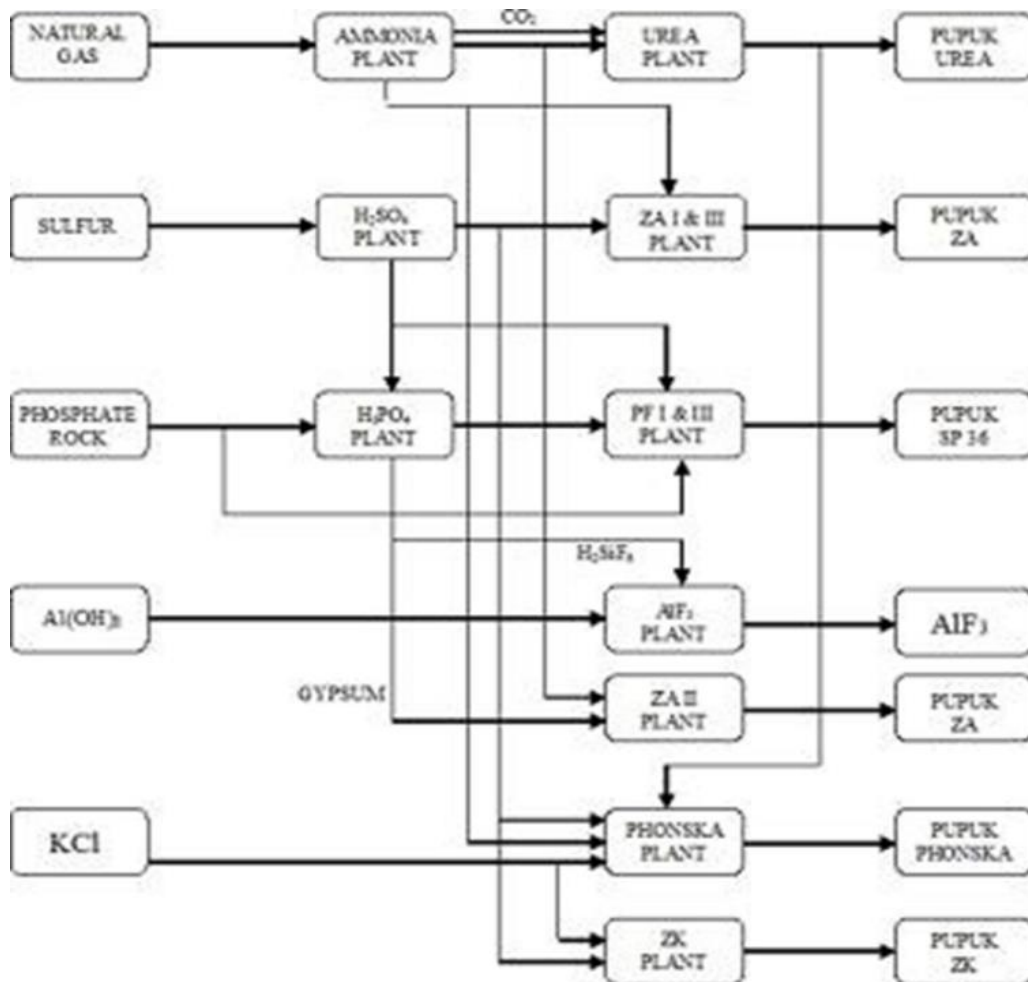


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II. 1. Uraian Proses

PT Petrokimia Gresik merupakan pabrik pupuk terlengkap di Indonesia yang mampu menghasilkan produk pupuk dan prosuk non pupukserta bahan kimia lainnya. Secara umum, PT Petrokimia Gresik dibagimenjadi 3 unit produksi, yaitu unit produksi I A dan I B, unit produksi II Adan II B serta unit produksi III A dan III B.



Gambar 2.1 Alur Proses Produksi PT Petrokimia Gresik



II.1.1 Unit Produksi I

Unit produksi I memiliki 2 departemen produksi, yakni departemen produksi IA dan IB. Departemen produksi IA merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia dan urea serta ZA. Departemen produksi I B merupakan unit kerja yang memproduksi pupuk berbahan baku ammonia.

1) Pabrik Amonia

Tahun berdiri : 1994
Kapasitas produksi : 445.000 ton/tahun
Bahan baku : Gas alam dan nitrogen yang diambil dari udara

2) Pabrik Urea

Tahun berdiri : 1994
Kapasitas produksi : 460.000 ton/tahun
Bahan baku : Amoniak cair dan gas karbondioksida

3) Pabrik ZA I

Tahun berdiri : 1972
Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun
Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

4) Pabrik ZA III

Tahun berdiri : 1986
Kapasitas Produksi : 200.000 ton/tahun
Bahan baku : Gas amoniak dan asam sulfat

Selain menghasilkan pupuk, Unit Produksi I, juga menghasilkan produk samping non pupuk, antara lain :

1. CO₂ cair dengan kapasitas 10.000 ton/tahun
2. CO₂ padat (Dry Ice) dengan kapasitas 4.000 ton/tahun
3. Gas Nitrogen dengan kapasitas 500.000 ton/tahun
4. Nitrogen cair dengan kapasitas 250.000 ton/tahun
5. Gas Oksigen dengan kapasitas 600.000 ton/tahun



6. Oksigen cair dengan kapasitas 3.300 ton/tahun

II.1.2 Unit Produksi II

A. Pabrik Pupuk Fosfat

1. Pabrik Pupuk Fosfat I

Tahun berdiri : 1979
Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun
Bahan baku : *Fosfat rock*

