

RANCANGAN TABUNG (TANGKI) ANGIN KOMPRESSOR DENGAN TEKANAN 15 BAR

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Ujian Sarjana

Oleh :

Joiman H. Silalahi
NIM: 02 813 0046



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

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2010

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 14/9/23

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)14/9/23

KATA PENGANTAR	-----	i
DAFTAR ISI	-----	iii
DAFTAR GAMBAR	-----	iv
BAB I PENDAHULUAN	-----	1
1.1. Latar Belakang	-----	1
1.2. Tujuan Penulisan	-----	2
1.3. Batasan Masalah	-----	2
BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN	-----	3
2.1. Metode Pembuatan Tabung	-----	3
2.1.1. Pengecoran Sentrifugal	-----	3
2.1.2. Ekstrusi	-----	4
2.1.3. Pengerolan dan Pengelasan	-----	7
2.2. Proses Putar Tekan	-----	10
2.3. Sifat-sifat Baja Plat yang Dirol Panas	-----	10
2.3.1. Kekuatan dan Keuletan Pada Temperatur Rendah	-----	11
2.3.2. Mampu Las	-----	11
2.4. Penguatan Baja Untuk Proses Pengelasan	-----	12
2.5. Mampu Bentuk Baja Yang Dirol Panas	-----	12

2.6. Metalurgi Las-----	13
2.6.1. Plat-----	15
2.6.2. Elektroda Las dan Fluks-----	16
2.7. Sambungan Las -----	18
2.7.1. Jenis Sambungan Las -----	19
2.7.2. Bentuk dan Ukuran Kampuh -----	20
2.8. Mesin Las -----	22
2.9. Pengurangan Tegangan Sisa-----	23
2.10. Kekuatan Sambungan Las-----	25
2.11. Pemeriksaan Hasil Pengelasan -----	28
BAB III METODOLOGI PERENCANAAN -----	32
3.1. Data Rancangan -----	32
3.2. Pemilihan Bahan-----	32
3.3. Persiapan Pengelasan-----	33
3.4. Sistim Pengelasan -----	34
3.4.1. Jenis Sambungan dan Kampuh -----	35
3.4.2. Pemilihan Jenis Elektroda-----	36
3.5. Arus Las, Tegangan Busur dan Kecepatan Pengelasan -----	37

BAB IV ANALISA PEMBAHASAN	38
4.1. Hasil	38
4.2. Pembahasan	38
4.2.1. Pemilihan Bahan Tabung Kompresor	38
4.2.2. Pemilihan Sambungan dan Kampuh	39
4.2.3. Pemilihan Proses Las dan Elektroda	40
4.2.4. Perhitungan Arus Las dan Tegangan Busur	43
4.2.5. Pengelasan Tabungan Kompresor, Header dan Perlengkapan	43
4.2.6. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las	44
4.2.7. Perhitungan Volume Pengelasan	48
4.2.8. Perhitungan Gaya Pada Tabung Kompresor	54
4.2.9. Pemeriksaan Tabung Kompresor	56
BAB V . KESIMPULAN	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

GAMBAR KERJA

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kemajuan teknologi dan industri saat ini sangat besar, seiring dengan meluasnya jenis-jenis produksi yang telah dihasilkan, kompleksitas dan semua itu banyak digunakan peralatan-peralatan permesinan dan tabung-tabung sebagai alat bantu dalam pelancaran suatu produksi.

Tabung kompresor merupakan salah satu contoh yang paling banyak digunakan, terutama di bengkel-bengkel ataupun pabrik-pabrik, yang mana tabung ini digunakan sebagai wadah penyimpanan udara, agar udara yang dihasilkan dari kompresor dapat dimanfaatkan dalam jangka waktu tertentu.

Dilihat dari konstruksinya tabung kompresor ini sangatlah sederhana tapi sesungguhnya terdapat banyak masalah yang harus diatasi, dimana pemecahannya memerlukan berbagai bermacam-macam pengetahuan, agar dalam penggunaan tabung kompresor didapat efisiensi dan nilai ekonomis yang baik.

Sesuai dengan kegunaannya, tabung kompresor ini harus mampu menahan tekanan udara dari dalam, oleh karena itu jika material dan proses pembuatannya tidak sesuai dengan keadaan maka menimbulkan ketidak sempurnaan sehingga membahayakan desain konstruksi. Adapun proses pembuatan tabung kompresor ini dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pengecoran, ekstursi, pengerolan maupun pengelasan.

Dalam perencanaan tabung kompresor pemilihan material dasar adalah merupakan salah satu langkah penting agar konstruksi yang dihasilkan memiliki nilai ekonomis dengan keamanan desain yang baik dengan diketahuinya material dasar dan bentuk konstruksi, maka dapat diambil parameter-parameter yang mempunyai sifat mekanik yang sesuai.

1.2. Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulisan rancangan tabung kompresor ini adalah :

1. Sebagai tugas akhir untuk menyelesaikan perkuliahan di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin
2. Guna menerapkan teori-teori yang diperoleh dari perkuliahan.
3. Dapat merencanakan dan merancang sebuah tabung kompresor yang sesuai dengan kebutuhan.

1.3. Batasan Masalah

Dalam perencanaan ini batasan masalah dan pembahasan meliputi :

1. Analisa gaya-gaya pada tabung kompresor.
2. Pemilihan bahan-bahan yang sesuai.
3. Sistem pengelasan yang digunakan.
4. Pembuatan gambar assembling dari tabung kompresor yang dirancang.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

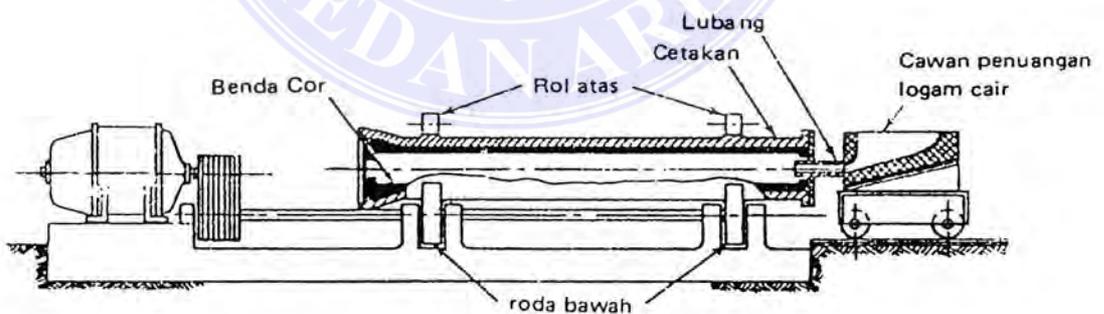
2.1. Metode Pembuatan Tabung

Metode pembuatan tabung dapat dilakukan dengan, metode pengecoran, ekstursi, pengerolan dan pengelasan.

2.1.1 Pengecoran Sentrifugal

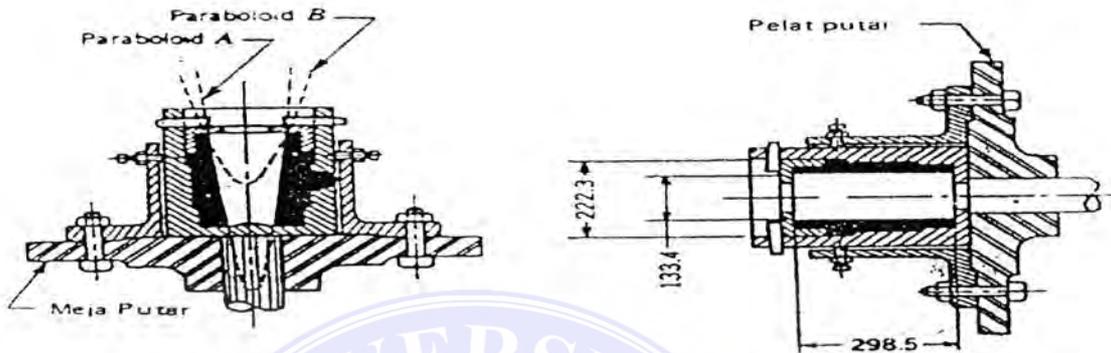
Pengecoran sentrifugal dapat digunakan untuk membuat tabung atau pipa. Proses ini dapat digunakan dua jenis cetakan, yaitu :

- a. *Cetakan dengan lapisan tahan api.* Cetakan ini memungkinkan terjadinya solidifikasi dengan tepat. Benda cor padat dan kotoran terhimpun pada permukaan sebelah dalam, ketebalan tabung atau pipa diatur dengan pengendalian jumlah logam cair.



Gambar: 2.1. Mesin Cor Sentrifugal

...dibuat dengan lapisan pemisah tebal. Cetakan ini mempunyai daya isolasi panas tinggi, tetapi pada proses ini benda yang dihasilkan bahagian tengahnya tidak terlalu padat, proses ini dapat dilakukan dengan cara horizontal atau pun vertikal.



