

# Perencanaan *Heater* Pada Proses Pembuatan Seng Di PT. KALIMANTAN STEEL CO. LTD

Irman

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
UNMUH Pontianak  
e-mail : zenfuad69@yahoo.com

**Abstract**– *One type of heat exchanger used is the type of heat exchanger Shell and Tube. Feasibility of making use of a heat exchanger is heating fluid and the fluid is heated, how much economic value is obtained.*

*From these data, the process of making zinc plate in the PT. Kalimantan Steel CO. LTD uses diesel as fuel for heating water  $H_2SO_4 + 1.5\%$  with an average in the 30 liter to 2000 sheets of tin plate.*

*Through the concept of the Energy Management Program (PME) heat exchanger made by utilizing the residual heat of backling as a substitute for diesel fuel.*

**Keywords**- *Heat exchangers, shell and tube, the Energy Management Program (PME)*

## 1. Pendahuluan

Di industri, biaya energi tidak jarang menjadi komponen biaya terbesar yang mesti dibayar tiap bulan. Bisa dalam bentuk tagihan listrik dan bahan bakar (minyak, gas, dan lain-lain). Karena merupakan komponen biaya besar, ketika pemerintah menaikkan harga minyak dan listrik, industri yang tadinya sudah mengeluh bisa menjerit, bahkan tidak jarang ada industri yang mesti “balik kanan”.

Salah satu solusi yang sudah diakui secara internasional dan telah diterapkan secara luas di negara-negara maju, yaitu Program Manajemen Energi (PME). Terdapat dua target umum dari PME. Pertama, menghemat penggunaan segala jenis energi dengan cara mengurangi atau menghilangkan energi terbuang (*wasted energy*) dan menggunakan energi secara efisien. Kedua, di beberapa industri mungkin perlu mengganti bahan bakar yang biasa digunakan untuk pabrik mereka dengan yang lebih murah, misalnya mengganti BBM (yang mahal) dengan gas (yang murah). Sehingga dengan demikian akan banyak keuntungan yang bisa didapat, antara lain : [1] Memangkas biaya energi, [2] Meningkatkan keuntungan perusahaan, [3] Mengurangi resiko kekurangan suplai energi, [4] Keuntungan lingkungan, yaitu mengurangi emisi gas karbon, [5] Meningkatkan kemampuan perusahaan dalam berkompetisi, karena dengan penghematan biaya yang dicapai perusahaan dapat meningkatkan kualitas produk dan service, [6] dan lain-lain.

PT. Kalimantan Steel CO. LTD yang terdapat di Provinsi Kalimantan Barat Kabupaten Kubu Raya Kecamatan Sungai Raya merupakan perusahaan yang

bergerak dalam industri seng, dimana konsumsi energi berupa bahan bakar solar sangat tinggi untuk rangkaian proses produksinya. Sehingga perubahan harga bahan bakar sangat mempengaruhi kondisi dari perusahaan itu sendiri. Program Manajemen Energi (PME) sangat mungkin untuk diterapkan dengan jalan melakukan penghematan penggunaan segala jenis energi dengan cara mengurangi atau menghilangkan energi terbuang (*wasted energy*) dan menggunakan energi secara efisien.

Ada beberapa tahapan proses pembuatan seng di PT. Kalimantan Steel CO. LTD, yaitu : [1] pemotongan, [2] pencucian (*acid bath*) dengan media larutan air + 1,5%  $H_2SO_4$  pada temperatur kerja 50-60°C, [3] backling dan pelapisan (*galvanized*) dan [4] pembentukan. Selama ini untuk proses pencucian (*acid bath*), pemanasan larutan air + 1,5%  $H_2SO_4$  dilakukan oleh sebuah boiler yang berbahan bakar solar. Dimana penggunaan bahan bakar dalam satu hari produksi dengan jumlah jam kerja 24 jam dan rata-rata produksi seng  $\pm 2000$  lembar dibutuhkan sampai dengan 30 liter bahan bakar solar.

