.

B. Batasan Masalah

Pada laporan tugas akhir rancang bangun alat penukar kalor tipe *shell and tube 1-2 pass* ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas yaitu:

1. Prinsip Kerja Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*
2. Perancangan dan Pembuatan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*
3. Perawatan dan Perbaikan Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*

C. Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari pembuatan alat ini antara lain untuk:

1. Mengetahui Prinsip Kerja Alat Penukar Kalor tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*
2. Membuat Aplikasi Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*
3. Mengetahui Efektivitas Alat Penukar Kalor tipe *Shell and Tube 1-2 Pass*
4. Merancang Suatu Sistem dengan Biaya Rendah

D. Manfaat Perencanaan

Adapun manfaat yang dapat dirasakan mulai mendesain alat ini sampai alat ini dapat diselesaikan dengan baik adalah:

Bagi Masyarakat:

1. Memberi Kemudahan dalam Pengeringan Biji-bijian yang Akan diproses
2. Pengeringan Biji-bijian Tidak Memakan Waktu Lama

Bagi Peneliti:

1. Sebagai Acuan untuk Melanjutkan Penelitian Selanjutnya
2. Sebagai Pengembangan Ilmu Pengetahuan dibidang Alat Penukar Kalor

E. Metode Pengumpulan Data

Adapun metode pengumpulan data yang dilakukan dalam menyelesaikan peralatan ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Dengan melakukan studi pustaka melalui buku-buku atau bahan bacaan lainnya dengan topik dari penelitian ini yang berguna untuk mendapatkan informasi dan data yang bersifat teoritis yang digunakan dalam pembuatan alat didalam penelitian ini

2. Penelitian Kepustakaan/Pustaka (*Library Research*)

Suatu penelitian yang dilakukan secara langsung ke perpustakaan guna memperoleh data dan informasi yang sifatnya teoritis membantu dalam memilih komponen yang dibutuhkan dalam pembuatan alat beserta karakteristiknya, sehingga alat tersebut nantinya bekerja sesuai rencana. Selain itu juga mencari referensi dan berbagai buku yang berhubungan dengan topik diatas

3. Melakukan konsultasi dengan dosen pembimbing yang bersangkutan maupun dengan pihak-pihak yang memahami dan mengerti tentang perancangan alat penukar kalor ini.

F. Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah dalam memahami penulisan ini, digunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi penelitian serta sistematika penulisan yang digunakan.

BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Menjelaskan dasar-dasar teori yang digunakan dalam membuat alat yang didapat pada proses library research.

BAB III PEMBAHASAN

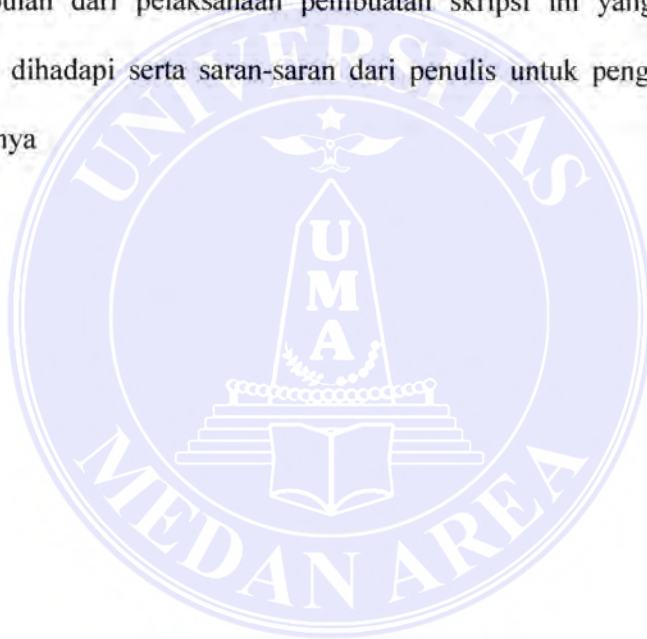
Berisikan tentang perancangan alat, prinsip kerja dan analisa kerja alat tersebut.

BAB IV PERAWATAN DAN PERBAIKAN

Menjelaskan cara-cara merawat alat, dan perbaikan alat tersebut

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memberikan kesimpulan dari pelaksanaan pembuatan skripsi ini yang meliputi segala kendala yang dihadapi serta saran-saran dari penulis untuk pengembangan peralatan ini selanjutnya



BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN



A. Jenis-Jenis Alat Penukaran Kalor

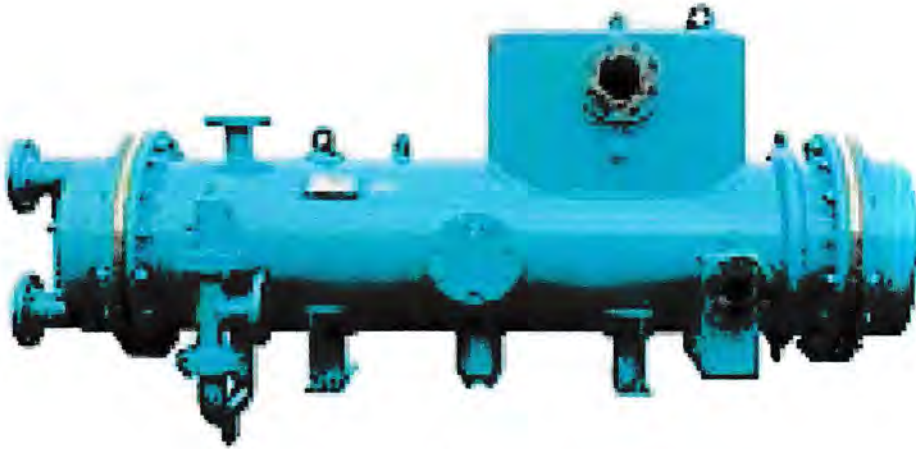
Begitu luas peralatan- peralatan yang mempergunakan pipa (*Tubular Equipment*) dalam alat penukaran kalor, maka untuk mencegah timbulnya kesimpangsiuran pengertian, perlu diberikan pengelompokan peralatan itu berdasarkan fungsinya. Adapun pengelompokan itu adalah sebagai berikut:

1. *Chiller*

Alat penukar kalor dipergunakan untuk mendinginkan fluida sampai pada temperatur sangat rendah. Temperatur pendingin di dalam *Chiller* jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan pendingin yang dilakukan dengan pendingin air. Untuk *Chiller* ini, media pendingin dipergunakan adalah amoniak dan *freon*.

2. *Condensor*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk mendinginkan atau mengembunkan uap atau campuran uap sehingga berubah fase menjadi cairan. Media pendingin biasanya dipakai air, uap atau campuran uap itu akan melepaskan panas *latent* kepada pendingin. Misalnya, Pembangkit Listrik Tenaga Uap yang mempergunakan *Condensing Turbine*, maka uap bekas dari turbin akan dimasukkan ke dalam kondensor. Lalu diembunkan menjadi *kondensat*. Media pendingin yang digunakan adalah air sungai atau air laut dengan suhu udara laut.



Gambar 2.1 Condensor

3. Cooler

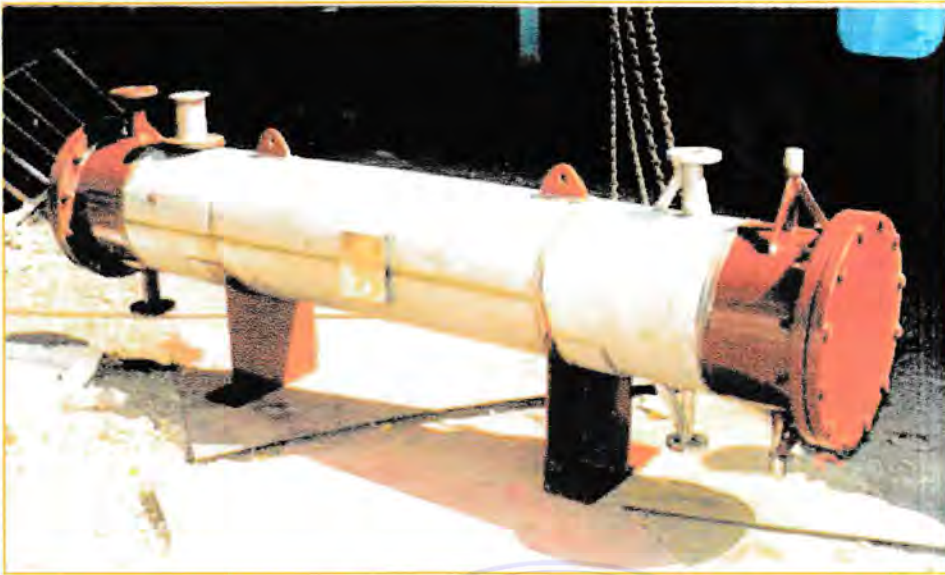
Alat penukar kalor digunakan untuk mendinginkan (menurunkan suhu) cairan atau gas dengan mempergunakan air sebagai media pendingin. Di sini tidak dipermasalahkan perubahan fase seperti pada *condensor*. Dengan perkembangan teknologi dewasa ini maka pendingin *cooler* dipergunakan udara, dengan bantuan *fan* (kipas). Ini mempunyai keuntungan dibanding dengan *cooler* yang mempergunakan air sebagai media pendingin.