Gambar : 2.2. Metoda sentrifugal untuk membuat tabung sunder mesin radial

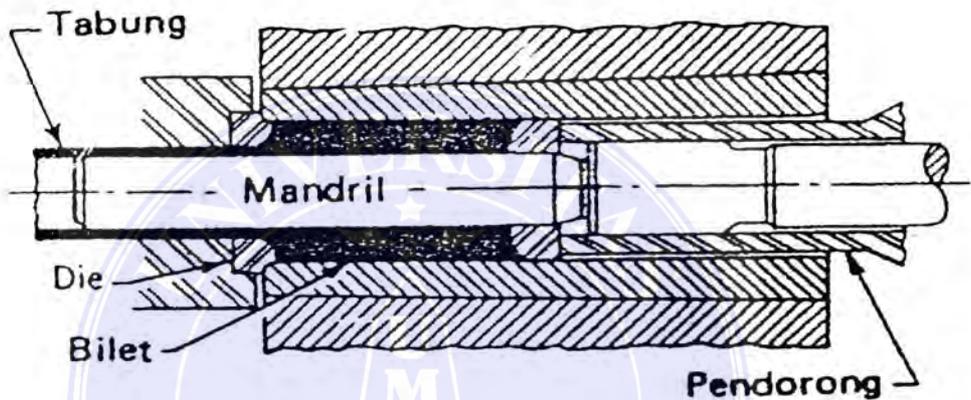
2.1.2. Ekstursi

Logam yang dapat dibentuk dengan pengerjaan panas, dapat pula ekstursi secara uniform profil tertentu, prinsip ekstursi sama seperti menekan tapal gigi keluar dan tabung, dimana proses ekstursi telah banyak digunakan untuk berbagai proses produksi. Proses ekstursi yang banyak digunakan untuk proses produksi adalah type horizontal (mendatar) yang dijalankan secara hidrolis.

Keuntungannya proses ekstursi memungkinkan membuat berbagai jenis bentuk benda dengan kekuatan tinggi, jika dibandingkan dengan proses pengelasan, ekstursi ini

langsung tak langsung dan impak.

Pembuatan tabung dengan ekstruksi, cam lazim diterapkan adalah ekstruksi tabung seperti pada (gambar 2.3). ini dapat dikelompokkan pada cara ekstruksi langsung, tapi disini digunakan mandril untuk membentuk bagian dalam tabung. Operasi seluruhnya harus berlangsung cepat.

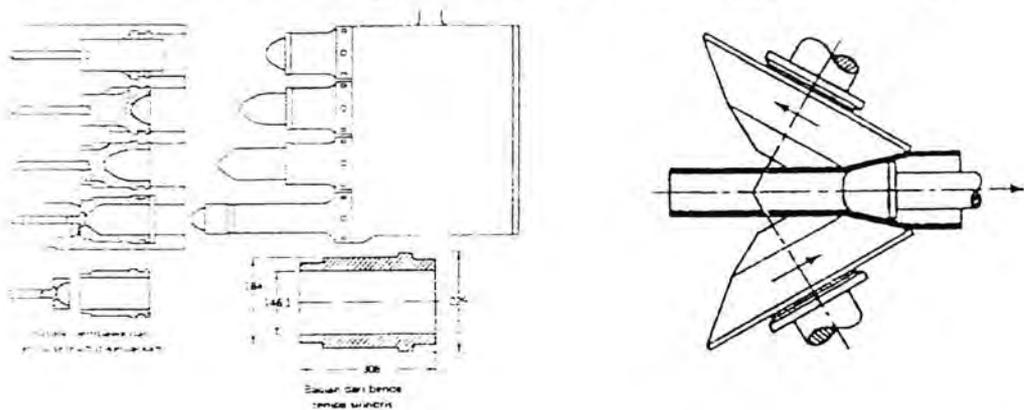


Gambar : 2.3. Ekstursi Tabung

Cara lain dan proses ekstruksi ini adalah dengan cara penempaan upset, pada penempatan upset biasanya dihasilkan tabung untuk ukuran kecil. (gambar 2.4.a)

Disamping ekstruksi dan penempaan upset, pelubangan tabung (Piercing) dapat juga digunakan untuk membuat pipa atau tabung tanpa kampu, dimana pada proses ini baja silindris bergerak diantara dua rol berbentuk konis yang berputar dalam arah yang

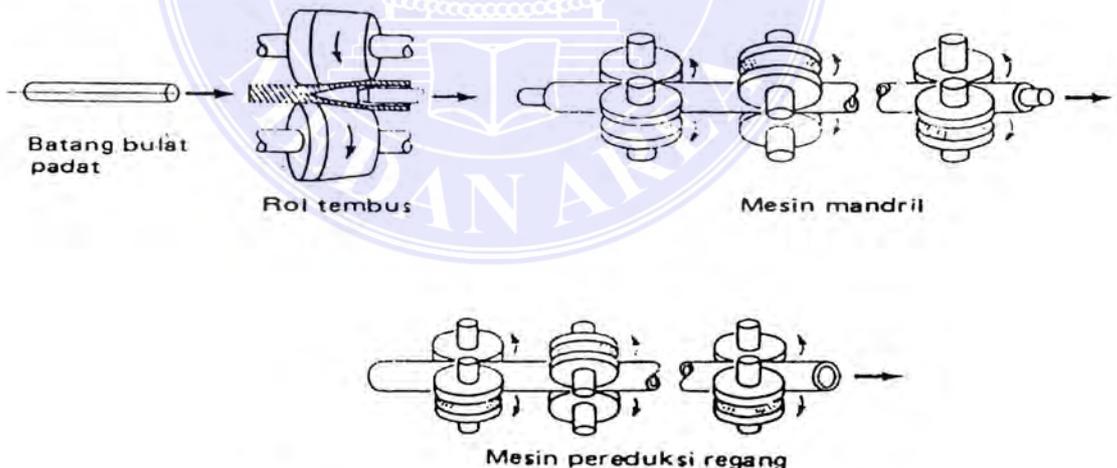
sama. Diantara kedua rol tersebut terdapat mandril yang membagi pipa atau tabung dan mengatur besar ukuran tabung sewaktu bila ditekan. (gambar : 2.4.b)



(a) Urutan penempatan silinder (b). Proses rol putar tabung kempuh

Gambar : 2.4. Penempatan selinder dan proses rol putar tabung

Pada cara kontinue suatu batang bulat berdiameter diberi lubang tembus mandril penembus dan diteruskan ke mesin mandril berkedudukan, dimana terdapat batang bulat (mandril). Sebelum masuk mesin pereduksi regang tabung dipanaskan terlebih dahulu, mesin produksi digunakan untuk mengurangi diameter.



Gambar : 2.5. Proses pembuatan tabung kontinu

(sambungan).

