

PENGARUH VARIASI SUDUT KAMPUH “V” 60°, 75°, 90° SAMBUNGAN PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW) TERHADAP KEKUATAN MEKANIS PADA BAJA ST 42

Taufan Adi Candra¹, I Komang Astana Widi², Tito Arif Sutrisno³
Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Indonesia
Email: taufanadicandra34@gmail.com

ABSTRACT

Pengelasan merupakan penyambungan dengan menggunakan sumber panas atau bahan tambahan, dari proses melebur dua atau lebih komponen logam menjadi satu sambungan. Pemilihan jenis kampuh las merupakan salah satu variabel yang mempengaruhi proses pengelasan. Fungsi dari kampuh las adalah untuk memberikan ruang bagi bahan pengisi agar dapat menyatu dengan logam induk dan benda yang akan dilas. Penelitian ini menggunakan teknik eksperimen guna mencari perbandingan nilai dari sudut kampuh “V” 60°, 75° dan 90° dari hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E6013 pada baja ST 42 terhadap pengujian tarik, bending, kekerasan dan uji struktur makro. Pada pengujian tarik memiliki nilai tertinggi yang terdapat pada sudut kampuh 60° dengan nilai rata-rata 52,70 kgf/mm². Pengujian bending terdapat nilai tertinggi pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 87,57 MPa. Sedangkan pada uji kekerasan nilai tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada sudut kampuh 75° dengan nilai 59,33 HRB, untuk nilai kekerasan tertinggi pada daerah las terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 66,55 HRB dan nilai kekerasan tertinggi pada logam induk terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 49,66 HRB. Dari hasil pengamatan struktur makro pada variasi Sudut kampuh 60°, 75° dan 90° mengalami pembesaran rongga atau mengalami retakan tegak lurus terhadap gaya yang bekerja dan akhirnya retakan tersebut merambat hingga menyebabkan patah ulet.

Keywords: Variasi Sudut kampuh, Las SMAW, Baja St 42, Sifat mekanis.

INTRODUCTION

Pengelasan logam memegang peranan penting dalam rekayasa dan perbaikan logam, oleh karena itu pengelasan logam tidak lepas dari bidang konstruksi dan industri saat ini yang semakin kompleks pada sektor pengembangan teknologi yang semakin modern. Parameter proses pengelasan dapat dilakukan dengan memilih jenis pengelasan dan posisi pengelasan, kemudian memilih jenis sambungan, jenis sambungan, ukuran sudut sambungan, dan jenis elektroda yang digunakan pada tahap desain. Proses pengelasan kemudian berjalan sesuai dengan parameter pengelasan yang direncanakan.[1]

SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) adalah pengelasan dengan menggunakan las busur listrik dengan panas yang dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan benda kerja. Pengelasan busur listrik atau dikenal dengan SMAW sering digunakan dalam bidang industri karena peralatannya sederhana, dapat dibawa kemana saja serta pengaplikasiannya yang sangat mudah untuk digunakan. *Fluks* yang terdapat pada jenis las SMAW bertujuan untuk menghasilkan gas pelindung dan memiliki elemen *repair* dengan tujuan untuk memperbaiki tumpahan yang berlebih pada elektroda. Menurut Wiryosumarto (2004), ketebalan *fluks* yang terkandung dalam elektroda umumnya berkisar antara 60% sampai 50% dari diameter elektroda. Fungsi dari lapisan *fluks* pada elektroda yaitu untuk melindungi cairan las dan benda kerja dari udara luar yang dapat mempengaruhi sifat mekanis. [2]

Pemilihan sudut kampuh las memiliki pengaruh penting terhadap proses pengelasan. Untuk meningkatkan nilai kekuatan suatu sambungan las, kampuh las memiliki peranan penting dalam memperbaiki kekuatan sambungan las. Pada umumnya jenis kampuh yang sering digunakan dalam bidang konstruksi yaitu jenis kampuh las V tunggal. Jenis kampuh ini cocok digunakan pada ketebalan pelat antara 5-20 mm dengan sudut kampuh V antara 60° dan 90° sehingga penembusan atau penetrasi 100% dapat dicapai, namun jenis kampuh V tidak cocok untuk ketebalan pelat di bawah 5 mm. Kampuh V tunggal sangat cocok untuk menerima gaya tekan yang besar, dan bentuk kampuh ini juga tahan terhadap kondisi beban statis (Wiryosumarto & Okumura, 2000). [3]

