

ANALISIS KEKUATAN TARIK BAJA KARBON RENDAH HASIL PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI BENTUK KAMPUH LAS

Xander Salahudin¹, Yusril Ihza², Catur Pramono³, Sri Widodo⁴
^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar
xander@untidar.ac.id

ABSTRAK

Hasil las harus mempunyai kekuatan sambung yang kuat, ini dikarenakan konstruksi las biasanya digunakan untuk menahan beban. Pemilihan bentuk kampuh las yang tepat merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan, karena akan mempengaruhi kualitas hasil sambungan. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hasil dari pengelasan dengan variasi kampuh X, V dan U terhadap kekuatan tarik dan struktur makro. Spesimen penelitian yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ukuran sesuai standar ASTM-E8 yaitu 5 mm x 20 mm x 200 mm. Pengelasan SMAW dilakukan dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm, arus 80A. Hasil uji kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada kampuh V yaitu 455,68 MPa dan yang terendah pada kampuh X yaitu 382 MPa. Berdasarkan hasil pengujian makro, daerah HAZ yang paling lebar adalah pada kampuh X sebesar 23,05 mm, dan daerah HAZ terkecil pada kampuh V yaitu 20,08 mm. Berdasarkan hasil penelitian, bentuk kampuh las paling ideal adalah kampuh V.

Kata kunci: *baja, kampuh, pengelasan, SMAW*

ABSTRACT

The result of the weld must have a strong joint strength, this is because the weld construction is usually used to withstand loads. The choice of weld seam shape is one of the things that must be considered, because it will affect the quality of the joint. The purpose of this study was to analyze the results of welding with variations of the X, V and U seams on the tensile strength and macro structure. The research specimen is low carbon steel with a size of 5 mm x 20 mm x 200 mm. SMAW welding was carried out with an E6013 electrode with a diameter of 3.2 mm, and a current of 80A. The highest tensile strength test results were obtained at seam V with a value of 455.68 MPa and the lowest at seam X with a value of 382 MPa. Based on the results of macro testing, the widest HAZ area was at seam X of 23.05 mm, and the smallest HAZ was at seam V of 20.08 mm. Based on the research results, the most ideal shape of the weld seam is seam V.

Keyword: *steel, seam, welding, SMAW*

PENDAHULUAN

Teknik pengelasan pada saat ini semakin banyak dipergunakan di bidang konstruksi. Pengelasan mempunyai peran penting dalam dunia rekayasa dan reparasi logam, pembangunan konstruksi dengan logam. Pada masa sekarang ini banyak melibatkan pengelasan khususnya bidang rancang bangun, karena sambungan las merupakan

salah satu sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh kualitas yang baik. Lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel kereta api, pipa saluran, dan otomotif.

Faktor yang mempengaruhi hasil las adalah prosedur pengelasan,

yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan las yang sesuai rencana dan spesifikasi. Urutan pelaksanaan dan persiapan pengelasan meliputi pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda dan penggunaan jenis kampuh [1].

Terdapat banyak jenis pengelasan berdasarkan klasifikasi cara kerja dapat dibagi dalam tiga kelompok yaitu pengelasan cair, pengelasan tekan dan pematrian. Pengelasan cair merupakan suatu cara pengelasan dimana benda yang akan disambung dipanaskan sampai mencair dengan sumber energi panas. Cara pengelasan yang paling banyak digunakan adalah pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) dan gas. Jenis dari las busur listrik ada empat yaitu las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, Las busur CO₂), las busur tanpa gas, dan las busur rendam. Jenis dari las busur elektroda terbungkus salah satunya adalah las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*). Pengelasan SMAW menjadi pengelasan yang paling sering digunakan karena mudah, biaya pengelasan yang murah namun tetap menghasilkan kualitas pengelasan yang baik.