2.1.3. Pengerolan dan Pengelasan

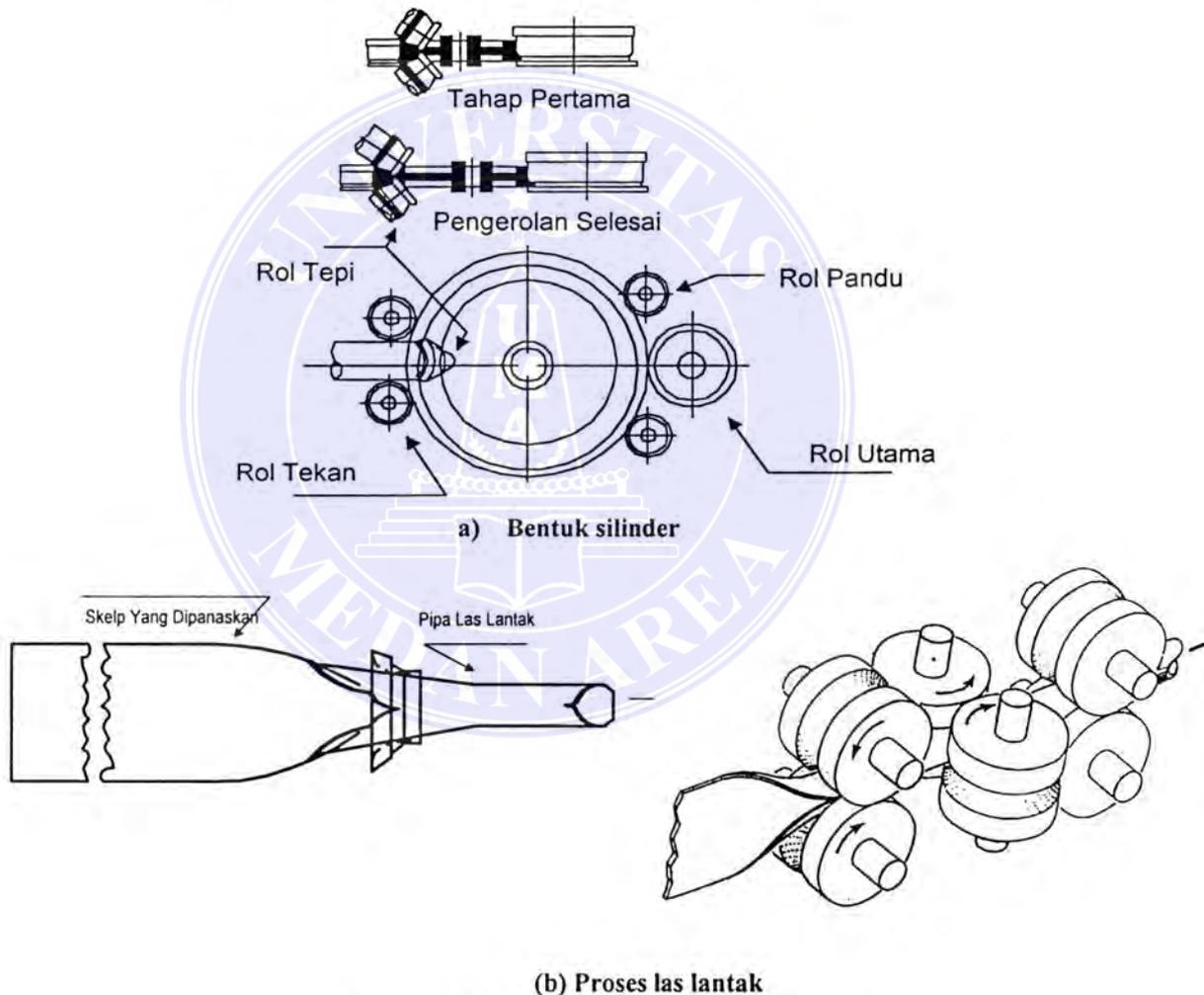
Pembuatan tabung atau pipa dapat dilakukan dengan pengerolan dan pengelasan tumpu atau pengelasan lantak.

1. *Pengerolan*. Proses pengerolan dapat digunakan untuk membentuk berbagai bentuk benda, dengan cara ini banyak dihasilkan permukaan benda yang halus dengan toleransi yang setara dengan proses lainnya. Logam yang diproses melalui pengerolan mengalami pengerjaan panas secara menyeluruh serta mempunyai sifat fisik yang baik (gambar: 2.6.a)
2. *Las lantak terputus atau kontinue*. Pada proses ini pita baja yang dipanaskan disebut skelp dengan sisi yang bertirus sedikit dilengkungkan sedemikian rupa sehingga membentuk bulat yang tersambung rapi. Disini digunakan dua rol yang membentuknya sehingga menjadi tabung (gambar: 2.6.b)
3. *Las lantak listrik*. Pada cara ini dikenal dengan nama pembentukan rol dimana pembentukan pelat dilakukan melalui pemasangan-pemasangan rol secara kontinue. Sedangkan perangkat pengelasan ditempatkan pada ujung mesin rol (gambar: 2.6.c)
4. *Las tumpuk tabung atau pipa*. Dalam proses ini skeip setelah dipanaskan ditarik diantara rol sehingga berbentuk silinder dengan tepi yang saling tertindih

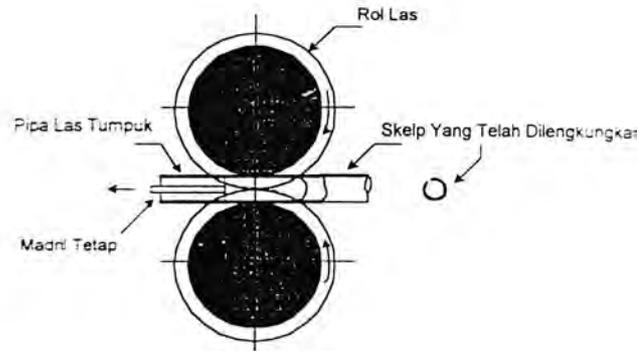
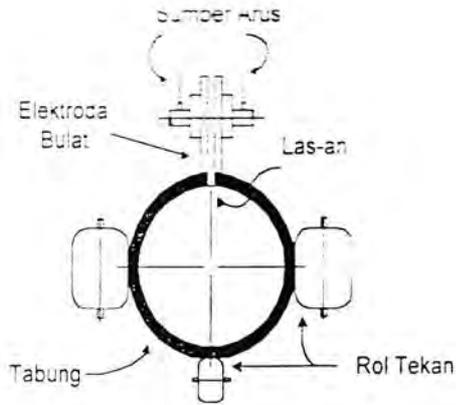
diantara rol terdapat mandrit tetap dengan ukuran sesuai diameter dalam tabung.

Tepi-tepinya dilas dengan tekanan antara rol dan mandrit (gambar: 2.6.d).

5. *Pelengkungan pelat*. Proses ini dilakukan untuk memberikan bentuk silinder, tapi disini dilakukan pada pengerjaan dingin seperti yang telah dipaparkan sebelumnya adalah pengerjaan panas pada proses pembuatan tabung. Pada pengerjaan ini berdiri dan tiga rol yang berdiameter sama, dimana dua rol diantaranya tetap dan yang satu lagi dapat diatur letaknya.

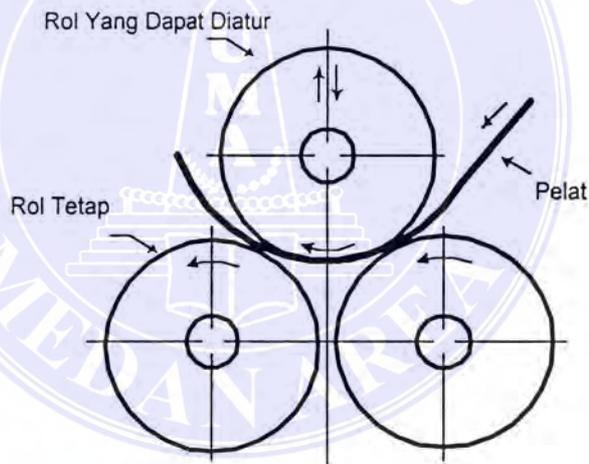


Gambar: 2.6 Bentuk silinder dan proses las lantak



(c) Proses las lantak

(d) Proses las tumpuk

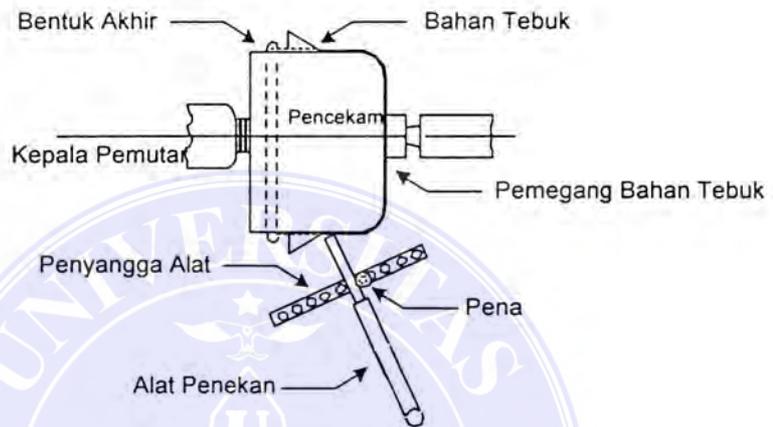


(e) Proses pengerolan

Gambar: 2.7. Bentuk silinder dan proses las lantak

2.2. Proses Putar Tekan

Proses putar tekan ini dipergunakan biasanya untuk membuat penutup pipa tabung. Adapun beberapa proses pada proses putar tekan antara lain: Proses putar-tekan, proses putar tekan geser dan proses putar tekan tarik.



Gambar: 2.8. Proses pembuatan kup dengan tekan

2.3. Sifat-sifat Baja Plat yang Dirol Panas

Lembaran baja pada proses pembuatan tabung yang mengalami pengerjaan pengecoran dan perlakuan panas mempunyai sifat-sifat yang mudah dibentuk dan mudah dilas, ditinjau dan cara pembuatan, pengerolan adalah proses yang sangat efisien dan ekonomis, sehingga banyak konstruksi yang dibuat dan baja yang dirol dengan mempergunakan teknik pengelasan, seperti pada pembuatan pada tabung atau pipa.

2.3.1. Kekuatan dan Keuletan pada Temperatur Rendah

Penggunaan baja yang utama, bagi baja yang dirol panas, adalah untuk kontruksi baja yang memerlukan keuletan tinggi pada temperatur kamar atau temperatur yang rendah.

Carbon adalah unsur utama dalam penguatan baja sehingga suatu baja harus mengandung kadar karbon sampai suatu nilai tertentu.