4. Heat Exchanger

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk memanfaatkan panas suatu aliran fluida untuk pemanasan fluida yang lain maka terjadi dua fungsi sekaligus yaitu :

- 1). Memanaskan fluida yang dingin
- 2). Mendinginkan fluida yang panas

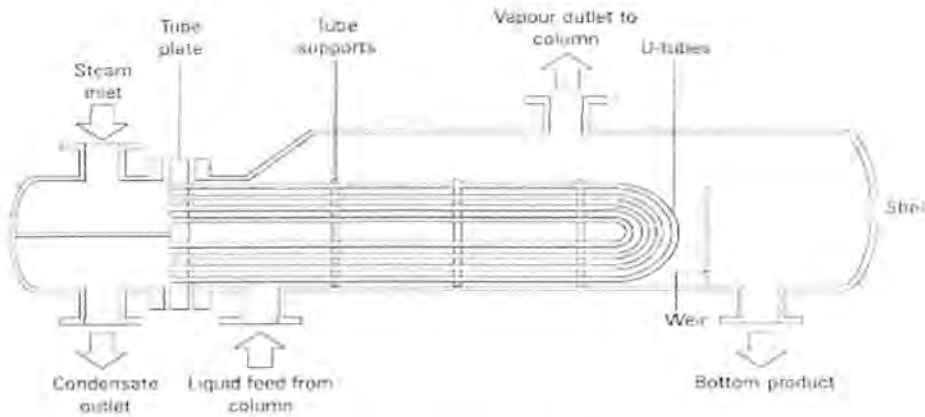
Suhu masuk dan keluar kedua jenis fluida diatur sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.2 Heat Exchanger

5. Reboiler

Alat penukar kalor ini bertujuan untuk medidihkan kalor kembali (*reboil*) serta menguapkan sebagian cairan yang diproses. Adapun media pemanas yang sering dipergunakan adalah uap atau zat panas yang sedang diproses itu sendiri. Hal ini dapat dilihat pada *distilasi*, *absorpsi*, dan *stripping*. Umumnya *reboiler* itu dipasang pada bagian bawah dari *tower/colom distilasi* penyulingan minyak. Pada gambar 2.1 diperlihatkan sebuah *reboiler*, dalam mempergunakan minyak (665°F) sebagai media penguap, minyak tersebut akan keluar dari *boiler* dengan suhu 530°F . Minyak mengalir di dalam pipa dan media yang akan diuapkan kembali (*reboil*) berada di luar pipa (*shell side*). Media yang akan diuapkan tersebut (*isobutan cair*), masuk pada suhu 195°F dan keluar pada suhu 200°F , selama di dalam *reboiler* terjadi penguapan *isobutan*.



Gambar 2.3 Reboiler

6. Heater

Alat penukar kalor ini bertujuan memanaskan (menaikkan suhu) suatu proses fluida. Umumnya zat pemanas yang dipergunakan adalah uap atau fluida panas lain. Contohnya *heater* (pemanas) pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap dimana sebagian uap dicerat (*extretion turbine*) dimasukkan ke dalam *heater* air pengisi ketel. Di sini uap yang dicerat itu *sensible heat* sehingga menjadi *kondensat*.

7. Superheater

Alat penukar kalor ini dipergunakan untuk mengubah uap basah (*saturated steam*) pada pembangkit uap, menjadi uap kering (*super heated steam*). Proses ini terjadi dalam ketel sendiri, sebab *superheater* itu terjadi dalam ketelnya. Proses pemindahan panas yang terjadi bisa secara konveksi dan radiasi. Uap basah berada di dalam pipa dan gas pemanas berada di luar pipa. Kedua jenis *superheater* ini mempunyai karakteristik yang berbeda. Biasanya yang dipergunakan adalah panas yang diperoleh dari pembakaran bahan bakar dari dapur ketel atau panas gas asap pembakaran.

8. *Evaporator*

Alat penukar kalor ini digunakan untuk menguapkan cairan yang ada pada larutan, sehingga dari suatu larutan diperoleh larutan yang lebih pekat (*thick liquor*). Media pemanas yang dipergunakan adalah uap dengan tekanan rendah, sebab yang dimanfaatkan adalah (*latent heat*), yaitu mengubah fase uap menjadi fase air. Banyak jenis *evaporator* yang umum dipergunakan seperti *evaporator* sirkulasi bebas (alami), *evaporator* sirkulasi paksa, *evaporator* efek tunggal, *evaporator* efek ganda dan lain-lain.

9. *Ekonomizer*

Ekonomizer atau pemanas air pengisi ketel bertujuan untuk menaikkan suhu air pengisi ketel (*feed water*) sebelum air masuk ke dalam *drum* uap. Maksud pemanasan itu adalah untuk meringankan beban ketel. Konstruksinya berdiri dari pipa-pipa yang disusun sedemikian rupa, airnya beda di dalam pipa dan pemanasnya berada di luar pipa. Perpindahan panas terjadi secara konveksi dan konduksi media pemanas adalah pembakaran gas asap hasil pembakaran bahan bakar dalam dapur ketel.

B. *Pass* atau Lintasan pada Alat Penukar Kalor

Pass dalam alat penukar kalor ialah lintasan yang dilakukan oleh fluida di dalam *shell* atau dalam *tube bundle*. *Pass shell* ialah lintasan yang dilakukan oleh fluida sejak masuk mulai saluran masuk (*inlet nozzle*), melewati bagian dalam *shell* dan mengelilingi *tube*, keluar dari saluran buang (*outlet nozzle*). Apabila lintasan itu

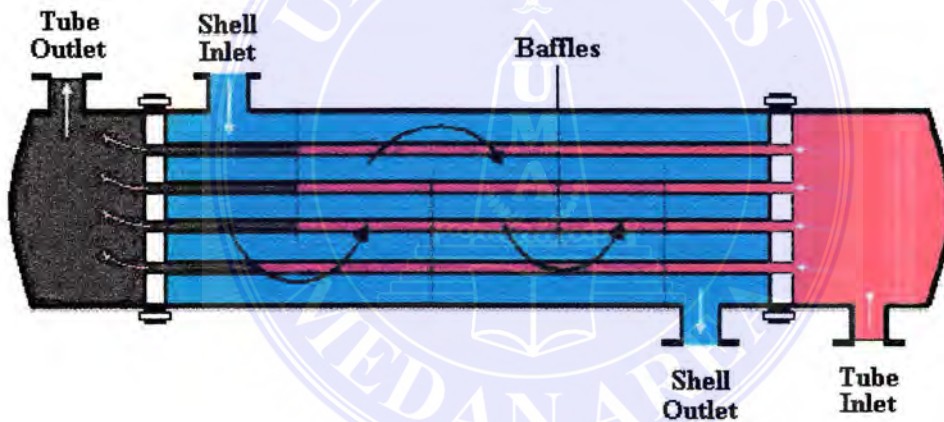
dilakukan 1 kali maka disebut 1 *pass shell*, kalau terjadi 2 kali atau n kali melintasi bagian dalam *shell* serta melewati *tube*, disebut 2 atau n *pass shell*.

Dikenal dua jenis lintasan alat penukar kalor, yaitu:

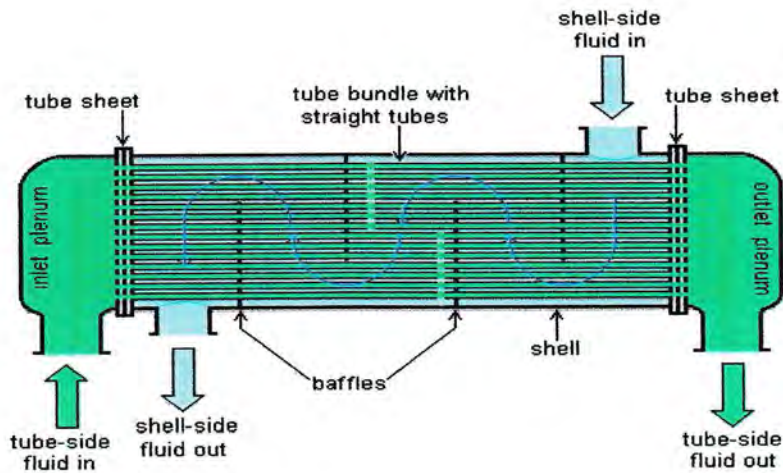
1. *Shell pass* atau lintasan *shell*
2. *Tube pass* atau lintasan *tube*.

1. Alat Penukar Kalor 1-1 Pass

Alat penukar kalor (APK) 1-1 *pass* itu adalah aliran fluida yang mengalir *shell* 1 *pass* dan aliran fluida yang mengalir dalam *tube pass* juga. Secara sederhana konstruksinya sebagai berikut:



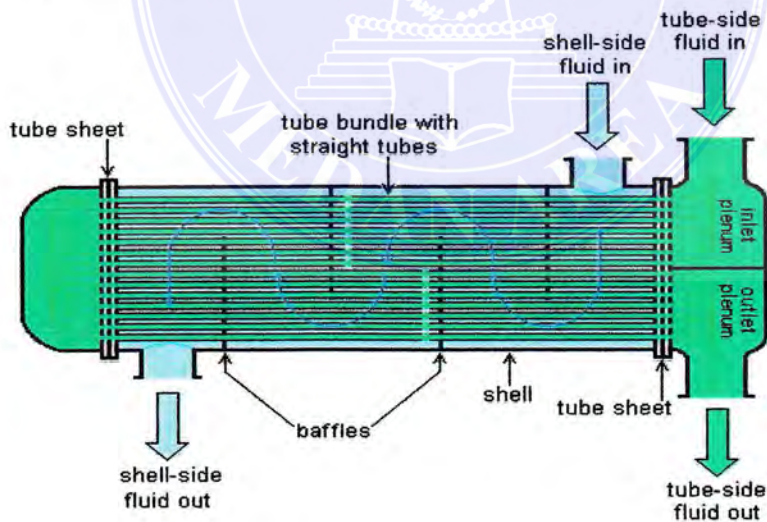
Gambar 2.4 Alat Penukar Kalor 1-1 Pass



Gambar 2.5 Alat Penukar Kalor 1-1 Pass

2. Alat Penukar Kalor 1-2 Pass

Alat penukar kalor (APK) 1-2 *pass* itu adalah aliran fluida yang mengalir *shell 2 pass* dan aliran fluida yang mengalir dalam *tube pass* juga. Secara sederhana konstruksinya sebagai berikut:



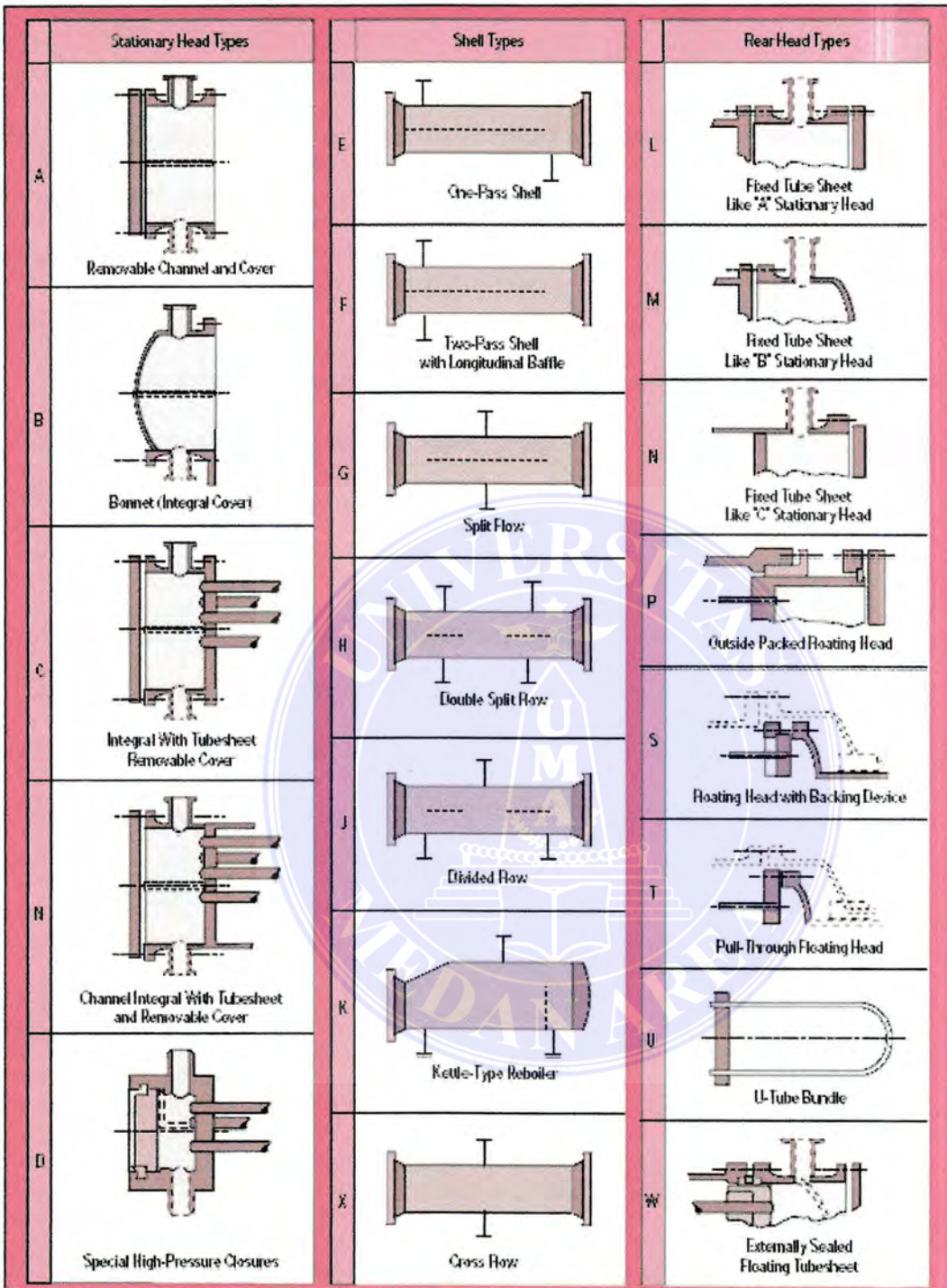
Gambar 2.6 Alat Penukar Kalor 1-2 Pass

C. Konstruksi Alat Penukar Kalor

Ditinjau dari konstruksi dari alat penukar kalor jenis shell and tube, maka secara umum dapat dikatakan sebagai berikut:

1. Bagian depan yang tetap atau *Front Head Stationary Head*
2. Bagian badan alat penukar kalor atau *Shell*
3. Bagian ujung belakang atau *Rear end Head*
4. Berkas *tube* atau *tube-bundle*. Kumpulan *tube* yang dimasukkan kedalam *tube* alat penukar kalor.

Didalam TEMA (*Tubuler Exchanger Manufacture Asociation*) standar, masing-masing bagian tersebut (kecuali nomor 3) telah diberi kode masing-masing dengan mempergunakan huruf. Bagian depan yang tetap terdiri dari 4 tipe yaitu: tipe A, B, C dan D. bagian badan APK terdiri dari 6 tipe, yaitu: E, F, G, H, J dan K. Bagian ujung belakang APK dibuat 8 tipe, yaitu: L, M, N, P, S, T, U dan W. Ketiga bagian itu dapat dilihat pada gambar 2.7.



Source:

CHEMICAL ENGINEERING PROGRESS • FEBRUARY 1988

Gambar 2.7 Alat Penukar Kalor

UNIVERSITAS MEDAN AREA

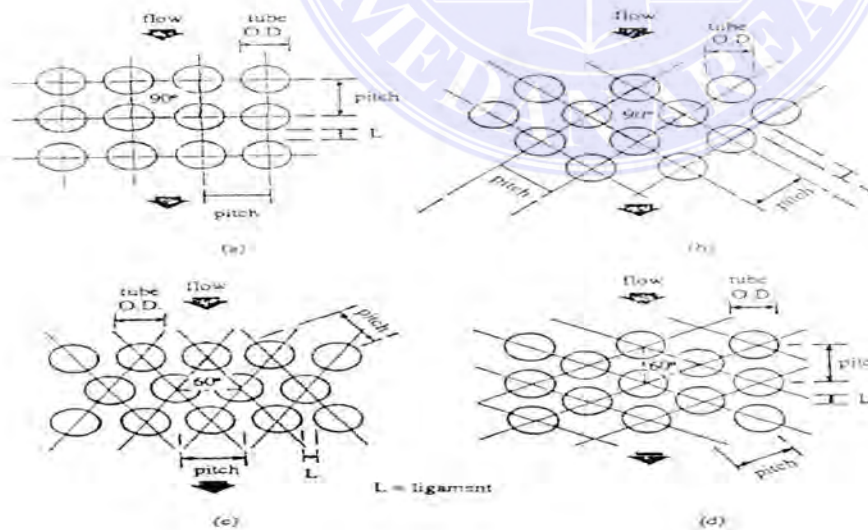
© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

D. Susunan dari Tipe Tube

Kemampuan melepas atau menerima panas suatu alat penukar kalor dipenuhi oleh besarnya luas permukaan (*heating surface*). Besarnya luas permukaan itu tergantung dari panjang, ukuran dan jumlah *tube* yang dipergunakan pada alat penukar kalor itu.

Susunan *tube* itu mempengaruhi besarnya penurunan tekanan aliran fluida dalam *shell*. Susunan *tube* alat penukar kalor yakni:

- (a) Tube dengan susunan bujursangkar (*in-line square pitch*)
- (b) Tube dengan susunan belah ketupat, atau bnetuk bujur sangkar yang diputar 45⁰ (*diamond square pitch*).
- (c) Tube dengan susunan segitiga (*triangular pitch*)
- (d) Tube dengan susunan segitiga diputar 30⁰ (*rotate triangular* atau *in-line triangular pitch*)



Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada pemilihan susunan *tube* alat penukar kalor ialah:

1. Besarnya penurunan tekanan (*pressure drop*) yang terjadi
2. Aliran fluida luar *tube*, laminar atau *turbulent*
3. *Fouling* atau *non-fouling* fluida yang mengalir di luar *tube*
4. Cara yang dilakukan untuk pembersihan bagian luar *tube* secara mekanikal (*mechanical cleaning*).

E. *Shell*

Shell adalah bagian tengah alat penukar kalor dan merupakan rumah untuk bundle pipa. Antara *shell* dan *bundle tube* terdapat fluida yang menerima atau melepaskan panas, sesuai dengan proses yang terjadi.

Secara umum *shell* alat penukar kalor ada beberapa macam yaitu:

1. *Shell* dengan aliran satu *pass*, tipe E
2. *Shell* dengan aliran dua *pass* dan sekat longitudinal, tipe F
3. *Shell* dengan aliran terpisah (*split flow*), tipe G
4. *Shell* dengan aliran diganda (*double split flow*), tipe H
5. *Shell* dengan aliran yang dibagi (*divided flow*), tipe J
6. *Shell* tipe ceret (*kettle tube*), tipe K.

Jenis *shell* yang banyak digunakan adalah jenis satu *pass*. *Shell* dua *pass* dipergunakan apabila perbedaan temperatur pada *shell and tube* (*temperature driving force*) tidak dapat diatasi pada jenis *satu pass*.

Pertimbangan untuk memilih yang di belah dan aliran yang dibagi (*split and divided flow*) ialah aliran untuk mengurangi penurunan tekanan (*pressure drop*) sisi *shell*, sebab *pressure drop* merupakan faktor kontrol pada perencanaan dan operasi alat penukar kalor.



Gambar 2.8 *Shell* Alat Penukar Kalor

Ada tiga jenis bentuk *shell*, tergantung dengan pelat *tube* (*tube sheet*), yaitu:

1. *Shell* dengan pelat *tube* tetap (*fixed tube sheet*)
2. *Shell* dengan pelat *tube* yang bisa dilepas (*removable tube sheet*)
3. *Shell* dengan pelat *tube* tetap atau yang bisa dilepas (*fixed or removable tube sheet*)

F. *Tube*

Tube dapat dikatakan sebagai urat nadi alat penukar kalor. Di dalam dan di luar *tube* mengalir fluida. Fluida dingin (udara) mengalir didalam *tube* dan fluida panas (air panas) mengalir di bagian luar *tube*. Fluida udara dan fluida air mempunyai kapasitas, temperatur, tekanan, *density* serta berat jenis yang berbeda.

