

# ANALISIS PENGARUH PENGELASAN MULTI LAYER TERHADAP KUAT TARIK (TENSILE STRENGTH) PADA BAJA KARBON RENDAH

Bambang Sudjasta

Jurusan Teknik Perkapalan UPN "Veteran" Jakarta  
Jl. RS. Fatmawati Pondok Labu Jakarta Selatan  
Telp. 021 7656971 Ext. 195

---

## Abstract

*Its happening identification pengelasan multi layer's influence by methodics pengelasan SMAW to heavy duty spectacular (tensile strength) on low carbon steel. Examination attractiveness to utilize quiz machine pulls with JIZ'S default. Material was given by conduct pengelasan multi layer with variation one layer, two layer and three layer. Of that conduct variation will do examination result compare and taken by conclusion of identification result.*

**Key words:** SMAW, heavy duty spectacular (tensile strength).

---

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang konstruksi dan fabrikasi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena sangat berperan sekali dalam segi rakayasa dan reparasi logam. Teknik penyambungan dengan menggunakan pengelasan sekarang ini sangat di butuhkan dan terhitung sangat praktis dibandingkan menggunakan clamp atau patri. Pengelasan digunakan diberbagai macam kegiatan konstruksi, misalnya konstruksi jembatan, bangunan, rel kereta, pembangunan kapal, saluran pipa dan banyak lagi.

Pengelasan sangat dipengaruhi dengan faktor- faktor dasar persiapan yakni: Faktor manusia, faktor prosedur, faktor bahan/ material, factor peralatan, factor lingkungan, factor maksud dan tujuan, factor sebab akibat dan factor hasil perhitungan dan ukuran. Factor-factor tersebut sangatlah berpengaruh terhadap hasil akhir pengelasan yang juga menentukan kekuatan dari bahan/ material yang dikerjakan.

Pengelasan juga mempunyai jenis diantaranya Jenis Pengelasan yang berdasarkan panas tenaga listrik yang salah satu contohnya adalah Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) = las busur nyala listrik terlindung adalah pengelasan dengan menggunakan busur nyala listrik sebagai sumber panas pencair logam. Pengelasan ini biasa digunakan dimana- mana untuk hampir semua keperluan.

Ketika pengelasan berlangsung sumber panas yang mengenai material induk tentunya akan berpengaruh pada struktur dalam material ataupun luar material itu. Maka ketika setelah dilakukan pengelasan biasa dilakukan pengujian. Pengujian antara lain: Pengujian tanpa merusak bahan atau biasa disebut NDT (*Non destructive Test*) dan Pengujian dengan merusak bahan atau biasa disebut DT (*Destructive Test*)

Pengelasan sangat dipengaruhi oleh faktor persiapan. Ketika seseorang mau menyambung bahan/ material maka harus diketahui terlebih dahulu jenis bahan dan ukurannya untuk menentukan berapa layer bahan tersebut akan dikenai elektroda dan pastinya seseorang tidak ingin mengalami kerugian kekuatan karena terjadi perbedaan struktur pada bahan/ material.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penelitian ini mengambil judul: " Analisa Pengaruh Pengelasan Multi Layer Terhadap Kuat Tarik Pada Baja Karbon Rendah "

## Ruang Lingkup

Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah yang diberi perlakuan pengelasan dengan variasi satu layer, dua layer dan tiga layer dengan menggunakan metode las SMAW pada specimen dengan ketebalan 10 mm dengan menggunakan elektroda E7016 diameter 3.2 mm. Kemudian spesimen di lakukan pengujian tarik.

## PERMASALAHAN

Berdasarkan masalah dan alasan tersebut di atas, maka masalah yang timbul adalah: (1). Apakah ada pengaruh pengelasan satu layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah?, (2). Apakah ada pengaruh pengelasan dua layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah?, (3). Apakah ada pengaruh pengelasan tiga layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah?

## TUJUAN

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut: (1). Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh pengelasan satu layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah, (2). Untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh pengelasan dua layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah?, (3). Untuk mengetahui ada tidaknya ada pengaruh pengelasan tiga layer terhadap kualitas kekuatan tarik baja karbon rendah?