2.3.2. Mampu Las

Kontruksi baja biasanya dibuat dengan jalan mengelas, untuk itu diperlukan lembaran baja yang tebal agar mempunyai mampu las yang baik, derajat dan kesukaran, apakah sambungan las dapat memenuhi (memuaskan) dan apakah konstruksi yang dibuat dengan jalan pengelasan dapat mencapai maksud yang diinginkan disebut mampu las.

Kekuatan maksimum pada daerah ini tergantung pada kadar karbon ekuivalen, (*UW = International institut of Welding*) menyatakan karbon ekuivalen dengan : S

$$\text{Cek (\%)} = C + \left(\frac{1}{6}\right) \text{Mn} + \left(\frac{1}{5}\right) (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}) + \left(\frac{1}{5}\right) (\text{Cu} + \text{Ni})$$

Hubungan dengan kekerasan Vickers maksimum

$$\text{Hv}_{\text{maks}} = 666 \text{Cek} + 40$$

Tetapi Hv_{maks} tidak selamanya teliti, tetapi hubungan dengan laju retakan

$$\text{VT}_5 = -70 + 290 \text{C} + 28 \text{Mr} + 46 \text{Cu} - 6 \text{Ni} + 25 \text{Cr} + 23 \text{Mo} (\text{C})$$

2.4. Penguatan Baja untuk Proses pengelasan

Pada tabel berikut ditunjukkan contoh komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik kebanyakan baja rol yang dinormalkan.

Perencanaan Standart	Tanda JIS	Ketebalan (mm)	Komposisi Kimia (%)					Batas Mulur (Kg/mm)	Kekuatan tarik	Perpanjangan Batang uji (No.1) (%)
			C	Si	Mn	P	S			
Baja rolan Untuk ketel JIS G 3103	SB 35	T ≤ 19 19 ≤ t ≤ 50	≤ 0.20 "	≤ 0.30 "	≤ 0.80 "	≤ 0.035 "	≤ 0.050 "	≤ 19	32-42	≤ 26
Baja rolan Untuk ketel JIS G 3106	SM 41 A	16 ≤ t ≤ 40 50 ≤ t ≤ 100	≤ 0.23 ≤ 0.25	- "	≤ 0.50 "	≤ 0.040 "	≤ 0.050 "	≤ 24	41 - 52	≤ 22

Tabel: 2.1 Komposisi (ilmu dan teknologi bahan)

2.5. Mampu Bentuk Baja yang Dirol Panas

Baja tebal yang dirol panas, mempunyai derajat pengerjaan yang tinggi pada pembengkokannya, dalam hal ini kekuatan (keuletan) sekedar hanya pada perpanjangannya dalam pengujian tangki, selanjutnya mampu dibentuk menjadi apabila temperatur akhir pada pengelasan terkontrol (teerkendali).

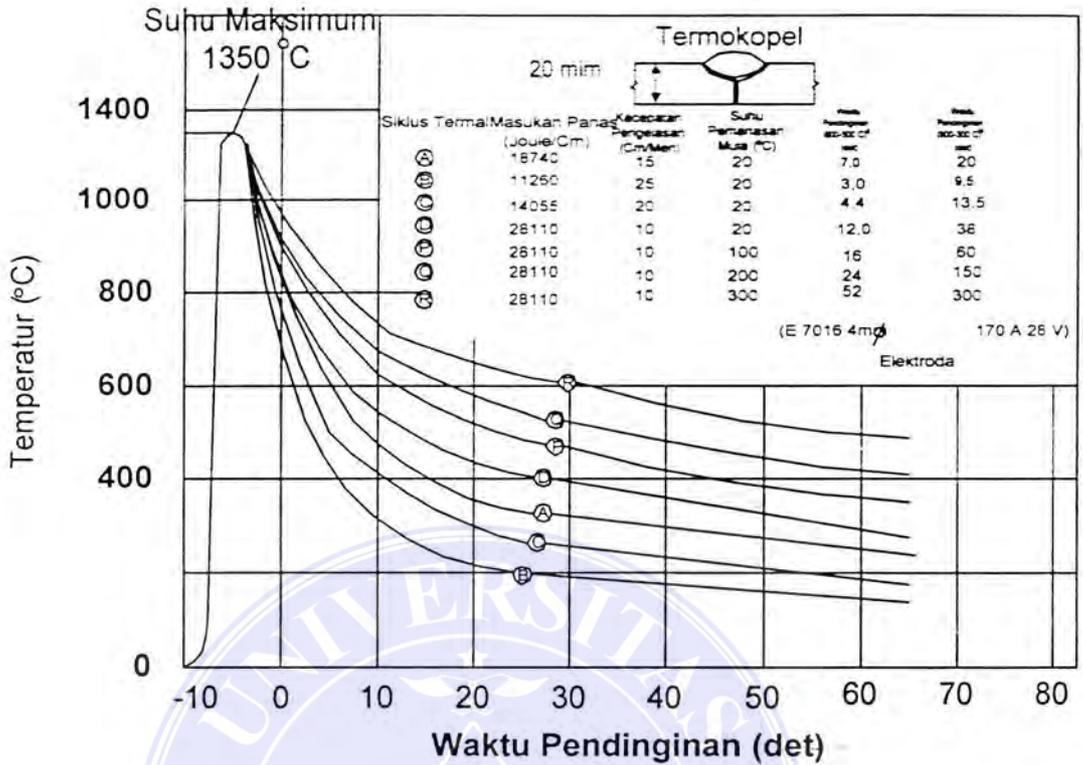
2.6. Metalurgi Las

Pengelasan adalah menyambung dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas (pencairan)

Dengan demikian logam tersebut akan mengalami perubahan metalurgi yang rumit di sekitar daerah lasan, dimana daerah terdiridan logam las, daerah pengaruh panas (HAZ = Heat Affected Zone) dan logam induk. Pada bagian ini akan dibahas sifat-sifat baja lunak. Sifat tersebut dapat berubah karena terjadinya panas akibat pengelasan terutama sekali pada siklus thermal las. Siklus thermal las adalah proses pemanasan dan pendinginan didaerah lasan.

Siklus thermal las artinya beberapa joule/Cm² pemanasan yang berlangsung atau derajat Celsius (°C) kenaikan temperatur yang terjadi pada logam las, sehingga akibat terjadinya panas tertentu ini akan menimbulkan suatu efek yang berlainan suatu efek yang berlainan bagi logam lain, begitu pula untuk kondisi panas yang lain, adanya weld defect (cacat las), kualitas lasan menurun, memuainya daerah yang dikenai panas dan terbentuknya struktur micro yang rapuh seperti yang ditunjukkan pada (gambar 2.10).

Dari siklus thermal las dapat diketahui kecepatan pendinginan yang sangat berguna untuk menganalisa struktur micro pada daerah yang dipengaruhi panas untuk baja karbon.



Gambar: 2.9. Siklus termal las

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kurva siklus thermal las adalah sebagai berikut :

- Konstruksi pengelasan meliputi : Input panas, dan kecepatan pengelasan.
- Sifat fisik logam induk meliputi : Konduktivitas thermal, kalor jenis dan kalor lebur.
- Geometri logam induk
- Kondisi lingkungan meliputi : temperatur keliling dan kecepatan angin di sekitar tempat pengelasan.

Pada arc welding (las busur), panas yang dihasilkan menyebar ke daerah yang sangat terbatas dan menimbulkan temperatur gradien yang tinggi, jika elektroda memanaskan satu tempat saja tanpa perpindahan sepanjang sambungan, maka panas yang dihasilkan tidak melebar secara merata (uniform), akan tetapi jika elektroda digerakkan secara teratur, maka terjadilah penyebaran panas.

Dari perlakuan panas yang disebutkan diatas, logam mengalami perubahan struktur dan transformasi. Sejauh mana transformasi logam yang dilas, misalnya saja over heating, maka akan terjadi HAZ yang melebar.

Pada pengelasan suatu logam, supaya daerah dipengaruhi benar-benar sesuai dengan jenis ukuran benda kerja yang dilas. Apabila terlalu kecil atau kelebihan heating input akan berpengaruh bentuk pada hasil lasan.

2.6.1. Plat

Tabung kompresor terbuat dari plat baja lunak, baja yang selalu digunakan untuk ketel, bejana tekan dan tabung. Baja ini mempunyai sifat mampu las yang tinggi dan sifat pengerjaannya mudah dengan kekuatannya yang sangat baik. Spesifikasi baja lunak dapat dilihat pada lampiran IX.

2.6.2. Elektroda Las dan Fluks

Pada umumnya ditinjau dari jenis yang akan dilas, maka elektroda las dapat dibedakan atas empat golongan :

1. Elektroda las baja karbon (mild steel arc welding electrodes).

Elektroda las ini digunakan untuk mengelas baja lunak, misalnya baja-baja karbon dengan persentase karbon yang rendah.