Tube berfungsi sebagai pemisah antara fluida dingin dan fluida panas agar tidak berhubungan secara langsung.

Tube juga harus mampu memindahkan fluida panas antara fluida dalam pipa dengan di luar pipa. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi adalah:

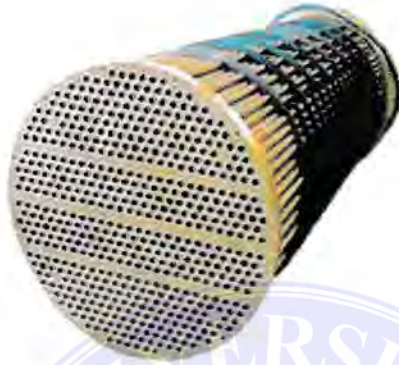
1. Kemampuan memindahkan panas yang tinggi
2. Daya tahan terhadap panas
3. Daya tahan terhadap korosi
4. Daya tahan terhadap erosi
5. Mampu untuk dibentuk dengan proses dingin atau panas
6. Mempunyai sifat *plastis* yang baik.

Jenis bahan yang dipergunakan untuk pipa antara lain; baja karbon, baja campuran rendah, baja campuran tinggi, baja nikel dan baja campuran nikel, aluminium dan campuran aluminium, tembaga dan campuran tembaga dan lain-lain.

Pemilihan jenis bahan dan ukuran pipa didasarkan pada:

1. Besarnya aliran fluida
2. Temperatur
3. Tekanan
4. *corossive* atau tidak
5. Sistem serta periode pemeliharaan
6. *Fouling* atau Tidak

Pemilihan yang menyangkut tube antara lain ialah : jenis bahan tube yang sesuai dengan suhu, tekanan dari sifat korosi fluida yang mengalir, ukuran tube menyangkut diameter dan panjangnya. Ukuran tube biasanya berkisar antara 0,5 sampai 2 inch.



Gambar 2.9 Tube Alat Penukar Kalor

G. Baffle

Baffle atau sekat yang dipasang pada alat penukar kalor mempunyai beberapa fungsi yaitu:

1. Struktur untuk menahan tube-bundle
2. *Damper* untuk menahan atau mencegah terjadinya getaran (*vibration*) pada *tube*
3. Sebagai alat untuk mengontrol dan mengarahkan aliran fluida yang mengalir di luar (*tube shell side*).

Ditinjau dari konstruksi, sekat ini dapat diklasifikasikan yaitu:

1. Sekat pelat yang berbentuk segment (*segmental baffle plate*)
2. Sekat batang (*rot baffles*)
3. Sekat mendatar (*longitudinal baffles*)
4. Sekat impingement (*impingemens baffles*).

Secara teoritis, *baffle* yang dipasang terlalu berdekatan akan meningkatkan perpindahan panas yang terjadi di antara kedua fluida, namun hambatannya yang terjadi pada aliran yang melalui celah antara *baffle* besar sehingga penurunan tekanan menjadi besar. Sedangkan jika *baffle* dipasang berjauhan penurunan tekanan yang terjadi akan kecil, namun perpindahan panas yang terjadi kurang baik dan timbul kerusakan pipa-pipa karena melengkung atau *vibrasi*.

H. Perhitungan Alat Penukar kalor

1. Perhitungan Luas Bidang Panas (A)

Luas bidang pemanas dapat dihitung perpindahan kalor yang diterima oleh fluida gas :

$$Q = U.A. \Delta T_{LMTD} \dots\dots\dots (Liemhard, hal 116)$$

Dengan:

Q = Kalor

U = Koefisien pindah panas menyeluruh

A = Luas bidang pemanas

ΔT_{LMTD} = Beda temperatur rata-rata logaritma

Sehingga luas bidang pemanas adalah:

$$A = \frac{Q}{U \cdot \Delta T_{LMTD}} \dots\dots\dots (Liemhard, hal 116)$$

Dimana:

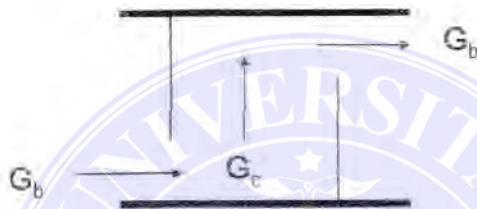
U = Koefisien pindah panas menyeluruh

ΔT_{LMTD} = Beda temperatur rata-rata logaritma

$$\Delta T_{LMTD} = \frac{(T_{h,i} - T_{c,o}) - (T_{h,o} - T_{c,o})}{\ln \left(\frac{T_{h,i} - T_{c,o}}{T_{h,o} - T_{c,o}} \right)}$$

2. Aliran dalam Shell

Pada gambar di bawah ini dapat kita lihat bahwa kecepatan yang mengalir pada sisi *shell* adalah kecepatan massa longitudinal.



Gambar 2.10 Aliran dalam Shell

Kecepatan massa longitudinal (GL) dapat dihitung dengan rumus:

$$GL = \frac{m_c}{As}$$

Menurut Janna (2004), aliran pada sisi *shell* dapat ditentukan berdasarkan Reynold number:

$$Re = \frac{m_c \cdot D_e}{\mu \cdot As} = \frac{G_L \cdot D_e}{\mu}$$

Dimana D_e adalah diameter ekuivalen susunan segiempat

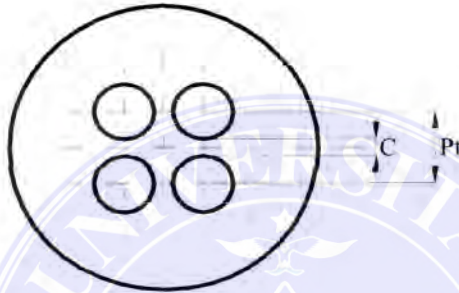
$$D_e = \frac{4(P_T^2 - \pi d_0^2 / 4)}{\pi d_0}$$

Dimana:

D_e = Diameter equivalent

P_t = Jarak *pitch tube*

μ = *viskositas dinamik*



Gambar 2.11 Susunan *Tube* dalam *Shell*

$$A_S = \frac{D_s \cdot C \cdot L_B}{P_t}$$

Dimana:

C = $P_t - d_p$ (Jarak antar dua permukaan *Tube clearance*)

L_B = Jarak antara *baffle*

P_t = Jarak antara dua pusat *tube*

Bilangan Nusselt number pada sisi *shell* dapat dihitung dengan persamaan:

$$Nu = \frac{H_{o,De}}{hs} = 0,36 Re^{0,55} Pr^{0,33}$$

$$Nu = 1,86 \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot De}{L} \right)^{0,33}$$

3. Analisa pada Sisi Tube

Menurut Janna Re pada *tube* dapat dihitung dengan persamaan:

$$Re = \frac{4 \cdot m_h}{N_t \cdot \pi d_i \cdot \mu} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

- N_t = Jumlah *tube*
- m_h = Laju aliran massa sisi *tube*
- d_i = Diameter dalam *tube*
- μ = viskositas dinamik

Sedangkan Nusselt Number di dalam *tube* dapat dihitung dengan persamaan:

- Aliran Laminar $Re < 2200$

$$Nu_t = 1,86 \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot d_i}{L} \right)^{0,33}$$

- Aliran Turbulen $Re > 10000$

$$Nu_t = 0,023 Re^{4/5} Pr^n$$

Dimana :

- $n = 0,4$ jika fluida sebagai pemanas
- $n = 0,3$ jika fluida sebagai pendingin
- $0,7 < Pr = V/\alpha < 160$ dan $L/D > 60$

4. Koefisien Pindah Panas Menyeluruh

Koefisien perpindahan kalor menyeluruh (*overall heat-transfer coefficient*)

dimana perpindahan kalor melalui dinding bidang datar dinyatakan oleh:

$$U = \frac{1}{\frac{d_o}{d_o \cdot h_c} + \frac{d_o \cdot \ln\left(\frac{d_o}{d_i}\right)}{2kt} + \frac{1}{h_h}} \dots\dots\dots \text{(Incorpore \& De Witt, hal 92)}$$

5. Efektivitas Alat Penukar Kalor

Efektivitas alat penukar kalor merupakan salah satu hal yang lebih penting dalam perhitungan APK. Hal ini disebabkan efektivitas APK merupakan pencerminan untuk kerja termal sebuah APK. Cengel (2003) memberikan efektivitas APK didefinisikan sebagai perbandingan antara laju perpindahan kalor nyata dan laju perpindahan kalor maksimum.