2. Pabrik Pupuk Fosfat II

Tahun berdiri : 1983
Kapasitas produksi : 500.000 ton/tahun
Bahan baku : *Fosfat rock*

B. Pabrik Phonska

1. Pabrik Pupuk PHONSKA I

Kapasitas : 450.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2000
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang, filler

2. Pabrik Pupuk PHONSKA II

Kapasitas : 600.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2005
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

3. Pabrik Pupuk PHONSKA III

Kapasitas : 600.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2009
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler

4. Pabrik Pupuk PHONSKA IV

Kapasitas : 60.000 ton/tahun
Tahun operasi : 2011
Bahan baku : Amoniak, Asam Fosfat, Asam Sulfat, Belerang dan filler



C. Pabrik Pupuk NPK

1. Pabrik Pupuk NPK I
Tahun : 2005
Kapasitas : 70.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
2. Pabrik Pupuk NPK II
Tahun : 2008
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
3. Pabrik Pupuk NPK III
Tahun : 2009
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
4. Pabrik Pupuk NPK IV
Tahun : 2009
Kapasitas : 100.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler
5. Pabrik Pupuk NPK Blending
Tahun : 2003
Kapasitas : 60.000 ton/tahun
Bahan baku : DAP, Urea, ZA, KCl dan filler

D. Pabrik Pupuk K_2SO_4 atau ZK

- Tahun : 2005
Kapasitas : 10.000 ton/tahun
Bahan baku : H_2SO_4 dan KCl

II.1.1.3 Departemen Produksi III A

Departemen Produksi III A merupakan unit penghasil produk utama berupa Asam yang digunakan sebagai bahan baku produksi di Pabrik I dan II, sering



disebut dengan istilah pabrik Asam Fosfat. Pabrik tersebut terdiri dari pabrik Asam Fosfat, pabrik Asam Sulfat dan pabrik ZA II.

1. Pabrik Asam Fosfat (H₃PO₄)

Tahun berdiri : 1985
Kapasitas produksi : 200.000 ton/tahun
Bahan baku : *Phospate Rock*

2. Pabrik Asam Sulfat II

Tahun berdiri : 1985
Kapasitas produksi : 550.000 ton/tahun
Bahan baku : Belerang, H₂O

3. Pabrik ZA II

Tahun berdiri : 1985
Kapasitas produksi : 250.000 ton/tahun
Bahan baku : Amoniak, Asam fosfat, dan CO₂

II.1.1.4 Departemen Produksi III B (*Revamping* Pabrik Asam Fosfat)

Merupakan perluasan dari Departemen Produksi IIIB yang memproduksi asam fosfat, asam sulfat dan purified gypsum.

1) Pabrik Asam Fosfat (PA Plant)

Kapasitas Produksi : 650 T/hari (100% P₂O₅)
Konfigurasi Proses : HDH (Hemi-dihydrate)

2) Pabrik Asam Sulfat (SA Plant)

Kapasitas Produksi : 1850 T/hari (100% H₂SO₄)
Konfigurasi Proses : Double Contact Double Absorber

3) Pabrik Purified Gypsum (GP Plant)

Kapasitas Produksi : 2000 T/hari
Konfigurasi Proses : Purifikasi



II. 2. Uraian Tugas Khusus

II. 2.1. Latar Belakang

Pabrik asam sulfat I berada di lokasi Unit Produksi I, selain itu PT. Petrokimia Gresik juga telah mendirikan pabrik asam sulfat di Unit Produksi III. Pendirian pabrik asam sulfat ini merupakan pabrik kedua dari asam sulfat yang di dirikan pada tanggal 10 Oktober 1984 oleh kontraktor Hitachi Zosen dari Jepang. Pabrik ini dikenal sebagai pabrik SA II (sulphuric acid) dengan bahan baku belerang (S) serta udara kering. Kapasitas produksi 1800 ton/hari dengan produk utama asam sulfat (H_2SO_4) 98,5% sebagai pelengkap proses pembuatan H_2SO_4 pabrik ini memiliki *service unit* (SU) yang terdiri dari *demineralisasi water*, *effluent treatment*, *cooling water*, *boiler* dan bahkan dilengkapi dengan *power generation* yang mampu membangkitkan energi listrik.

Pembuatan Asam Sulfat pada pabrik III A ini menggunakan teknologi baru, yaitu *Double Contact and Double Absorption Process* (DCDA), yaitu dengan mengoksidasi sulfur cair menjadi SO_2 lalu SO_3 dalam converter. Reaksi ini terjadi dalam converter dua tahap, yang kemudian akan diserap oleh H_2SO_4 pekat dalam absorber dua tahap sehingga terbentuk produk H_2SO_4 98,5%. Keuntungan menggunakan proses ini adalah dihasilkannya konversi reaksi total sebesar 99,7%, nilai ini lebih tinggi dibandingkan bila digunakan *Single Contact Process* seperti yang pernah ada di pabrik SA I pada Departemen Produksi I. Proses produksi asam sulfat dibagi dalam empat bagian yaitu tahap *sulfur handling*, *SO_2 generation*, *SO_2 conversion*, dan *SO_3 absorption*. Tahap SO_3 menjadi tahap akhir yang penting dalam menentukan produk asam sulfat.

