

**PERENCANAAN PROSES FABRIKASI ALAT PENUKAR KALOR
TYPE SHELL AND TUBE DI PT. ABC**

Tarmizi Husni

Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas IBA

Email : star_silber@yahoo.co.id

ABSTRAK

Dengan semakin berkembangnya industri manufaktur nasional, maka peralatan penunjang produksi di tanah air semakin berkembang, salah satunya adalah alat penukar kalor yang banyak digunakan oleh kalangan industri di tanah air. Alat Penukar Kalor (APK) merupakan suatu peralatan produksi yang dipakai dalam rangka proses perpindahan panas/kalor dari medium yang satu ke medium yang lain dengan menggunakan prinsip-prinsip termodinamika atau secara paksa. Untuk menghasilkan sebuah APK maka diperlukan adanya rujukan-rujukan yang mengacu kepada standar atau kode-kode yang berlaku sehingga alat penukar kalor yang dihasilkan memenuhi persyaratan-persyaratan yang diperlukan.

Dalam proses pabrikasi APK ini keterampilan dalam proses pengelasan memegang peranan penting karena alat penukar kalor merupakan peralatan yang identik dengan bejana bertekanan. Dalam penelitian ini dibahas proses produksi dengan alur produksi yang terjadi dalam menghasilkan sebuah alat penukar kalor secara standar, serta proses-proses yang terjadi dalam menghasilkan setiap komponen-komponen atau bagian-bagian dari alat penukar kalor tersebut. Penelitian ini, berusaha menyajikan gagasan spesifik dari teknik fabrikasi yang terpadu dan dapat diterapkan dalam berbagai kasus fabrikasi, yang diharapkan dapat menjadi acuan para praktisi lapangan serta dapat membantu teknik dan pemahaman yang praktis.

Key-Words: *Head Exchanger, Shell and Tube, Manufacturing; Production*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri tanah air khususnya Sumatera Selatan, akan dapat menumbuhkan kegairahan berusaha. Keadaan ini dapat memberikan kontribusi yang sangat besar dalam rangka meningkatkan pendapatan asli daerah sekali gus secara nasional guna menunjang kesinambungan pembangunan.

Permintaan alat penukar kalor sebagai alat penunjang industri cenderung mengalami peningkatan. Pada pemilihan yang tepat suatu alat penukar kalor akan dapat menurunkan tidak saja pada biaya pembuatan pabrik akan tetapi juga pada biaya operasional harian dan perawatan sehingga tujuan dari suatu proses manufaktur untuk menghasilkan suatu produk yang berfungsi sesuai dengan spesifikasinya atau dapat diterima oleh konsumen, juga akan memberikan nilai ekonomis bagi konsumen dan produsen.

Unit penukar kalor adalah suatu alat untuk memindahkan panas dari suatu *fluida* ke *fluida* yang lain. Sebagian besar dari industri-industri yang berkaitan dengan pemrosesan selalu menggunakan alat ini sebagai penunjang operasionalisasi proses, sehingga alat penukar kalor ini mempunyai peran yang penting dalam suatu proses produksi atau operasi. Salah satu tipe dari alat penukar kalor adalah "*Shell and Tube*" sebagaimana yang diperlihatkan melalui gambar 1 halaman 3 di bawah ini, alat ini terdiri dari sebuah *shell* silindris di bagian luar dan sebuah *tube* (*tube bundle*) di bagian dalam, dimana temperatur fluida didalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* atau di dalam *shell*, sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida didalam tube dan diluar tube.

Dalam sistem proses manufaktur dimana *input* diolah melalui proses transformasi guna menghasilkan *out put* selalu dihadapkan pada persoalan pokok yang harus mendapatkan perhatian, seperti desain produk yang tepat, bahan baku, mesin, manusia dan kondisi sekitarnya, sehingga alat penukar kalor yang dihasilkan mempunyai nilai kompetitif dipasar, selain itu

waktu operasi yang digunakan untuk membuat alat penukar kalor itu harus se minimum mungkin. Untuk menjamin kelangsungan proses, alat penukar kalor yang dihasilkan haruslah memenuhi standar kualitas tertentu dengan aturan-aturan khusus (ode) yang harus dipenuhi, misalnya ASME KODE yang berisi cara mengontrol kualitas atau material yang datang selama proses pabrikan sampai produk siap dikirim, TEMA KODE yang merupakan standar yang mengatur desain unit penukar kalor.