Menurut Harsono Wiryosumarto (2008:212) menyatakan “Secara umum, alur persegi digunakan untuk pelat las dengan ketebalan hingga 6 mm, alur V tunggal digunakan untuk pelat dengan ketebalan antara 6 mm dan 20 mm, dan pelat yang lebih besar digunakan dengan alur V ganda atau U tunggal atau ganda”. Proses penyambungan logam dengan cara las mampu mendapatkan kualitas sambungan las yang sangat kokoh, sehingga diharapkan pada saat uji tarik akan patah di daerah HAZ atau logam induk daripada di daerah logam las [4]

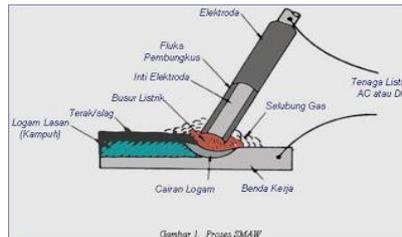
DISCUSSION

• **Baja ST 42**

Baja st 42 banyak digunakan dikarenakan memiliki kemampuan las dan ketahanannya terhadap kepekaan retak las, baja ST 42 saat ini sering digunakan dalam konstruksi umum. Kekuatan tarik untuk baja ST 42 berkisar antara 41 - 49 kg/mm², atau 410 - 490 N/mm². Secara umum, baja ST 42, tergolong baja karbon rendah yang sering disebut sebagai baja lunak, digunakan untuk membuat batangan baja, tangki, kapal, jembatan, menara, pesawat pengangkat dalam pemesinan. Dalam dunia teknik, baja ST 42 digunakan untuk berbagai keperluan yang berhubungan dengan konstruksi, seperti rangka bangunan, baja tulangan untuk beton, rangka mobil, mur dan baut, pelat, dan pipa.

• **Pengelasan SMAW**

Panas dari pengelasan dihasilkan oleh busur listrik antara elektroda dan benda kerja dalam metode pengelasan busur manual yang dikenal dengan SMAW. Gas pelindung yang dihasilkan dari proses pembakaran lapisan elektroda akan melindungi ujung elektroda, busur las logam cair, dan sekitar benda kerja. *Flux atau slag* logam cair yang



dihasilkan memberikan perlindungan tambahan pada cairan logam las

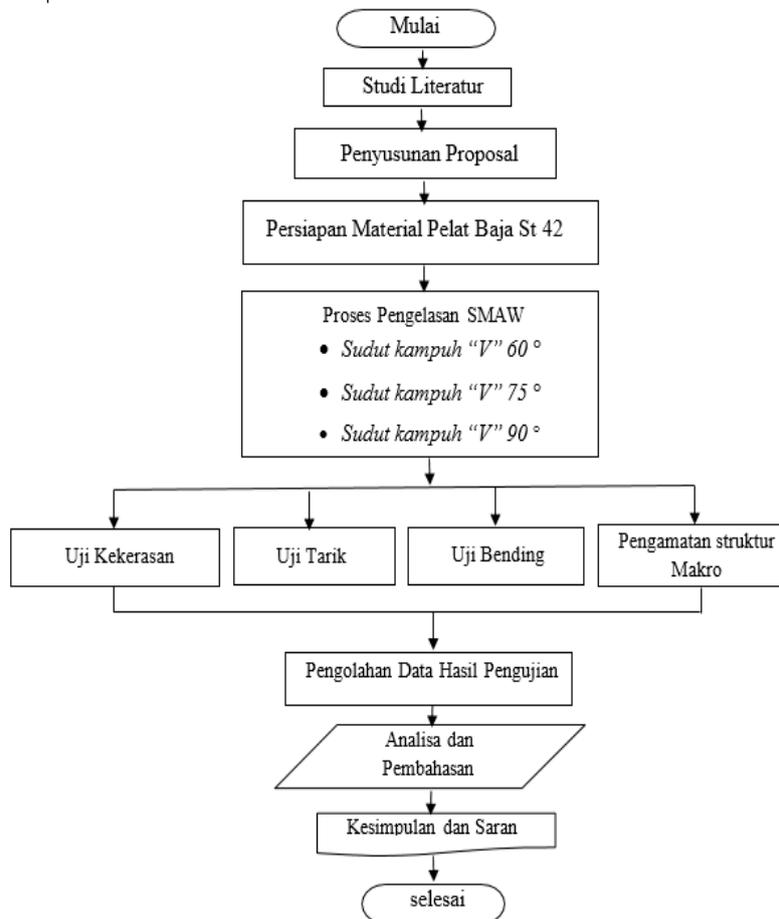
Gambar 1. Pengelasan SMAW(Siswanto2011)

