

Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja AISI 1045

Tarkono, Gabe Partinanda Siahaan, Zulhanif

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Soementri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
Telp. (0721) 3555519 , Fax (0721) 704947

Abstrak

Dalam aplikasinya baja AISI 1045 digunakan dalam bidang *mechanical engineering*. Penyambungan material tersebut dilakukan dengan teknik pengelasan sebab baja karbon sedang mempunyai sifat mudah menjadi keras jika ditambah dengan adanya hidrogen difusi menyebabkan baja ini sangat peka terhadap retak las. Untuk mengurangi hidrogen difusi, harus digunakan elektroda hidrogen rendah.

Tujuan dari penggunaan elektroda yang tidak sejenis adalah untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda las terhadap kekuatan tarik dan kekerasan hasil pengelasan SMAW baja karbon AISI 1045. Dimana elektroda las dibedakan menurut jenis dan standarnya, yang dalam hal ini yaitu standar ASTM dan JIS. Elektroda yang digunakan adalah elektroda las LB52, RD 716-G dan RD-80. Penyambungan dilakukan dengan teknik pengelasan SMAW yang merupakan salah satu metode pengelasan umum dalam penyambungan konstruksi teknik.

Dari pengujian yang telah dilakukan, Kekuatan tarik yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 dan RD 716-G standar ASTM dengan elektroda standar JIS cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD-80 kekuatan tarik yang dihasilkan pada standar ASTM cenderung lebih tinggi dibandingkan standar JIS. Kekuatan tarik maksimum yang diperoleh sebesar 666,667 MPa. Nilai kekerasan yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 standar JIS dengan standar ASTM cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD 716-G dan RD-80 standar ASTM menghasilkan nilai kekerasan cenderung lebih tinggi dibandingkan standar JIS. Nilai kekerasan maksimum yang didapat adalah sebesar 277,3 HV. Nilai perpanjangan (*elongation*) yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 standar ASTM dengan standar JIS cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD 716-G dan RD-80 standar JIS menghasilkan perpanjangan cenderung lebih tinggi dibandingkan standar ASTM. Nilai perpanjangan maksimum yang terjadi dari hasil pengelasan sebesar 44,67%.

Kata kunci : Baja AISI 1045, las SMAW, elektroda las LB52, RD 716-G dan RD-80

Baja karbon sangat banyak jenisnya, dimana komposisi kimia, sifat mekanis, ukuran, bentuk dan sebagainya dispesifikasikan untuk masing-masing penggunaan. Baja biasanya memiliki unsur didalamnya seperti: *manganese*, *chromium*, *nickel*, dan *molybdenum*, tetapi kadar karbonnya merupakan salah satu yang menentukan besi tersebut menjadi baja. Dalam dunia industri, bahan-bahan yang digunakan kadang kala merupakan bahan yang berat. Bahan material baja adalah bahan paling banyak digunakan, selain jenisnya bervariasi, dapat diolah atau dibentuk menjadi berbagai

macam bentuk yang diinginkan serta kuat. Salah satu jenis baja karbon yang paling banyak digunakan adalah baja karbon sedang. Baja karbon sedang memiliki kadar karbon antara 0,3% sampai 0,6% yang bersifat lebih kuat dan keras, dan dapat dikeraskan. Penggunaannya hampir sama dengan baja karbon rendah yaitu sebagai baja konstruksi mesin, bahan baut dan poros, piston, roda gigi, dan lain-lain. Pada umumnya pengelasan pada badan kapal yang banyak digunakan adalah pengelasan dengan proses las busur listrik (SMAW), las busur rendam (SAW) dan proses las busur listrik dengan pelindung gas

(FCAW/GMAW) dari material baja karbon dan baja kekuatan tarik tinggi [Sunaryo, 2008].

Salah satu spesifikasi baja karbon sedang yaitu baja AISI 1045 yang cukup banyak digunakan untuk pengelasan dengan berbagai jenis sambungan dengan metode las busur listrik elektroda terbungkus (SMAW). Sifat mampu lasnya (*weldability*) yang baik memberikan kemudahan pengelasan untuk menghasilkan logam lasan yang berkualitas baik. Las busur listrik elektroda terbungkus (SMAW) adalah salah satu metode pengelasan yang sangat populer untuk penyambungan baja struktural dan sistem pengelasannya cukup sederhana. Kelebihan SMAW terdapat pada elektroda yang terbungkus *fluks* (*Shielding*) yang bertujuan untuk menghindari pengaruh buruk dari udara sekitar terhadap kualitas manik las seperti debu, minyak, dan air. Pengaruh luar tersebut membuat hasil las menjadi getas (*brittle*), keropos (*porous*) dan mudah berkarat (*corrosive*).

Las adalah salah satu cara untuk menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan [Widharto, 2001]. Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Bila arus yang digunakan terlalu rendah akan menyebabkan sukarnya penyalan busur listrik. Busur listrik yang terjadi menjadi tidak stabil. Panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasar sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam. Sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997).

Dalam melakukan proses pengelasan *welder* disarankan untuk memperhatikan keadaan elektroda, dimana elektroda las sangat sensitif terhadap kondisi udara dalam ruang las. Faktor yang mempengaruhi las adalah prosedur pengelasan yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Faktor produksi pengelasan adalah

jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi: pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh) (Wirjosumarto, 1996).