Penyambungan las harus mempunyai kekuatan sambung yang kuat, ini dikarenakan konstruksi las biasanya diandalkan untuk menahan beban, baik arah tegak lurus maupun sejajar alur las. Pemilihan bentuk kampuh las yang tepat merupakan salah satu hal yang harus diperhatikan, karena akan mempengaruhi kualitas hasil sambungan. Pada penelitian ini akan diteliti pengelasan SMAW pada baja karbon rendah dengan menggunakan tiga

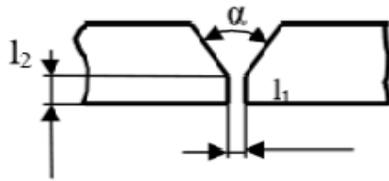
variasi bentuk kampuh las, untuk kemudian dianalisis bentuk mana yang mempunyai kekuatan tarik yang baik sekaligus dikaji perubahan struktur makro yang dialami.

METODE

Pelaksanaan penelitian diawali dengan proses pembuatan spesimen yang dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Tidar. Pengujian kekuatan tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, dan pengujian struktur makro dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM.

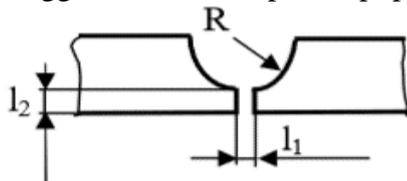
Material yang digunakan pada penelitian kali ini adalah baja karbon rendah dengan dimensi 200 mm × 20 mm × 5 mm. Material kemudian dilakukan pengujian komposisi terlebih dahulu untuk mengetahui komposisi dari baja. Langkah berikutnya yaitu membuat spesimen dilakukan dengan memotong menggunakan mesin potong serta mesin frais, kemudian dibentuk kampuh tipe V, tipe X dan tipe U. Langkah berikutnya adalah proses pengelasan material sesuai dengan bentuk kampuhnya. Proses pengelasan dilakukan dengan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan parameter tegangan kuat arus listrik 80 A. Posisi pengelasan dilakukan dengan posisi mendatar dan tipe sambungan butt-joint, elektroda yang digunakan adalah E6013.

Pembuatan kampuh V dibuat menggunakan gerinda dengan sudut 35° kedalaman 3,7 mm menyisakan 2 mm pada tepi bawah plat.



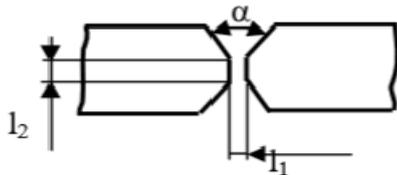
Gambar 1. Kampuh las V

Pembuatan kampuh U dibuat menggunakan frais pada sisi plat pada bagian atas dengan $r = 3,7$ mm, sehingga tersisa 2 mm pada tepi plat.



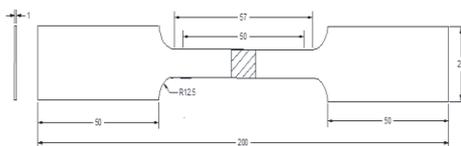
Gambar 2. Kampuh las U

Pembuatan kampuh X dibuat menggunakan gerinda pada sisi atas dan bawah masing-masing dengan sudut 35° dengan tebal 1,8 mm sehingga tersisa pada bagian tengah plat 2 mm.



Gambar 3. Kampuh X

Spesimen pengujian tarik mengacu pada standar ASTM-E8 dengan ukuran spesimen $200 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$ dan ketebalan 5,7 mm [2].



Gambar 4. Spesimen uji tarik

Pengujian foto makro dilakukan untuk mengetahui hasil kualitas dari pengelasan melalui pemotongan melintang, setelah dipotong secara

melintang yang sudah dietsa maka pengamatan dapat dilakukan secara visual. Beberapa cacat las yang dapat diketahui dari pengujian makro adalah *porosity*, *incomplete penetration*, *incomplete fusion*, *crack* dan *undercut* [3].