## MANFAAT

Sebagai peran nyata dalam pengembangan teknologi pengelasan, maka penulis berharap dapat mengambil manfaat dari penelitian ini antara lain: (1). Menganalisa dan menyimpulkan hal-hal yang mempengaruhi kualitas kuat tarik pada baja karbon rendah apabila dilakukan pengelasan dengan variasi multi layer, (2). Sebagai informasi dan literatur pada penulisan penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi pengelasan, dan bidang pengujian, (3). Sebagai informasi penting guna meningkatkan pengetahuan bagi peneliti dalam bidang pengelasan, pengujian bahan dan bahan teknik.

## PENEGASAN ISTILAH

Judul dalam penelitian ini memuat beberapa kata, untuk menghindari salah pengertian dalam judul ini, maka perlu adanya penegasan istilah untuk memperjelas makna dari judul skripsi ini: (1). Pengelasan Multilayer, Multilayer adalah pengelasan yang menggunakan banyak lapisan. Lapisan pertama biasa disebut root. kemudian lapisan kedua, ketiga dan seterusnya, (2). Tensile Strength/ Kekuatan Tarik, Kekuatan tarik adalah sifat mekanik sebagai beban maksimum yang terus-menerus oleh spesimen selama uji tarik dan dipisahkan oleh daerah penampang lintang yang asli.

Kekuatan tarik disebut juga tegangan tarik maksimal bahan, (3). Low Carbon/ Baja Karbon Rendah Baja karbon rendah (*low carbon steel*) mengandung karbon dalam campuran baja karbon kurang dari 0.3%. dan baja ini tidak dapat dikeraskan karena kandungan karbonnya tidak cukup untuk membentuk unsur martensit.

## LANDASAN TEORI

### Pengertian Las

Definisi Pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Mengelap menurut Alip (1989) adalah suatu aktifitas menyambung dua benda atau lebih dengan cara memanaskan atau menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penyambungan bisa dengan atau tanpa bahan tambahan (*filler metal*) yang sama atau berbeda titik cair maupun strukturnya.

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari dua benda atau logam yang dipanaskan.

Mengelap bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan lasan dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda, dan jenis kampuh yang digunakan.

### Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari dua busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama

dengan logam induk dan membeku bersama menjadi kampuh las.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membeku butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las yang tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak yang menutupi logam cairan yang terkumpul ditempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.

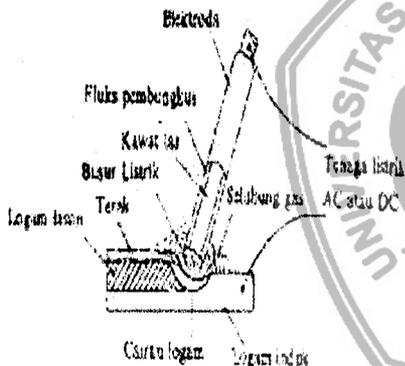
### Elektroda terbungkus

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan cairan kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepit tang las. Fungsi dari fluks adalah untuk melindungi logam cair dari udara lingkungan, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

Bahan *fluks* yang digunakan untuk jenis E7016 adalah serbuk besi dan hidrogen rendah. Jenis ini kadang disebut jenis kapur. Jenis ini menghasilkan sambungan dengan kadar hidrogen rendah sehingga kepekaan sambungan terhadap retak sangat rendah, ketangguhannya sangat memuaskan.

Hal yang kurang menguntungkan adalah busur listrik yang kurang menatap, sehingga butiran yang dihasilkan agak besar dibandingkan jenis lain. Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *fluks* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk konstruksi yang memerlukan pengaman tinggi.