Salah satu alat yang memiliki peranan yang sangat penting di dalam pabrik asam sulfat adalah *heat exchanger*. Pada proses pembuatan asam sulfat, terdapat beberapa buah *heat exchanger*, salah satunya *heat exchanger* (E-1302). Seiring berjalannya waktu kinerja suatu alat dalam industri kimia akan semakin menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan evaluasi kinerja peralatan tersebut untuk dapat



mengetahui apakah terjadi penurunan untuk kerja pada heat exchanger (E-1302) berdasarkan hasil efisiensi pada alat *heat exchanger*.

II. 2.2. Tujuan

Adapun tujuan dari tugas ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung efisiensi kinerja dari alat *Heat Exchanger* E-1302 di unit produksi Asam Sulfat Departemen Produksi III A.
2. Mengetahui besarnya nilai *Design Overall* Koe fisien perpindahan panas (U_d), *fouling factor* (R_d) dan *pressure drop* (ΔP) pada *Heat Exchanger* E-1302.

II. 2.3. Manfaat

Dari analisis kuantitatif terhadap *heat exchanger* E-1302 pada pabrik Asam Sulfat, diharapkan dapat diketahui kinerja dari *heat exchanger* tersebut beserta faktor yang dapat berpengaruh terhadap kinerja *heat exchanger* dan dapat dijadikan referensi untuk mengoptimalkan operasi pada *heat exchanger*.

II. 2. 4 Tinjauan Pustaka

A. Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau perpindahan kalor merupakan salah satu disiplin bidang ilmu dalam jurusan teknik kimia yang mempelajari perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan temperatur diantara material atau komponen. Dalam termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang berpindah satu tempat ketempat yang lain itu dinamakan dengan kalor. Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mempelajari tentang bagaimana energi kalor tersebut berpindah dari suatu benda ke benda lain, namun juga dapat digunakan untuk meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisi tertentu. Proses untuk melakukan peramalan ini membutuhkan analisis yang lebih mendalam, sehingga inilah yang membedakan ilmu termodinamika dengan ilmu perpindahan kalor (heat).(holman,1995)



Kalor atau panas dapat didefinisikan sebagai suatu energi yang berpindah dari satu daerah ke daerah lain akibat adanya perbedaan temperatur pada daerah tersebut. Kalor akan berpindah dari temperatur tinggi ke temperatur yang lebih rendah. Ketika kalor atau panas berpindah maka akan terjadipula proses pertukaran panas dan kemudian akan berhenti disaat telah terjadi kesetimbangan suhu. Contohnya, kopi panas ke lingkungan yang memiliki temperatur 20°C, kemudian terjadi perpindahan panas hingga mencapai kesetimbangan suhu antara gelas dan lingkungan. (Cengel, 2003).

B. Mekanisme Perpindahan Panas

1. Konduksi

Perpindahan panas secara konduksi dapat terjadi pada Suatu material bahan yang mempunyai gradient, maka kalor akan mengalir tanpa disertai oleh suatu gerakan zat. Kalor akan mengalir dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah dalam suatu medium (padat, cair, gas). Aliran kalor seperti ini disebut konduksi atau hantaran karena antara medium yang satu dengan yang lainnya bersinggungan secara langsung. Contohnya adalah perpindahan panas melalui dinding *exchangers* atau alat pendingin, pengolahan besi dan lain-lain.

2. Konveksi

Proses perpindahan panas secara konveksi adalah pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Proses konveksi terjadi pada permukaan material dan merupakan satu fenomena permukaan. Proses perpindahan panas secara konveksi juga dapat didefinisikan dengan proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan menampur.

Keadaan permukaan dan keadaan sekelilingnya serta kedudukan permukaan itu merupakan yang utama. Pada umumnya keadaan keseimbangan termodinamika di dalam bahan akibat proses konduksi, suhu permukaan bahan akan berbeda dari suhu sekelilingnya. Contohnya adalah



kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi dan lain-lain.

3. Radiasi

Pada proses perpindahan panas secara radiasi, panas yang ada diubah menjadi gelombang elektromagnetik yang merambat tanpa melalui media penghantar. Ketika gelombang tersebut telah sampai mengenai pada permukaan benda, maka gelombang mengalami transisi (diteruskan), refleksi (dipantulkan) dan absorpsi (diserap) kemudian menjadi kalor. Hal ini tergantung terhadap jenis bendanya. Contohnya adalah pemindahan panas ke bumi pemanasan fluida pada koil dari tabung furnace dan lain-lain.

Pada proses industri perpindahan panas diantara dua fluida secara umum dikerjakan oleh alat perpindahan panas (*heat exchangers*). Pemindahan panas terjadi dari fluida panas ke dinding tabung oleh konveksi, melalui dinding tabung atau plate dengan konduksi lalu dengan konveksi ke fluida dingin.

C. Alat Penukar Panas

Alat penukar panas adalah alat pendukung proses yang sering digunakan untuk memindahkan panas, dapat berfungsi sebagai pemanas maupun pendingin. Alat penukar panas dirancang sedemikian rupa agar mendapatkan perpindahan panas antar fluida yang berlangsung secara efisien. Pada alat penukar panas terjadi pertukaran panas karena adanya kontak balik antara fluida terdapat dinding yang memisahkan maupun keduanya bercampur secara langsung atau *direct contact*.