Elektroda yang akan digunakan dalam proses pengelasan perlu disimpan di tempat yang kering, tidak berminyak, terhindar dari debu dan elektroda ditumpuk dengan hati-hati, dikarenakan kerusakan pada elektroda dapat mengakibatkan senyawa yang dikandung dalam *fluks* mudah bereaksi dengan gas-gas dalam udara. Terperangkapnya gas dari uap air dalam hasil pengelasan kerap membuat adanya cacat yang menyebabkan kekuatan mekanik menurun. Di samping itu pengelasan dengan menggunakan elektroda yang sama kuat dengan logam lasnya mempunyai perpanjangan yang rendah. Untuk mengurangi hidrogen difusi yang menyebabkan terjadinya retak las, harus digunakan elektroda hidrogen rendah. Besar temperatur penyimpanan elektroda las berpengaruh terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan. Di mana, semakin besar temperatur penyimpanan elektroda las maka kekuatan tarik hasil pengelasan baja yang diperoleh juga akan semakin meningkat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini perlu diketahui pengaruh variasi elektroda las terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan SMAW pada baja karbon sedang AISI 1045 (Tarkono, 2012).

Penggunaan elektroda harus disesuaikan dengan material yang disambung. Elektroda diproduksi berdasarkan standarisasi internasional. Bagaimana kekuatan hasil pengelasan jika menggunakan elektroda yang berbeda standar akan tetapi keduanya memiliki kestaraan sifat.

Tinjauan Pustaka

Standarisasi baja karbon digunakan untuk menggolongkan baja karbon berdasarkan komposisi kimia, penetapan standarisasi baja karbon menurut *American Iron and Steel Institute* (AISI) dan *Society of Automotive Engineers* (SAE) mempergunakan nomor atau angka dan huruf.

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara

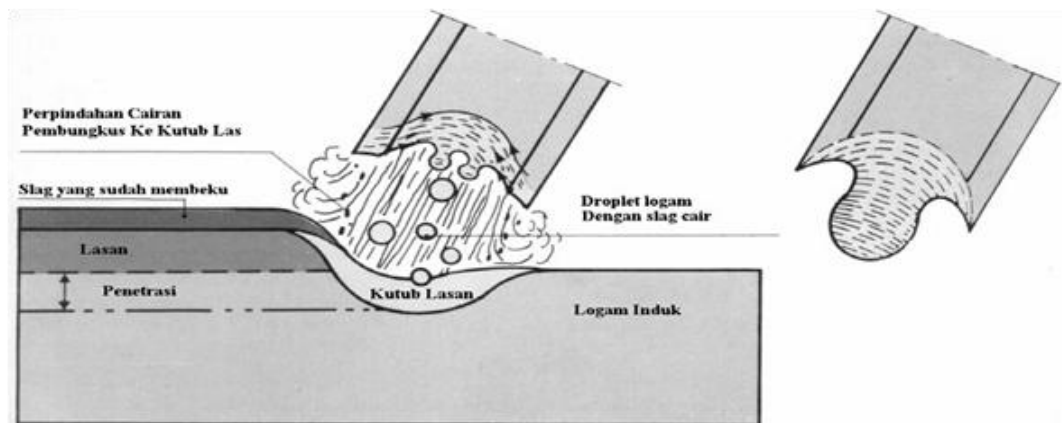
mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam tambahan yang akan menghasilkan sambungan kontinyu. Dari definisi tersebut dapat diambil empat kata kunci untuk menjelaskan definisi pengelasan yaitu mencairkan sebagian logam, logam pengisi, tekanan, dan sambungan kontinyu (Sonawan, 2003).

Pengelasan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dibedakan menjadi dua macam, yaitu las tahanan listrik dan las busur nyala listrik. Las busur listrik adalah proses penyambungan logam dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber panasnya. Las busur listrik merupakan pengelasan yang dilakukan dengan cara mengubah arus listrik menjadi panas untuk melelehkan atau mencairkan permukaan logam yang akan disambung dengan membangkitkan busur nyala listrik melalui sebuah elektroda. Terjadinya busur nyala listrik tersebut diakibatkan oleh perbedaan tegangan listrik antara kedua kutub, yaitu benda kerja dan elektroda. Perbedaan tegangan ini disebut tegangan busur nyala yang besarnya antara 20 volt sampai 40 volt (Bintoro, 2000).

Bila arus las “tertutup” dengan membenturkan elektroda di atas benda kerja

dan menariknya sedikit, maka terbentuk suatu busur api. Kontak ini memungkinkan suatu aliran arus dalam bentuk elektron yang berlangsung sesudah tegangan awal yang tinggi telah mengatasi tahanan terhadap aliran arus (disebut ionisasi celah busur api). Inti logam elektroda meneruskan energi listrik ke busur api dan dilebur bersama-sama dengan lapisan *fluks* yang membentuk tetesan lebur antara logam dan *fluks*. Busur api sekarang terdiri dari daerah gas bertemperatur sangat tinggi $\pm 6000^{\circ}\text{C}$ terutama yang diperoleh dari lapisan *fluks*. *Fluks* juga memberikan suatu perisai gas yang melindungi logam cair terhadap ujung elektroda dan genangan las cair, serta memberikan garam yang menyediakan partikel-partikel ionisasi untuk membantu penyalaan kembali busur api AC tersebut (Ginting, 1985).

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa bungkus (*coating electrode*) yang berfungsi sebagai *fluks* akan terbakar pada waktu proses berlangsung, dan gas yang terjadi akan melindungi proses terhadap pengaruh udara luar. Cairan pembungkus akan terapung dan membeku pada permukaan las yang disebut *slag*, yang kemudian dapat dibersihkan dengan mudah (Zamil, 1999).