Spesifikasi elektroda untuk baja karbon berdasarkan jenis dari lapisan elektroda (*fluks*), jenis listrik yang digunakan, posisi pengelasan dan polaritas pengelasan terdapat pada tabel 1 dibawah ini:



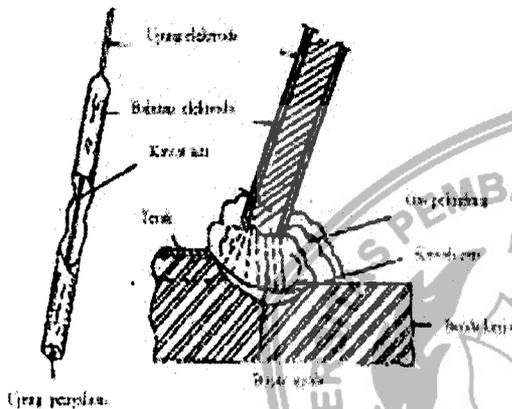
Gambar 1. Las SMAW

Tabel 1. Spesifikasi elektroda terbungkus dari baja lunak (Wirjosunarto, 2000).

Klasifikasi AWS-ASTM	Jenis Fluks	Posisi <sup>1)</sup> pengelasan	Jenis Listrik	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Kekuatan tarik (kg/mm <sup>2</sup> )	Penggunaan (%)
Kekuatan tarik rendah kelompok E 60 serlah ditaskan adalah 60.000 psi atau 42,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E6016	Natrium selenia tinggi	F, V, OH, H	DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6013	Kalsium selenia tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	43,6	35,2	22
E6012	Natrium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas lurus	47,2	38,7	17
E6011	Kalsium titanat tinggi	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda	47,2	38,7	17
E6020	Oksida besi tinggi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			
E6027	Serbuk besi, oksida besi	H-S	AC atau DC polaritas lurus	43,6	35,2	25
		F	AC atau DC polaritas ganda			
Kekuatan tarik rendah kelompok E 70 serlah ditaskan adalah 70.000 psi atau 49,2 kg/mm <sup>2</sup>						
E7014	Serbuk besi, oksida	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas ganda			17
E7015	Natrium hidrogen rendah	F, V, OH, H	DC polaritas balik			22
E7016	Kalsium hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik			22
E7018	Serbuk besi, hidrogen rendah	F, V, OH, H	AC atau DC polaritas balik	50,4	42,2	22
E7024	Serbuk besi, oksida	H-S, F	AC atau DC polaritas ganda			17
E7028	Serbuk besi, hidrogen rendah	H-S, F	AC atau DC polaritas balik			22

Elektroda adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). E7016 adalah suatu jenis elektroda yang mempunyai spesifikasi tertentu. Dalam penelitian ini yang dimaksud dengan elektroda E7016 menurut Soedjono, 1994 adalah:

E: Elektroda las listrik (E7016 diameter 3.2 mm),  
 70 : Tegangan tarik minimum dari hasil pengelasan (70.000 Psi) atau sama dengan 492 Mpa, 1 : Posisi pengelasan (angka 1 berarti dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan), 6 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus las yang cocok untuk pengelasan.



Gambar 2. Elektroda terbungkus (arifin, 1997)

### Besar Arus Listrik

Besarnya arus pengelasan yang diperlukan tergantung pada diameter elektroda, tebal bahan yang akan dilas, jenis elektroda yang digunakan, geometri sambungan, diameter inti elektroda, posisi pengelasan. Daerah las mempunyai kapasitas panas tinggi maka diperlukan arus yang tinggi.

Arus las merupakan parameter las yang langsung mempengaruhi penembusan dan kecepatan pencairan induk. Makin tinggi arus las makin besar penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan logam dasar, sehingga menghasilkan bentuk rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Jika arus terlalu besar, maka akan menghasilkan

manik melebar, butiran percikan kecil, penetrasi dalam serta penguatan matrik las tinggi.