Ruang lingkup pekerjaan dalam penelitian ini merupakan pekerjaan desain yang meliputi desain ulang dari desain dasar (*basic design*) yang diberikan oleh pemesan, sehingga dapat dibuatkan gambar dan spesifikasi untuk proses pabrikan, kemudian proses produksi untuk melakukan pembuatan alat penukar kalor dan rangkaian *assembling* serta pelaksanaan proses pengelasan akan menjadi fokus dalam penelitian ini. Batasan penelitian meliputi;

- Penelitian dilakukan terhadap alat penukar kalor tipe *shell and tube*
- Kendala keterlambatan bahan baku dan permasalahan mesin diabaikan
- Penelitian ini mengacu pada proses produksi sesungguhnya yang telah dilakukan sebelumnya.
- Data material dan bahan baku berdasarkan data historis
- Penelitian ini merupakan rancangan perencanaan proses produksi yang meliputi elemen, *head, shell, nozzle flange, saddle, tube bundle dan channel*.



Gambar 1. Standar Alat Penukar Kalor Tipe *Shell and Tube* dari TEMA

2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

- Mempelajari proses pembuatan produk alat penukar kalor.

- b. Mempelajari aliran proses pembuatan alat penukar kaalor
- c. Melakukan pendekatan untuk proses standarisasi pruksi alat penukar kalor

3. LANDASAN TEORI

Operasi merupakan suatu proses untuk merubah bahan baku menjadi kompenen yang diinginkan. Dengan demikian dapat dikatakan sebagai suatu sistem produktif untuk mengubah sumber daya sebagai masukan menjadi barang atau jasa sebagai keluaran. Masukan ini dapat berupa bahan baku, tenaga kerja modal, energi atau informasi yang semuanya diubah menjadi barang/jasa oleh teknologi proses yang merupakan metode atau cara yang digunakan untuk proses transformasi, seperti proses pembentukan pola (*marking*) pemotongan (*cutting*), forming dan *welding*.

Proses *engineering* akan berkaitan dengan aktivitas-aktivitas perancangan proses yang meliputi pemilihan proses *manufacturing* yang tepat (efektif dan efisien) diaplikasikan serta penetapan fasilitas produksi lainnya. Terdapat berbagai macam proses *manufacturing* yang bisa dijumpai, akan tetapi untuk proses pengolahan logam (*metal working*) secara umum dapat dibedakan dalam, *metallurgical transformation*, pengecoran, pembentukan dan pemotongan logam, pengelasan penyambungan, perakitan dan penyelesaian akhir (*finishing*).

3.1. ALAT PENUKAR KALOR

Alat penukar kalor merupakan suatu alat untuk memindahkan energithermal dari suatu panas ke sumber yang lebih dingin, atau alat yang memungkinkan terjadinya perpindahan energi dalam bentuk kalor antara dua fluida atau lebih yang mempunyai temperatur berbeda.

Apabila aliran fluida yang melintasi penukar kalor hanya satu kali, maka susunan ini disebut penukar kalor satu lintas, dan jika aliran fluida tersebut mengalir dalam arah yang sama maka penukar kalor ini mempunyai tipe aliran searah (*parallel flow*), dan jika aliran fluida tersebut mengalir dalam arah yang berlawanan maka disebut dengan dengan aliran lawan (*counter flow*).

1. KLASIFIKASI

Alat penukar kalor dikalasifikasikan dalam kriteria fisik dan konstruksinya.

- a. Kriteria Fisik;
 - Proses perpindahan panas
 - Cara perpindahan panas/konveksi (bebas/paksa), konduksi atau radiasi.
 - Jumlah fluida yang bekerja (2, 3 atau lebih)
 - Bentuk aliran (searah, berlawanan atau silang).
- b. Kriteria konstruksi;
 - Kekompakan
 - Komponen
 - Bahan/material
 - Tipe alat penukar kalor yang berhubungan dengan masalah;
 - 1). teknologi yang digunakan
 - 2). perpindahan panan

Adapun parameter kerja suatu alat penukar kalor merupakan gabungan dari beberapa kriteria tersebut diatas. Untuk menyusun konsep dasar proses dan perancangan alat dari suatu alat penukar kalor, terlebih dahulu harus mengetahui proses dan *utility stream* yang mencakup temperatur, perubahan enthalpy, koefisien perpindahan panas dan biaya. Dasar pertimbangan ini mengacu kepada aspek;

- a. operasional
- b. Ekonomi
- c. Maintenance
- d. safety

Sesuai dengan standar TEMA tipe alat penukar kalor ini dapat dibagi menjadi tiga bagian, yaitu; *head, shell and tube*.