Efektivitas suatu alat penukar kalor (*heat exchanger*) didefinisikan sebagai perbandingan antara suatu perpindahan kalor yang diharapkan (nyata) dengan perpindahan kalor maksimum yang mungkin terjadi dalam APK tersebut.

$$\varepsilon = \frac{\varphi \text{ nyata}}{\varphi \text{ maksimum}} = \frac{C_h (T_{h,i} - T_{h,o})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} = \frac{C_c (T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})}$$

Dimana:

$$C_h = m_h \cdot C_{p_h}$$

$$C_c = m_c \cdot C_{p_c}$$

Perpindahan kalor yang diharapkan dalam analisa efektivitas APK ini adalah perpindahan kalor yang diterima air :

$$\Phi = U_i \cdot A_o \cdot \Delta T_m = m_h C_{p_h} (T_{h_i} - T_{h_o}) = m_c C_{p_c} (T_{c_i} - T_{c_o})$$

Sedangkan perpindahan kalor maksimum yang mungkin terjadi dalam APK ditentukan sebagai berikut:

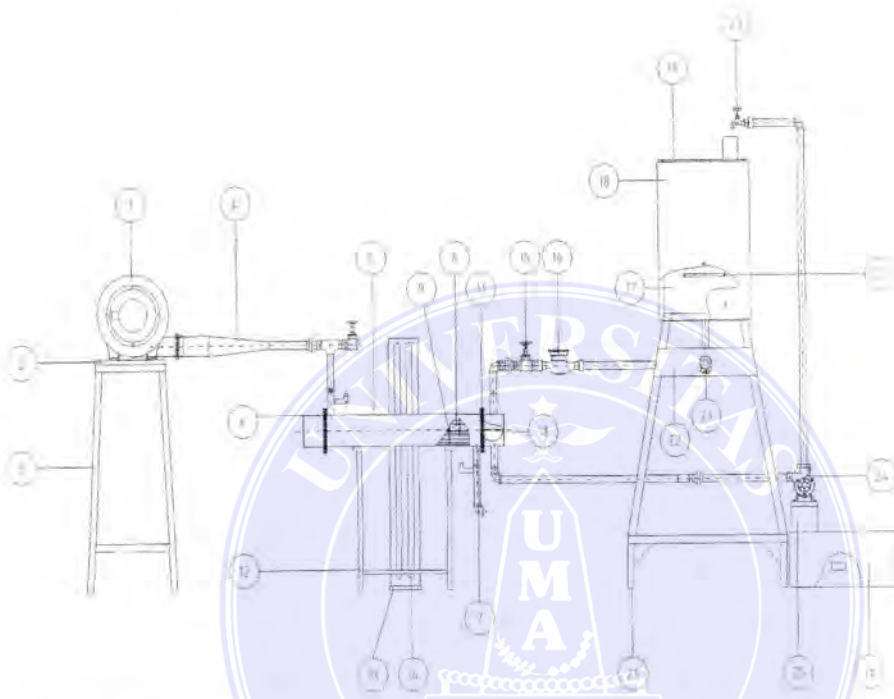
1. Jika $(m \cdot Cp)_{dingin} > (mCp)_{panas} = \varphi_{maks} = (m \cdot Cp)_{panas} (T_{h_i} - T_{c_i})$
2. Jika $(m \cdot Cp)_{dingin} < (m \cdot Cp)_{panas}$



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Konstruksi Alat



Gambar 3.1 Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* untuk Oven Pengering

Keterangan gambar:

1. *Blower*
2. *Dudukan blower*
3. *Kaki blower*
4. *Corong*
5. *Alat penukar kalor*
6. *Intel Shell*
7. *Outlet Shell*
8. *Tube*
9. *Baffle Cut*
10. *Baffle Header*
11. *Ring*
12. *Kaki APK*
13. *Kaki Alat Ukur Tekanan*
14. *Alat Ukur Tekanan*
15. *Stop Kran*
16. *Meteran air*

- | | |
|------------------------------|-------------------|
| 17. Bak air | 23. Kran air |
| 18. Pelapis bak air | 24. Pompa air |
| 19. Tutup bak air | 25. Dudukan pompa |
| 20. Kaki bak air | 26. Ember |
| 21. <i>Termostat</i> | 27. <i>Heater</i> |
| 22. Dudukan <i>termostat</i> | |

B. Prinsip Kerja Alat

Adapun prinsip kerja Alat Penukar Kalor *Shell and Tube* adalah:

1. Fluida gas (udara) dialirkan melalui sebuah blower dan masuk ke dalam alat penukar kalor yang laju alirannya dapat diatur dengan sebuah stop kran.
2. Udara mengalir melalui *baffle-baffle* yang terdapat di dalam *shell*, kemudian akan keluar melalui *outlet shell* atau ke pengeringan.
3. Selama udara mengalir melewati *baffle-baffle*, air panas dari bak penampung yang telah dipanaskan dengan heater yang suhunya diatur dengan *termostat* mengalir melalui *inlet tube* dan diteruskan melalui *tube-tube* yang telah diaturuduknya sedemikian rupa. Volume air yang menalir hanya sebagiand ari *Rear head* dikarenakan adanya plat pembagi.
4. Panas yang berasal dari Bak penampung akan mengalami proses perpindahan kalor secara konduksi terhadap *tube-tube*, kemudian kalor akan mengalami proses konduksi terhadap udara yang berasal dari dalam *shell*.
5. Kalor yang telah mengalami proses konveksi udara, akan menyebabkan temperatur.

6. Air yang telah keluar dari *tube-tube* akan keluar ke *stationary head* dan masuk kembali ke dalam *tube* yang bagian bawah dan air ini diteruskan ke *outlet tube* dan diteruskan ke pompa. Sebelum masuk ke pompa air didinginkan dengan air aquarium.
7. Air yang telah didinginkan diangkat ke tempat bak penampung sehingga terjadi sirkulasi terus menerus.

C. Perhitungan Rancangan Alat Penukar Kalor

Rancangan Alat Penukar Kalor

Untuk merancang alat penukar kalor yang diperlukan data-data yang dipilih dan ditetapkan adalah:

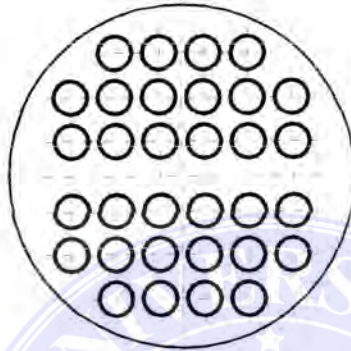
- Suhu air masuk, T_{hi} = 80°C (ditetapkan)
- Suhu udara masuk, T_{ci} = 32°C (ditetapkan)
- Suhu udara keluar, T_{co} = 60°C (ditetapkan)
- Laju aliran air = $0,21 \text{ kg/s}$
- Laju aliran udara = $0,08 \text{ kg/s}$
- Diameter dalam *shell*, D_s = $0,113 \text{ m}$ (ditetapkan)
- Diameter luar *tube*, d_o = $12,7 \text{ mm}$
- Diameter dalam *tube*, d_i = $11,7 \text{ mm}$
- Pitch, $P_t = 1,45474 \times d_o = 1,338 \times 12,7 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$
- Jumlah *tube*, N_t :

$$N_t = 0,785 \left(\frac{CTP}{CL} \right) \times \frac{D_s^2}{(PR)^2 \times d_o^2}$$

$$= 0,785 \times \left(\frac{0,9}{1,0}\right) \times \frac{(0,133)^2}{\left(\frac{18}{12,7}\right)^2 \times (0,0127)^2}$$

$$= 38,57$$

$$= 32 \text{ (ditetapkan)}$$



Gambar 3.2 Jumlah Tube dalam Shell

Tebal *baffle* = 3 mm (dipilih)

Jumlah laluan *tube*, N_p = 2 laluan

Susunan *tube* = Segi empat

Sifat-sifat udara :

Temperatur udara rata-rata, T_u :

$$T_u = \frac{T_{ci} + T_{co}}{2} = \frac{32 + 60}{2} = 46^{\circ}C$$

Dari tabel udara diperoleh:

Sifat-sifat fluida udara pada temperatur udara rata-rata $T_c = 46^{\circ}C$

Tabel 3.1 Sifat-sifat Fluida Udara

$T(^{\circ}\text{C})$	$C_p(\text{J/kgK})$	$\rho(\text{Kg/m}^3)$	$\mu(\text{Kg/m.s})$	$k(\text{mK})$	Pr
45	1007	1,109	0,0000194	0,02699	0,724
46	1007	1,1056	0,000019454	0,027062	0,72384
50	1007	1,092	0,0000196	0,02735	0,7228

Kalori udara:

$$\begin{aligned}
 Q_c &= m_c \cdot C_p (T_{hi} - T_{ho}) \\
 &= 0,08 \times 1007 (60 - 32) \\
 &= 2255,68 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Suhu air keluar, $T_{ho} = 72^{\circ}\text{C}$ (misal)

Temperatur air rata-rata, T_h :

$$T_a = \frac{T_{hi} + T_{ho}}{2} = \frac{80 + 72}{2} = 76^{\circ}\text{C}$$

Panas jenis air pada $T_a = 76^{\circ}\text{C}$ adalah: $C_{pa} = 4194.85 \text{ J/Kg K}$

Temperatur air keluar,

$$\begin{aligned}
 T_h &= T_{hi} - \frac{Q_c}{m_h \times C_{ph}} \\
 &= 80 - \frac{2255,68}{0,21 \times 4194,2} \\
 &= 77,75912^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Harga temperatur air keluar yang baru tidak sama dengan meisalan, sehingga diperlukan iterasi untuk mencari temperatur air keluar yang sebenarnya dan hasilnya seperti pada tabel

Tabel 3.2 Iterasi Temperatur Air

Iterasi	T _{am} (°C)	T _{ak} (°C)	T _{rata-rata} (°C)	C _p air J/kgK)
1	80	77,43900307	78,719502	4196,103651
2	80	77,44016492	78,720082	4196,104058
3	80	77,44016517	78,720083	4196,104058
4	80	77,44016517	78,720083	4196,104058
5	80	77,44016517	78,720083	4196,104058
6	80	77,44016517	78,720083	4196,104058

Temperatur air keluar sebenarnya diperoleh dari tabel di atas = 77,44016517 °C.