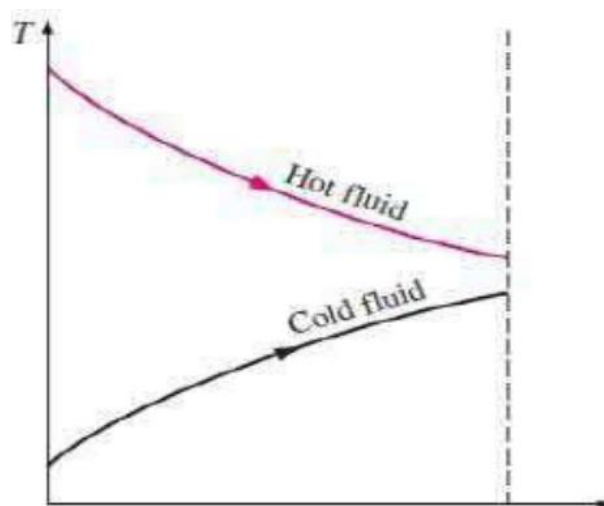
Alat Penukar kalor(*heat*) banyak digunakan dalam industri maupun pada alat-alat rumah tangga. Sebagai contoh dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai peralatan masak memasak yang semuanya sebenarnya merupakan alat penukar kalor. Di dalam kendaraan maupun alat transportasi lainnya banyak ditemukan radiator maupun alat pengkondisi udara kabin, yang keduanya juga merupakan penukar kalor.alat penukar panas (*heat exchange*) juga banyak digunakan di banyak aplikasi keteknikan, seperti pada berbagai industri kimia,

pembangkit listrik, penyulingan minyak bumi, pendingin, industri makanan, dan sebagainya

D. Aliran Heat Exchanger

1. Aliran *Co-Current*

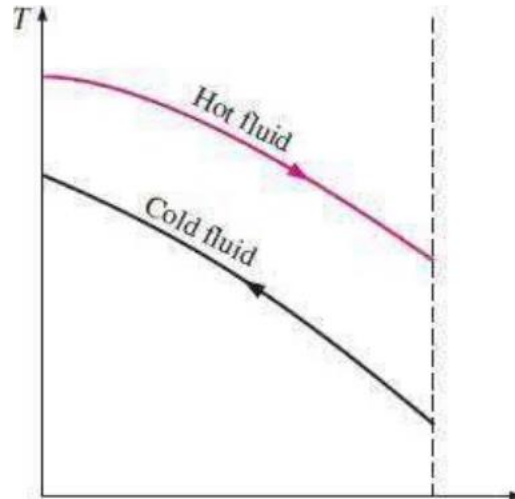
Alirann *co-current* adalah aliran searah, dimana pada aliran ini fluida panas dan fluida dingin masuk melalui sisi penukar yang sama, kemudian mengalir dengan arah yang sama dan keluar pada sisi yang sama. penukar panas yang menggunakan aliran searah memiliki karakter temperatur fluida yang memberikan energi akan selalu lebih tinggi dengan fluida yang menerima energi (Cengel, 2003).



Gambar 2.2 Aliran *co current*

2. Aliran *Counter-Current*

Penukar panas jenis ini, fluida panas dan fluida dingin masuk dan keluar penukar pada sisi yang berlawanan. pada tipe ini memungkinkan terjadi temperatur fluida dingin yang keluar dari penukar panas lebih tinggi dibandingkan temperatur fluida panas yang keluar dari penukar panas (*heat*)



Gambar 2.3 Aliran *Counter Current*

E. Type dari *Heat Exchangers*

1. *Double-pipe heat exchanger* (Penukar Panas Pipa Rangkap)

Alat penukar kalor (heat) tipe *Double-Pipe Exchanger* terdiri atas dua buah pipa yang tersusun secara konsentris. Penukar pipa model ini biasanya terdiri dari beberapa line pipa yang disusun secara vertikal. Pada alat ini, proses perpindahan panas terjadi secara tidak langsung (*indirect contact type*), karena terdapat dinding pemisah antara kedua fluida (panas dan dingin) sehingga kedua fluida tidak bercampur. Fluida yang memiliki suhu lebih rendah (fluida pendingin) mengalir melalui pipa kecil, sedangkan fluida dengan suhu yang lebih tinggi mengalir pada pipa yang lebih besar (pipa annulus). Perpindahan kalor yang terjadi pada fluida adalah proses perpindahan panas secara konveksi, sedang proses konduksi terjadi pada daerah dinding pipa. Kalor mengalir dari fluida yang bertemperatur tinggi ke fluida yang bertemperatur rendah. Tipe aliran yang digunakan adalah aliran yang kedua fluidanya berseberangan atau murni counter current.

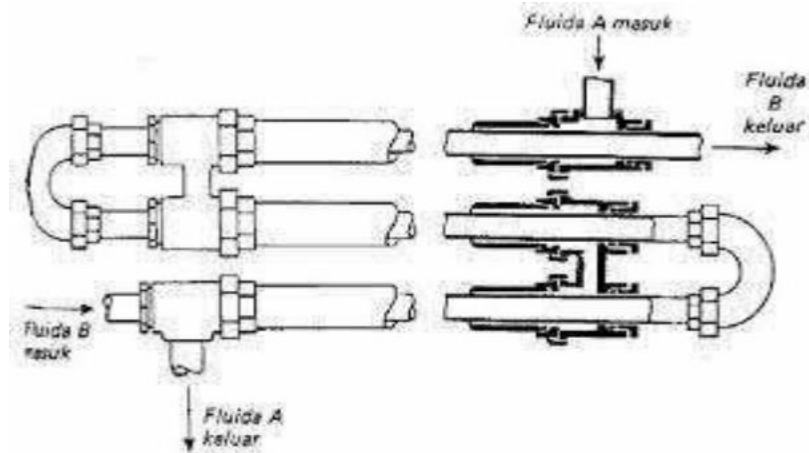
Double-Pipe Exchanger diperuntukkan sebagai penukar panas pada proses dengan kapasitas kerja cukup kecil, yaitu dengan luas penampang