2. CODE DAN STANDAR

Shell and tube head exchanger adalah salah satu tipe dari alat penukar kalor, yang terdiri dari sebuah *shell* silindris dibagian luar dan sejumlah *tube* (*tube bundle*) dibagian dalam. Dimana temperatur fluida didalam *tube bundle* berbeda dengan di luar *tube* (di dalam *shell*) sehingga terjadi perpindahan panas antara aliran fluida didalam *tube* dan di luar *tube*. Untuk selanjutnya daerah yang berada didalam *tube* atau berhubungan dengan bagian dalam *tube* disebut dengan *tube side* dan yang diluar dari *tube* atau bagian dalam *shell* disebut dengan *shell side*.

Semua *shell* dan *tube head exchanger* pada saat bekerja akan dikenai tekanan dari dalam (*internal pressure*) oleh karena itu bisa di identikkan dengan bejana bertekanan *pressure vessel*. Sehingga dalam mendesain alat penukar kalor akan diatur oleh suatu internasional “code” yaitu ASME dan TEMA (*tubular exchanger manufacturers association*) dan HEI (*head exchange institut*).

3. METODOLOGI PROSES

Pengumpulan Data dilakukan dengan jalam melakukan proses produksi sesuai dengan alur proses dari setiap elemen/komponen alat penukar kalor n sebagaimana yang diperlihatkan melalui gambar 2, halaman 175 berikut, kemudian dilakukan perhitungan terhadap komponen-komponen tersebut dengan kondisi desain sebagai berikut;

Tabel 3.1. Data Desain *Shell Side* dan *Tube Side*

Item	Shell side	Tube side
Desain pressure PSIG	113,78	85,34
Desain temperatur °F	392	257
Corrosion Allowance. W	0,1181	0

Perhitungan terhadap komponen *Shell and Channel Thickness* dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut;

❖ *Shell Cylinder*;

$$T_{scyl} = \frac{P \times Ri}{SE - 0,6 P} + CA \text{ (base on inside dimension)}$$

$$P = 113,78 \text{ PSIG (shell side)}$$

❖ *Channel Cover (2 : 1 Elliphead)*

$$T_{Cov} = \frac{P (D+2 CA)}{2 SE-0,2 P} + CA$$

❖ *Channel Cyliner*

$$T_{Cyl} = \frac{P \times Ri}{SE-0,6 P} + CA$$

❖ *Tube Sheet Thickness*

$$T_{Ts} = \frac{F \times G}{3} \sqrt{\frac{P}{n.s}} C_{CA} + \text{Shell side Corrosion Allowance}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN PROSES FABRIKASI

Untuk melakukan proses fabrikasi elemen-elemen alat penukar kalor maka perlu diketahui terlebih dahulu aliran proses setiap komponen yang akan dilalui, aliran proses ini sebagaimana yang diperlihatkan dalam gambar 2 halaman 6. Dengan bagan aliraaan proses ini akan dapat ditentukan berbagai macam kebutuhan yang menyangkut material, material pembantu, tenaga kerja, mesin dan peralatan pembantu yang berhubungan dengan proses produksi setiap elemen alat penukar kalor yang akan dibuat.

4.1. FABRIKASI ELEMEN SHELL

Shell merupakan bagian tengah alat penukar kalor dan merupakan rumah untuk *tube bundle*.