Sebelum melakukan pengujian struktur makro harus dilakukan beberapa tahapan, tahap pertama adalah pemotongan, pemotongan ini dipilih sesuai dengan bagian yang akan diamati struktur makronya.

Spesimen uji dipotong dengan ukuran seperlunya, tahap kedua yaitu penghalusan yaitu dengan cara pengamplasan dari yang paling kasar sampai ke yang paling halus agar spesimen mempunyai bidang yang merata. Tahap ketiga yaitu pemolesan, tahap ini bertujuan untuk membersihkan permukaan spesimen, pemolesan ini menggunakan kain yang diberi autosol. Tahap keempat yaitu pengetesan yaitu memastikan hasil dari pemolesan harus mengkilap dan tanpa adanya goresan. Tahap kelima pemotretan yaitu untuk mendapatkan gambar dari struktur makro dari spesimen setelah difokuskan dengan mikroskop. Spesimen pengujian makro memiliki ukuran $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}$. Pengujian ini menggunakan tiga varian jenis kampuh yaitu kampuh V, kampuh X dan kampuh U.

HASIL

Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Pelaksanaan uji tarik dilakukan di Laboratorium Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, berikut tabel data spesimen dari jenis kampuh V, X, dan U.

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

Spesimen	L_o (mm)	L_f (mm)	$\Delta L=L_f-L_o$ L_o (mm)	A_o (mm ²)	P_u (kN)	P_v (kN)
U-1	92,4	95	2,6	74,1	28,563	26,189
U-2	95	98	3	71,22	26,961	25,106
U-3	96	98	2	68,97	26,347	25,225
V-1	94	100	6	66,12	31,457	23,523
V-2	96	99,4	3,4	68,40	33,362	27,985
V-3	93,6	100	6,4	72,96	35,252	25,576
X-1	91,9	94,5	3,1	72,39	30,617	25,821
X-2	90,7	91,7	1	69,54	23,900	23,892
X-3	96	100	4	78,09	33,845	27,728

Perhitungan Tegangan Maksimal

$$\sigma_u = \frac{P_u}{A_o}$$

Dengan catatan:

σ_u = Tegangan *ultimate* (MPa)

P_u = Beban (N)

A_o = Luas penampang awal (mm²)

Perhitungan Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_o} \times 100\% = \frac{L_f - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana:

ε = *Elongation* (%)

L_f = Panjang spesimen setelah diuji tarik (mm)

L_o = Panjang spesimen sebelum diuji tarik (mm)

Perhitungan Tegangan Luluh

$$\sigma_y = \frac{P_y}{A_o}$$

Dimana:

σ_y = Tegangan *yield* (MPa)

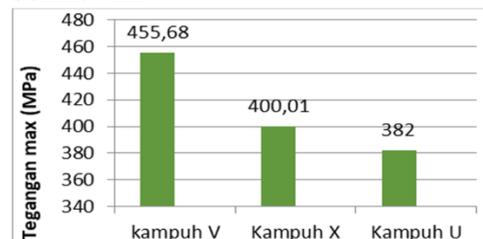
P_y = Beban *yield* (N)

A_o = Luas penampang awal (mm²)

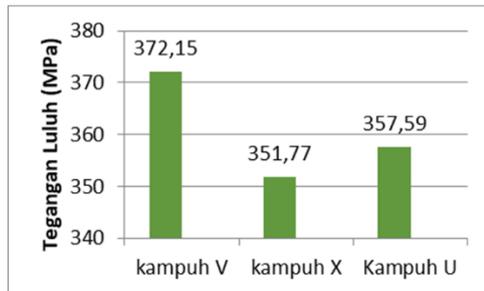
Tabel 2. Hasil perhitungan

No	Kode	(σ_u) (MPa)	(σ_y) (MPa)	ε (%)
1	U-1	385,46	353,43	2,81
2	U-2	375,55	352,61	3,15
3	U-3	382	365,73	2,08
Rata-rata		382	357,59	2,68
4	V-1	475,75	356,51	6,38
5	V-2	487,74	409,13	3,54
6	V-3	483,56	350,83	6,83
Rata-rata		455,68	372,15	5,38
7	X-1	422,94	356,69	3,39
8	X-2	343,68	343,57	1,10
9	X-3	434,4	355,07	4,16
Rata-rata		400,01	351,77	2,88