Sesuai dengan konsep Program Manajemen Energi (PME) yaitu dengan menghilangkan energi yang terbuang (*wasted energy*), pertimbangan inilah yang dijadikan argumentasi dimana temperatur air bekas setelah proses pendinginan sebelum pelapisan (*galvanized*) berkisar antara temperatur 80°C sampai dengan 90°C. Hal ini dapat dimanfaatkan sebagai sumber pemanas untuk memanaskan larutan air + 1,5 %  $H_2SO_4$ .

Permasalahan yang berkaitan dengan penelitian ini adalah perusahaan belum memiliki konsep untuk memanfaatkan air panas bekas setelah proses *backling* sebagai sumber energi panas dan mendesain Heater yang menggunakan air panas bekas untuk memanaskan larutan air dengan 1,5%  $H_2SO_4$ .

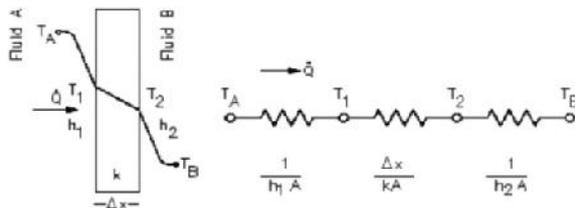
## 2. Teori Dasar

### 2.1. Perpindahan Panas [7]

Perpindahan panas mempelajari tentang laju perpindahan panas diantara material atau benda karena adanya perbedaan suhu. Panas akan mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya lebih rendah. Peristiwa perpindahan panas sangat banyak dijumpai dalam industri, misalnya perpindahan panas dari pipa uap ke udara, pembuangan panas pada pembangkit tenaga, ketel uap, dapur yang menggunakan konsep perpindahan panas.

Perpindahan panas dapat dibagi dalam beberapa golongan, yaitu secara konduksi, konveksi dan radiasi. Perpindahan panas konduksi adalah proses dimana panas mengalir antara medium-medium berlainan yang bersinggungan secara langsung tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas dimana panas dibawa oleh partikel-partikel zat yang mengalir, atau pengangkutan kalor oleh gerak dari zat yang dipanaskan. Perpindahan panas secara radiasi adalah perpindahan panas melalui pancaran energi, dimana benda itu terpisah dalam ruang.

Tapi pada kenyataan perpindahan panas yang sering terjadi tidak sendiri-sendiri, tetapi merupakan gabungan atau dua maupun tiga cara perpindahan.



Gambar 1. Perpindahan panas secara gabungan

Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi proses perpindahan panas adalah luas daerah perpindahan panas :

$$Q = U.A.LMTD \dots\dots\dots(1)$$

**2.2. Alat Penukar Kalor [6]**

Adalah alat untuk memindahkan panas dari suatu fluida ke fluida yang lain. Salah satu jenis penukar kalor yang banyak dipergunakan di industri adalah jenis tabung dan buluh (*shell and tube*). Beberapa kelebihan yang dimiliki alat penukar kalor jenis shell and tube, diantaranya :

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. Mudah dalam pemeliharaan
5. Konstruksinya sederhana, pemakaian ruangan relatif kecil.
6. Prosedur pengoperasian yang sangat mudah
7. Kontruksinya dapat dipisah-pisah antara satu sama yang lainnya, tidak merupakan satu kesatuan yang utuh, sehingga pemindahannya/pengangkutannya relative lebih mudah.

**2.3. Konstruksi Alat Penukar Kalor [6]**

Alat penukar kalor jenis shell and tube, ditinjau dari segi konstruksi terdiri dari 4 (*empat*) bagian utama, yaitu :

1. Bagian depan yang tetap atau *front heat stationery head* (dalam praktek hanya disingkat dengan *stationary head*)
  2. *Shell* atau badan alat penukar kalor.
  3. Bagian ujung belakang atau rear end head (dalam praktek disebut *rear head*)
  4. Berkas tube atau *tubes bundle* adalah kumpulan tube yang dimasukkan ke dalam tube alat penukar kalor.
- Menurut standart TEMA (*Tabuler Exchanger Manufacture Asosiation*), masing-masing bagian tersebut telah diberi kode masing-masing dengan diberi huruf.