Gambar 1. Prinsip kerja perpindahan logam pada proses SMAW

Pemilihan parameter-parameter pengelasan busur listrik elektroda terbungkus sangat berperan penting dalam menentukan kualitas hasil las yang akan diperoleh, adapun pemilihan parameter las untuk SMAW adalah:

- Tegangan busur las; panjang busur (*Arc Length*) yang dianggap baik lebih kurang sama dengan dia. elektroda yang dipakai. Untuk besarnya tegangan yang dipakai setiap posisi pengelasan tidak sama.

- Misalnya diameter elektroda 3-6 mm, mempunyai tegangan 20-30 volt pada posisi datar, dan tegangan ini akan dikurangi antara 2-5 volt pada posisi di atas kepala. Kestabilan tegangan ini sangat menentukan mutu pengelasan dan kestabilan juga dapat didengar melalui suara selama pengelasan.
- b. Besar arus listrik; besarnya arus juga mempengaruhi pengelasan, di mana besarnya arus listrik pada pengelasan tergantung dari bahan dan ukuran lasan, geometri sambungan pengelasan, macam elektroda dan diameter inti elektroda. Untuk pengelasan pada daerah las yang mempunyai daya serap kapasitas panas yang tinggi diperlukan arus listrik yang besar dan mungkin juga diperlukan tambahan panas. Sedang untuk pengelasan baja paduan, yang daerah HAZ-nya dapat mengeras dengan mudah akibat pendinginan yang terlalu cepat, maka untuk menahan pendinginan ini diberikan masukan panas yang tinggi yaitu dengan arus pengelasan yang besar. Pengelasan logam paduan, agar untuk menghindari terbakarnya unsur-unsur paduan sebaiknya digunakan arus las yang sekecil mungkin. Pengaturan besar kecilnya arus dilakukan dengan cara memutar tombol pengatur arus. Besar arus yang digunakan dapat dilihat pada skala yang ditunjukkan oleh amperemeter yang terletak pada mesin las. Pada masing-masing mesin las, arus minimum dan arus maksimum yang dapat dicapai berbeda-beda, umumnya berkisar antara 100 Ampere sampai 600 Ampere. Pemilihan besar arus listrik tergantung dari beberapa faktor, antara lain; diameter elektroda yang digunakan, tebal benda kerja, jenis elektroda yang digunakan, polaritas kutub-kutubnya, dan posisi pengelasan. Umumnya pemilihan besar arus diambil pada nilai tengah dari batas yang direkomendasikan. Misalnya pengelasan dengan elektroda E6014 berdiameter 5,5 mm, biasanya arus diambil pada nilai tengah, yaitu 300 Ampere. Pada tabel 1 di bawah ini ditampilkan hubungan antara diameter elektroda dengan besar arus las.
- c. Kecepatan pengelasan; kecepatan pengelasan tergantung dari bahan induk, jenis elektroda, diameter inti elektroda, geometri sambungan, ketelitian sambungan agar dapat mengelas lebih cepat diperlukan arus yang lebih tinggi.
- d. Polaritas listrik mempengaruhi hasil dari busur listrik. Sifat busur listrik pada arus searah (DC) akan lebih stabil daripada arus bolak-balik (AC). Terdapat dua jenis polaritas yaitu Polaritas lurus, di mana benda kerja positif dan elektroda negatif (DCEN). Polaritas balik adalah sebaliknya. Karakteristik dari polaritas balik yaitu *pemindahan logam terjadi dengan cara penyemburan, maka polaritas ini mempunyai hasil pengelasan yang lebih dalam dibanding dengan polaritas lurus.*
- Bagian yang sangat penting dalam las busur listrik, adalah elektroda las. Jenis elektroda yang digunakan akan sangat menentukan hasil pengelasan, sehingga penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda yang tepat. Berdasarkan selaput pelindungnya elektroda dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput. Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau *fluks*. Pelapisan *fluks* pada bagian inti dapat dilakukan dengan destruksi, semprot atau celup. Selaput yang ada pada elektroda berfungsi untuk melindungi cairan las, busur listrik, dan sebagian benda kerja dari udara luar. Udara luar mengandung gas oksigen, yang dapat mengakibatkan bahan las mengalami oksidasi, sehingga dapat mempengaruhi sifat mekanis dari logam yang dilas. Oleh karena itu, elektroda yang berselaput digunakan untuk pengelasan benda-benda yang butuh kekuatan mekanis.
- Bila ditinjau dari logam yang di las kawat elektroda dibedakan menjadi lima bagian besar yaitu, baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro. Karena *filler metal* harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam induk, maka sekaligus ini berarti bahwa tidak ada elektroda yang dapat dipakai untuk semua jenis dari pengelasan. Demikian pula ukuran diameternya. Pemilihan ukuran parameter

tergantung dari perencanaan, ukuran las, posisi pengelasan, input panas, serta keahlian dalam pengelasan. Ini berarti bahwa tiap ukuran diameter elektroda mempunyai kaitan dengan besarnya kuat arus yang harus lewat pada elektroda tersebut. Di mana elektroda tersebut mempunyai selubung atau *coating*.

Elektroda perlu disimpan di tempat yang kering dan hangat dan digunakan berurutan misalnya elektroda baru tidak ditumpuk di atas yang lama. Kadang-kadang elektroda yang sudah sangat lama mempunyai lapisan bulu berwarna putih yang disebabkan oleh kaca air pada elektroda. Elektroda harus ditumpuk dengan hati-hati dan jangan dijatuhkan yang akan menyebabkan retak dan terkelupasnya lapisan. Las yang berkualitas jelek biasanya sebagai akibat jika digunakan elektroda terkelupas, lembab, atau rusak. Jika elektroda kering digetarkan di tangan menghasilkan bunyi logam yang kuat, akan tetapi yang lembab mempunyai bunyi yang teredam (Kenyon, 1985).