• **Kampuh las**

Kampuh las adalah tempat untuk pengisi logam las atau *filler metal* sehingga pada saat proses pengelasan logam induk dengan logam pengisi dapat menyatu, logam filler yang mencair akan mengisi kubangan (kampuh) atau alur yang telah dibentuk. Sambungan las butt join didefinisikan sebagai sambungan las dengan alur kampuh

METHOD

• **Diagram Alir Penelitian**



• **Prosedur Pengujian**

Pelaksanaan pengujian bertujuan untuk mengetahui sifat mekanis dari baja ST 42 yang telah dilakukan pengelasan SMAW dengan bentuk sudut kampuh yang berbeda. Maka dari itu dilakukan beberapa pengujian yang meliputi uji tarik, uji bending, uji kekersan dan uji struktur makro.

A. Uji Tarik

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Lab Material Teknik Mesin ITN Malang melakukan pengujian tarik. pengujian standar dengan ASTM E8. Tujuan dari pengujian tarik untuk mengetahui nilai tensile strenght setelah dilakukan proses pengelasan kemudian data yang didapatkan dari uji tarik berupa grafik tegangan rengangan. Pada setiap variasi dalam pengujian ini dilakukan dengan 3 kali pengujian dengan tujuan mendapatkan hasil yang valid. Dalam pengujian tarik dilakukan dengah langakh-langkah sebagai berikut:

- 1) Siapkan sampel uji.
- 2) Kalibrasi mesin uji tarik.
- 3) Masukkan benda uji ke dalam chuck mesin uji tarik.
- 4) setting grafik dan kecepatan tarik.
- 5) Nyalakan alat uji tarik.
- 6) Setelah benda uji patah, catat hasil pengujiannya.
- 7) Cetak hasil tes yang disajikan secara grafik.



Gambar 2. Spesimen Uji Tarik Sebelum Dilakukan pengujian
Sumber : Dokumen Probad

B. Uji Bending

Pengujian bending dilakukann dengan metode three point dengan posisi pengujian root bend (bending atas) dengan pelat setebal 8 mm dengan 9 spesimen, dimana setiap variasi dilakukan dengan 3 kali pengujian. hasilnya digunakan untuk menghitung kekuatan mekanik atas lapisan yang dilas. Sementara uji bending samping dan bawah kampuh las tidak dilakukan. Tujuan pengujian ini agar mengetahui kekuatan hasil las dengan mengukur kekuatan bending akibat pembebanan dengan cara diberi tekanan sampai spesimen tersebut mengalami pembengkokan

Pengujian bending dilakukan dengan prosedur:

- 1) Pada tumpuan three point bending diletakkan spesimen .
- 2) Untuk uji rootbend, spesimen diposisikan pada tumpuan untuk memperoleh tegangan tekan pada daerah las.
- 3) Turunkan perlahan *punch* (penekan) pada mesin bending secara perlahan sampai bagian ujung penekan (*punch*) menyentuh spesimen uji, kemudian setting pada pembebanan hinnga menekan spesimen ke bawah.
- 4) Lanjutkan pengujian hingga benda bengkok.
- 5) Lepas spesimen.
- 6) Pasangkan spesimen uji yang selanjutnya
- 7) Lakukan secara berulang hingga pengujian selesai.



Gambar 3. Spesimen Uji Bending Sebelum Dilakukan pengujian
Sumber : Dokumen Probad

C. Pengujian Kekerasan

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan pada daerah logam induk, daerah HAZ dan daerah las setelah dilakukan pengelasan. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin ITN Malang. Untuk menghindari kesalahan dalam pengumpulan data pada pengujian ini, permukaan spesimen harus diratakan terlebih dahulu sebelum dilakukan uji kekerasan. Pada saat uji kekerasan terdapat 9 titik, yang terdiri dari daerah logam induk dengan 3 titik, daerah HAZ dengan 3 titik dan daerah las dengan 3 titik, setiap titik memiliki jarak 2 mm. Dimana pada setiap sampel, daerah HAZ memiliki jarak 15 mm dengan logam lasan. Adapun beberapa langkah-langkah untuk melakukan pengujian kekerasan ialah sebagai berikut :

- 1) Mempersiapkan spesimen uji.
- 2) Meletakkan spesimen uji pada bidang uji.
- 3) Beban yang digunakan sebesar 100 Kgf.
- 4) Putar tuas bawah sampai bola baja menekan benda uji.
- 5) Kemudian spindel atas diputar ke arah depan dan tunggu hingga jarum penunjuk berhenti.
- 6) Selanjutnya spindel diputar ke belakang dan tunggu hingga jarum penunjuk berhenti.
- 7) Setelah itu kembalikan spindel ke tempat semula dan catat hasil penelitian.