Front End Stationary Head types	Shell types	Rear End Head types
(A) Channel and Removable Cover	(E) One Pass Shell	(L) Fixed TubeSheet Like "A" Stationary Head
(B) Bonnet (Integral Cover)	(F) Two Pass Shell with longitudinal baffle	(M) Fixed TubeSheet Like "B" Stationary Head
(C) Channel Integral With Tube Sheet and Removable Cover	(G) Sput Flow	(N) Fixed TubeSheet Like "N" Stationary Head
(D) Special High Pressure Closure	(H) Double Sput Flow	(P) Outside Packed Floating Head
(E) Channel Integral With Tube Sheet and Removable Cover	(J) Divided Flow	(S) Floating Head with Backing Device
(F) Special High Pressure Closure	(K) Kettle type Reboiler	(T) Pull Through Floating Head
(G) Channel Integral With Tube Sheet and Removable Cover	(N) Cross Flow	(U) U Tube Bundle
(H) Special High Pressure Closure	(O) Cross Flow	(W) Externally Sealed Floating TubeSheet

Gambar 2. Bagian-Bagian Utama Heat Exchanger

**2.4. Tube [6]**

Tube dapat dikatakan sebagai urat nadi alat penukar kalor, di dalam dan di luar tube mengalir fluida, kedua fluida ini mempunyai kapasitas, temperatur, tekanan, density, serta jenis yang berbeda. Kedua ujung tube diikat dengan tube shet, ini bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida, yang mengakibatkan fluida

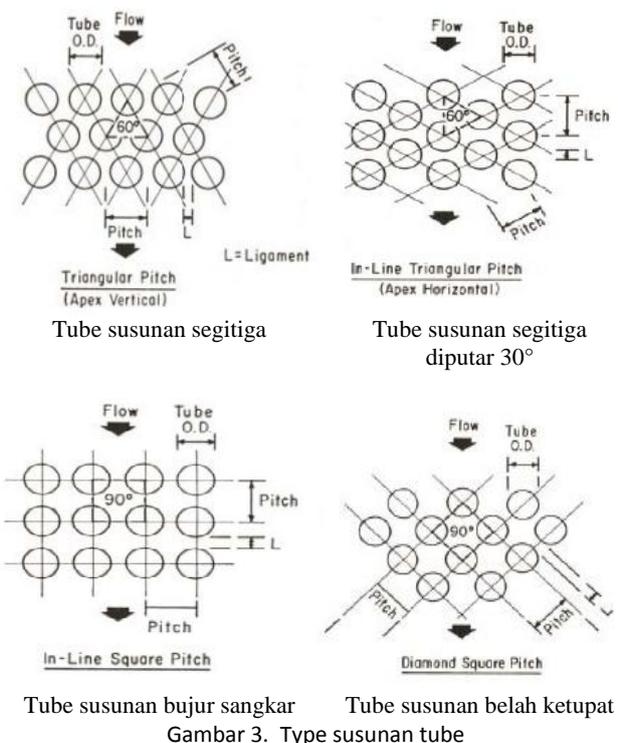
terkontaminasi. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh tube:

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 mempunyai sifat plastik yang baik

## 2.5. Susunan Tube [6]

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

Susunan tube itu mempengaruhi besarnya penurunan tekanan aliran fluida dalam shell. Penentuan susunan pipa (tube pada alat penukar kalor sangat prinsip sekali, ditinjau dari segi operasi dan pemeliharaan), susunan tube pada alat penukar kalor ada beberapa type :



Gambar 3. Type susunan tube

## 2.6. Baffles [6]

Baffles atau sekat pada heater memiliki fungsi yaitu :

1. Untuk menahan tube bundle
2. Sebagai damper untuk menahan atau mencegah terjadinya getaran (*vibration*) pada tube.
3. Sebagai alai mengontrol dan mengarahkan aliran fluida yang mengalir dari luar tube (*shell side*).