kurang dari 200 ft² dan cocok digunakan pada kondisi tekanan tinggi (kuppam, 2013). Penukar panas jenis ini memiliki tingkat fleksibilitas dan yang tinggi karena unitnya dapat dapat dilakukan penambahan atau pengurangan sesuai kebutuhan, dengan desain yang mudah dalam pengoperasiannya dan peralatan yang digunakan sudah distandarisasi sehingga memiliki kualitas yang baik. Alat penukar panas jenis ini lebih sering digunakan dalam bentuk pipa-U dan dikenal dengan nama hairpin exchanger.

Hairpin Heat Exchangers adalah desain yang memiliki tingkat efisiensi yang paling tinggi untuk menangani proses dengan kondisi keluaran fluida lebih panas memiliki temperatur yang lebih rendah dibanding temperatur keluaran fluida dingin dan menghasilkan luas permukaan kontak yang paling kecil. Selain itu, penukar panas jenis ini juga banyak digunakan untuk mengoperasikan fluida dengan nilai pengotor yang tinggi, seperti *slurry*. *Hairpin Heat Exchangers* bisa digunakan apabila memenuhi satu atau lebih dari berbagai kondisi berikut:

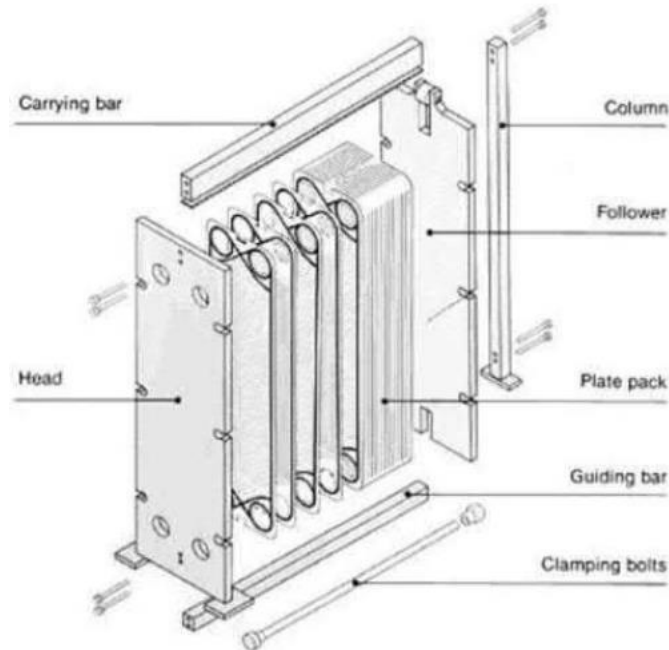
1. Fluida bertekanan tinggi
2. Proses perpindahan panas terjadi secara *temperature cross*
3. Pressure drop yang diperbolehkan sangat rendah
4. Fluida kerja mengandung partikulat padat atau pengotor berupa *slurry*
5. Proses bersifat siklik
6. Ketika alat penukar panas menjadi subjeck dari perubahan panas mendadak
7. Ketika terjadi *flow-induced vibration*



Gambar 2.4 *Double pipe heat exchanger*

2. *Plate and Frame Heat Exchanger*

Plate Heat Exchanger merupakan penukar panas yang terdiri dari Pelat (*plate*) dan Rangka (*frame*). Dalam *Plate Heat Exchanger*, beberapa pelat disusun dengan susunan tertentu, sehingga terbentuk dua jalur (*line*) yang disebut dengan *Cold Side* dan *Hot Side*. *Hot Side* dialiri fluida dengan temperatur relatif lebih tinggi dan *Cold Side* dialiri fluida dengan temperatur relative lebih kecil. pelat logam digunakan sebagai media untuk mentransfer panas antara dua cairan. Pemisah antara pelat-pelat tersebut dipasang penyekat lunak. Pelat-pelat dari sekat ditentukan oleh suatu perangkat penekan yang pada setiap sudut pelat terdapat lubang pengalir fluida, fluida mengalir pada sisi yang lain, sedangkan fluida yang lain mengalir melalui lubang dan ruang pada sisi sebelahnya karena ada sekat (Artono, 2002).



Gambar 2.5 *Plate and Frame Heat Exchange*

Plate Heat Exchanger memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan sebagai berikut:

Kelebihan *Plate and Frame Heat Exchanger*:

1. Mudah dalam perawatan dan pembersihan
2. Mempunyai perpindahan panas yang efisien.
3. Waktu tinggal media cukup pendek
4. Mudah dalam proses pembersihan
5. *Plate and Frame* lebih fleksibel, dapat dengan mudah pelatnya ditambah
6. Dapat digunakan untuk fluida dengan tingkat kekentalan yang tinggi
7. Aliran turbulensinya mengurangi peluang terjadinya *fouling* dan sedimentasi

Biaya yang dibutuhkan cukup rendah. Kekurangan *Plate and Frame Heat Exchanger* :

1. Pemilihan gasket harus sesuai dan tepat
2. Kondisi operasi yang terbatas pada temperatur 250°C dikarenakan performa dari material gasket yang sesuai.