D. Pengujian Struktur Makro

Pengambilan gambar foto makro pada spesimen yang telah dilakukan uji tarik menggunakan alat *metalurgical microscope* dengan melakukan perbesaran 5x. Dimensi benda uji yang digunakan untuk mengambil foto struktur makro sama dengan yang digunakan untuk uji tarik karena tujuan uji ini hanya untuk menentukan jenis patahan yang terjadi setelah pengujian tarik. Pengamplasan dilakukan pada satu sisi permukaan spesimen pada tahap awal. Permukaan spesimen selanjutnya dipoles dengan autosol hingga tampak cukup bersih dan bebas dari goresan. Permukaan yang telah terkena autosol selanjutnya akan diberi larutan etsa dengan cara direndam dalam larutan Nital 2% selama 45 detik. Setelah itu, dilakukan pengamatan struktur makro dengan perbesaran 5x menggunakan lensa objektif M20/0,4 dan lensa mata HWF 15. Saat spesimen patah, regangan pada permukaan menyebabkan retakan, yang dapat dilihat dengan pengambilan foto struktur makro.

CONCLUSION

1) Uji Kekerasan.

setelah dilakukan pengelasan SMAW dengan tiga variasi sudut kampuh “V” meliputi Sudut kampuh 60°, kampuh 75° dan kampuh 90°, serta pada setiap variasi dilakukan tiga kali pengujian dengan tujuan mendapatkan data yang lebih akurat. Pada uji kekerasan terdapat 9 titik yang telah dilakukan, terdiri dari daerah HAZ dengan 3 titik, daerah las dengan 3 titik dan daerah logam induk juga 3 titik.

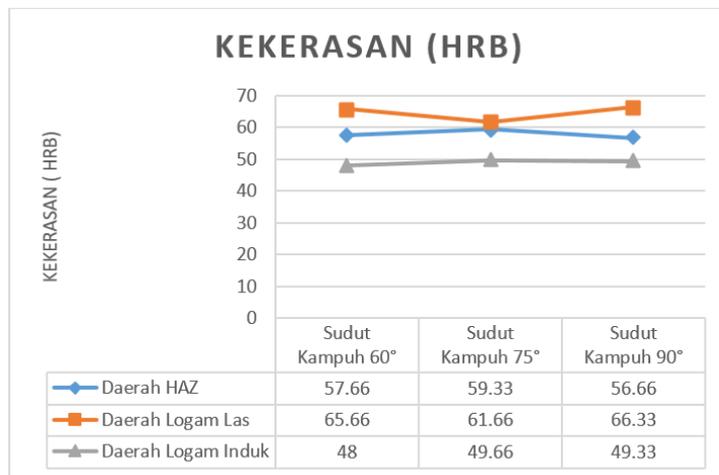
Tabel 1. Data hasil uji kekerasan baja ST 42

Variasi Sudut Kampuh	Jumlah Specimen	HAZ (HRB)	Logam Las (HRB)	Logam Induk (HRB)
60°	A	60	69	49
	B	55	61	47
	C	58	67	48
Rata-rata		57.66	65.66	48
75°	A	59	63	50
	B	59	59	49
	C	60	63	50
Rata-rata		59.33	61.66	49.66
90°	A	51	67	50
	B	58	65	48
	C	61	67	50
Rata-rata		56.66	66.33	49.33

Tabel 1. menunjukkan hubungan variasi kampuh terhadap nilai kekerasan, dapat dilihat bahwa spesimen uji dengan bentuk sudut kampuh 60° telah mendapatkan nilai rata-rata kekerasan (HRB) yang terdiri dari daerah HAZ dengan rata-rata 58,21 HRB, pada daerah logam las mendapatkan rata-rata 65,88 HRB dan daerah logam induk mendapatkan rata-rata 48,44 HRB. Untuk spesimen uji dengan bentuk sudut kampuh 75° telah mendapatkan nilai pada daerah HAZ dengan rata-rata 59,66 HRB, pada daerah logam las dengan nilai rata-rata 62,32 HRB dan pada daerah