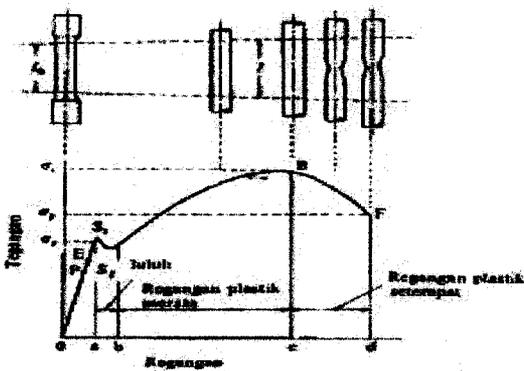
### Baja Paduan Rendah

Baja paduan rendah adalah baja yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan yang banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan.

Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat, dan baja tahan panas (Wirjosunarto, 2000). (a). Baja tahan suhu rendah. Baja ini mempunyai kekuatan tumbuk yang tinggi dan suhu transisi yang rendah, karena itu dapat digunakan dalam konstruksi untuk suhu yang lebih rendah dari suhu biasa, (b). Baja kuat. Baja ini dibagi menjadi kelompok yaitu kekuatan tinggi dan kelompok ketangguhan tinggi. Kelompok kekuatan tinggi mempunyai sifat mampu las yang baik karena karbonya rendah. Kelompok ini sering digunakan dalam konstruksi las. Kelompok yang kedua mempunyai ketangguhan dan sifat mekanik yang sangat baik. Kekuatan tarik untuk baja kuat berkisar antara 50 sampai 100 kg/mm<sup>2</sup>, (c). Baja tahan panas adalah baja paduan yang tahan terhadap panas, asam dan mulur. Baja tahan panas yang terkenal adalah baja paduan jenis Cr-Mo yang tahan pada suhu 600°C.

### Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai sama, lebih rendah, atau lebih tinggi. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda.



Gambar 3. Kurva tegangan-regangan (Wiryosumarto, 2000)

Pada pengujian tarik beban diberikan secara kontinu dan pelan-pelan bertambah besar, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji dan dihasilkan kurva tegangan-regangan.

Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0}$$

Dimana:

- $\sigma_u$  = Tegangan Nominal ( $\text{Kg/mm}^2$ )
- $F_u$  = Beban Maksimal (Kg)
- $A_0$  = Luas penampang mula dari penampang batang ( $\text{mm}^2$ )

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur ( $\Delta L$ ) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Dimana:

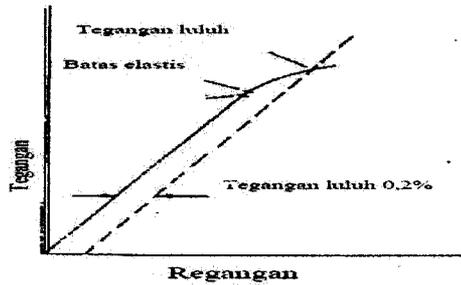
- $\epsilon$  = Regangan (%)
- $L$  = Panjang Akhir (mm)
- $L_0$  = Panjang Awal (mm)

Pembebanan tarik dilakukan terus-menerus dengan menambahkan beban sehingga akan mengakibatkan perubahan bentuk pada benda berupa pertambahan panjang dan pengecilan luas permukaan dan akan mengakibatkan kepatahan pada beban. Persentase pengecilan yang terjadi dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$q = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

Dimana:

- $q$  = Reduksi Penampang (%)
- $A_0$  = Luas penampang Mula-Mula ( $\text{mm}^2$ )
- $A_1$  = Luas Penampang Akhir ( $\text{mm}^2$ )



Gambar 4. Batas elastis dengan tegangan luluh 0.2 % (Smith, 1984)

### KERANGKA BERFIKIR

Pengelasan merupakan salah satu proses penyambungan logam. Pada proses pengelasan banyak faktor yang mempengaruhi kualitas dari hasil proses pengelasan diantaranya: mesin las yang digunakan, bahan yang dipergunakan, prosedur pengelasan, cara pengelasan, arus pengelasan dan juru las.

Kualitas pengelasan dapat diketahui dengan cara memberikan gaya atau beban pada hasil lasan tersebut. Gaya atau beban yang diberikan dapat berupa pengujian tarik pada bahan tersebut.