Ditinjau dari segi konstruksi sekat (*baffle*) diklasifikasikan 4 kelompok, yaitu :

1. Sekat pelat berbentuk segmen (*segmental baffles plate*)
2. Sekat batang (*rod baffles*)
3. Sekat mendatar (*longitudinal baffles*)

## 4. Sekat impingement (*impingement baffles*)

### 3. Analisis Ekonomi

#### 1. Analisis Biaya Investasi

Biaya investasi dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu : biaya modal (*capital coast*) dan biaya bunga tahunan (*annual coast*).

##### • Biaya Modal (*capital coast*)

Didefinisikan sebagai jumlah semua pengeluaran yang dibutuhkan mulai dari pra studi sampai proyek selesai dibangun, terbagi atas dua bagian, yaitu : biaya langsung (*capital cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*).

##### • Biaya bunga Tahunan (*annual coast*)

Didefinisikan sebagai biaya yang harus ditanggung oleh pemilik atau investor selama umur proyek. Biaya bunga tahunan ini meliputi tiga komponen yaitu: bunga (*interest*), *defresiasi* dan biaya operasi dan pemeliharaan.

Selanjutnya untuk mengetahui layak atau tidaknya suatu proyek dari aspek ekonomi, ada beberapa parameter yang dapat digunakan: [1] metode *Net Present Value (NPV)*, [2] metode perbandingan manfaat dan biaya (*benefit/cost* atau *B/C ratio*)

##### • Intangible Benefit

Keuntungan yang tidak dapat dinilai dengan uang, misalnya, dengan adanya heater akan dapat meningkatkan produktifitas perusahaan, kesejahteraan karyawan semakin meningkat, terjadinya pemanfaatan akan sumber energi yang tidak terpakai, dan lain sebagainya.

## 4. Metodologi Penelitian

### 4.1 Variabel penelitian

Meliputi data campuran air + 1,5 %  $H_2SO_4$  yang digunakan dalam proses pencucian (*acid bath*), yang terdiri atas :

1. Data campuran air + 1,5 %  $H_2SO_4$  :
  - Kapasitas pemakaian = 1500 liter/menit
  - Temperatur = 30 °C
  - Tekanan = 1 atm
2. Data air pemanas :
  - Temperatur = 90 °C
  - Tekanan = 1 atm

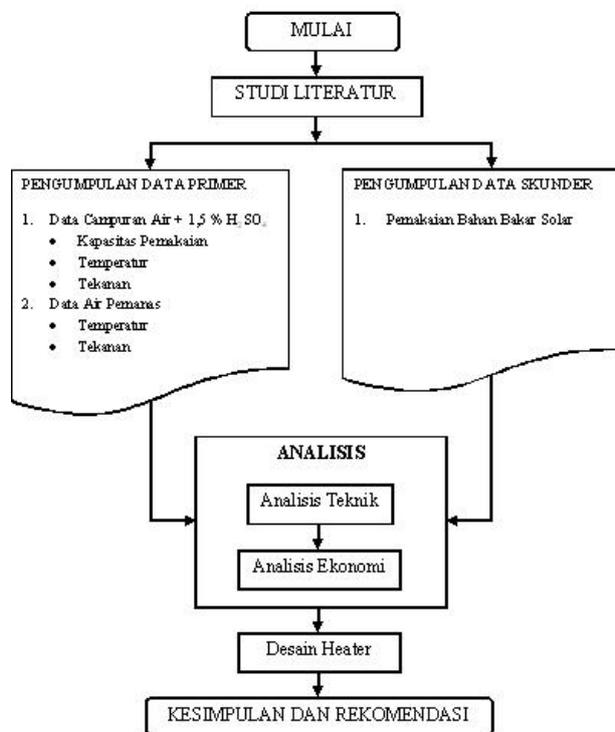
### 4.2 Analisis Data

#### 1. Analisis kelayakan teknik

##### • Perhitungan luas daerah perpindahan panas

Dalam menentukan luas daerah perpindahan panas ada beberapa hal yang dihitung terlebih dahulu, yaitu : panas yang diserap oleh larutan air + 1,5 %  $H_2SO_4$ , pemilihan aliran untuk menentukan jenis aliran turbulen atau laminar, koefisien perpindahan panas menyeluruh, log mean temperatur defference (LMTD), temperatur efisiensi penukar kalor, dan perhitungan panjang tube.