logam induk mendapatkan nilai rata-rata 49,88 HRB. Selanjutnya pada spesimen uji dengan bentuk sudut kampuh 90° telah mendapatkan nilai rata-rata pada daerah HAZ sebesar 56,88 HRB, pada daerah logam las dengan nilai rata-rata 66,55 HRB dan pada daerah logam induk dengan nilai rata-rata 49,66 HRB. Maka dari itu dapat dilihat bahwa nilai tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada spesimen dengan bentuk sudut kampuh 75°, Selanjutnya, spesimen dengan spesimen dengan sudut kampuh 90° memiliki nilai kekerasan tertinggi pada area logam las dan nilai tertinggi untuk daerah logam induk terdapat pada spesimen dengann sudut kampuh 75°.

• **Analisa Dan Pembahasan Pada Hasil Uji Kekerasan**



Grafik 1. Data hasil uji kekerasan baja ST42

Dari semua nilai rata-rata setelah dilakukan proses pengelasan dengan bentuk sudut kampuh yang berbeda, terdapat nilai kekerasan tertinggi terdapat pada sudut kampuh 90° yaitu pada daerah lasan, hal ini dikarenakan pada sudut kampuh 90° memiliki luas penampang elektroda yang lebih besar. Semakin besar sudut kampuh maka logam las yang bercampur dengan logam induk semakin banyak yang artinya heat input yang diakibatkan dari las yang masuk lebih besar, sehingga nilai kekerasan pada daerah las lebih tinggi jika dibandingkan dengan daerah HAZ. Namun, pada daerah HAZ membentuk kekuatan yang tidak keras namun memiliki nilai keuletan yang tinggi hal ini disebabkan pada daerah HAZ heat input yang dihasilkan dari panas las lebih sedikit.

2) **Uji Tarik.**

Hasil dari uji tarik pada baja ST 42 setelah dilakukan pengelasan SMAW dengan tiga sudut kampuh “V” 60°, 75°, dan 90°, serta pada setiap variasi dilakukan tiga kali pengujian dengan tujuan mendapatkan data yang akurat. Maka dari itu sampel yang telah di uji mendapatkan hasil dari uji tarik seperti tabel 2. yang disajikan dibawah ini.

Tabel 2. Data hasil uji tarik baja ST 42

Variasi Sudut Kampuh V	Jumlah Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (Kgf)	0.2% Yield Strength (kgf/mm ²)	Tensile Strain (kgf/mm ²)	Elongition (%)
Sudut 60°	1	86,58	5021	36,22	57,99	12
	2	93,75	5004	37,91	53,38	12
	3	88,92	4741	36,65	53,32	15
Rata-rata			4922	36,92	54,89	13
Sudut 75°	1	95,48	4910	35,33	51,42	10
	2	91,20	4739	35,29	51,96	13
	3	87,32	4684	37,54	53,64	11
Rata-rata			4777	36,05	52,34	12
Sudut 90°	1	91,02	4841	36,90	53,19	10
	2	91,26	4617	35,40	50,59	12
	3	90,86	4737	36,52	52,13	11
Rata-rata			4732	36,27	51,97	11

Spesimen uji dengan sudut kampuh 60° dan nilai rata-rata 54,89 kgf/mm² dapat diamati pada Tabel 2. hubungan variasi sudut kampuh "V" pada pengujian tarik kemudian pada sudut kampuh 75° mengalami penurunan dengan nilai

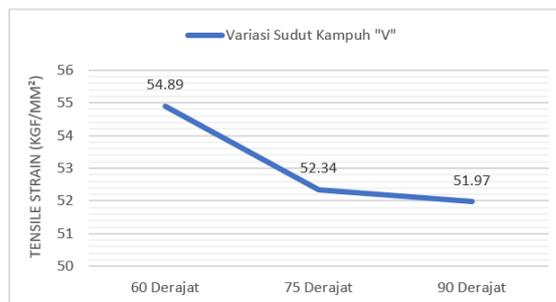
rata-rata sebesar 52,34 kgf/mm² dan pada sudut kampuh 90° mengalami penurunan dengan nilai rata-rata sebesar 51,97 kgf/mm². Hasil pengujian tarik dengan variasi sudut kampuh 60°, 75°, dan 90° memiliki nilai tersile strenght yang berbeda. Hal ini karena setiap variasi sudut kampuh memiliki luas penampang yang berbeda sehingga heat input atau masukan panas yang berbeda pada saat proses pengelasan. Semakin kecil sudut kampuh maka semakin kecil pula *Heat Affected Zone* dan tegangan yang ditimbulkan akan meningkat. sehingga jika dibandingkan dengan menggunakan sudut kampuh yang lebih lebar maka penggunaan sudut kampuh yang kecil menghasilkan kekuatan tarik yang lebih baik (Bimo Ramadhan Putro Dewanto, 2022).