2. Elektroda las baja campuran (alloy steel arc welding electrodes).

Elektroda las ini digunakan untuk mengelas baja campuran, misalnya baja stainless steel..

3. Elektroda las bukan besi (non ferrous arc welding electrodes).

Elektroda las ini digunakan untuk benda-benda bukan besi atau baja, misalnya: Aluminium, monel, kuningan, perunggu dan sebagainya.

4. Elektroda las besi tuang (cast iron arc welding electrodes)

Elektroda las ini dipakai untuk mengelas besi tuang dan sejenisnya.

Pada dasarnya, logam elektroda las dibuat sesuai atau mendekati sifat dasar logam yang dilas dan kualitasnya dibuat lebih baik dari pada logam yang akan dilas. Dalam rancangan tabung ini dipergunakan elektroda las yang dibungkus dengan fluks. Pada saat pengelasan dimana busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda.

Fluks biasanya terdiri dari bahan-bahan tertentu dengan perbandingan tertentu pula. Bahan-bahan yang digunakan dapat digolongkan dalam bahan-bahan pemantap busur, pembuat terak, penghasil gas, deoksidator unsur paduan dan bahan penyakit.

Bahan-bahan tersebut antara lain oksida-oksida logam, karbonat, silikat, fluorida, zat organik, baja paduan dan serbuk besi. Elektroda las yang terbungkus dengan fluks bermacam-macam jenis sesuai dengan standart di Amerika yaitu ASTM (American society for Testing and Material) dan AWS (American Welding Society) atau JIS (Japan Industri Stndart).

Standart elektroda, baik ASTW dan AWS didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan pada anus las, walaupun dalam memberi simbol berbeda, tetapi pada dasarnya adalah sama. Elektroda baja lunak yang distandartkan MS dapat dilihat pada lampiran.

2.7. Sambungan las

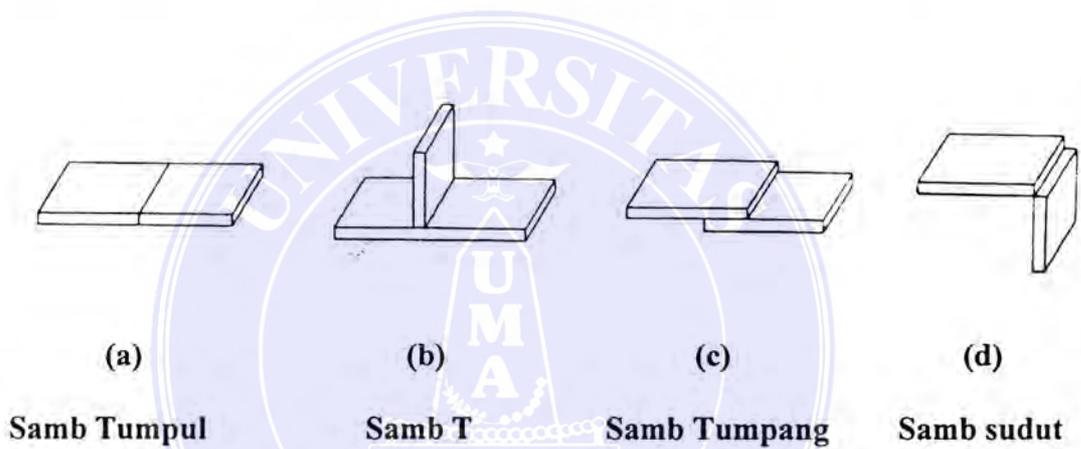
Produk yang terdiri dari dua atau lebih bagian, memerlukan proses penyambungan meliputi: Pengelasan, solder, sinter, mematri, pengilingan, penyambungan baut dan perekat dengan lem.

Pada proses pengelasan, sebagian logam dijadikan satu dengan cara mencairkannya, disini diperlukan panas dengan atau tanpa tekanan. Solder dan mematri adalah dua proses yang sejenisnya, diantara dua potong logam ditambah logam lain

dalam keadaan cair, proses sinter mengikat partikel logam dengan cara pemanasan, perekat dalam bentuk serbuk, cairan, bahan padat dan pita. Ini digunakan untuk menyambung logam, kayu, gelas, kain, atau plastik.

2.7.1. Jenis Sambung Las

Sambungan las pada konstruksi baja pada dasarnya dibagi menjadi sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut dan sambungan tumpang.



Gambar: 2.11. Jenis-jenis sambungan las

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien jika dibandingkan dengan sambungan yang lain, sambungan ini dibagi lagi menjadi sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian.

Sedangkan pada sambungan T, juga terbagi dua yaitu : las alur dan las sudut. Pada sambungna tumpang jarang dipergunakan, karena sambungan ini mempunyai efisiensi

yang rendah, tapi untuk sambungan sudut sering terjadi penyusutan. ini dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Untuk menghindarinya dapat dilakukan dengan memperbesar alur pengelasan.

2.7.2. Bentuk dan Ukuran Kampuh

Didalam menentukan alur pengelasan, yang paling dominan ditentukan oleh tebal plat induk. Disamping itu, type sambungan juga ikut menentukan alur dan perencanaan las dimana sambungan las tersebut, agar sambungan dapat menyesuaikan dengan beban yang bekerja. Bentuk alur juga mempengaruhi banyaknya cairan (dilution) dan logam induk, yang menyebabkan sulitnya mengontrol sifat-sifat mekanisme dan logam las (yaitu campuran dan filter metal dan parent metal). Lebih banyak dilution, lebih sulit dikontrol alloynya sehingga sukar diduga ketahanannya terhadap korosi, retak, dan patah dan tegangan anus las.

Selain itu juga dipengaruhi oleh faktor-faktor : tebal plat, jumlah layer (tumoukan) yang dibutuhkan, sumber panas (gas, arc, resisten) dan ukuran elektroda.

Setelah mengetahui jenis sambungan, tebal plat, ukuran elektroda, arus dan kecepatan elektroda dapat dihitung volume pengelasan. Volume pengelasan menurut Jefferson TB (ED) dapat disimpulkan dengan persamaan.

Volume pengelasan secara horizontal :

$$V_{ah} = A_{dh} \times L_{dh} \text{ (mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$$A_{dh} = \text{Luas penampang lasan } \left(\frac{\pi}{32} \times \delta^2 \right)$$

L_{dh} = Panjang lasan secara horizontal.

Volume pengelasan untuk melingkar dan vertikal dengan persamaan :

$$V_{dv} = A_{dh} \times L_{dh} \text{ (mm)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

V_{dv} = Volume pengelasan melingkarkan dan vertikal

A_{dv} = Luas penampang $\left(\frac{\pi}{4} \right)$

L_{dv} = Panjang pengelasan secara vertikal

Untuk menghitung volume pengelasan sangat tergantung pada jenis sambungan yang dipakai pada material tersebut. Menurut Jefferson TB (ED) volume elektroda dapat ditentukan dengan persamaan :

$$V_e = A_{dv} \cdot D \cdot L$$

Dimana :

V_e = Volume elektroda

D = Diameter elektroda

L = Panjang elektroda

2.8. Mesin Las

Mesin las digunakan sebagai sumber tenaga untuk memperoleh unsur nyala api yang memberikan panas untuk mencairkan logam las. Mesin dapat diklasifikasikan atas :

a. Mesin las arus bolak-balik (AC)

Penggunaan arus bolak-balik pada proses pengelasan, hasilnya sama dengan menggunakan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik secara bergantian. Sehingga hasil pengelasannya terletak diantara hasil pengelasan arus searah dengan polaritas lurus dan polaritas balik.

b. Mesin las searah (DC)

Menurut (Harsono 2000), polaritas arus searah dapat dibedakan atas arus searah polaritas lurus DCS (Direct current straight) dan arus searah polaritas balik DCR (Direct current reverse). Dimana penggunaan mesin las arus searah adalah : dapat menggunakan semua jenis elektroda, semua jenis logam dapat dilas dan dapat digunakan untuk pekerjaan lapangan yang tidak memiliki fasilitas.

c. Mesin las arus ganda (AC-DC)

Mesin las arus ganda adalah mesin las yang memiliki transpormator. Pengeluaran arus bolak-balik (AC) adalah mengambil dari sekunder transpormator melalui regulator arus, sedangkan pengeluaran arus searah (DC) adalah mengambil dari pengeluaran arus yang merata. Jadi mesin arus ganda bekerja atas arus AC dan

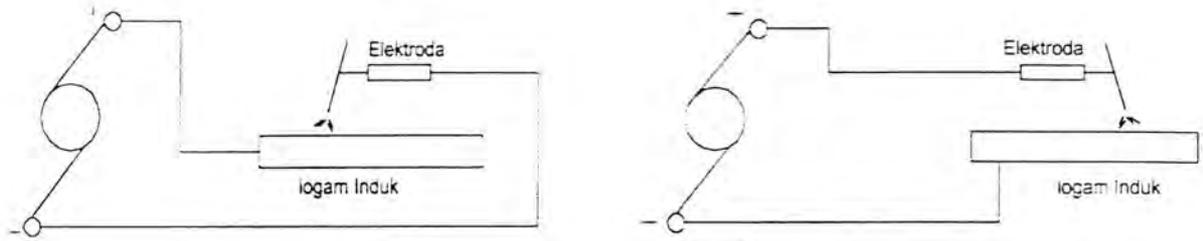
DC dimana pemilihannya dapat dilakukan dengan memutar alat pengaturnya.