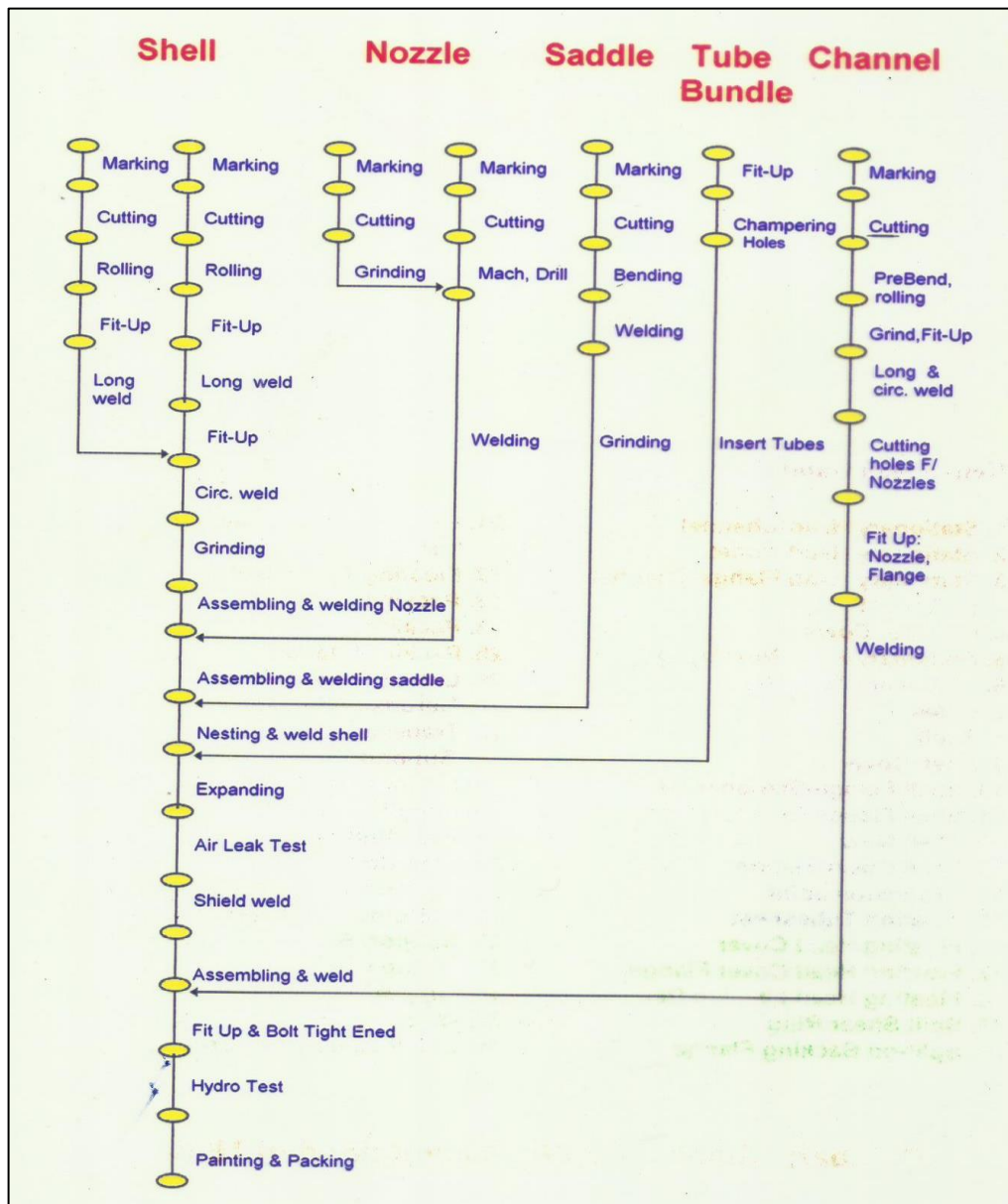
Antara *shell* dan *tube bundle* terdapat fluida yang menerima dan melepaskan panas sesuai dengan proses yang terjadi. Antara sekat (*buffle*) harus terdapat ruang bebas untuk memudahkan dalam memasukkan *buffle* kedalam *shell*. Dalam melakukan fabrikasi elemen *shell* ini terdapat alur proses sebagai berikut; *marking, cutting, rolling, fit-up, long and crc. Welding* dan *grinding*.

4.2. FABRIKASI ELEMEN HEAD

Elemen *head* terdiri dari dua bagian yaitu *head stationer* dan *rear end head*. *Head Stationer* merupakan salah satu bagian ujung dari alat penukar kalor.

Pada bagian ini terdapat saluran masuk fluida yang akan mengalir kedalam *tube*. *Head Stationer* terdiri dari dua jenis; *channel* dan *bonnet* (topi).

Rear and head merupakan head bagian belakang yang terletak pada ujung lain alat penukar kalor. Rangkaian proses produksi elemen head ini antara lain meliputi; *marking, cutting, pre-bending, rolling, grinding, fit-up long and circ. Weld., cutting hols flange and nozzle, fit-up, nozzle and welding*. Salah satu bentuk dari elemen head ini sebagaimana yang diperlihatkan melalui gbr. 4.