Dilihat dari fungsinya, maka untuk pemilihan jenis elektroda yang digunakan, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jenis logam yang akan dilas.
2. Tebal bahan yang akan dilas.
3. Kekuatan mekanis yang diharapkan dari hasil pengelasan.
4. Posisi pengelasan.
5. Bentuk kampuh benda kerja.

Dari kriteria di atas dapat dilihat kode elektroda yang sesuai dengan keperluan yang diinginkan. Kode elektroda yang berupa huruf dan angka mempunyai arti khusus yang berguna untuk pemilihan elektroda. Kode elektroda sudah distandarkan oleh badan standarisasi kode elektroda yaitu AWS (*American Welding Society*) dan ASTM

(*American Society For Testing Materials*). Simbol atau kode yang diberikan yaitu satu huruf E yang diikuti oleh empat atau lima angka dibelakangnya, contoh E7016. Sedangkan simbol standarisasi JIS (*Japan Industrial Standard*), kode yang diberikan yaitu satu huruf D yang diikuti oleh empat atau lima angka dibelakangnya, contoh D5016. Fluks dari elektroda ini mengandung serbuk besi untuk memperbaiki efisiensi las dan bentuk riginya. Elektroda ini menghasilkan logam las yang hampir sama sifat mekanisnya dengan D4316. Meskipun demikian pembersihan teraknya lebih bagus dan permukaan riginya lebih halus. Penggunaan elektroda ini terbatas untuk pengelasan posisi datar dan datar sudut (*Horizontal Fillet*).

Elektroda dengan kode E7016, untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing, yaitu:

- E : elektroda untuk las busur listrik.
- 70 : menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 70.000 psi atau 483 MPa.
- 1 : menyatakan posisi pengelasan, angka 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.
- 6 : komposisi kimia basic hydrogen rendah + garam potasium

Elektroda dengan kode D5016, untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing, yaitu:

- D : elektroda untuk las busur listrik.
- 50 : menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasannya adalah 50 kg / mm² atau 490 MPa.
- 16 : menunjukkan jenis fluks "16" menyatakan hidrogen rendah.

Tabel 1. Kekuatan mekanik elektroda las standar ASTM

■ Mechanical properties of all-weld metal as per AWS					
	0.2%OS (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	IV (J)	PWHT (°C x h)
Example	500	570	32	-29°C: 120	AW
	420	520	33	-29°C: 150	620×1
Guaranty	≥ 400	≥ 480	≥ 22	-29°C ≥ 27	AW
	≥ 350	≥ 460	≥ 25	-29°C ≥ 27	620±15x1
■ Recommended welding parameters					
Dia.	2.6mm	3.2mm	4.0mm	5.0mm	6.0mm
F, HF, H	55~85A	90~130A	130~180A	180~240A	210~310A
VU, OH	50~80A	80~120A	110~170A	150~200A	-

Tabel 2. Kekuatan mekanik elektroda las standar JIS

Klasifikasi	Pengujian Tarik			Pengujian Impact		Kandungan hidrogen dalam endapan logam
	Kekuatan tarik (N/mm ²)	Titik mulur / kekuatan mulur 0,2% (N/mm ²)	Kemuluran (%)	Temperatur pengujian (°C)	Penyerapan energi Charpy (J)	Kandungan hidrogen (ml/100g)
D5001	≥ 490	≥ 390		0	≥ 47	--
D5003						--
D5016			≥ 23			≤ 15
D5316	≥ 520	≥ 410	≥ 20	-5	≥ 47	≤ 12
D5816	≥ 570	≥ 490	≥ 18			≤ 10
D6216	≥ 610	≥ 500	≥ 17			
D7016	≥ 690	≥ 550	≥ 16	-20	≥ 39	≤ 9
D7616	≥ 750	≥ 620	≥ 15			≤ 7
D8016	≥ 780	≥ 665				≤ 6
D5026	≥ 490	≥ 390	≥ 23	0	≥ 47	≤ 15
D5326	≥ 520	≥ 410	≥ 20			≤ 12
D5826	≥ 570	≥ 490	≥ 18			≤ 10
D6226	≥ 610	≥ 500	≥ 17	-20	≥ 39	≤ 9
D5000	≥ 490	≥ 390	≥ 20	0	≥ 47	--
D8000	≥ 780	≥ 665	≥ 13		≥ 34	≤ 6

Metodologi

1. Alat untuk pembuatan spesimen:

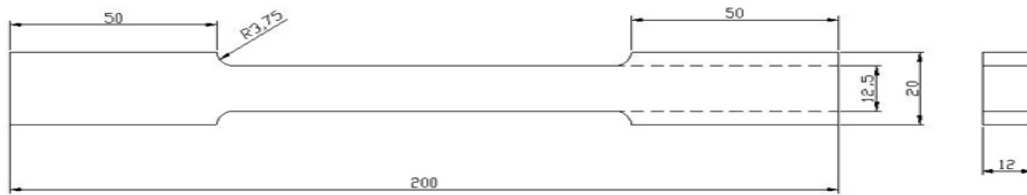
- Mesin brander digunakan untuk memotong baja hingga dimensi yang diinginkan.
- Mesin sekrup digunakan untuk membuat sambungan temu kempuh V (*V-butt joint*).
- Mesin gerinda digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan spesimen.
- Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi spesimen yang akan dibuat.