Las SMAW adalah suatu proses pengelasan busur listrik yang mana penggabungan atau paduan panas dari busur listrik yang dikeluarkan diantara ujung elektroda terbungkus dan permukaan logam dasar yang dilas dengan menggunakan arus listrik sebagai sumber tenaga. Jenis arus listrik yang digunakan ada 2 yaitu arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC).

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las.

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Arus yang tinggi akan mengakibatkan panas yang tinggi, penembusan dan penetrasi yang dalam dan kecepatan pencairan logam yang tinggi. Arus yang kecil menghasilkan panas yang rendah dan tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan logam. Penembusan, panas dan kecepatan pencairan logam akan mempengaruhi kualitas hasil pengelasan.

### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi adalah suatu cara yang digunakan dalam penelitian, sehingga pelaksanaan dan hasil penelitian bisa untuk dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu suatu cara untuk mencari hubungan sebab akibat antara dua faktor yang berpengaruh.

Eksperimen dilaksanakan di laboratorium dengan kondisi dan peralatan yang diselesaikan guna memperoleh data tentang pengaruh pengelasan multi layer terhadap kekuatan tarik pada low karbon steel.

### Dimensi Benda

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut: (1). Bahan yang digunakan adalah pelat baja karbon rendah, (2). Ketebalan pelat 10 mm, (3). Elektroda yang digunakan adalah jenis E7016 dengan diameter 3.2 mm, (3). Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi bawah tangan, (4). Arus pengelasan yang digunakan adalah 100 A, (4). Kampus yang digunakan adalah jenis kampuh V terbuka, jarak celah pelat 2 mm tinggi akar 2mm dan sudut kampuh 70°, (5). Bentuk spesimen benda uji mengacu pada standar JIS Z 2201 1981 untuk pengujian tarik.

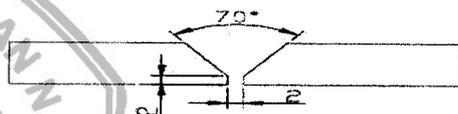
### Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian mulai bulan Oktober tahun 2010. Adapun pelaksanaan adalah sebagai berikut: (1). Pengelasan dilakukan di PT. Hebro Mandiri- Jakarta, (2). Pembuat bentuk spesimen dilakukan di PT. Hebro Mandiri- Jakarta, (3). Pengujian tarik dilakukan di PT. Biro Klasifikasi Indonesia- Jakarta.

### PELAKSANAAN PENELITIAN

#### Persiapan Penelitian

(1). Persiapan Bahan, Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah baja karbon rendah dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 20 mm, tebal 10 mm. Elektroda jenis E7016 dengan diameter 3.2 mm, (2). Persiapan Alat- Alat : a). Mesin gergaji beserta kelengkapannya, b). Mesin skrap, c). Mesin frais, d). Mesin las beserta perlengkapannya, e). Penggaris, f). Caliper, g). Mesin amplas, h). Kikir, i). Mesin uji tarik. 2). Pembuatan Kampuh V terbuka, Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan mesin frais. Bahan yang telah disiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran 200 x 20 x 10 mm sebanyak tiga buah dan kemudian permukaan digambar dengan spidol, tepi permukaan diukur sedalam dua mm dan ukur sudut 35°. setelah bahan digambar bahan dicekam dan dilakukan pengefraisan dengan sudut 35°.



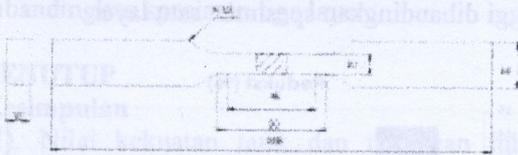
Gambar 5. Kampuh V terbuka

3). Jenis filler metal, Jenis filler metal yang digunakan dalam pengelasan ini adalah AWS A 5.1 E7016. Kandungan maksimal tipe logam las menurut spesifikasi AWS adalah sebagai berikut:

C	Mn	P	S	Si	Cr	V	Ni	Mo
0.1	1.6	0.03	0.03	0.7	0.2	0.0	0.3	0.3
5	5	5	5	5	0	8	0	0

4). Proses Pengelasan Bahan, Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah: (a). Mempersiapkan mesin las SMAW sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik, (b). Mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las, (c). Posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau dibawah tangan, (d). Kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 70°, dengan lebar celah 2 mm, (e). Mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan pelat, dalam penelitian ini dipilih elektroda jenis E7016 dengan diameter elektroda 3.2 mm, (f). Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan

untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digroreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 100 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan satu layer, (g). Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digroreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 100 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan dua layer, (h). Menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digroreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 100 A. Selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk spesimen dengan tiga layer. 5). Pembuatan Spesimen, Mengacu standar JIS Z 2201 1981 untuk pengujian kualitas kekuatan tarik bahan. Setelah proses pengelasan selesai, maka dilanjutkan pembuatan spesimen sesuai dengan standar JIS Z 2201 1981. Yang nantinya akan diuji tarik. Langkah- langkahnya sebagai berikut: (a). Meratakan alur hasil pengelasan dengan mesin frais, (b). Bahan dipotong- potong dengan ukuran panjang 200 mm dan lebar 20 mm, (c). Membuat gambar pada kertas yang agak tebal atau mal mengacu ukuran standar JIS Z 2201 1981, (d). Gambar atau mal ditempel pada bahan selanjutnya dilakukan pengefraisan sesuai dengan bentuk gambar dengan menggunakan pisau frais, (e). Bahan yang sudah terbentuk tersebut dirapikan dengan kikir yang halus. Selanjutnya benda diampelas sampai halus.



Gambar 6. Spesimen JIS Z 2201 1981

(f). Pengujian Tarik, Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut. Benda uji dijepit pada ragum uji tarik, setelah sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awalnya dan ketebalannya. Langkah-langkah pengujian sebagai berikut: 1). Menyiapkan paper chart dan letakkan kertas tersebut pada ploter, 2).

Benda uji mulai mendapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik diawali dengan 0 kg hingga putus pada beban maksimum yang dapat ditahan benda uji tersebut, 3). Benda uji yang sudah putus kemudian diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus, 4). Gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada chart dan dicatat sebagai data, 5). Hasil diagram terdapat pada paper chart, 6). Hal terakhir yaitu menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan dan reduksi penampang. Dari data yang telah ada didapat dengan menggunakan persamaan yang ada.



Gambar 7. Mesin uji tarik

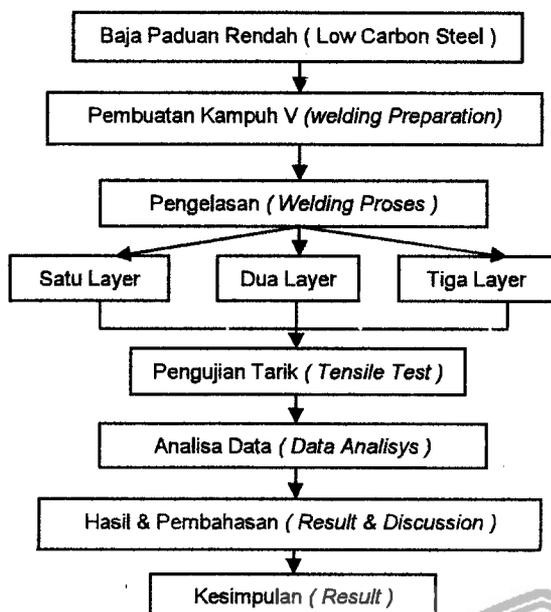
#### ANALISIS DATA

Setelah data diperoleh selanjutnya adalah menganalisa data dan cara megolah data yang sudah terkumpul. Data dari pengujian dimasukkan kedalam persamaan- persamaan yang ada sehingga diperoleh data- data yang bersifat kuantitatif, yaitu data yang berupa angka- angka. Teknik analisa data berpengaruh layer las terhadap kekuatan tarik dengan menggunakan elektroda E 7016 berupa perbandingan prosentase dan rata- rata antara data- data yang mengalami variasi layer pengelasan.