Sifat-sifat fluida air pada temperatur air rata-rata sebesar 78,720083 °C adalah:

Tabel 3.3 Sifat-sifat Fluida Air

T(°C)	C _p (J/kgK)	ρ (Kg/m ³)	μ (Pa.s)	k (W/mK)	Pr
70	4190	977,5	0,0000404	0,663	2,55
78,720083	4196,104	972,5296	0,00036127	0,6691	2,622
80	4197	971,8	0,000355	0,67	2,22

Beda suhu rata-rata logaritma:

$$\Delta T_{RL} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} = \frac{20 - 45,4402}{\ln\left(\frac{20}{45,4402}\right)} = 30,99948^{\circ}\text{C}$$

Koefisien Perpindahan panas pada *tube*, h_i

Bilangan reynold:

$$\begin{aligned} Re_i &= \frac{4m_a}{\pi \times Di \times \mu} \\ &= \frac{4 \times 0,21}{3,14 \times 0,00036127 \times 0,0117 \times 33} \\ &= 1977,78 \end{aligned}$$

Bilangan Nusselts:

$$Nu_i = 1,86 \left(\frac{Re \cdot Pr \cdot di}{L} \right)^{0,333}$$

Panjang *tube* (L) sementara = $10 \times 0,141 = 1,41$ m

$$\begin{aligned} Nu_i &= 1,86 \left(\frac{1917,86 \times 2,262 \times 0,0117}{0,81} \right)^{0,333} \\ &= 6,1975 \end{aligned}$$

Koefisien Perpindahan Panas pada *shell*, H_i

Diameter ekivalen:

$$De = \frac{4 \left[\frac{Pt^2 - \pi do}{4} \right]}{\pi \times do} = \frac{4 \left[\frac{(0,017)^2 - 3,14 \times (0,0127)^2}{4} \right]}{(0,0127)} = 0,016 \text{ m}$$

Luas aliran pada sisi *shell*:

$$\begin{aligned} As &= \frac{Ds \times (Pt - do) \times Lb}{Pt} \\ &= \frac{0,141 \times (0,017 - 0,0127) \times 0,1007}{0,017} = 0,00072 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Re_s &= \frac{m_u \times De}{\mu \times As} \\
 &= \frac{0,08 \times 0,016}{1,94547 \times 10^{-5} \times 0,00072} \\
 &= 92954,2499
 \end{aligned}$$

Bilangan Nusselt:

$$\begin{aligned}
 Nu &= 0,36 (Re)^{0,55} (Pr)^{0,33} \\
 &= 0,36 \times (91954,2499)^{0,55} (0,72384)^{0,33} \\
 &= 173,8545
 \end{aligned}$$

Koefisien Perpindahan panas pada *shell*, h_s

$$\begin{aligned}
 h_s &= \frac{Nu \times K_c}{De} \\
 &= \frac{173,8545 \times 0,0271}{0,016} \\
 &= 288,8464
 \end{aligned}$$

Koefisien Perpindahan Panas Total, U

$$\begin{aligned}
 U &= \frac{1}{\frac{Do}{Di} \times \frac{1}{h_t} + \frac{Do}{2K} \times \ln\left(\frac{Do}{Di}\right) + \frac{1}{h_s}} \\
 &= \frac{1}{\frac{12,7}{11,7} \times \frac{1}{354,43} + \frac{0,0127}{2 \times 384} \times \ln\left(\frac{12,7}{11,7}\right) + \frac{1}{288,8464}} \\
 &= 153,233
 \end{aligned}$$

Luas Perpindahan Panas total, A_t :

$$\begin{aligned} A_t &= \frac{Q_{udara}}{U \times \Delta T_{RL} \times F} \\ &= \frac{2255,68}{153,233 \times 30,99 \times 0,9} \\ &= 0,527629 \end{aligned}$$



Panjang tube, L :

$$\begin{aligned} L &= \frac{A_t}{\pi \times D_o \times N_t} \\ &= \frac{0,527629}{3,14 \times 0,0117 \times 31} \\ &= 0,422 \text{ m} \end{aligned}$$

Efektifitas alat penukar kalor tipe *shell and tube* 1-2 pass, ϵ :

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{\varphi \text{ nyata}}{\varphi \text{ maksimum}} = \frac{C_b (T_{h,i} - T_{h,o})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} = \frac{C_c (T_{c,o} - T_{c,i})}{C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})} \\ &= \frac{m_h \cdot C_{ph} (T_{h,i} - T_{h,o})}{m_c \cdot C_{pc} (T_{h,i} - T_{c,i})} \\ &= \frac{0,21 \cdot 4196 (80 - 77)}{0,08 \cdot 1007 (80 - 32)} \\ &= \frac{2643,48}{3866,88} \\ &= 0,683 \end{aligned}$$

$$\text{Maka } \epsilon = 68,3\%$$

Harga ini tidak sama dengan panjang *tube* sementara yaitu L sebesar 1,41 m. dengan metode iterasi diperoleh panjang *tube* sebenarnya adalah 0,7983 m seperti yang ditunjukkan pada tabel. Perancangan panjang *tube* adalah 0,78 m.

Tabel 3.4 Iterasi Panjang Tube

Iterasi	L	Lb	Ret	Nut	ht	As	Gt	Res	Nus	Hs	U	At
0	1.41	0.100714	1977.789	6.1974	354.426	0.00072	111.02	92954.25	17.38545	288.846	153.233	0.5276
1	0.4224	0.030172	1977.789	9.1255	521.875	0.00108	74.3439	61144.33	13.88291	197.736	140.085	0.7305
2	0.5848	0.041773	1977.789	8.1966	468.751	0.00149	53.698	44164.07	11.6084	165.34	119.544	0.856
3	0.6853	0.048951	1977.789	7.7786	444.853	0.00175	45.824	3768.81	10.6389	151.532	110.611	0.9251
4	0.7407	0.052904	1977.789	7.5819	433.597	0.00196	42.3999	34817.92	10.19404	145.195	106.473	0.9611
5	0.7694	0.05496	1977.789	7.4871	428.176	0.002	40.8138	33567.44	99.82505	142.182	104.497	0.9793
6	0.784	0.055999	1977.789	7.441	425.537	0.00202	40.0562	32944.33	98.80159	140.725	103.538	0.9883
7	0.7912	0.056518	1977.789	7.4184	424.245	0.00202	39.6888	32642.19	98.30218	140.013	103.07	0.995
8	0.7948	0.056774	1977.789	7.4073	423.611	0.00203	39.5094	3249.46	98.05747	139.665	102.841	0.9961
9	0.7966	0.056901	1977.789	7.4018	423.299	0.00203	39.4214	32422.24	97.93731	139.494	102.728	0.9967
10	0.7975	0.056963	1977.789	7.3992	423.146	0.00203	39.3782	3238.67	97.87825	139.41	102.673	0.9969
11	0.7979	0.056994	1977.789	7.3978	423.071	0.00203	39.3569	32369.23	97.84921	139.368	102.645	0.9971
12	0.7981	0.057009	1977.789	7.3972	423.034	0.00203	39.3465	32360.63	97.83492	139.348	102.632	0.9971
13	0.7983	0.057017	1977.789	7.3969	423.015	0.00203	39.3413	32356.41	97.8279	139.338	102.625	0.9972
14	0.7983	0.057017	1977.789	7.3967	423.006	0.00203	39.3388	32354.33	97.82444	139.333	102.622	0.9972

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 13/9/23

15	0.7983	0.057022	1977.789	7.3966	423.002	0.00203	39.3376	32353.31	97.82274	139.33	102.62	0.9972
16	0.7983	0.057023	1977.789	7.3966	423	0.00203	39.337	3235.28	97.8219	139.329	102.62	0.9972
17	0.7983	0.057023	1977.789	7.3966	422.999	0.00203	39.3367	32352.56	97.82149	139.329	102.619	0.9972
18	0.7983	0.057024	1977.789	7.3966	422.998	0.00203	39.3365	32352.43	97.82129	139.328	102.619	0.9972
19	0.7983	0.057024	1977.789	7.3966	422.998	0.00203	39.3364	32352.37	97.82119	1393.28	102.619	0.9972
20	0.7983	0.057024	1977.789	7.3966	422.998	0.00203	39.3364	32352.34	97.82114	139.328	102.619	0.9972

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 13/9/23

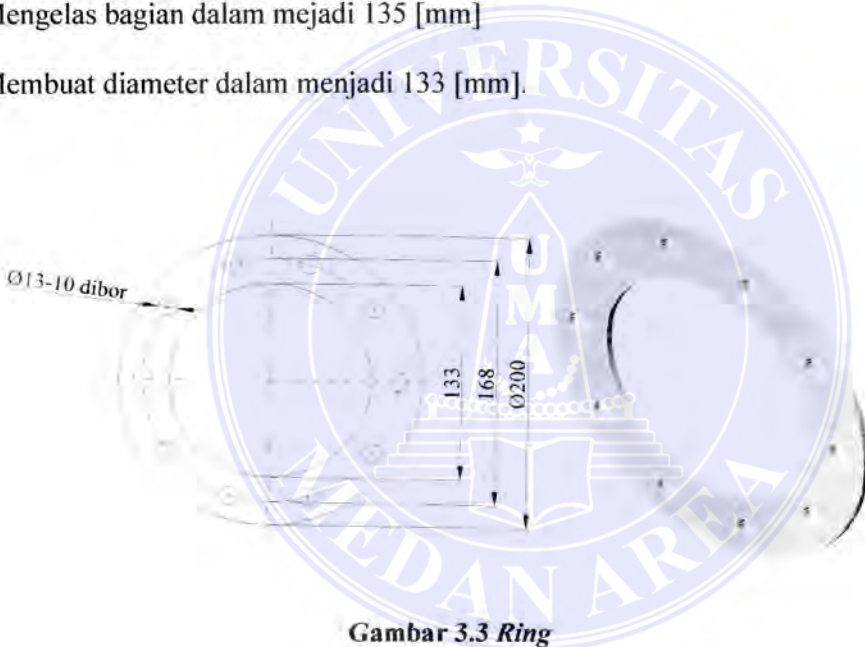
Access From (repository.uma.ac.id)13/9/23

D. Proses Pembuatan

1. Ring

Bahan yang digunakan adalah *stainless stell* dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal, panjang 204 [mm], lebar 204 [mm], tebal 4[mm] sebanyak 4 buah
- Membubut panjang *shell* menjadi dalam luar 200 [mm]
- Membor sebanyak 10 buah
- Mengelas bagian dalam mejadi 135 [mm]
- Membuat diameter dalam menjadi 133 [mm].