2. Alat untuk proses pengelasan:

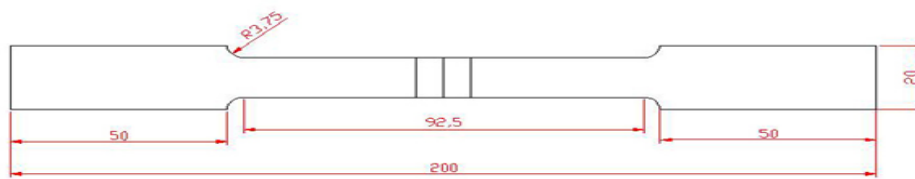
- Mesin las SMAW digunakan untuk menyambung spesimen (pelat baja karbon sedang AISI 1045).
- Palu, tang penjepit, sikat baja, dan alat pendukung lainnya.

Adapun material yang digunakan adalah pelat baja karbon sedang AISI 1045. Dengan penentuan ukuran dimensi spesimen uji tarik mengikuti standar ASTM E-8.

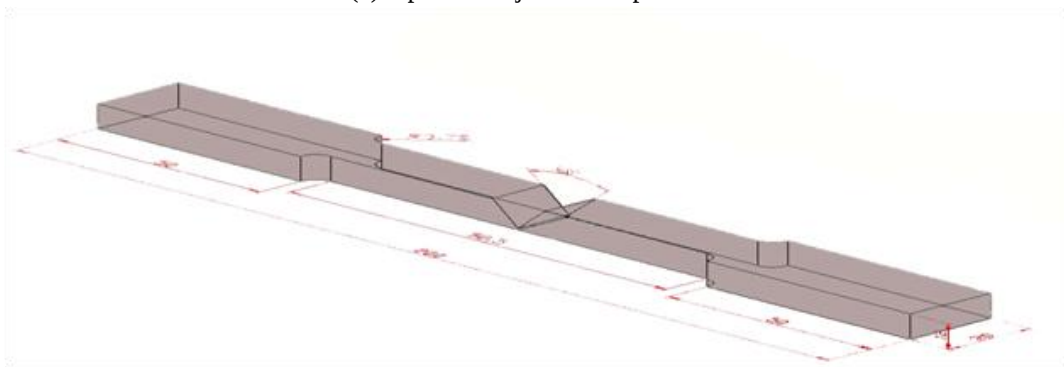
Elektroda yang dipakai dalam pengelasan adalah elektroda las tipe E7016, E7016-G, E8016-G, D5016, D5016-G dan D5316.



Gambar 2. Spesimen uji tarik standar ASTM E-8



(a). Spesimen uji tarik tampak atas



(b). Spesimen uji tarik tampak samping

Gambar 3. Spesimen uji tarik Standar ASTM E-8 Sesudah Dibuat Kampuh.

(a) Spesimen uji tarik Tampak atas, (b) Spesimen uji tarik tampak samping

Di mana: L_o = Panjang spesimen uji = 92,5 mm
 W_o = Lebar awal = 12,5 mm
 t = Tebal pelat baja = 12 mm
 θ = Sudut Kampuh V = 60°

Tabel 3. Komposisi kimia elektroda AWS A5.5 E8016-G (%)

C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	Fe
0.08	1.7	0.4	0.01	0.02	1.0	0.15	Bal.

Tabel 4. Komposisi kimia elektroda JIS Z 3212 D5316 (%)

C	Mn	Si	S	P	Ni	Mo	Fe
0.06	1.6	0.45	0.01	0.02	0.02	0.15	Bal.

Tabel 5. Rekomendasi penggunaan arus listrik berdasarkan diameter elektroda RD-80

Size (mm)	Diameter	2.6	3.2	4.0	5.0
	Length	350	350	400	400
Current Range (Amp.)		60-100	90-150	140-200	180-260

Tabel 6. Komposisi kimia elektroda AWS A5.5 E7016-G (%)

C	Mn	Si	S	P	Cu	Ni	Fe
0.08	1.4	0.3	0.01	0.01	0.6	0.8	Bal.

Tabel 7. Komposisi kimia elektroda JIS Z 3212 DA5016-G (%)

C	Mn	Si	S	P	Cu	Ni	Fe
0.05	0.6	0.45	0.01	0.02	0.6	0.7	Bal.

Tabel 8. Rekomendasi penggunaan arus listrik berdasarkan diameter elektroda RD 716-G

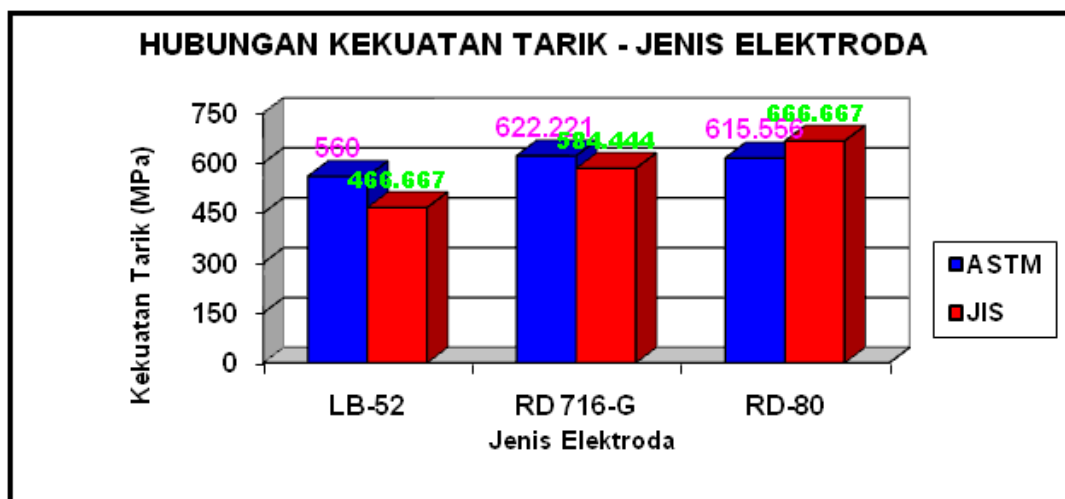
Size (mm)	Diameter	2.6	3.2	4.0	5.0
	Length	350	350	400	400
Current Range (Amp.)		65-110	90-150	130-190	180-240