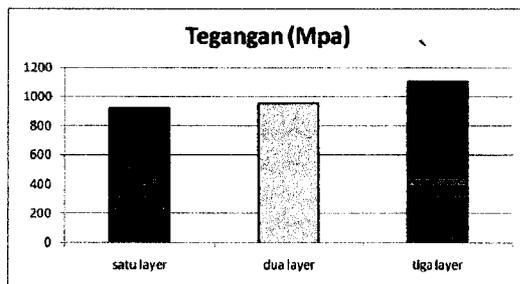
#### DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Uraian langkah- langkah penelitian diatas dapat dijabarkan ke dalam diagram alir penelitian sebagai berikut:

1	2	3	4
5	6	7	8



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian



Gambar 9. Diagram untuk kualitas tarik baja paduan rendah

Nilai kekuatan tarik pada spesimen satu layer adalah 920 Mpa, dua layer 960 Mpa dan tiga layer 1105 Mpa. Dengan ini berarti spesimen satu layer mengalami perbedaan nilai yaitu 40 Mpa dengan spesimen dua layer lebih tinggi. Sedangkan spesimen tiga layer mempunyai nilai tegangan lebih tinggi dibandingkan spesimen dua layer dengan perbedaan 145 Mpa dan 185 Mpa terhadap spesimen satu layer.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

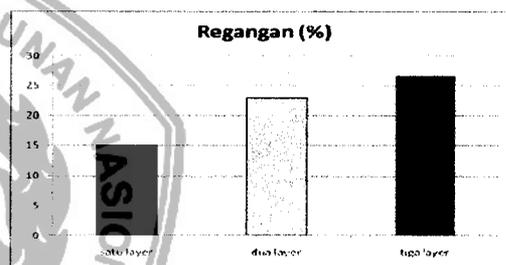
### Hasil Penelitian

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter keliatan atau keuletan yang ditunjukkan dengan adanya prosentase perpanjangan dan prosentase kontraksi atau reduksi penampang.

Pengujian dengan menggunakan mesin tarik kapasitas 25 ton dan suhu kamar. Spesimen pengujian terdiri dari pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik baja paduan rendah hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7016 dan kekuatan tarik daerah las baja paduan rendah. Data-data hasil pengujian tarik variasi layer pengelasan yang diperoleh kemudian dimasukkan kedalam persamaan yang ada. Data-data tersebut selanjutnya dapat dilihat dari tabel 2.

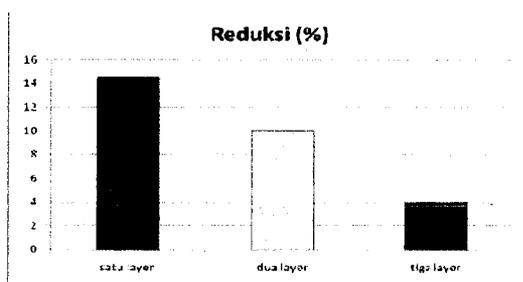
Tabel 2. Hasil Pengujian Tarik Untuk Kualitas Kekuatan Tarik Baja Paduan Rendah.

Parameter	Spesimen		
	Satu Layer	Dua Layer	Tiga Layer
$\sigma$ (Mpa)	920	960	1105
$e$ (%)	15	23	26.5
$q$ (%)	14.5	10	4



Gambar 10. Diagram Regangan

Nilai regangan untuk spesimen satu layer adalah 15%. Nilai regangan untuk spesimen dua layer adalah 23%. Sedangkan untuk spesimen tiga layer adalah 26.5%. Dengan ini spesimen tiga layer mengalami regangan paling tinggi yaitu 26.5%. 3.5% lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen dua layer dan 11.5% lebih tinggi dibandingkan spesimen satu layer.



Gambar 11. Diagram Reduksi

Nilai reduksi untuk spesimen satu layer adalah 14.5%. Nilai reduksi untuk spesimen dua

layer adalah 10 %. Sedangkan untuk spesimen tiga layer adalah 4%. Dengan ini spesimen satu layer mempunyai nilai reduksi paling tinggi dengan 14.5%.