3. *Plate and Frame Heat Exchanger* tidak bisa digunakan pada kondisi tekanan lebih dari 30 bar

3. Shell and Tube Heat Exchanger

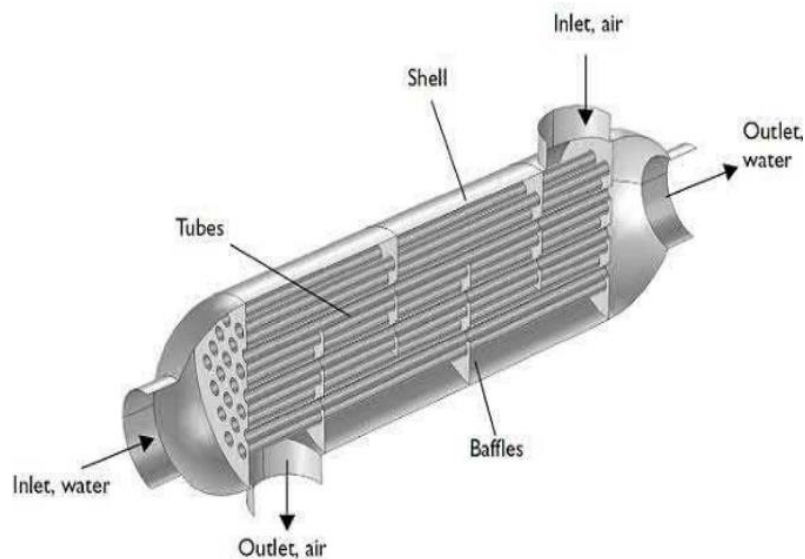
Shell and tube heat exchanger merupakan salah satu jenis penukar panas yang banyak digunakan dalam proses industri. Alat penukar panas ini terdiri dari sebuah tabung (*shell*) dimana didalamnya terdapat suatu berkas (*bundle*) pipa dengan diameter yang relatif kecil. *Heat exchanger* jenis ini biasa digunakan pada proses industri yang memiliki proses dengan jumlah fluida yang dipanaskan atau didinginkan dalam jumlah besar. Desain alat ini dapat memberikan luas area penampang atau area penukar panas yang besar dan memberikan nilai efisiensi perpindahan panas yang besar.

Dalam *shell and tube heat exchanger* terdapat beberapa jumlah tube dalam susunan parallel atau seri dimana Salah satu fluida mengalir didalam tube, sedangkan fluida lainnya mengalir di luar tube. Untuk meningkatkan nilai efisiensi pertukaran panas, biasanya pada penukar panas shell and tube dipasang sekat (*baffle*). Ini bertujuan untuk membuat turbulensi aliran fluida dan menambah waktu tinggal fluida (*residence time*), namun pemasangan sekat akan memperbesar *pressure drop* operasi dan menyebabkan beban kerja pompa bertambah berat, sehingga laju alir fluida harus diatur sedemikian rupa.

Dari semua tipe alat penukar panas, *shell and tube* memiliki sejumlah keunggulan diantaranya :

1. Memberikan luas permukaan atau penampang perpindahan panas yang besar dengan volume yang kecil
2. Mampu dioperasikan pada tekanan tinggi
3. Dapat dirancang dengan menggunakan berbagai jenis bahan atau material
4. Mudah dalam melakukan maintenance atau perawatan
5. Memiliki prosedur thermal dan mechanical design yang baik.

(Bell K.J,1983)

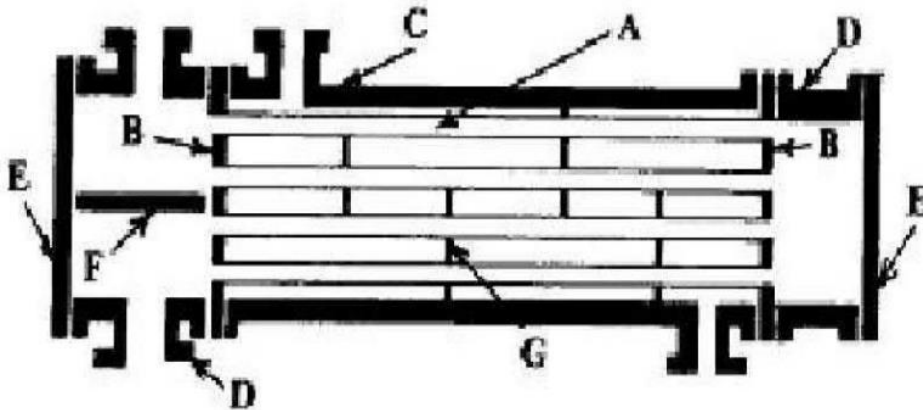


Gambar 2.6 *Shell and Tube Heat Exchanger*

1.1.1 Komponen – komponen pada Shell and Tube Heat Exchanger

Alat penukar panas Shell and Tube memiliki komponen – komponen yang sangat berpengaruh dan menunjang kinerja alat. Adapun komponen – komponen dari alat penukar kalor tipe ini adalah

- A. *Tubes*
- B. *Tube sheets*
- C. *Shell and shell side nozzles*
- D. *Tube side channels and nozzles*
- E. *Channel Covers*
- F. *Pass divider*
- G. *Baffles*



Gambar 2.7 Komponen-komponen alat penukar kalor tipe *shell and tube*

1.1.2 Langkah – langkah Perancangan *Shell and Tube Heat Exchangers*

Sebelum mendesain alat penukar kalor, dibutuhkan data primer dari laju fluida seperti temperatur masuk dan keluar serta tekanan operasi masing-masing fluida. Data ini dibutuhkan terutama untuk fluida gas jika besar densitas fluida gas tidak diketahui. Untuk fluida berupa cairan, data tekanan operasi tidak terlalu dibutuhkan karena sifat-sifatnya tidak banyak berubah apabila



tekanannya berubah. Langkah-langkah yang dilakukan dalam merencanakan atau mendesain alat penukar kalor sebagai berikut :