- Pemilihan type shell dan perhitungan shell yang meliputi diameter dalam dan luar shell, dengan pertimbangan ketebalan bahan shell diasumsikan dengan menyesuaikan dengan bahan yang terdapat di pasaran.
  - Perhitungan pemeriksaan kekuatan tube
  - Perhitungan pemuai yang terjadi pada tube dan shell
  - Pemilihan dan perhitungan baffle dan tube sheet
  - Perhitungan saluran masuk dan keluar larutan
  - Perhitungan media pemanas
  - Perhitungan saluran masuk dan keluar media pemanas
  - Perhitungan pressure drop
2. Analisis kelayakan ekonomi
    - Analisis biaya investasi
    - Analisis manfaat/keuntungan (*benefit*)
    - Analisis ekonomi
  3. Bagal alir penelitian seperti di bawah ini :



**5. Perhitungan Dan Analisis**

**5.1 Analisis kelayakan teknik**

Dalam analisis ini ada beberapa asumsi yang digunakan, yaitu :

1. Shell yang dipilih berdasarkan standar TEMA seperti tertera di Gambar 2.2 dan Tabel 2.1 dengan type :
  - Front End type A
  - Shell type E
  - Real End type S
2. Jumlah tube yang direncanakan 278 buah
3. Jumlah tie rod 6 buah
4. Aliran larutan dalam tube dibuat 2 tingkat, sedangkan aliran air panas dalam shell 1 tingkat (1-2 pass).

**5.1.1. Luas Daerah Perpindahan Panas**

Dari persamaan 1, didapat :

$$Q = U.A.LMTD$$

$$A = Q/U.LMTD$$

Dimana :

Q = Panas yang diserap oleh larutan Air + 1,5 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

U = Koefisien perpindahan panas menyeluruh

A = Luas daerah perpindahan panas

LMTD = Beda suhu rata-rata

$$A = Q/U.LMTD$$

$$A = 724,67 \text{ ft}^2$$

Maka panjang tube didapat :

$$L = \frac{A}{d \cdot n} = 9,6 \text{ ft} = 115,37 \text{ Inc}$$

**5.1.2. Shell**

Bahan shell yang dipilih adalah baja (*carbon steel*), sedangkan ukuran-ukuran shell didapat :

Diameter dalam shell

$$Di = 1,15 \cdot dc \sqrt{\frac{P \cdot Do}{2 \cdot S \cdot E + P \cdot Y}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

dc = pitch diameter

n = jumlah tube

$$Di = 25,382 \text{ Inc}$$

Diameter luar shell

$$Do = 25,382 + (2 \cdot 0,3937) \dots\dots\dots(3)$$

$$Do = 26,1694 \text{ Inc}$$

**5.1.3. Pemeriksaan Kekuatan Tube**

$$x \text{ m}' = \frac{P \cdot Do}{2(S \cdot E + P \cdot Y)} + C \dots\dots\dots(4)$$

$$x \text{ m}' = 0,016 \text{ Inc}$$

Untuk tebal tube 0,09 Inc cukup aman, karena tebal tube yang diijinkan adalah 0,016 Inc, berarti nilainya berada diatas dari tebal minimum yang diijinkan.

**5.1.4. Baffle Dan Tube Sheet**

Baffle

Untuk baffle tebal dan jaraknya diambil dengan ketentuan dari referensi alat penukar kalor, adalah sebagai berikut :

- Baffle digunakan jenis 25 % diameter sekatnya, sebab pada kondisi ini akan terjadi perpindahan panas yang baik serta penurunan tekanan (*Pressure droop*) tidak terlalu besar.