Gambar 2 Aliran Proses Produksi Alat Penukar Kalor Type Shall and Tube



Gambar 3. Bentuk dari Elemen Shall



Gambar 4. *Head Elliptical 2 : 1*

4.3. FABRIKASI ELEMEN NOZZLE

Nozzle merupakan keluar dan masuknya fluida (*in let* atau *out let*). Pada alat penukar kalor minimal harus terdapat empat buah *nozzle* yaitu dua untuk fluida dalam *tube* dan dua untuk fluida luar *tube*.

Dalam proses fabrikasi elemen *nozzle* ini terdapat beberapa proses antara lain; *maeking, cutting, grinding, mach drill and winding*.

Adapun bentuk dari elemen *nozzle* dapat diperlihatkan melalui gambar 4 dibawah ini.



Gambar 5. Elemen *Nozzle*

4.4. FABRIKASI ELEMEN SADDLE

❖ FABRIKASI ELEMEN *TUBE BUNDDLE*

Tube dalam alat penukar kalor merupakan urat nadi, karena didalam dan diluar *tube* mengalir fluida.

Fluida yang mengalir tersebut mempunyai kapasitas, temperatur, tekanan, density serta jenis yang berbeda. Kedua ujung dari *tube* diikat pada *tube sheet* yang bertujuan untuk mencegah kebocoran fluida yang dapat mengakibatkan terjadinya kontaminasi. Dalam proses fabrikasi elemen *tube sheet* ini terdiri dari proses sebagai berikut; *fit-upchampering holes, and insert tubes*

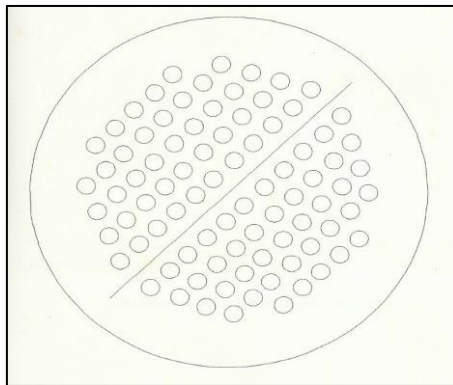
Bentuk dari elemen elemen *tube sheet* ini dapat diperlihatkan melalui gambar 7.

Saddle merupakan tempat dudukan atau kaki dari alat penukar kalor. Dalam proses

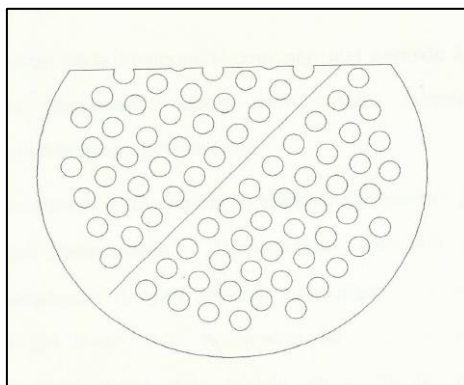
fabrikasi elemen *saddle* ini terdapat rangkaian proses sebagai berikut; *marking*, *cutting*, *welding* dan *grinding*. Sedangkan bentuk dari elemen *saddle* sebagaimana yang diperlihatkan dalam gambar 6 halaman dibawah ini.



Gambar 6. Bentuk dari Elemen *Saddle*



Gambar 7. Bentuk dari *Tube Sheet*



Gambar 8. Bentuk dari elemen *Baffle*

Dalam pabrikan alat penukar kalor diperlukan adanya standar yang dipergunakan. Adapun standar yang umum dipakai adalah standar dari TEMA yang menitik beratkan dalam perencanaan (desain), operasi dan pabrikan.

Selain itu juga dipergunakan standar ASME yang menitik beratkan dalam standar kualitas dari material konstruksi. Standar ini merupakan penekanan terhadap keselamatan operasi dan tenaga kerja sebagai bahan acuan secara umum yang dijadikan patokan untuk dipergunakan dalam merancang, pabrikasi serta pemeliharaan dan operasi dari alat penukar kalor. Dengan demikian standar ini telah mencakup masalah-masalah, perancangan, pembuatan, pemeliharaan material, konstruksi serta pengujian-pengujian.