1. Penentuan heat duty (Q) yang diperlukan penukar kalor yang direncanakan harus memenuhi atau melebihi syarat ini.
2. Menentukan ukuran (size) alat penukar kalor dengan perkiraan masuk akal untuk koefisien perpindahan kalor keseluruhannya.
3. Menentukan fluida yang akan mengalir di sisi tube atau shell. Biasanya sisi tube direncanakan untuk fluida yang bersifat korosif, beracun, bertekanan tinggi, atau bersifat mengotori dinding. Hal ini dilakukan agar lebih mudah dalam proses pembersihan atau perawatannya.
4. Langkah selanjutnya adalah memperkirakan jumlah tube yang digunakan dengan menggunakan rumus :

$$A = Nt (\pi) L \dots\dots\dots$$

Dimana :

π = Diameter luar tube (mm)

L = Panjang tube (mm)

5. Menentukan ukuran shell. Langkah ini dilakukan setelah kita mengetahui jumlah tube yang direncanakan. Kemudian perkiraan jumlah pass dan tube pitch yang akan digunakan.
6. Langkah selanjutnya adalah memperkirakan jumlah baffle dan jarak antar baffle yang akan digunakan. Biasanya baffle memiliki jarak yang seragam dan minimum jaraknya 1/5 dari diameter shell tapi tidak kurang dari 2 inchi.
7. Langkah yang terakhir adalah memeriksa kinerja dari alat penukar kalor yang telah direncanakan. Hitung koefisien perpindahan panas di sisi tabung dan sisi shell. Hitung factor pengotornya apakah sesuai dengan standar yang diizinkan, dan penurunan tekanan di sisi tube dan shell.

Berdasarkan jenis alat penukar panas yaitu *double pipe heat exchanger*, *plate and frame heat exchanger*, dan *shell and tube heat exchanger* dipilihlah



alat penukar panas tipe *shell and tube heat exchanger*. Pemilihan ini didukung dengan beberapa alasan antara lain:

1. Luas permukaan $A > 120 \text{ ft}^2$
2. Mampu dioperasikan pada tekanan tinggi dan suhu tinggi
3. Dapat dirancang dengan menggunakan berbagai jenis bahan atau material
4. Mampu dioperasikan pada laju alir tinggi

II. 5. Hasil Perhitungan dan Pembahasan

A. Data Kondisi Operasi *Heat Exchanger E-1302*

Tabel 2.1 Data spesifikasi alat *cooler* (E-1302)

Parameter	Shell		Tube	
	In	Out	In	Out
Fluida	Sulfuric Acid		Cooling water	
Flowrate (lb/jam)	3424365		6350400	
Temperatur (°F)	208,4	140,0	89,6	107,6
Jumlah lewatan / pass	1		1	
Diameter dalam (mm)	950		-	
Diameter luar (mm)	-		19	
Panjang pipa (mm)			9000	
No of Tube			509	
Pitch (mm)			28,5	



Tabel 2.2 Kondisi Operasi rata-rata *Heat Exchanger* E-1302 Tiap Bulan

Bulan	Shell (Sulfuric Acid)			Tube (Cooling Water)		
	T in (°F)	T out (°F)	Laju Alir (lb/jam)	T in (°F)	T out (°F)	Laju Alir (lb/jam)
Agustus 2021	202,6	166,33	3424365	89,6	107,60	6350400
September 2021	206,2	141,2	3424365	89,6	107,6	6350400

*Data diambil dari bulan Agustus 2021 sampai September 2021

B. Data Hasil Perhitungan Heat Exchanger E-1302

Tabel 2.3 Data Hasil Perhitungan *Heat Exchanger* E-1302 Bulan Agustus

Perhitungan	Nilai Aktual	
	Shell Side (Sulfuric Arid)	Tube Side (Cooling Water)
Flowrate (lb/hr)	3424365	6350400
Temperatur Inlet (°F)	202,6	89,6
Temperatur Outlet (°F)	166,33	107,60
Heat Balance (Btu/hr)	120366429,8	114307200
LMTD (°F)	85,54186	
Caloric Temperature (°F)	184,4667	98,6
Overall Clean Coefficient (Bru/hr.ft ² °F)	2706,4505	
Overall Coefficient (Btu/hr.ft ² °F)	652,6077	
Dirt Factor (hr.ft ² . °F/Btu)	0,0012	
Effisiensi (%)	84,07	



Tabel 2.4 Data Hasil Perhitungan *Heat Exchanger* E-1302 Bulan September

Perhitungan	Nilai Aktual	
	<i>Shell Side</i> (<i>Sulfuric</i> <i>Arid</i>)	<i>Tube Side</i> (<i>Cooling</i> <i>Water</i>)
<i>Flowrate</i> (lb/hr)	3424365	6350400
Temperatur Inlet (°F)	206,2	89,6
Temperatur Outlet (°F)	141,20	107,60
<i>Heat Balance</i> (Btu/hr)	124927683,9	114307200
LMTD (°F)	72,58	
<i>Caloric Temperature</i> (°F)	173,7000	98,6
<i>Overall Clean Coefficient</i> (Bru/hr.ft ² °F)	4015,5365	
<i>Overall Coefficient</i> (Btu/hr.ft ² °F)	501,8720	
<i>Dirt Factor</i> (hr.ft ² . °F/Btu)	0,0017	
Effisiensi (%)	84,56	