(Harsono. 2000).

2.9. Pengurangan Tegangan Sisa

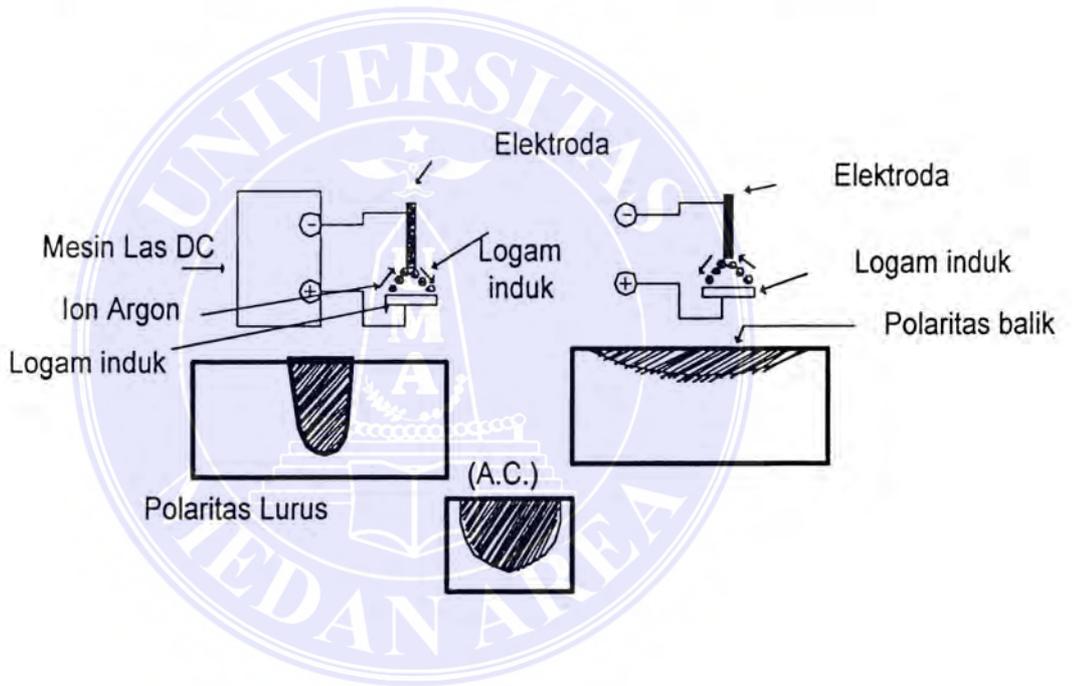
Dalam pengelasan, tegangan sisa yang terjadi karena adanya penyusutan pada waktu pendinginan setelah pengelasan. Besarnya tegangan sisa yang terjadi dapat di kurangi dengan jalan mengurangi besarnya masukan panas dan banyaknya logam lasan yang dilakukan dengan jalan memperkecil sudut alur dari kampuh dan memperkecil celah akar pada las tumpul. Karena penghalangan luar juga menyebabkan terjadinya tegangan sisa, maka perlu dihindari dengan menentukan urutan pengelasan yang baik (Harsono. 2000).

Kristal yang mengalami deformasi lebih banyak energi dan kristal yang tidak mempunyai tegangan, atom-atom akan bergerak membentuk susunan yang lebih sempurna tanpa tegangan, ini dapat dilakukan bila disebut yang panas akan melalui suatu proses yang disebut dengan proses anil. Pada suhu tinggi memungkinkan pengaturan kembali atom-atom dan bentuk butiran yang sempurna pada lingkaran kekristalisasi. Jenis polaritas lurus (straight polarity) polaritas balik (reverse polarity) seperti terlihat pada (gambar 2.15.a) sedangkan pengaruh polaritas terhadap adanya penetrasi dapat dilihat pada (gambar 2.15.b.).



(a) Polaritas lurus

(b) Polaritas balik



Gambar: 2.12. Polaritas untuk las elektroda teerbungkus

2.10. Kekuatan Sambungan Las

Kekuatan sambungan las dihitung berdasarkan tegangan boleh atau tegangan izin, dengan anggapan bahwa hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke dengan syarat bahwa tegangan terbesar yang terjadi tidak lebih dengan tegangan yang ditentukan sebelumnya. Tegangan boleh dalam las adalah tegangan yang tertinggi yang boleh terjadi dalam konstruksi las dengan tidak membahayakan yang didasarkan atas sifat inekanik logam induk dan logam las, jenis bahan serta jenis sambungan. Disamping itu besarnya tegangan boleh, juga tergantung dari tingkat kepentingan dan kegunaan dari konstruksi yang biasanya ditentukan antara 0,8 sampai 1,0 kali kekuatan tarik logam induk (Harsono. 1998).

Beberapa contoh tegangan boleh seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Jenis lasan		Jenis Tegangan	1300 (Kg/cm)	
			1300	1300
Jenis tegangan	Las tumpul dengan uji radiology	Tarik	1300	1800
		Tekan	1300	1800
	Las tumpul dengan uji radiology	Tarik	1040	1440
		Tekan	1170	1620
	Las sudut	Geser	800	1100
		Tarik		
	Tekan	800	1100	
Jenis tegangan	Angka Pengurangan	Tarik	0.8	
		Tekan	0.9	
		Geser	0.9	

Tabel : 2.2. Tegangan yang di izinkan

Tegangan izin dalam las adalah tegangan yang tertinggi yang boleh terjadi pada suatu konstruksi supaya tidak membahayakan yang didasarkan pada sifat mekanik logam dan logam las, jenis dan beban serta sambungan.

a. Gaya yang mengakibatkan terbelahnya tabung (Gaya Circumferential)

- Menurut Ilyod E. And Young edwin H Equipmen Design gaya Circumferential yang terjadi pada tabung (gambar 2.16), dapat ditentukan dengan persamaan :

$$P_c = P \cdot d \cdot L \dots\dots\dots(2.4)$$

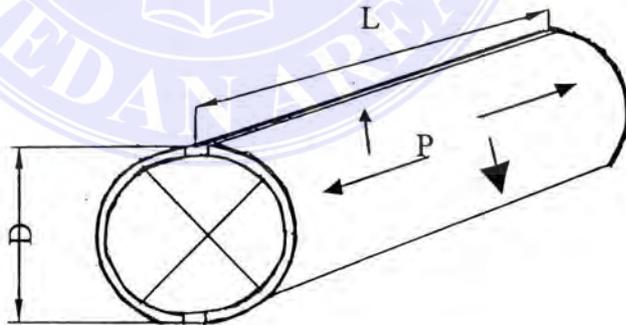
Dimana :

P_c = Gaya circumferential (kg)

P = Tekanan Kerja (kg/cm^2)

d = Diameter dalam (cm)

L = Panjang shell (cm)



Gambar: 2.13. Gaya circumferential

b. Tegangan yang mengakibatkan terputusnya shell (longitudinal srees)

- Gaya untuk memutuskan shell dapat ditentukan menurut Hoyd E and Young Edwin equipmen Design dapat persamaan

$$PL = \frac{P \times \pi \times d}{4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

Pl = Gaya longitudinal (kg)

P = Tekanan kerja (kg/cm)

d = Diameter dalam (cm)

Gaya longitudinal seperti gambar dibawah ini untuk merumuskan shell.



Gambar: 2.14. Gaya longitudinal

Setelah kita mengetahui gaya yang terbesar yaitu gaya yang circumferential baru dapat kita ketahui berapa tebal plat yang kita gunakan. Menurut Djokosetyanjo (1989), tebal plat dapat ditentukan dengan persamaan :

$$t = \frac{d \times p}{2 \times \sigma_t (1 + d/l)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

- t = Tebal tabung (m)
- d = Diameter tabung (m)
- P = Tekanan kerja (N/m²)

$$Th = \sqrt{\frac{P \times h}{j \times \sigma_t} \times (dh^2 + do)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana :

- Th = Tebal header (mm)
- P = Tekanan kerja isobar =(1.53 kg/mm²)
- σ_t = Tegangan tarik yang diizinkan bahan (52 kg/mm²)

2.11. Pemeriksaan Hasil Pengelasan

Adapun pemeriksaan hasil pengelasan dapat dilakukan dengan beberapa cara yang bertujuan untuk mengetahui kualitas dan mutu dari pengelasan yaitu :

- a. Pemeriksaan dengan pengamatan (visual test), adalah untuk memeriksa tampak las, cacat permukaan, dimensi dan perlakuan las. Ini adalah cara yang paling mudah karena tidak memerlukan alat bantu.
- b. Pemeriksaan dengan cairan penetran (zat warna), untuk menentukan adanya cacat halus pada permukaan, seperti retak (surface crack), lubang permukaan (surface porosity) atau kebocoran. Cara ini pada dasarnya menggunakan cairan atau zat pewarna yang dapat menembus cacat.