- Jarak antara Baffle diambil 1/5 diameter sebelah dalam shell.
- $1/5 D_i \text{ shell} \times B \text{ shell}$   
 $D_i \text{ shell} = 25,625 \text{ Inc}$   
 Diambil jarak antara baffle ; 8 Inc
- Tebal baffle yang umum dipakai adalah 1/8 "-1/4" dalam hal ini tebal baffle diambil 1/4".
- Jumlah baffle diambil 10 buah.

**Tube Sheet**

Dari tebal Tube sheet minimum adalah 7/8" dan sama dengan atau lebih besar dari diameter luar tube.

$t_s \geq D_o$

$D_o = 1,059 \text{ Inc}$

Dalam hal ini diambil : 1 Inc

**Saluran Masuk Dan Keluar Larutan**

Untuk menghitung diameter saluran masuk dan saluran keluar dari larutan kita gunakan persamaan kontinuitas :

$$q = A \cdot V \dots\dots\dots(5)$$

$$A = q / V$$

$$A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,57 \cdot 6 \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = 10,32 \text{ Inc} = 0,86 \text{ ft}$$

Jadi diambil saluran masuk dan keluar larutan 10 Inc

**Media Pemanas**

$$q = \frac{Q}{\Delta t \cdot C_p} \dots\dots\dots(6)$$

$$q = 2386,75 \text{ liter/menit}$$

**Saluran Masuk dan Keluar Media Pemanas**

$$q = A \cdot V \dots\dots\dots(7)$$

$$A = q / V$$

$$A = \pi/4 \cdot D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{0,57 \cdot 6 \cdot 4}{\pi}}$$

$$D = 10,32 \text{ Inc} = 0,86 \text{ ft}$$

Jadi diambil saluran masuk dan keluar larutan 10 Inc

**6. Analisis Kelayakan Ekonomi**

**Analisis Biaya Investasi**

Besarnya biaya investasi yang dibutuhkan adalah Rp. 115.377.060,- (*sembilan puluh delapan juta dua ratus tiga puluh tujuh ribu delapan ratus enam puluh rupiah*).

**Analisis Biaya Tahunan**

Hasil analisis biaya tahunan didapat sebesar Rp. 199.698.701,- (*seratus sembilan puluh sembilan juta enam ratus sembilan puluh delapan ribu tujuh ratus satu rupiah*)

**Analisis Manfaat/Keuntungan (benefit)**

Maka benefit dalam pertahun (asumsi untuk pemakaian dalam pertahun ; oktober 2012 sampai dengan oktober 2013) adalah :

$$\text{Benefit} = \text{Rp. } 390.000,- \times 313 \text{ hari kerja}$$

$$\text{Benefit} = \text{Rp. } 112.680.000,-$$

**Analisis Ekonomi**

Dari hasil analisis untuk 100% investasi dibiayai dengan pinjaman bank dengan tingkat suku bunga (i) 19% pada akhir umur proyek didapat nilai NPVnya adalah Rp. 141.094.288,- (Rp. 141.094.288,- > 0), hal ini menunjukkan bahwa investasi ini secara ekonomis layak dan direkomendasikan.

Sementara *Benefit Cost atau BC Ratio* didapat :

Hasil B/C ratio memperlihatkan  $1,653 \geq 1$  , sehingga menunjukkan secara ekonomi proyek dikatakan layak (*feasible*).

**7. Kesimpulan**

Dari hasil penelitian mengenai perencanaan heater pada proses pembuatan seng di PT. Kalimantan Steel CO. LTD yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Heater yang dipilih untuk memanaskan larutan air + 1,5 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (Type berdasarkan TEMA) adalah :
  - a. Front End type A
  - b. Shell type E
  - c. Real End type S

Aliran larutan dalam tube dibuat 2 tingkat, sedangkan aliran air panas dalam shell 1 tingkat (1-2 pass).