Gambar 4. Spesimen Uji Tarik Setekah Dilakukan pengujian
Sumber : Dokumen Pribadi

• **Analisa Dan Pembahasan Pada Hasil Uji Tarik**

Grafik 2. Data hasil uji tarik baja ST42



Dari sini dapat diketahui bahwa kekuatan tarik sudut kampuh dengan nilai rata-rata tertinggi dari proses pengelasan SMAW terdapat pada sudut kampuh 60° dan sudut kampuh yang memiliki nilai rata-rata paling rendah terdapat pada sudut kampuh 90°. Tingginya nilai kekuatan tarik pada sudut kampuh 60° dikarenakan luas penampang (*groove*) elektroda las antara dua logam pelat yang akan dilas pada sudut kampuh 60° lebih kecil dibandingkan dengan sudut kampuh yang lainnya, sehingga sambungan pada sudut kampuh 60° logam induk dan elektroda dapat menyatu dengan baik. Untuk nilai tensile strenght terendah terdapat pada sudut kampuh 90°, dikarenakan pada saat proses pengelasan, luas penampang elektroda pada sudut kampuh 90° lebih besar. Dari hasil pengujian tarik ini berbanding lurus dengan uji kekerasan, dimana semakin keras suatu material maka kekautan tariknya semakin kuat hal ini dapat dibuktikan dengan semua perpatahan hasil uji tarik dari spesimen ini terjadi pada bagian daerah HAZ.

3) Uji Bending.

pengujian bending pada baja ST 42 yang dilakukan pengelasan SMAW dengan tiga variasi sudut kampuh “V” 60°, 75° dan 90° serta pada setiap variasi dilakukan tiga kali pengujian dengan tujuan memperoleh informasi yang valid. Oleh sebab itu spesimen yang telah di uji mendapatkan hasil dari pengujian tarik disajikan berikut ini.

Tabel 3. Data hasil uji kekerasan baja

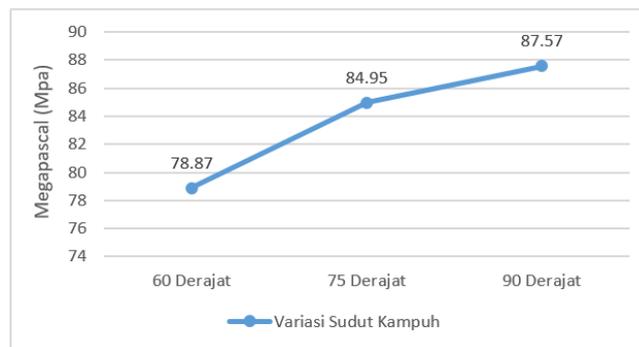
Variasi Sudut Kampuh V	Jumlah Specimen	W (mm)	L (mm)	T (mm)	F (kN)	Hasil (MPa)
Sudut 60°	1	20	126	8	13,072	77,81
	2	20	126	8	13,768	81,96
	3	20	126	8	12,905	76,84
Rata-rata					13,75	78,87
Sudut 75°	1	20	126	8	14,435	85,90
	2	20	126	8	14,239	84,73
	3	20	126	8	14,151	84,24
Rata-rata					13,82	84,95
Sudut 90°	1	20	126	8	14,700	87,51
	2	20	126	8	14,278	84,94
	3	20	126	8	13,592	90,28
Rata-rata					14,18	87,57

Sesuai Tabel 3. diketahui bahwa nilai rata-rata untuk setiap variasi sudut kampuh sangat berbeda. terlihat bahwa nilai rata-rata pada variasi sudut kampuh 60° ialah yang terendah, sedangkan nilai rata-rata pada sudut kampuh 75° meningkat menjadi 87,57 MPa. Diketahui bahwa nilai rata-rata yang dicapai pada sudut kampuh 90° ialah sebesar 87,67 MPa, dengan nilai rata-rata tertinggi. Dari hasil penelitian diatas terlihat bahwa semakin besar sudut kampuh yang digunakan maka nilai kekuatan bending yang dihasilkan juga semakin tinggi.