Gambar: 2.15. Dasar pengujian dengan zat penembus

Permukaan ini dilakukan pada bagian dalam dan bagian luar dari tabung, setelah seluruh permukaan yang dilas dibersihkan dengan memakai wire brush (brush kawat). Cairan disemprotkan secara merata disepanjang jalur las, selanjutnya disemprotkan cairan developer (berwarna putih) secara merata. Apabila terdapat retak atau cacat, maka akan terlihat dan cairan penetraan yang menembus cairan developer.

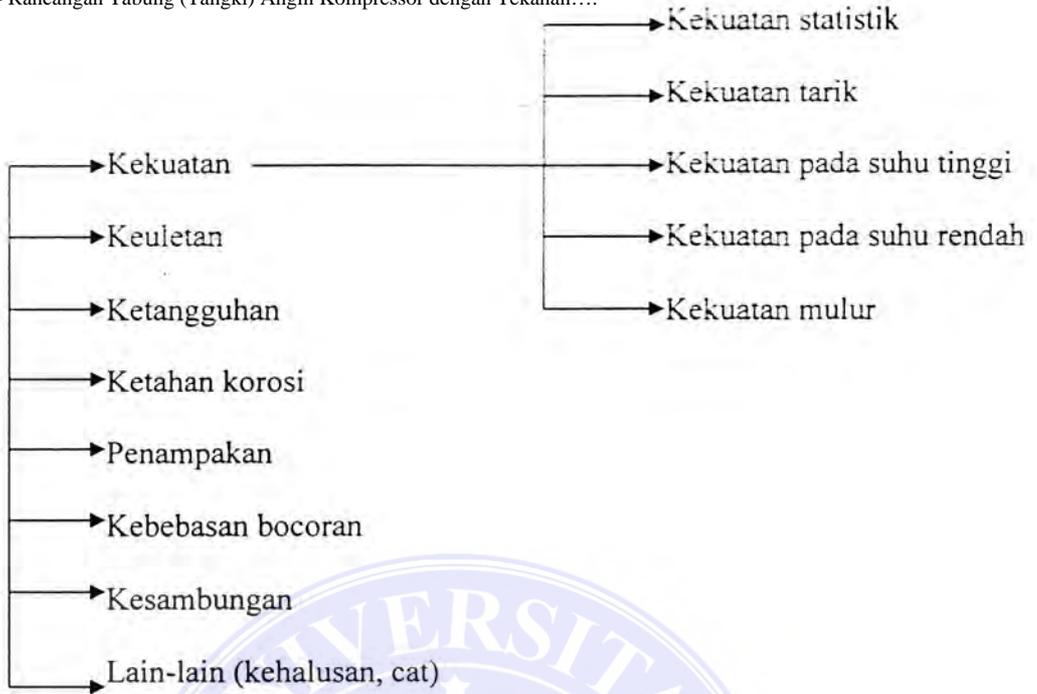
- c. Pemeriksaan vakum (vakum test), digunakan untuk memeriksa kebocoran atau cacat las pada sambungan las plat dengan plat dinding dan shell, setelah selesai

dibersihkan dengan sabun, kemudian vakum tes box diletakkan pada jalur las sehingga sambungan pengelasan dapat terlihat dan atas vakum tes box itu melalui kaca terpasang. Selanjutnya udara dikeluarkan dan vakum test box, kebocoran las dapat diketahui dengan adanya gelembung udara, gambar lampiran v

- d. Pengujian hidrostatis. Setelah semua pengujian yang lain selesai dilakukan dengan baik, baru pengujian hidrostatis, muali dan pengisian air hingga pembuangan air sampai habis, semua lubang di atas tabungharus dibuka. Air dengan (Ph) maksimum 7, dipompakan kedalam tabung dengan pengisian ± 5 liter permenit, sehingga mencapai ketinggian diatas sambungan las. Pengisian dihentikan dan diadakan pemeriksaan pada sambungan las. Volume air dipertahankan selama 24 jam. Kemudian pengisian dilakukan sampai penuh sambungan plat, kemudian selanjutnya dengan cara yang sama dilakukan pemeriksaan.

Pemeriksaan kebocoran las juga dilakukan pada sambungan dinding teratas dengan top angle, kemudian air dikeluarkan, setelah air terkuras habis, bagian dalam tabung dibersihkan dengan memakai kain lap hingga kering.

Kemudian hand hole ditutup dan diikat dengan kuat setelah diberi paking. Tujuan lainnya ada pengujian dan pemeriksaan adalah penilaian mutu. Sehubungan dengan itu dapat dilihat pada tabel berikut sifat-sifat yang menentukan mutu pengelasan.



Gambar: 2.16. Persyaratan mutu dalam hal pengeluaran

METODOLOGI PERENCANAAN

3.1. Data Rancangan

Dibawah ini dicantumkan dari tabung kompresor dengan spesifikasi yang didapat dari survey :

Kapasitas tabung (Q) = 350 liter

Tekanan kerja (P) = 15 bar

Diameter dalam tabung (d) = 550 mm

Panjang tabung = 1350 mm

Radius header = 120 mm

3.2. Pemilihan Bahan

Pemilihan bahan untuk satu konstruksi yang digunakan pengelasan dalam sistem penyambungan didasarkan pada sifat mampu las dari bahan yang kepekaan terhadap retak. Menurut Harsono (1985) pengaruh dan unsur paduan terhadap kepekaan sebab biasanya dapat dilihat dari harga ekuivalen dan unsur yang dikandung (cek) dan harga parameter retak (Pcm). Persamaan untuk mendapatkan harga cek menurut JIS adalah :

$$\text{Cek} = C + \text{Mn} + \frac{1}{24} \text{Si} + \frac{1}{40} \text{Ni} + \frac{1}{5} \text{Cr} + \frac{1}{4} \text{Mo} + \frac{1}{14} \text{Mo} + \frac{1}{14} v(\%) \dots \dots \dots (3.1)$$

$$P_{cm} = C + 1/30 Si + 1/20 Mn - 1/60 Ni - 1/20 Cr + 1/15 Mo + 1/10 V + 5B (\%) \dots (3.2)$$

Hubungan antara persentase retak dan harga equivalen karbon (Cek) sangat menerbitkan hasil pengelasan. sebab bila nilai Cek dan Pcm turun, maka kepekaan terhadap retak dan bahan yang dilas akan turun dalam artian bahwa bahan yang digunakan untuk pengelasan adalah baik.

3.3. Persiapan Pengelasan

Mutu dari hasil las selain tergantung pada pengerjaan lasannya sendiri juga tergantung pada persiapan sebelum pengelasan, karena itu persiapan pengelasan harus mendapatkan perhatian dan pengawasan yang sama dengan pelaksanaan pengelasan. Persiapan umum dalam pelaksanaan pengelasan meliputi penilaian mesin las dan alat-alat perakit lainnya, yaitu :

- a. *Flame culter*. Digunakan untuk menolong benda kerja, pemotongan dilakukan dengan membakar gas dan dengan oksigen sehingga menimbulkan panas yang tinggi dimana temperatur melewati temperatur lebur benda kerja.
- b. *Mesin Gerinda*. Digunakan untuk meratakan dan memperhalus permukaan benda kerja setelah pemotongan dengan oxyactilene cutter dan setelah pengelasan, agar diperoleh hasil pemotongan dan sambungan yang baik. Pada perencanaan ini dipilih mesin gerinda yang dapat dipindah-pindahkan (portable drinders).

- c. *Mesin Datar*. Pada umumnya mesin ini untuk membuat kemiringan pada sisi plat yang ukurannya relatif tebal kemiringan yang dapat dibuat adalah 15° – 60° tergantung pada tebalnya plat yang akan dilas.
- d. *Mesin Pelengkung (mesin roll)*. Mesin ini digunakan untuk merubah bentuk plat dari bentuk dasar menjadi bentuk lengkung. Pada pembuatan tabung kompresor ini digunakan untuk melengkung plat menjadi bentuk silinder.
- e. *Perlengkapan Pelindung*. Setelah proses pengelasan berlangsung akan timbul cahaya dan sinar yang dapat membahayakan juru las dan pekerja lainnya yang berada disekitarnya untuk menghindari cahaya tersebut juru las memakai pelindung mata, pelindung muka, pelindung muka dan pelindung badan

3.4. Sistem Pengelasan

Hampir semua logam dapat dilas oleh satu macam proses atau lebih. Banyak macam proses pengelasan yang dapat digunakan, tetapi pada umumnya proses yang dipilih disesuaikan dengan material yang akan dilas.