2. Dimensi Heater didapat :
  - a. Diameter luar shell sebesar 26,1694 Inc
  - b. Diameter dalam shell sebesar 25,382 Inc
  - c. Panjang tube sebesar 115,37 Inc
  - d. Jumlah tube 278 buah

Dengan bahan tube yang dipilih adalah *Copper-nickel (Manganin)* dengan komposisi : 84 % Cu ; 4,5 % Ni dan 12,5 % Mn

Size tube 3/4 Inc dengan ukuran :

$$d_o = 26 \text{ mm} = 1,059 \text{ Inc} = 0,08825 \text{ ft}$$

$$d_i = 22,3 \text{ mm} = 0,87795 \text{ Inc} = 0,0732 \text{ ft}$$

$$\text{BWG} = 13$$

- e. Jumlah tie rod 6 buah

3. Dari sisi aspek ekonomis pembuatan Heater di PT. Kalimantan Steel CO. LTD, layak untuk dilaksanakan dengan pertimbangan :

- a. Pembuatan Heater hanya membutuhkan biaya investasi sebesar Rp. 115.377.060,- (*sembilan puluh delapan juta dua ratus tiga puluh tujuh ribu delapan ratus enam puluh rupiah*).
- b. Biaya operasional dan pemeliharaan untuk Heater dalam per tahun hanya Rp. 62.400.000,- (*enam puluh dua juta empat ratus ribu rupiah*)
- c. Biaya investasi yang dikeluarkan tergantikan dalam kurun waktu yang tidak begitu lama.

- d. Nilai NPV > 0, hal ini menunjukkan bahwa investasi ini secara ekonomis layak dan direkomendasikan.
- e. Nilai B/C ratio memperlihatkan  $1,653 \geq 1$ , sehingga menunjukkan secara ekonomi proyek dikatakan layak (*feasible*).

### Referensi

- [1] C.o. Bennet and J.E. Myer, "Momentum, Heat And Mass Transfer", Mc Graw Hill Inc Tahun 1982.
- [2] Clark I and R.L. Davidson "Manual For Process Engineering Calculation" Second Edition Me. Graw Hill Book Company, New York Tahun 1962.
- [3] Drs. M. Giatman, M.Si, "Ekonomi Teknik" PT. Raja Grafindo Persada Jakarta.
- [4] Frank Kreith And Arko Prijono, M.Sc, "Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas" Edisi Ketiga.
- [5] Frank Kreith And Bohn, Harper And Row, "Principles Of Transfer" Publiser Inc Tahun 1986.
- [6] Ir. Tunggul M. Sitompul, SE, M.Sc, "Alat Penukar Kalor" PT. Raja Grafindo Persada, Tahun 1991.
- [7] JP. Holman, "Perpindahan Kalor" Erlangga Tahun 1991.
- [8] J.M. Coulson and J.F. Richardson with J.R. Bachurst and J.H. Harker, "Chemical Engineering" Volume I Fourth Edition, Pergamon Press.
- [9] Peters Max S, Timmerhaus, Klaus D, "Plant Design Nad Economics For Chemical Engineers" Second Edition Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd Tokyo 1968.
- [10] Robert H. Perry dan Cecil H. Chilton "Chemical Engineers Handbook" Fifth Edition MC. Graw Hill Kogakusha, Ltd.
- [11] Robert M. Drake, JR dan E.R.G. Eckert, "Mechanical Engineering (Heat and Mass Transfer)" MC. Graw Hill Book Company, Inc Tahun 1959.
- [12] Robert H. Perry, Don W. Green dan James O. Malony "Chemical Engineers" Hand Book, Sixth Edition" MC. Graw Hill Book Company.
- [13] William H. Mc. Adams, "Heat Transmision" MC. Graw Hill Inc Book Company.

### Biography

**Fuazen**, lahir Pontianak, 22 Agustus 1973. Staf pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNMUH Pontianak.