Gambar 3.3 Ring

2. Shell

Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell*: Dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal, diameter dalam pipa 133 [mm]
- Membuat panjang *shell* menjadi 780 [mm]

- c. *shell* digabung dengan *Ring* di sebelah sisi kanan dan kiri seperti pada gambar dengan menggunakan las.



Gambar 3.4 *Shell*

3. *Inlet Tube*

Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell* dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal diameter dalam pipa 28,5 [mm] dan panjang 138 [mm]
- Membubut panjang intel *tube* menjadi 30 [mm]
- Membuat ulir dengan panjang 30 [mm].

4. *Outlet Tube*

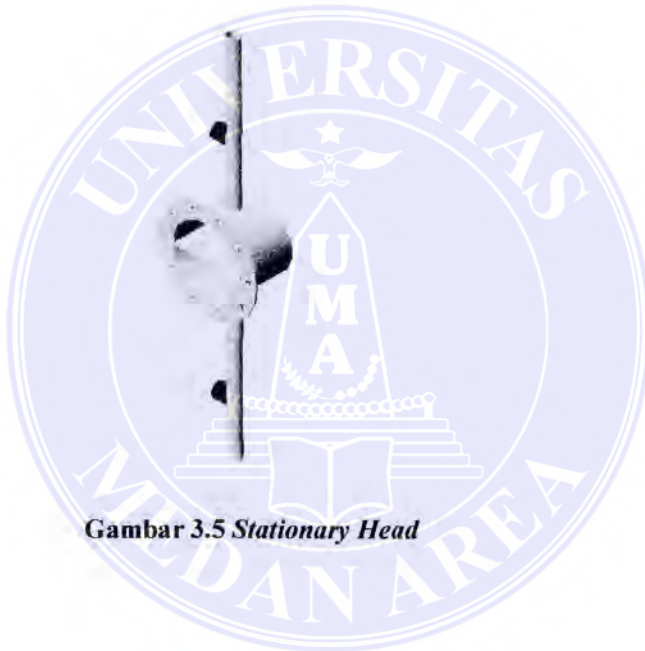
Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell*

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal diameter dalam pipa 28.5 [mm], panjang 104 [mm]
- Membubut panjang intel *tube* menjadi 190m]
- Membuat ulir dengan panjang 30 [mm].

5. *Stationary Head*

Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell* dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal diameter dalam pipa 133 [mm], panjang 104 [mm] dan tabel *Stationary head* [mm]
- Membubut panjang intel *tube* menjadi 100 [mm]
- Membor bagian tengah dengan bor tangan dan menjelaskan *intel tube*.
- Menggabungkan Ring dengan *Stationary head* dengan las.



Gambar 3.5 *Stationary Head*

6. *Inlet Shell*

Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell* dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal diameter dalam pipa 133 [mm], panjang 800 [mm] dan tabel *shell* 4 [mm]
- Membubut panjang *shell* menjadi 780 [mm].

7. Outlet Shell

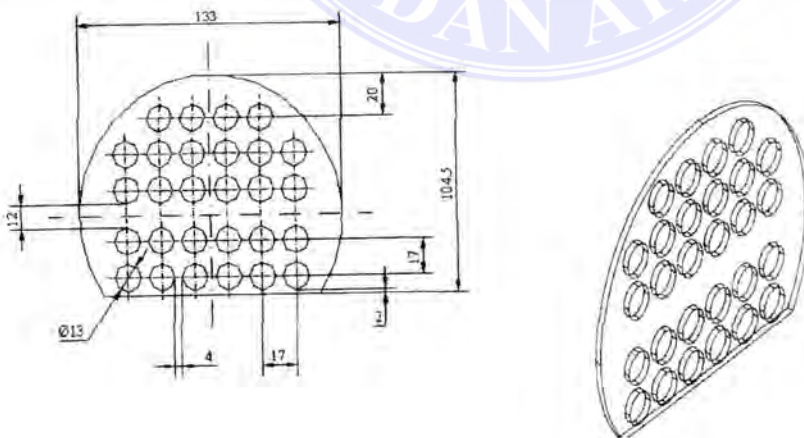
Bahan yang digunakan adalah *Stainless stell* dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal diameter dalam pipa 133 [mm], panjang 800 [mm] dan tabel *shell* 4 [mm]
- Membubut panjang *shell* menjadi 780 [mm].

8. Baffle Cut

Bahan yang digunakan adalah almunium dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal panjang 134 [mm], lebar 139 [mm] dan tabel 2 [mm] sebanyak 14 buah
- Membuat lubang-lubang pada bahan sebanyak 31 lubang dengan diameter lubang 13 [mm]
- Membubut bahan bagian luar dengan diameter luar 133 [mm]
- Memotong $\frac{1}{4}$ dari bahan sehingga tidak sepenuhnya membentuk lingkaran.

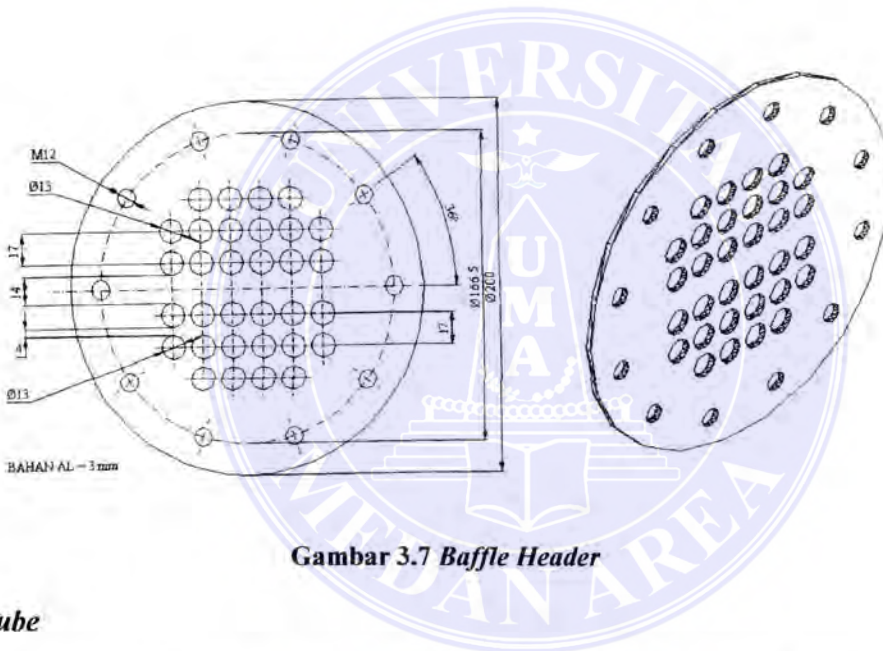


Gambar 3.6 Baffle

9. Baffle Header

Bahan yang digunakan adalah almunium dengan langkah kerja sebagai berikut:

- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal, panjang 202 [mm], lebar 202 [mm] dan tebal 2 [mm] sebanyak 4 buah
- Membuat lubang-lubang pada bahan sebanyak 31 lubang dengan diameter lubang 13 [mm]
- Membubut bahan bagian luar dengan diameter luar 200 [mm].



Gambar 3.7 Baffle Header

10. Tube

Bahan yang digunakan adalah tembaga dengan langkah kerja sebagai berikut:

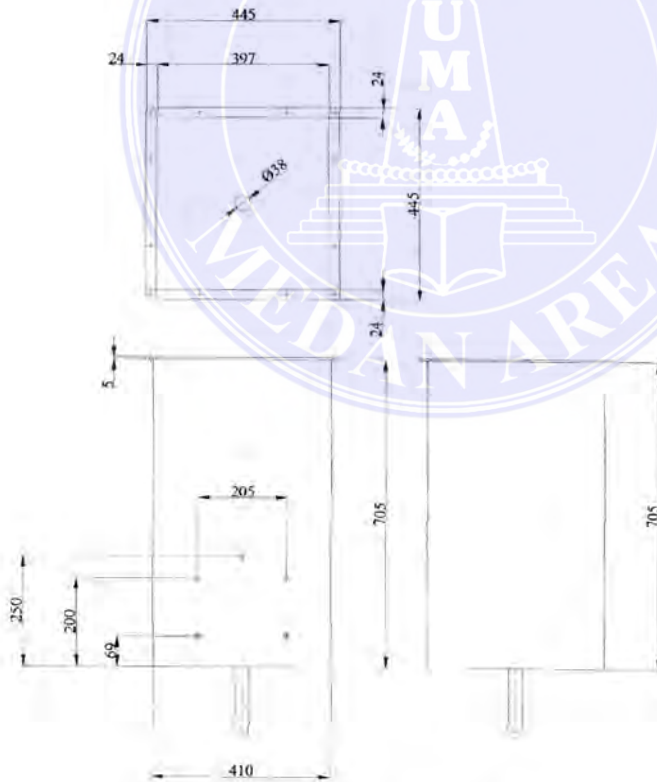
- Menyiapkan bahan dengan ukuran awal, panjang $\text{Ø } 12.7$ [mm] x 6 [m]
- Mengurangi ukuran dengan gergaji potong menjadi $\text{Ø } 12.7$ [mm] x 810 [mm] sebanyak 32 buah.

11. Wadah Air Panas

Dalam pembuatan wadah air panas diperlukan bahan plat ST 37 dengan ukuran awal 5 [mm] x 1200 [mm] x 6000 [mm].

Adapun proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Potong plat dengan ukuran:
 - a) 700 [mm] x 400 [mm] x 4 [mm], sebanyak 4 buah
 - b) 400 [mm] x 400 [mm] x 4 [mm], sebanyak 1 buah
 - c) 450 [mm] x 25 [mm] x 4 [mm], sebanyak 2 buah
 - d) 400 [mm] x 25 [mm] x 4 [mm], sebanyak 2 buah.
2. Semua profil L yang telah dipotong lalu di las sedemikian rupa seperti pada gambar.



Gambar: 3.8 Bak Air

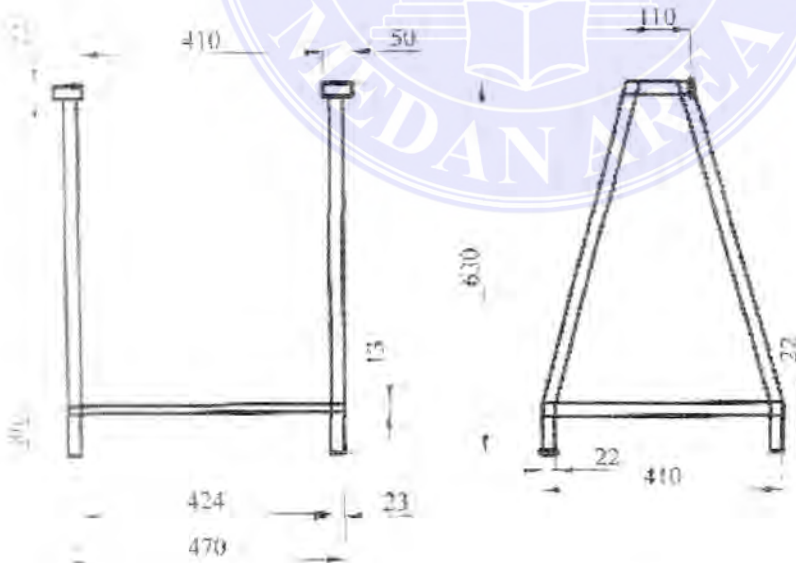
12. Kaki Alat Penukar Kalor

Dalam pembuatan kaki alat penukar kalor diperlukan bahan-bahan sebagai berikut:

- a. Profil L ST 37 6 [m] x 23 [mm] x 2 [mm], sebanyak 2 batang
- b. Baut dan mur M10 sebanyak

Adapun proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Potong profil L dengan ukuran:
 - a. 570 [mm] sebanyak 4 batang
 - b. 390 [mm] sebanyak 2 batang
 - c. 55 [mm] sebanyak 2 batang
 - d. 107 [mm] sebanyak 2 batang
 - e. 80 [mm] sebanyak 4 batang
2. Semua profil L yang telah dipotong lalu dilas sedemikian rupa seperti pada gambar.



Gambar: 3.9 Kaki Alat Penukar Kalor

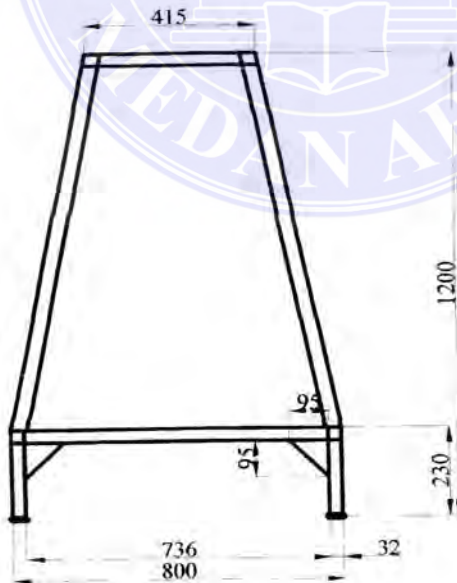
13. Kaki Bak Air

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan kaki wadah air panas adalah sebagai berikut:

- a. Profil L ST 37 6 [m] x 32 [mm] x 36 [mm] x 6 [m] sebanyak 2 batang
- b. Pelat ST 37 95 [mm] x 95 [mm] x 3 [mm] sebanyak 4 buah

Adapun proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

1. Potong profil L dengan ukuran:
 - a. 970 [mm] sebanyak 4 batang
 - b. 415 [mm] sebanyak 4 batang
 - c. 970 [mm] sebanyak 4 batang
 - d. 200 [mm] sebanyak 4 batang
2. Semua profil L yang telah dipotong lalu dilas sedemikian rupa seperti pada gambar.
3. Memotong plat dengan sisi diagonalnya lalu dilas sesuai dengan gambar.



Gambar: 3.10 Kaki Bak Air

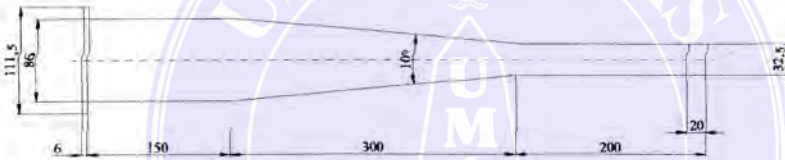
14. Corong

Bahan yang diperlukan dalam pembuatan corong adalah sebagai berikut:

- Pipa 1" x 200 [mm]
- Pipa 3" x 150 [mm]
- Plat St 37 dengan ukuran 1000 [mm] x 1000 [mm] x 4 [mm]

Adapun proses pembuatannya adalah sebagai berikut:

- Plat ST 37 ditebuk dengan mesin bending dengan diameter depan 3" dan diameter belakang 1".
- Plat yang ditebuk kemudian dilas dengan pipa 1" dan 3" sesuai seperti gambar



Gambar: 3.11 Corong

E. Analisa Biaya

Titik impas (*break event point*) atau titik pulang pokok merupakan titik yang jumlah hasilnya penjualannya (dalam rupiah) sama dengan jumlah biaya yang dikeluarkan, dengan kata lain, tujuan dari pembahasan masalah ini adalah untuk mengetahui seberapa jauh kemungkinan penggunaan alat penukar kalor *shell and tube 1-2 pass shell* untuk pengering ini ditinjau dari segi ekonomisnya. Hal ini digambarkan dengan perpotongan garis penjualan (*revenue*) dengan garis biaya total. Dengan acuan ini, perubahan hasil haruslah berusaha untuk beroperasi di atas titik impas tersebut untuk memperoleh laba yang diharapkan. Dengan demikian, apabila

suatu produk diharapkan mencapai target laba tertentu, maka perlu diusahakan produk tersebut dapat berada di atas titik impas.

Untuk membuat analisa titik impas, maka beberapa asumsi dapatlah dipakai.

Asumsi ini sebenarnya menunjukkan beberapa keterbatasan dari analisa titik impas.

Beberapa asumsi atau tanggapan itu adalah:

1. Berdasarkan dua macam biaya, yaitu biaya tetap (*fix cost*) dan biaya berubah (*variable cost*)
2. Biaya variabel per unit tidak berubah
3. Harga jual per unit tidak berubah pada volume penjualan beberapapun.

Analisa hanyalah untuk satu macam produk (*mix product*) yang konstan.

1. Biaya Tetap (*fix cost*)

Biaya tetap merupakan biaya yang besarnya relatif tidak berubah atau tidak tergantung pada biaya produksi, atau tingkat aktifitas yang dilakukan. Biaya ini dikeluarkan meskipun tidak menghasilkan produk sama sekali. Walaupun demikian, tidak selamanya biaya-biaya yang termasuk sebagian biaya tetap tersebut tidak berubah, terutama dalam jangka waktu yang panjang.

2. Biaya Bahan Jadi

3. Biaya Berubah (*variable cost*)

Biaya berubah merupakan biaya yang pada umumnya berubah sebanding dengan (proporsional) dengan perubahan volume produksi. Biaya ini relatif lebih mudah dihitung atau ditentukan karena biaya biasanya langsung berkaitan dengan suatu produk atau pelayanan tertentu. Apabila tidak ada kegiatan produksi, maka biaya ini sama dengan nol.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh dari penulisan Alat Penukar Kalor ini menggunakan *tube* berjumlah 32 buah, *shell* dengan panjang 0,78 m, jenis sekat segmen tunggal, dan *baffle cut* 20,67% sebanyak 14 buah. Pada alat penukar kalor tipe *shell and tube 1-2 pass* ini didapat efektifitas sebesar 68,3%.

B. Saran

Setelah melakukan perhitungan dan percobaan, maka menulis menyarankan beberapa hal pembuatan alat penukar kalor tipe *shell and tube 1-2 pass*:

1. Mengusahan dalam penyambungan pipa lebih baik lagi untuk mencegah kebocoran pada pipa
2. Memperbesar daya dari *heater* agar temperatur air yang diinginkan lebih cepat tercapai
3. Rawat dan bersihkan bagian-bagian alat penukar kalor.

DAFTAR PUSTAKA

- Incopera, F.P. 1981. *Foundamental Of Heat Trasfer*. John Willey & Sons, Inc.
New York
- Toborek, J. 1982. *Shell And Tube Heat Exchanger Single Pass Flow, in Heat Exchanger Design Handbook*, Section 3.3 Hemisphere, New York
- Chapman, J. Alam. 1984. *Heat Transfer*. Mac Millan Publishing Company.
London: New York
- Holman, J.P. *Heat Transfer*, 1987. McGraw-Hill: New York
- Hewitt, G.F. 1994. *Process Heat Transfer*. CRR Press Inc, U.S.A
- Holman, J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. edisi keenam. Erlangga: Jakarta
- H. Lienhard John. *A Heat Trasfer Textbook*. third edition. Phlogiston Press
Cambridge. Massachusetts, U.S.A
- Sitompul, Tunggul M. 1993. *Alat Penukar Kalor*, edisi 1, cetakan 1. PT Raja
Grafindo Persada, Jakarta
- Sidik, Kakac, 1997. *Heat Exchanger*. Selection, Rating and Thermal Design, second
edition, CRC Press, New York
- White, Frank M. 1998. *Heat And Mass Transfer*. Addison-Wesley, U.S.A
- Widharto, Sri. 2004. *Inspeksi Teknik* Buku 4. Penerbit Pradnya Paramitha Jakarta