Dalam konstruksi baja umumnya proses las yang digunakan adalah, las busur listrik dengan elektroda terbungkus, cara pengelasan ini menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus oleh fluks. Proses pengelasan ini paling banyak dan sangat umum digunakan, tetapi kecepatan pengelasan dan daya tembusnya rendah, las listrik dengan pelindung gas CO_2 (Gas Metal Welding) adalah cara pengelasan dimana gas dihembuskan untuk melindungi busur dan logam yang mencair terhadap udara, gas yang digunakan sebagai pelindung adalah gas karbon dioksida. Las busur

dengan pelindung gas CO_2 mempunyai kecepatan dan daya tembus yang tinggi, tanpa membutuhkan pelindung angin, komponen yang lebih baik. Las busur rendam (Sumberged Arc Welding), adalah cara pengelasan dimana logam cair ditutupi oleh fluks dan logam pengisi berupa kawat pejal

Menurut (American Welding Society 1976) las busur listrik pelindung gas CO_2 dapat digunakan berbagai jenis material kampuh dan berbagai posisi pengelasan. Las busur rendam banyak digunakan dalam industri, karena dapat digunakan pada jenis sambungan, serta cocok untuk semua jenis baja carbon dan baja paduan rendah dari lembaran tipis hingga hingga plat paling tebal. Las busur rendam mempunyai kualitas yang tinggi, artinya laju deposit yang tinggi, penekanan yang dalam serta mempunyai sifat yang baik (tidak ada percikan api, dan radiasi panas).

3.4.1. Jenis Sambungan dan Kampuh

Adapun beberapa type sambungan dan kampuh yang digunakan dalam penyambungan dengan sistem pengelasan seperti terlihat pada lampiran, dan ada tiga aturan dalam pemilihan sambungan dan kampuh (Lincoin. 1973.)

1. Pilih sambungan yang menentukan sedikit logam pengisi
2. Gunakan akar kampuh yang minimum dengan sudut yang kecil agar dapat mengurangi logam pengisi.
3. Pada pengelasan plat tebal, digunakan kampuh ganda untuk mengurangi jumlah logam las.

Pada umumnya untuk pengelasan plat dengan tebal sampai dengan 6 mm digunakan kampuh persegi, untuk plat dengan tebal antara 6 mm sampai 20 mm digunakan akar V ganda atau U tunggal atau ganda dan lainnya. (Harsono. 1988).

Bukan akar (root) dimaksud untuk memudahkan gerak elektroda pada sambungan dan akar. Makin besar sudut kampuh, makin besar pembukaan akar yang harus dibuat agar terjadinya pengikatan yang baik pada akar, jika bukaan akar agak kecil sulit tercapai dan hanya elektroda kecil yang dapat dipakai, hal ini akan melambatkan proses pengelasan. Jika terlalu besar maka diperlukan banyak logam las, walaupun tidak mengurangi kualitas las tetapi akan meningkatkan biaya las dan cenderung terjadi distorsi.

3.4.2. Pemilihan Jenis Elektroda

Pemilihan jenis elektroda yang sesuai untuk satu pengerjaan pengelasan sangat menentukan hasil akhir yang dicapai, elektroda yang digunakan ditentukan oleh sifat-sifat : Keuletan, komposisi kimia yang sama dengan logam dasar, pengujian hasil lasan dapat menggunakan berbagai cara, hasil lasan yang berkualitas tinggi dan dapat dilakukan dalam berbagai posisi.

Ketebalan dan bentuk logam juga harus diketahui untuk memudahkan pemilihan diameter elektroda dan besar arus yang diberikan sehingga dapat menghasilkan lasan yang baik.

3.5. Arus Las, Tegangan Busur dan Kecepatan Pengelasan

1. *Arus las*. Memberikan pengaruh yang besar pada penembusan dan penguatan. Arus yang terlalu kecil akan menghasilkan penembusan dan penguatan yang rendah dan kalau terlalu besar akan menghasilkan manik yang tidak seragam mudah terjadi retak panas. Besarnya arus pengelasan tersebut harus digunakan sesuai dengan plat yang digunakan sesuai supaya tidak terjadi penembusan dan pengapian yang rendah sebaliknya. Oleh sebab itu arus yang digunakan harus stabil supaya menghasilkan las yang sempurna..

2. *Tegangan Busur*. Tegangan busur yang rendah akan menghasilkan penembusan yang dengan manik las yang sempit akan menyebabkan terbentuknya manik las berbentuk bujur, tegangan yang tinggi akan menghasilkan penembusan yang kurang dalam, dan manik yang datar yang dapat menyebabkan terjadinya retak tegangan (Harsono. 1988.)

Penembusan yang kurang dalam manik yang datar dapat menyebabkan terjadinya retak rengang (Harsono. 2000).

Besarnya tegangan busur dapat ditentukan berdasarkan kurva hubungan antara arus pengelasan dengan laju perpindahan seperti pada lampiran. (AWS. 1976).

Kecepatan pengelasan yang rendah akan menyebabkan pencairan yang banyak dan pembentukan manik datar yang menimbulkan terjadinya kelipatan manik, sedangkan kecepatan yang tinggi akan menurunkan lebar dan menyebabkan terjadinya bentuk manik yang cekung. Kecepatan pengelasan butuh beberapa proses dapat dilihat pada lampiran VI (Harsono. 2000).

KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dan perhitungan pada bab-bab sebelumnya dapat disimpulkan :

1. Proses pengelasan yang digunakan dalam pengelasan tabung kompresor yang direncanakan terdiri dari :
 - Pengelasan dengan busur rendam
 - Pengelasan busur listrik dengan pelindung gas CO₂
 - Pengelasan busur listrik dengan elektroda terbungkus.
2. Elektroda yang digunakan dalam engelasan tabung kompresor ini terdiri dari:
 - Untuk pengelasan dengan busur rendam digunakan elektroda EL 12 dengan fluks EM-12
 - Untuk pengelasan busur listrik pelindung CO₂, elektroda yang digunakan E. 70 S-6
 - Untuk las listrik elektroda terbungkus digunakan elektroda D. 4301 dan D. 4340.
3. Kampuh (jenis) yang digunakan adalah kampuh V tunggal dengan sudut yang digunakan 40⁰ pada pengelasan tabung kompresor, karena kampuh V mempunyai keuntungan akar kampuh yang kecil, tidak memerlukan logam pengisi yang banyak, material yang dilas tidak terlalu tebal dan mudah dalam posisi pengelasan. Sedangkan pada perlengkapan kompresor digunakan

- sambungan T dan sudut sambungan ini dipilih karena dilakukan pengelasan dengan elektroda terbungkus, yang baik yang digunakan untuk pengelasan tumpang dan sudut.
4. Pemeriksaan hasil pengelasan dilakukan dengan berbagai pengujian, baik visual test, pemeriksaan dengan cairan penetran (zat pewarna), pemeriksaan dengan vakum (vakum tes) dan pengujian hydrostatis.
 5. Dalam perencanaan tabung kompresor ini makin besar tekanan makin tebal pula plat dinding tabung yang digunakan.
 6. Pembuatan tabung kompresor dengan preses pengelasan juga adalah merupakan teknik yang sangat efisien, disamping konstruksinya sederhana, dan juga memiliki nilai ekonomis dan mutu yang baik untuk suatu produksi jika dibandingkan dengan proses pengecoran ekstursi, karena pada proses pengecoran dan ekstursi, proses pembuatan ini terlalu lambat dan memerlukan biaya yang besar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amsted, B.H. Ostward, P.F., Begeman, M.L., 1985, Edisi 7 ***“Teknologi Mekanik”***, Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Solman, C.G., Johnson, J.E, 1994, Jilid I-Edisi 2, ***“Struktur Baja”***, Penerbit Erlangga Jakarta.
3. Surdia, T. S, 2000, Edisi 5, ***“Pengetahuan Bahan Teknik”***, PT, Pradya Paramitha, Jakarta.
4. Setyardjo Djoko MJ, 1989, Edisi 2, ***“Ketel Uap”*** PT. Pradya Paramitha, Jakarta.
5. Van, Vlak L.H., 1983, Edisi 4, ***“Ilmu dan Teknologi Bahan”***, Penerbit Erlangga.
6. Wiryosumanto, H, Okumura, T., 1985, Edisi 2, ***“Teknologi Pengelasan Logam”***, PT. Pradya Paramitha, Jakarta.