Hasil dan Pembahasan

Dari pengolahan data hasil pengujian dan grafik tegangan-regangan yang didapat maka dapat ditarik hubungan antara nilai kekuatan tarik maksimum dengan jenis elektroda yaitu LB 52 dengan standar ASTM dan JIS, RD 716-G dengan standar ASTM dan JIS, serta RD-80 dengan standar ASTM dan JIS yang dapat

dilihat pada gambar dibawah ini.

Pada gambar 4, menunjukkan kekuatan tarik hasil pengelasan spesimen baja AISI 1045 terhadap standar dan jenis elektroda. Kekuatan tarik pada jenis elektroda LB-52 ditunjukkan pada standar ASTM E7016 sebesar 560 MPa sedangkan untuk standar JIS D5016 yaitu 466,667 MPa.



Gambar 4. Grafik nilai kekuatan tarik terhadap jenis elektroda

Gambar 4, yang menunjukkan kekuatan tarik hasil pengelasan baja AISI 1045 menggunakan alat uji tarik PM1000 (kapitas 100 Ton) terhadap jenis elektroda *low hydrogen* antara lain LB-52 ASTM E7016, LB-52 JIS D5016, RD 716-G ASTM E7016-G, RD 716 JIS D5016-G, E-80 ASTM E8016-G, dan E-80 JIS D5316 pada posisi pengelasan mendatar (*downhand*), dapat dilihat bahwa dari enam jenis elektroda menunjukkan tegangan tarik mengalami perbedaan tegangan tarik. Pada elektroda LB-52 ASTM E7016 diperoleh tegangan tarik maksimum sebesar 560 MPa yang cenderung meningkat dari pembacaan kode besarnya tegangan tarik yang dimiliki elektroda tersebut yaitu sebesar kurang lebih 483 MPa, sedangkan untuk elektroda LB-52 JIS D5016 yang mempunyai kekuatan tarik yang setara dengan ASTM E7016 memperoleh tegangan tarik maksimum pada 466,667 MPa cenderung menurun dari pembacaan nilai kekuatan tarik yang dimiliki elektroda JIS 5016-G yaitu 490 MPa.

Untuk elektroda RD 716-G ASTM E7016-G diperoleh tegangan tarik maksimum sebesar 622,221 MPa yang cenderung meningkat dari pembacaan nilai kekuatan tarik elektroda tersebut yaitu sebesar kurang lebih 490 MPa, sedangkan untuk elektroda RD 716-G JIS D5016-G yang memiliki kesetaraan dengan ASTM E7016-G diperoleh nilai tegangan tarik maksimum sebesar 584,444 MPa yang cenderung juga meningkat dari nilai tegangan tarik berdasarkan kode elektroda yang dimilikinya yaitu sebesar 490 MPa.

Elektroda jenis RD-80 ASTM E8016-G juga mengalami kenaikan nilai tegangan tarik antara nilai tegangan tarik yang didapat sebesar 615,556 MPa dengan pembacaan nilai kekuatan tarik berdasarkan kode elektroda yaitu 552 MPa. Sama halnya juga dengan jenis elektroda RD-80 JIS D5316 juga mengalami kenaikan nilai tegangan tarik yang didapat yaitu 666,667 MPa dengan pembacaan nilai kekuatan tarik dari kode elektrodanya sebesar 520 MPa.

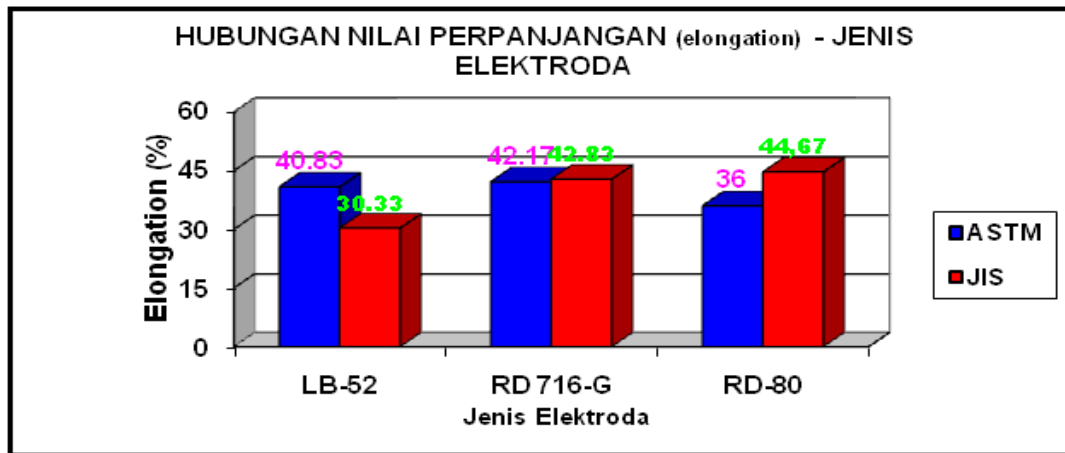
Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa kekuatan tarik hasil pengelasan dengan menggunakan elektroda RD 716-G dan LB-52 standar ASTM cenderung lebih tinggi