Gambar 5. Spesimen Uji Setelah Dilakukan Uji Tarik
Sumber : Dokumen Pribadi

• **Analisa Dan Pembahasan Pada Hasil Uji Bending**



Grafik 2. Data hasil uji tarik baja ST42

Nilai tertinggi yang dicapai pada pengelasan dengan variasi sudut kampuh V tunggal ialah pada variasi sudut kampuh 90°. Semakin besar sudut kampuh, semakin banyak logam las yang tercampur dengan logam induk yang mengakibatkan meningkatnya masukan panas atau *heat input* yang masuk sehingga meningkatkan kekuatan lentur dan memiliki sifat yang ulet yang tinggi tetapi memiliki kekuatan yang tidak keras. Hal ini juga merupakan akibat dari bertambahnya jarak kampuh, sehingga meningkatkan jumlah filler yang diperlukan untuk mengisi kampuh , akibatnya jumlah panas (masukan panas) yang bersamaan dengan filler mengakibatkan Residual stress juga meningkat. Akibatnya, sudut distorsi dari perubahan sudut kampuh 60° dan 75° lebih kecil daripada sudut kampuh 90°.

4) Uji Struktur Makro Patahan Uji Tarik.

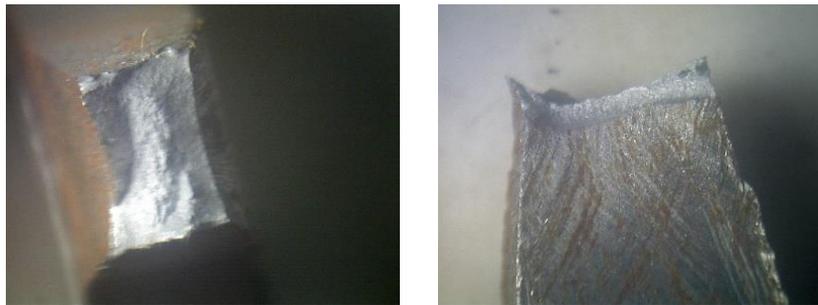
Patahan hasil pengujian tarik baja ST 42 akan di uji menggunakan foto makro digital untuk menghasilkan data dalam bentuk foto. Struktur makro baja ST 42 yang telah di las SMAW dengan tiga sudut kampuh yang berbeda yakni dengan sudut kampuh "V" 60°, 75°, dan 90°. Gambar berikut merupakan hasil dari pengambilan foto makro dengan menempatkan objek di atas meja presisi dan memposisikannya untuk menangkap gambar yang diinginkan.



Gambar 6. Struktur Makro Hasil Foto Patahan Uji Tarik Baja St.42 60°

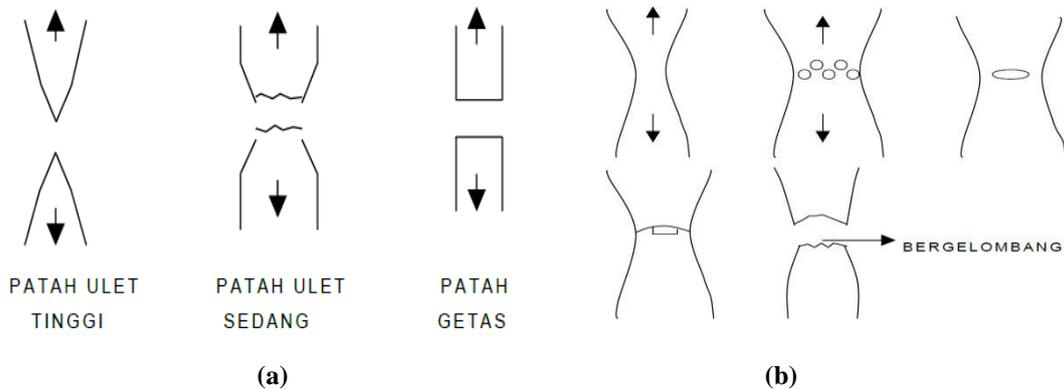


Gambar 7. Struktur Makro Hasil Foto Patahan Uji Tarik Baja St.42 75°



Gambar 8. Struktur Makro Hasil Foto Patahan Uji Tarik Baja St.42 90°

• Analisa Dan Pembahasan Pada Hasil Uji Struktur Makro patahan Uji Tarik



Gambar 4.4 (a) Spesimen Hasil Uji Tarik (b) Fenomena Patahan (Sumber: Yunus, 2009)