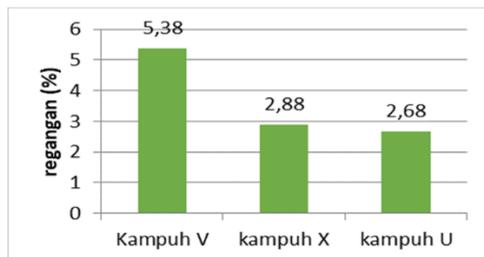
Data hasil pengujian tarik disajikan dalam diagram batang berikut ini:



Gambar 5. Diagram pengaruh variasi kampuh terhadap tegangan maksimal



Gambar 6. Diagram pengaruh variasi kampuh terhadap tegangan luluh

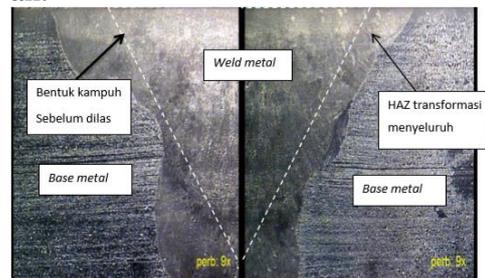


Gambar 7. Diagram pengaruh variasi kampuh terhadap regangan

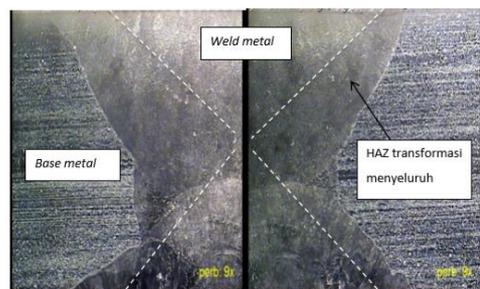
Hasil pengujian tarik *raw material* dengan variasi kampuh V, X, dan U dapat dianalisa yaitu kekuatan tarik dengan bentuk kampuh V memiliki hasil terbaik diikuti dengan kampuh X dan terakhir kampuh U. Hal ini menunjukkan bahwa kampuh V menghasilkan homogenitas terbaik dan penetrasi pengelasan dapat dengan maksimal sehingga elektroda yang mencair dapat memenuhi seluruh ruang pada kampuh. Kampuh X mempunyai kekuatan tarik rendah karena adanya tegangan sisa yang besar, hal ini terjadi karena pengelasan dilakukan dua kali, pada pengelasan pertama pada sisi kampuh yang satu akan terjadi distorsi, saat kampuh yang lainnya dilas, kampuh pertama sudah membeku dan timbul distorsi pada arah yang berlawanan, distorsi ini akan menetralkan distorsi yang pertama sehingga hasil las menjadi lurus (distorsi kecil) tapi sebagai

akibatnya terdapat tegangan sisi yang besar sehingga kekuatan tariknya menjadi rendah. Sementara pada kampuh U memiliki hasil paling rendah dikarenakan adanya potensi cacat las *incomplete fusion* dan *porosity*, cacat las jenis ini dikarenakan sudut kampuh U terlalu kecil sehingga cairan elektroda tidak mengisi sudut-sudut dari kampuh U lebar HAZ pada kampuh U juga sangat besar sehingga mempengaruhi kualitas hasil las. Secara keseluruhan hasil pengelasan dari tiga jenis kampuh sudah memenuhi standart karena hampir menyamai *raw material* baja St41 yaitu minimum ketangguhan putus tarik adalah 410 MPa.