dibandingkan dengan elektroda RD 716-G dan LB-52 standar JIS. Sebaliknya, pada elektroda RD-80 kekuatan tarik pada standar JIS cenderung lebih tinggi dibandingkan ASTM. Ini disebabkan karena elektroda standar ASTM mengandung unsur Mangan (Mn) yang besar dibandingkan elektroda standar JIS. Unsur mangan (Mn) merupakan unsur-paduan dalam baja dimana mangan dapat memperbaiki sifat tahan-ukurannya, ketahanan-*aus* dan kekuatan tarikannya serta memiliki sifat tahan korosi, tahan panas, tahan hangat, dan sifat magnetik. Fungsi dari unsur kimia mangan (Mn) itu sendiri adalah dapat mengikat unsur karbon (C) membentuk unsur karbida mangan (Mn_3C) yang dapat menaikkan kekuatan dan ketangguhan baja serta mempertahankan sifat mampu las.

Kenaikan kekuatan tarik ini terjadi karena difusi hidrogen pada saat pengelasan elektroda *low hydrogen* dan dapat juga dihindari dengan pemanasan dan pengeringan elektroda sebelum digunakan. Uap air (H_2O) yang terdapat diudara dapat memunculkan atom hidrogen (rongga gas) yang dapat menyebabkan terjadi porositas pada sambungan las. Ini sering memungkinkan adanya cacat las yang menyebabkan kekuatan mekanis menurun.

Kenaikan kekuatan tarik yang didapat pada penelitian ini juga disebabkan panas yang dihasilkan untuk mengelas baja AISI 1045 cukup untuk melelehkan elektroda dan penembusan yang terjadi menjadi maksimal. Pengaruh panas ini dapat menyebabkan struktur mekanis dari baja itu sendiri menjadi berubah dan lebih kuat disamping kuat arus dan suhu yang dapat juga mempengaruhi nilai kekuatan tarik.

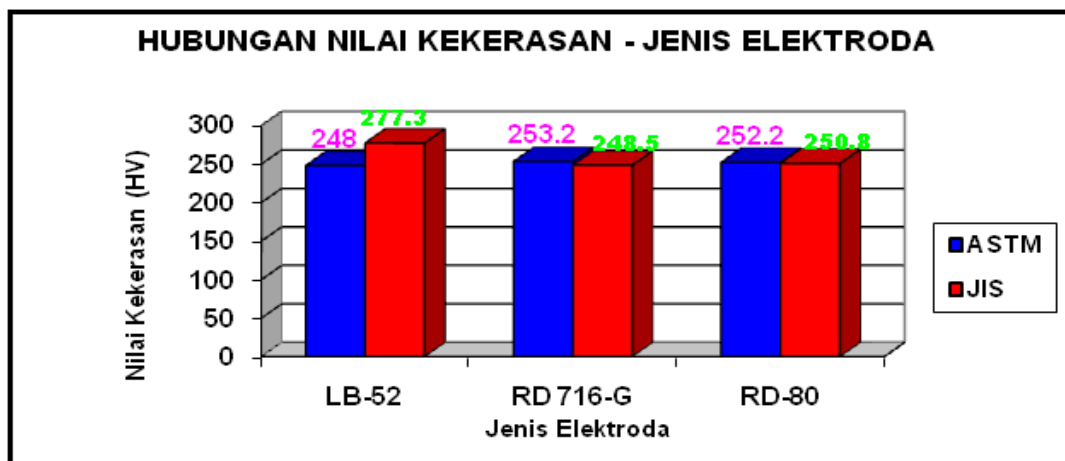
Jika dibandingkan dengan kekuatan tarik antara kekuatan tarik baja AISI 1045 tanpa perlakuan pengelasan (*based metal*) dengan baja AISI 1045 yang mengalami proses pengelasan, maka kekuatan tarik yang dihasilkan baja AISI 1045 yang mengalami proses pengelasan mempunyai nilai kekuatan tarik yang cenderung lebih rendah dibandingkan kekuatan tarik baja AISI 1045 tanpa perlakuan proses pengelasan (*based metal*) yaitu 720 MPa.



Gambar 5. Grafik nilai perpanjangan (*elongation*) terhadap jenis elektroda

Gambar 5, menunjukkan grafik perpanjangan (*elongation*) terhadap jenis elektroda. Pada grafik tersebut nilai perpanjangan (*elongation*) terkecil yang didapat dengan menggunakan elektroda LB-52 JIS D5016 yaitu 30,33% dan didapat nilai perpanjangan (*elongation*) terbesar pada elektroda RD-80 JIS D5316 sebesar 44,67%. Elektroda LB-52 JIS D5016 menghasilkan nilai perpanjangan yang lebih rendah yaitu 30,33% dengan elektroda yang setara dengannya yaitu elektroda LB-52 ASTM E7016 dengan nilai perpanjangan sebesar 40,83%. Berbeda dengan elektroda jenis LB-52, elektroda RD 716-G dan RD 80 dengan standar JIS menghasilkan nilai perpanjangan lebih tinggi dibandingkan dengan elektroda

setaranya ASTM. Pada elektroda jenis RD 716-G ASTM E7016-G menghasilkan nilai perpanjangan sebesar 42,17% sedangkan RD 716-G JIS D5016-G menghasilkan nilai perpanjangan yaitu 42,83%. Untuk elektroda jenis RD-80 ASTM E8016-G menghasilkan nilai perpanjangan (*elongation*) sebesar 36% dan untuk elektroda jenis RD-80 JIS D5316 menghasilkan nilai perpanjangan (*elongation*) 44,67%. Bila proses pengelasan telah selesai dan logam dibiarkan hingga menjadi dingin maka akan terjadi kontraksi, kontraksi inilah yang menyebabkan hasil dari pengelasan mengalami distorsi dan tegangan dalam (*internal stress*). Tegangan dalam inilah mempengaruhi sifat tekan dan tarik dari logam khususnya baja AISI 1045 ini.



Gambar 6. Grafik nilai kekerasan terhadap jenis elektroda

Pada gambar 6, menunjukkan nilai kekerasan terhadap standar dan jenis elektroda. Pada pengujian kekerasan dalam penelitian ini menggunakan metode pengujian kekerasan vickers dengan alat *Frank Fino Test* dengan waktu 15 detik, beban sebesar 3 kg dan permukaan spesimen uji dilakukan *grinding polishing*. Pada penelitian ini, pengujian kekerasan dilakukan 3 titik pada daerah sambungan las (HAZ) dengan titik pertama pada titik tengah dasar sambungan las (HAZ), kemudian titik kedua pada titik tengah atas sambungan las serta titik ketiga dilakukan pada batas antara daerah sambungan las (HAZ) dengan daerah *based metal*. Nilai kekerasan maksimum terbesar yang didapat pada proses pengelasan menggunakan elektroda LB-52 JIS D5016 sebesar 277,3 HV dan nilai kekerasan terkecil didapat pada proses pengelasan menggunakan elektroda RD-80 JIS D5316 yaitu 250,8 HV.

Dari grafik tersebut juga dapat dilihat bahwa nilai kekerasan menggunakan elektroda standar JIS pada elektroda LB-52 memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan nilai kekerasan menggunakan elektroda standar ASTM. Sebaliknya pada elektroda RD 716-G dan RD-80 dengan standar ASTM memiliki kekerasan yang cenderung lebih tinggi dibandingkan standar JIS. Pada daerah pengaruh panas las (HAZ) merupakan daerah berbentuk butiran kasar. Butiran kasar tersebut menghasilkan martensit yang keras dengan butiran kristal sehingga daerah ini sangat keras cenderung rapuh. Selain itu elektroda dengan standar JIS memiliki kandungan unsur kimia silikon (Si) yang lebih besar dibandingkan dengan elektroda standar ASTM. Fungsi dari unsur silikon (Si) adalah pembentuk ferit yang sangat kuat dan juga untuk menguatkan struktur baja.

Jika dibandingkan dengan nilai kekerasan pada baja AISI 1045 tanpa perlakuan pengelasan (*based metal*), kekerasan yang didapat pada baja AISI 1045 yang mengalami proses pengelasan cenderung lebih tinggi, dengan tingkat kekerasan pada baja AISI 1045 yaitu 228,0 HV. Ini disebabkan oleh perubahan struktur material baja yang dilas yang diperoleh dari panas yang dihasilkan oleh mesin las.

Kesimpulan

Kekuatan tarik yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 dan RD 716-G standar ASTM dibandingkan dengan elektroda standar JIS cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD-80 kekuatan tarik yang dihasilkan pada standar JIS cenderung lebih tinggi dibandingkan standar ASTM. Kekuatan tarik maksimum yang diperoleh sebesar 666,667 MPa.

Perpanjangan (*elongation*) yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 standar ASTM dibandingkan dengan standar JIS cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD 716-G dan RD-80 standar JIS menghasilkan perpanjangan cenderung lebih tinggi dibandingkan standar ASTM. Nilai perpanjangan maksimum yang terjadi dari hasil pengelasan sebesar 44,67%.

Nilai kekerasan yang dihasilkan oleh elektroda LB-52 standar JIS dibandingkan dengan standar ASTM cenderung lebih tinggi. Sebaliknya pada elektroda RD 716-G dan RD-80 standar ASTM menghasilkan nilai kekerasan cenderung lebih tinggi dibandingkan standar JIS. Nilai kekerasan maksimum yang didapat adalah sebesar 277,3 HV.

Daftar Pustaka

- [1] Bintoro, A. G., 2000. *Dasar-dasar Pekerjaan Las*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- [2] Ginting, D., 1985. *Dasar-dasar Pengelasan*. Penerbit Airlangga. Jakarta.
- [3] Kenyon W., 1985. *Dasar – Dasar Pengelasan*. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Nugroho P., 2005. Pengaruh Pengeringan Elektroda low Hidrogen Terhadap Adanya Cacat Las Dan Kekuatan Mekanis Pada Pengelasan SMAW. Penerbit UPT. Perpustakaan Institut Teknologi Sepuluh November.
- [5] Smallman, R.E., 1991. *Metalurgi Fisik Modern*. Edisi ke-4. Penerbit gramedia, Jakarta.
- [6] Sonawan H., 2003. *Pengelasan Logam*. Penerbit Alfabeta, Bandung.
- [7] Suharto, 1991. *Teknologi Pengelasan Logam*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

- [8] Sunaryo, H., 2008. *Teknik Pengelasan Kapal Jilid I Untuk SMK*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- [9] Tarkono, Tampubolon, F.J., 2012, Pengaruh Pemasangan Elektroda dan Media Pendinginan Air Tersirkulasi Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Multypass Baja AISI 1045, Prosiding Seminar Hasil Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat 2012 dalam rangka Dies Natalis Unila.
- [10] Wiryosumarto, H., 1996. *Teknologi pengelasan logam*. Cetakan ke-7. PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- [11] Zamil F. M., 1999. *Makalah Pengelasan Proses SMAW (Las Busur Listrik)*. PT. Crossfiled Ind. Pasuruan, Jawa Timur.