II. 5. 1. Pembahasan

Tugas khusus yang diberikan yaitu terkait hubungan efisiensi *Heat Exchanger* unit III A pabrik asam sulfat pada data aktual dibulan Agustus 2021-September 2021 dengan desain. Berdasarkan hasil perhitungan *Heat Exchanger* pada unit III A pabrik asam sulfat E-1302 dengan menggunakan metode kern, maka diperoleh beberapa nilai yang berhubungan dengan kinerja *Heat Exchanger* E-1302 seperti *Overall Heat Coefficient* (U_D), *Fouling Factor* (R_D), *Pressure Drop* (ΔP), dan efisiensi yang akan dibahas pada bab ini.

Nilai laju alir baik pada data desain maupun aktual sama yaitu sebesar 3424365 lb/ pada *shell side* dan 6350400 lb/jam pada *tube side*. Selain itu, nilai temperature inlet dan outlet *tube side* pada desain dan aktual juga sama sebesar 89,6 °F dan 107,6 °F. Sedangkan nilai temperature inlet dan outlet pada desain untuk *shell side* sebesar 208,4 °F dan 140 °F. Adapun nilai temperature inlet dan outlet



pada data aktual bulan Agustus 2021 sebesar $202,6^{\circ}\text{F}$ dan $166,33^{\circ}\text{F}$ pada shell side, serta data aktual bulan September 2021 diperoleh nilai temperature inlet dan outlet pada *shell side* sebesar $206,2^{\circ}\text{F}$ dan $141,2^{\circ}\text{F}$. Selanjutnya, berdasarkan perhitungan *Fouling Factor* (R_D) dapat terlihat bahwa nilai *Fouling Factor* (R_D) secara aktual bulan Agustus 2021 dan September 2021 pada E-1302 yaitu sebesar $0,0012$ Btu/hr.ft² . $^{\circ}\text{F}$, dan $0,0017$ Btu/hr.ft² $^{\circ}\text{F}$, dimana nilai *Fouling Factor* (R_D) lebih kecil *Fouling Factor* (R_D) teoritis yaitu sebesar $\pm 0,002$ Btu/hr.ft² $^{\circ}\text{F}$ (*appendix fouling factor kern*).

Besarnya nilai *Fouling Factor* ini menunjukkan adanya kotoran yang terakumulasi didalam *Heat Exchanger*. Semakin lama *Heat Exchanger* digunakan akan menyebabkan pengotoran (*Fouling*) pada bagian dalam *Heat Exchanger* tersebut. Lapisan pengotoran ini menyebabkan penambahan tahanan termal dan menyebabkan laju perpindahan panas pada heat exchanger berkurang, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kinerja dari heat exchanger.

Pada nilai *Overall Coefficient* (U_D) yang didapat dari perhitungan ini yaitu sebesar $652,6077$ Btu/hr.ft² $^{\circ}\text{F}$, nilai ini juga dipengaruhi oleh adanya *Fouling Factor* (R_D) karena semakin banyak kotoran yang menempel pada tube maka nilai *Overall Coefficient* (U_D) ini akan mengalami penurunan. Nilai *Overall Coefficient* (U_D) menyatakan mudah atau tidaknya panas berpindah dari fluida panas ke fluida dingin dan juga menyatakan aliran panas menyeluruh sebagai gabungan proses konduksi dan konveksi. Harga *Pressure Drop* (ΔP) yang diperoleh pada shell yaitu sebesar $4,096$ Psi nilai ini masih dibawah nilai standar yang diperbolehkan yaitu sebesar 10 psi hal ini menunjukkan bahwa heat exchanger tersebut dinyatakan masih layak dioperasikan karna tidak melebihi standar batas yang diperbolehkan.

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan penurunan kinerja atau efisiensi dari *Heat Exchanger* diantaranya adalah *Overall Coefficient* (U_D), *Fouling Factor* (R_D), dan *Pressure Drop* (ΔP). Efektivitas dari *shell and tube* bergantung pada perbandingan Q_{act} dan Q_{max} yang dihasilkan, sehingga ketika Q_{act} nya mengalami penurunan maka efektivitasnya juga akan mengalami penurunan. Dari hasil



perhitungan pada bulan agustus didapatkan nilai efisiensi sebesar 84,07%. Sedangkan pada bulan September didapatkan nilai efisiensi sebesar 84,56%. Sehingga dapat disimpulkan efisiensi untuk bulan berikutnya mengalami kenaikan kurang lebih 0,49% dan kinerja alat *cooler* (E-1302) semakin baik..

Tabel 2.5 Hasil Perhitungan Perbandingan Koefisien Pada Setiap bulan

Bulan	Q Shell (Btu/hr)	Q Tube (Btu/hr)	Effisiensi (%)
Agustus 2021	120366429,8	114307200	84,07
September 2021	124927683,9	114307200	84,56

II. 6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan, didapatkan bahwa telah terjadi kenaikan nilai efisiensi alat *cooler* (E-1302). Nilai efisiensi naik dari 84,07% pada bulan Agustus menjadi 84,56% pada bulan September. Sehingga dapat disimpulkan efisiensi untuk bulan berikutnya mengalami kenaikan kurang lebih 0,49% dan kinerja alat *cooler* (E-1302) semakin baik.