4.5. PROSES PRODUKSI

Diatas telah dikemukakan bahwa, dalam proses pembuatan elemen alat penukar kalor ini dilakukan dengan rangkaian tahapan proses, tahapan-tahapan proses ini meliputi;

1. Proses *Marking* (penandaan); Proses ini merupakan proses menggambar dan memberikan tanda yang dilakukan terhadap material atau bahan baku yang berupa lembaran plat dan digunakan untuk membuat komponen-komponen alat penukar kalor. Dalam perencanaan proses marking haruslah ditambahkan untuk mencapai ketebalan bahan yang sesuai dengan spesifikasi, karena sesudah proses forming ini, material akan mengalami penyusutan. Proses ini akan menentukan, baik terhadap dimensi maupun kinerja produk yang dihasilkan.
2. Proses *Cutting* (pemotongan); Proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan mesin potong (*beaver*). Pemotongan ini dimuai dari pemotongan material sesuai dengan penandaan yang telah dilakukan pada proses *marking*. Dalam proses pemotongan material ini terdapat dua macam permukaan yang dipotong, pertama permukaan rata, yang digunakan untuk material yang tidak mengalami proses pengelasan; dan yang kedua permukaan dengan kampuh, digunakan untuk material yang akan mengalami proses pengelasan.
3. Proses *Forming* (pembentukan); Pembentukan material dilakukan dengan menggunakan proses *forming*. Dalam proses terjadi proses-proses pengerolan, pengeboran, pembentukan dan *press* material.
4. Proses *Welding* (pengelasan); Pengelasan merupakan proses terpenting dan menentukan dalam pembuatan alat penukar kalor Proses pengelasan merupakan proses penyambungan baik dilakukan terhadap komponen itu sendiri atau komponen lainnya yang disebut dengan *assembling*. Selain itu frekuensi proses pengelasan merupakan pekerjaan tertinggi dalam proses pabrikasi, sehingga untuk mencapai hasil pengelasan yang baik dilakukan klasifikasi prosedur yang harus teridentifikasi dan mengacu kepada semua gambar dan dokumen kerja yang berlaku. pemotongan material sesuai dengan penandaan yang telah dilakukan pada proses *marking*.

4.6. PENGUJIAN ALAT PENUKAR KALOR

Setelah proses pabrikasi komponen alat penukar kalor selesai dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pengujian atau inspeksi terhadap hasil pekerjaan, hal ini dilakukan dalam rangka menjamin kualitas sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, baik terhadap dimensi maupun kinerja produk yang dihasilkan.

1. PENGUJIAN PENGELASAN;

Kualifikasi proses yang menjadi titik berat dalam proses produksi adalah proses pengelasan dan kualifikasi tenaga las. Kualifikasi prosedur pengelasan ini merupakan semua variabel pengelasan esensial yang meliputi; jenis material induk (*base metal*), posisi pengelasan, jenis material pengisi (kawat las) dan merek dagangnya serta perlakuan panas pasca pengelasan. Dengan demikian diperlukan adanya pengujian terhadap kualifikasi yang berupa; uji mekanik

(tarik dan impact), kekerasan dan HDE, sedangkan untuk material-material khusus misalnya material paduan perlu pengujian tambahan terhadap kekerasan dan mikroskopis, dengan tujuan untuk meyakinkan bahwa prosedur yang telah dibuat bisa dipergunakan untuk pengerjaan proses yang sebenarnya.

Kualifikasi tukang las dan operator mesin las menjadi penting untuk dikualifikasi dan diuji sesuai dengan standar (code) yang telah ditentukan yang mana proses pengujian biasanya disaksikan oleh pihak pemesan produk sehingga pengesahannya dapat di-*record* dengan baik. Dalam proses pengelasan untuk setiap sambungan las harus dilakukan sesuai dengan prosedur yang dibuat dan didukung dokumen kerja yang berlaku. Kondisi lingkungan kerja harus dijaga sedemikian sehingga saat dilakukan pengujian kondisi tidak mengalami perubahan

a. Material Pengisi;

Material pengisi (*filler material*) harus benar disesuaikan dengan jenis material pokok yang akan di las, demikian juga dengan material pelindung (*flux*) karena semuanya akan menentukan kualitas akhir produk pengelasan. Sedangkan material penopang dan sisipan pada umumnya tidak direkomendasikan untuk terpasang permanen.

b. Persiapan Sisi Sambungan;