Gambar penampang baja ST 42 setelah dilakukan uji tarik menunjukkan bahwa daerah patahan logam tersebut runcing dan tidak beraturan atau pada daerah patahan tersebut mengalami pengurangan ukuran spesimen pada bagian ujung yang terlihat pada gambar hasil pengujian foto makro di atas. Patah biasanya terjadi pada beberapa tingkatan, termasuk *necking* (pengurangan penampang), pembentukan rongga kecil, pertumbuhan rongga menjadi satu rongga besar, atau retakan yang berkembang tegak lurus terhadap gaya yang bekerja sebelum terjadi patahan (Ary Setya Kurniawan, 2014). Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3 menunjukkan spesimen patahan dari pengamatan pada sudut kampuh 60°, 75°, dan 90° yang mengalami patahan ulet. Dapat diklaim bahwa bahan ulet mengalami pengurangan besar dalam ukuran spesimen saat pecah. Bila dibandingkan dengan bahan ulet, dimana patahan tidak mengalami atau sangat sedikit pengurangan ukuran spesimen, bahan rapuh menunjukkan hubungan terbalik. Mikroskop elektron atau SEM-EDAX dapat digunakan untuk melihat mekanisme patahan secara lebih detail.

KESIMPULAN

Bedasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada pengujian tarik, nilai tertinggi pada hasil uji kekuatan tarik variasi sudut kampuh “V” dengan presentase nilai tertinggi dihasilkan pada sudut kampuh 60° dengan nilai rata-rata 52,70 Kg/mm² dan nilai terendah terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 51,97 kg/mm².

2. Diantara ketiga variasi sudut kampuh “V” yang telah diuji, maka telah mendapatkan nilai tertinggi dari hasil kekuatan bending yang terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 87,57 MPa dan nilai terendah terdapat pada sudut kampuh 60° dengan nilai rata-rata 78,87 MPa.
3. Terdapat nilai kekerasan (HRB) dari variasi jenis kampuh yaitu nilai dari daerah HAZ, daerah las dan daerah logam induk, dimana nilai tertinggi pada daerah HAZ terdapat pada sudut kampuh 75° dengan nilai 59,33 HRB, untuk nilai daerah las tertinggi terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 66,55 HRB dan nilai kekerasan tertinggi pada logam induk terdapat pada sudut kampuh 90° dengan nilai rata-rata 49,66 HRB
4. Dari semua hasil pengamatan struktur makro pada daerah lasan, dapat dilihat pada daerah patahan setelah dilakukan uji tarik pada umumnya semua spesimen mengalami patah ulet.

Saran

Beberapa saran dapat dibuat sesuai hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan, antara lain :

1. Untuk mengetahui mekanisme perpatahan yang lebih detail, baja ST 42 yang telah dilakukan pengelasan juga dapat menambahkan pengujian SEM-EDAX.
2. Diharapkan penelitian yang akan datang mampu menciptakan penelitian baru dengan mengembangkan penelitian dengan banyak variasi.
3. Agar proses studi berjalan tanpa hambatan, maka langkah awal survei jenis logam yang akan digunakan, tempat pengelasan, tempat proses pembentukan spesimen dan tempat dilakukannya pengujian.

REFERENCES

- [1] American Welding Society. (2001). *Standard Welding Terms and Definitions*. Florida: American Welding Society, Inc.
- [2] Harsono Wiryosumarto H , Okumura (2000). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta, Pradnya Paramita
- [3] Nada, Muhammad Syaiku. (2019). Pengaruh Jenis Kampuh pada Proses Pengelasan SMAW Logam Berbeda Baja ASTM A-36 dengan Baja AISI SS 304 terhadap Sifat Mekanis. Institut Teknologi Nasional Malang: Malang.
- [4] Rizki Bagas Karmanianto , Carioni , Hisyam Ma'mun. (2019). “Pengaruh variasi Sudut Kampuh dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan dan Kekerasan ST 60 pada Pengelasan SMAW” *Jurnal Device*, VOL. 11 NO 1, 52-57
- [5] Suherman, S. (2018). “Pengaruh Elektroda pada Sambungan Las Baja Sa106 Grade A dengan Metode SMAW”. *ROTASI*, 22(4), 246-252.
- [6] Suharno, S., & Estriyanto, Y. (2018). Pengaruh Variasi Besae Sudut KampuhV Tunggal Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan Kekuatan Tarik Material Baja SS400 Dengan metode Pengelasan SMAW. *Nozel Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(4), 301-311.
- [7] Wiryosumarto, Harsono dan Toshie Okumura. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam (Cetakan Kesepuluh)*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.