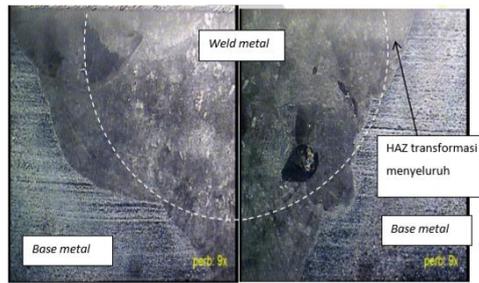
Pengamatan makro yang dilakukan di Laboratorium Metalurgi DIII Teknik Mesin UGM bertujuan untuk mengetahui kualitas hasil pengelasan, lebar HAZ (*heat affected zone*) dan weld metal, melalui penampang melintang dari pengelasan.



Gambar 8. Foto Makro kampuh V



Gambar 9. Foto Makro kampuh X



Gambar 10. Foto Makro kampuh U

Tabel 3. Hasil Pengujian Struktur Makro

Variasi	Weld Bead Dimension		
	W (mm)	T (mm)	Haz (mm)
V	15,1	5,7	20,50
X	15,2	5,7	23,05
U	15,6	5,7	21,50

Kualitas hasil pengelasan dapat diketahui dari lebar HAZ yang dihasilkan. Dari hasil perhitungan pada tabel 4.4 diatas menunjukkan adanya perbedaan lebar HAZ, berturut-turut untuk variasi kampuh X, V, dan U adalah sebesar 23.05 mm, 20.08 mm, dan 21.50 mm. hal ini disebabkan oleh masuknya panas rata-rata yang dikenakan untuk urutan variasi yang sama juga berbeda.

Besarnya lebar HAZ dipengaruhi oleh masukan panas, maka semakin besar pula luasan HAZ yang terbentuk. Hal ini dapat menurunkan sifat mekanik dari material. Penurunan sifat mekanik ini akibat dari laju pendinginan pada daerah HAZ yang relatif lebih cepat sehingga menyebabkan berubahnya struktur kristal HAZ menjadi lebih besar. Semakin besar struktur kristal maka material juga akan semakin

getas karena hydrogen dapat masuk di celah-celah struktur kristal mengakibatkan mudah terjadi retak.

SIMPULAN

Hasil penelitian tentang pengaruh kampuh las terhadap kekuatan tarik dan struktur makro ini dapat disimpulkan:

1. Berdasarkan hasil analisis kekuatan tarik baja karbon rendah dengan variasi kampuh las SMAW menunjukkan bahwa nilai tegangan maksimal rata-rata yaitu untuk pengelasan dengan variasi Kampuh V sebesar 455,68 MPa dan yang paling rendah pada jenis kampuh U dengan nilai rata-rata 382 MPa, nilai tegangan luluh terbesar pada kampuh V dengan nilai 372,15 MPa dan yang terkecil pada kampuh X sebesar 351 MPa, nilai regangan terbesar pada kampuh V sebesar 5,38 % dan yang terkecil pada kampuh U sebesar 2,68 %.
2. Berdasarkan hasil analisis struktur makro baja karbon rendah setelah dilakukan variasi kampuh pada pengelasan SMAW disimpulkan bahwa: daerah *weld metal* terbesar yaitu pada variasi kampuh U sebesar 15,6 mm, sedangkan daerah *weld metal* terkecil yaitu pada variasi kampuh V sebesar 15,1 mm kemudian untuk daerah HAZ paling lebar yaitu pada variasi kampuh X sebesar 23,05 mm, sedangkan daerah HAZ terkecil pada variasi kampuh V sebesar 20,50 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. H. Wiryosumarto, Teknologi Pengelasan Logam, Jakarta: Erlangga, 2000.

- [2]. A. Standard Testing of Metallic Materials, USA: ASTM International, 2010.
- [3]. F. Riyadi and D. Setiawan, "Analisis Mechanical dan Metalurgical Pengelasan Baja Karbon A36 dengan Metode SMAW," ITS, Surabaya, 2016.