Pada persiapan sisi sambungan harus dibuat sesuai dengan detail sambungan las yang diminta, bebas keretakan, *propocity*, dan tempelan terak serta cacat permukaan yang lain. Proses persiapan sisi (*baveling*) dengan potong api, tergantung persyaratan yang diminta dan karakteristik dari material induknya. Semua permukaan sambungan las harus bebas dari material seperti, minyak, cat, debu, sisik logam, (terak) *oxida* dan semua bentuk kontaminasi yang lain sebelum pelaksanaan pengelasan, sedangkan sesudah proses pengelasan permukaan las harus bebas dari puntung las, flux, terak dan material asing lainnya. Kondisi penyetelan sebelum dimulai pengelasan harus diyakini mempunyai jarak yang sesuai serta posisi geometri yang benar, hal ini dalam rangka menjamin kualitas akhir pengelasan khususnya penetrasi sambungan las dan dimensi akhirsetelah pengelasan.

2. PERLAKUAN PANAS;

Pemanasan awal untuk proses potong panas *arc. Air gouging* dan pengelasan harus dilakukan sesuai prosedur yang berlaku atau menurut standar. Sedangkan suhu udara juga bervariasi sesuai jenis materialnya. Perlakuan panas pasca pengelasan dimaksudkan untuk menghilangkan tegangan sisa yang terjadi karena proses pengelasan, serta mengeluarkan gas-gas asing yang terjebak selama proses pengelasan, sehingga akan memperbaiki kualitas pengelasan.

3. PEMERIKSAAN DAN PENGUJIAN;

Cara-cara pemeriksaan dan pengujian harus sesuai dengan code/spesifikasi yang diminta, meliputi;

- 1). Pemeriksaan visual
- 2). Pengujian tidak merusak (*radiographic Examination, Liquit Penetrant Examination, Ultrasonic Examination*).
- 3). Pengujian merusak; Untuk alasan praktis pengujian merusak yang biasa dilakukan adalah uji mekanik berupa pengujian kekerasan dan pengujian mekanik *production test*.

5. KESIMPULAN

1. Sebelum proses fabrikasi elemen-elemen alat penukar kalor dilakukan, maka bagan aliran proses produksi perlu ditentukan terlebih dahulu, hal ini dilakukan untuk menentukan kebutuhan material, material pembantu, tenaga kerja, mesin dan peralatan pembantu.

2. Dalam proses fabrikasi proses pengelasan merupakan faktor sangat penting untuk diperhatikan, karena kualitas hasil pengelasan secara langsung mempengaruhi kualitas alat penukar kalor yang dihasilkan.
3. Alat penukar alor yang diproduksi perlu dilakukan pengujian guna menjamin kualitas hasil febrikasi agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan baik terhadap dimensi maupun terhadap kinerja produk hasil fabrikasi.
4. Untuk mendapatkan tingkat kemanan yang baik, maka kualitas hasil fabrikasi harus memenuhi standar yang berlaku secara umum.

DAFTAR PUSTAKA

- Asyhab, "*Alat Penukar Kalor (Unfired heater)*", Makalah, *Heat Exchanger Cource*, HAPKI – HTFS, Jakarta, 1995.
- Gede Suryadharma, Nyoman, "*Analisa Waktu Operasi Dalam Proses Manufaktur Untuk Menentukan Biaya Produksi Pressure Vessel*" Thesi, Program Pasca Sarjana, Teknik Mesin, UI, 1994.
- Kreith, Frank, *Principle of Head transfer*", Third Edition, dalam, "Perpindahan Panas", Alih Bahasa Arko Priono, Edisi III, Erlangga, Jakarta, 1994.
- Peters Max. S and Klaus D. Timmerhaus, "*Plant Design and Economic for Chemical Engeneers*", Mc-Graw-Hill, Inc, Singapura, 1995.
- Iswoyo Haryono, *Manajemen Produksi dan Operasi*", Penerbit LPBM, Jakarta, 2002.
- Sunarno dan Sulistianto, DP. Agus, *Fabrikasi Alat Penukar Kalor*", Makalah *Head Exchanger Cource*, HAPKI-HTFS, Jakarta, 1995.
- Tarmizi Husni, "*Estimasi Biaya Produksi dan Penentuan Harga Alat Penukar kalor di PT. B*", Thesis, Program Pasca Sarjana UI, Jakarta, 1996
- Wignyosoebroto, Sritomo, "*Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*", Edisi Pertama, Penerbit Guna Widya, Surabaya, 2003.