#### Pembahasan

Data dari hasil penelitian diketahui ada perbedaan kekuatan tarik dari spesimen yang dikenai tiga variasi pengelasan yaitu: satu layer, dua layer dan tiga layer. Pengujian tarik pertama dilakukan pada spesimen yang dikenai las satu layer. Nilai kekuatan tarik untuk kualitas baja paduan rendah mempunyai nilai paling kecil diantara spesimen yang dua layer dan tiga layer.

Nilai kekuatan tarik pada spesimen satu layer adalah 920 Mpa, dua layer 960 Mpa dan tiga layer 1105 Mpa. Dengan ini berarti spesimen satu layer mengalami perbedaan nilai yaitu 40 Mpa dengan spesimen dua layer. Sedangkan spesimen tiga layer mempunyai nilai tegangan lebih tinggi dibandingkan spesimen dua layer dengan perbedaan 145 Mpa dan 185 Mpa terhadap spesimen satu layer. Nilai regangan untuk spesimen satu layer adalah 15 %. Nilai regangan untuk spesimen dua layer adalah 23 %. Sedangkan untuk spesimen tiga layer adalah 26.5 %. Dengan ini spesimen tiga layer mengalami regangan paling tinggi yaitu 26.5 %. 3.5 % lebih tinggi dibandingkan dengan spesimen dua layer dan 11.5% lebih tinggi dibandingkan spesimen satu layer.

Nilai reduksi untuk spesimen satu layer adalah 14.5%. Nilai reduksi untuk spesimen dua layer adalah 10 %. Sedangkan untuk spesimen tiga layer adalah 4%. Dengan ini spesimen satu layer mempunyai nilai reduksi paling tinggi dengan 14.5%. 4.5% lebih tinggi dibandingkan spesimen dua layer dan 10.5% lebih tinggi dibandingkan spesimen tiga layer.

#### PENUTUP

##### Kesimpulan

(1). Nilai kekuatan tarik dan tegangan luluh untuk spesimen untuk kualitas tarik baja paduan rendah kelompok pengelasan tiga layer paling tinggi dibandingkan spesimen pengelasan satu layer dan dua layer. nilai perpanjangan mengalami kenaikan dan reduksi penampang mengalami penurunan dibanding spesimen satu layer dan dua layer, (2). Pengelasan menggunakan banyak kampuh/ banyak layer akan mempertinggi kekuatan tarik, namun harus

selalu berpegang pada WPS atau prosedur pengelasan yang benar.

#### Saran

(1). Perlu dilakukan penelitian lanjutan setelah selesai pengelasan benda kerja dilakukan post weld treatment untuk meminimalis terjadinya retak dan mengurangi tegangan sisa yang terjadi, (2). Sebaiknya dilakukan pemansan elektroda terlebih dahulu sebelum dilakukan pengelasan untuk menghilangkan hidrogen yang ada pada fluks, karena hidrogen akan menyebabkan las-lasan menjadi berkualitas kurang baik, (3). Sebaiknya setiap pengelasan harus mengacu pada WPS atau prosedur pengelasan yang benar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Amanto Hari, Drs & Daryanto, Drs, 2006, *Ilmu Bahan*, Bumi Aksara, Jakarta
- Dieter E, George, 1993, *Metalurgi Mekanik*, Erlangga, Jakarta
- Sastranegara Azhari, *Mengenal Uji Tarik dan Sifat-Sifat Mekanik Logam*.
- Sunaryo Heri, 2008, *Teknik Pengelasan Kapal Jilid 2*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Surdia Tata, Ir, 2005, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suharto, 1991, *Teknologi Pengelasan Logam*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Vliet Van, G.L.J & Both, W, 1984, *Teknologi Untuk Pembangunan Mesin Bahan-Bahan I*, Erlangga, Jakarta
- Widharto Sri, 2003, *Petunjuk Kerja Las*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Yuwono Herman Akhmad, Drs.Ir, 2009, *Buku Panduan Praktikum Karakterisasi Material I Pengujian Merusak (Destructive Test)*, Departemen Metalurgi Dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia.