

ANALISIS KEKUATAN TARIK DAN KETANGGUHAN TERHADAP VARIASI ARUS DAN SUDUT PENGELASAN METAL ACTIVE GAS PADA BAJA SG295

Moch. Ridwan Abidin^{1*}, Togik Hidayat^{2*}, Pelangi Eka Yuwita^{3*}

ridwanabidin@gmail.com^{1*}, togikhidayat@gmail.com^{2*}, pelangi.ardata@gmail.com^{3*}

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri

ABSTRACT

The process of making LPG gas with the base material of SG 295 steel requires a process with the right working parameters in this case is the process of joining with Metal Active Gas (MAG) welding. Tensile strength and toughness are the main indicators in determining the quality of the SG295 steel joint using the MAG process which is influenced by several parameters in the working process including current strength, welding voltage, wire feeder speed, gas flow rate, type of electrode, type of seam, seam angle, and welding angle. This research was conducted to determine the effect of variations in the current and angle of MAG welding on the tensile strength and toughness of SG295 steel. The test results in this study showed that the tensile strength with the largest average value was on the specimen with welding treatment using a large variation of the welding current of 85 A and the welding angle of 60° and 90°, namely 6.08 N/mm². This increase in tensile strength was identified due to the uniform heating of the base metal and wire used. Even heating causes the formed metal structure to be good or an even grain boundary is formed on the welding result. The value of fracture strength (J) and the highest value of toughness were on specimens with a welding current of 85 A and a welding angle of 90°, namely 128.97 Joules and 6.08 Joules/mm². It is analyzed that the heat is equal between the parent metal being welded due to the precise use of amperes and welding angle, the weld mold formed in the welding process is more effective so that the metal structure is formed more evenly.

Keywords: MAG Welding, Tensile Strength, Toughness, SG 295.

ABSTRAK

Proses pembuatan gas LPG dengan bahan dasar baja SG 295 memerlukan proses dengan parameter pengerjaan yang tepat dalam hal ini adalah proses penyambungan dengan pengelasan *Metal Active Gas* (MAG). Kekuatan tarik dan ketangguhan merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas hasil penyambungan baja SG295 menggunakan proses MAG yang dipengaruhi oleh beberapa parameter dalam proses pengerjaannya meliputi kuat arus, tegangan pengelasan, kecepatan *wire feeder*, *gas flow rate*, jenis elektroda, jenis kampuh, sudut kampuh, serta sudut pengelasan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan baja SG295. Hasil pengujian dalam penelitian ini menunjukkan kekuatan tarik dengan nilai rata-rata terbesar adalah pada specimen dengan perlakuan pengelasan menggunakan variasi besar arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 60° dan 90° yaitu 6.08 N/mm². Peningkatan kekuatan tarik ini diidentifikasi karena terjadi pemanasan yang merata pada logam induk dan *wire* yang digunakan. Pemanasan yang merata menyebabkan struktur logam yang terbentuk menjadi baik atau terbentuk *grain boundry* yang merata pada hasil pengelasan. Nilai tenaga patah (J) dan nilai ketangguhan tertinggi adalah pada specimen

dengan arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 90° yaitu 128,97 Joule dan 6.08 Joule/mm². Hal ini dianalisis bahwa panas yang metara antara logam induk yang dilakukan pengelasan karena ketepatan penggunaan ampere dan sudut pengelasan, *weld mold* yang terbentuk dalam proses pengelasan lebih efektif sehingga struktur logam yang terbentuk lebih merata.

Kata kunci: Kekuatan Tarik, Ketangguhan, SG 295, Pengelasan MAG.

I. PENDAHULUAN¹

Baja merupakan material paduan besi yang banyak digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan berbagai produk manufaktur. Jenis baja yang banyak diaplikasikan dalam proses manufaktur adalah jenis baja SG295 yang kita ketahui merupakan bahan baja yang digunakan atau diimplementasikan pada tabung *liquid penetrant gas* (LPG). Proses pembuatan tabung LPG secara umum meliputi proses pemotongan material, proses *press/ bending*, proses penyambungan menggunakan proses pengelasan. Proses pengelasan untuk baja SG295 dapat dilakukan dengan menggunakan jenis pengelasan busur manual *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) ataupun *Metal Active Gas* (MAG).

Jenis pengelasan yang umum digunakan untuk penyambungan baja SG295 adalah MAG dengan pertimbangan kualitas hasil pengerjaan yang baik. Pemilihan jenis pengelasan ditentukan berdasarkan jenis baja, rentang kekuatan tarik dan kekuatan luluh yang dipengaruhi oleh kandungan karbon, dan gas lindung yang digunakan untuk meminimalisir terjadinya cacat pengelasan.

Kekuatan tarik dan ketangguhan merupakan indikator utama dalam menentukan kualitas hasil penyambungan baja SG295 menggunakan proses MAG yang dipengaruhi oleh beberapa parameter dalam proses pengerjaannya meliputi kuat arus, tegangan pengelasan, kecepatan wire feeder, gas flow rate, jenis elektroda, jenis kampuh, sudut kampuh, serta sudut pengelasan. Kekuatan tarik spesimen pengelasan dengan sudut 45° dan 60° menunjukkan nilai rata – rata terendah menggunakan arus pengelasan 95A, Semakin besar arus pengelasan menyebabkan ukuran *dendrite* logam las juga naik sehingga menyebabkan pertumbuhan butir logam (Kumar and Shahi, 2011). Ukuran butir yang semakin besar menyebabkan kekuatan dari suatu material semakin menurun hal ini disebabkan karena batas butir lebih sedikit sehingga menyebabkan adanya konsentrasi tegangan. Semakin besar nilai kuat

arus pengelasan SS 304 akan menurunkan nilai kekuatan tarik maksimum (Yakub and Nofri, 2018).

Pengujian kekuatan tarik hasil pengelasan dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis material terhadap tarikan sehingga dapat diketahui nilai tegangan tarik, nilai persentase regangan, dan nilai ketangguhan menggunakan bantuan alat tensile tester (Hidayat and Raharja, 2019). Pengujian kekuatan tarik mengacu pada hasil pengujian suatu material yang dilakukan dengan cara memberikan gaya tarik pada material sampai titik dimana material akan mengalami tegangan dan regangan maksimumnya sehingga material patah, tujuannya adalah untuk mengetahui ketahanan material dalam tarikan pada suatu tingkatan daya tertentu (Davis, Joseph R., 2004).

Pengujian ketangguhan dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan, nilai kekerasan dan nilai keuletan suatu material yang diketahui dengan cara mengukur nilai ketahanan material terhadap patah /sifat getas. Pengujian ketangguhan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor dinamis yang dapat mempengaruhi patah getas material antara lain kecepatan regang, takik, tebal pelat, tegangan sisa dan lain-lain. Sifat ketangguhan material merupakan ukuran dari ketahanan terhadap pembebanan kejut. Pengujian ketangguhan material merupakan upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan melainkan datang secara tiba-tiba (Handoyo, 2013).

II. TINJAUAN PUSTAKA²

Pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan pada material austenitic stainless steel 304 terhadap sifat mekanis berupa kekuatan tarik dan struktur makro sebuah material dapat diketahui melalui cara *experiment* laboratorium dimana material dipotong menggunakan mesin gerinda dengan aliran coolant supaya tidak terjadi

perubahan struktur baik dari sifat fisis maupun komposisi kimia. Setelah proses pemotongan material, variasi sudut kampuh (*groove*) dibentuk pada plat SS 304 sebesar 45° dan 60° dengan hasil uji laboratorium menunjukkan Karakterisasi sifat mekanik diperoleh dari pengujian tarik dan pengamatan makro untuk mengetahui perubahan daerah yang berbeda setelah dilakukan pengelasan. Berdasarkan hasil pengujian, spesimen benda uji dengan sudut pengelasan 45° besar beban maksimal (σ) terjadi pada arus 85 A yaitu sebesar 518 N/mm² dan memiliki tegangan luluh paling tinggi yaitu 449 N/mm². Kenaikan arus pengelasan menyebabkan *weld pool* yang lebih besar dan permukaan penampang samping terlihat jelas bentuk kampuh sampel pengelasan (Setyowati and Suheni, 2016).

III. METODOLOGI PENELITIAN³

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian *experiment* dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan pengelasan pada baja SG295. Perancangan desain pelaksanaan penelitian dibuat secara sistematis karena setiap tahap dalam penelitian memiliki keterkaitan erat terhadap tahapan penelitian selanjutnya. Dengan sistematis penelitian yang baik diharapkan penelitian akan lebih terarah untuk mencapai tujuan sebagaimana yang diharapkan. Desain metodologi penelitian ini diuraikan sebagai berikut:

1) Study Literatur

Study Literatur digunakan untuk menentukan kerangka dalam penelitian yang disesuaikan dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai yaitu mengetahui pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan MAG terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan pengelasan pada baja SG295. Studi literature meliputi karakter Baja SG295, pengelasan MAG, pengaruh kuat arus, kekuatan tarik, ketangguhan hasil pengelasan, uji kekuatan tarik dan uji ketangguhan yang diperoleh dari buku referensi dan beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

2) Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian ini meliputi beberapa kegiatan antara lain Persiapan bahan, meliputi proses pemotongan bahan dan pembuatan kampuh menggunakan *gas cutting machine*

dengan ketentuan pemotongan sesuai dengan *welding procedure specification* (WPS).

3) Pembuatan Spesimen Uji

Pembuatan spesimen uji dalam penelitian ini di deskripsikan sebagai berikut

- a. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-5 diameter 0.8 mm, tegangan 16 Volt. Arus sebesar 75 Ampere dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰.
- b. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-5 diameter 0.8 mm, tegangan 16 Volt. Arus 80 Ampere dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰.
- c. Spesimen dengan pengelasan MAG posisi 1G, bentuk kampuh V, menggunakan elektroda ER70S-5 diameter 0.8 mm, tegangan 16 Volt. Arus sebesar 80 Ampere dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰.

4) Uji tarik dan Uji Ketangguhan

a. Uji Tarik

Uji tarik dalam penelitian ini dilakukan menggunakan *tensile tester* dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan maksimum tegangan dan regangan material. Uji Tarik mengacu pada hasil yang keluar dari pengujian suatu material dengan cara menariknya hingga pada titik dimana material tersebut mengalami tegangan dan regangan maksimum hingga patah atau putus. Uji Tarik dilakukan pada spesimen Baja SG295 dengan pengelasan arus 75 Ampere, 80 Ampere, dan 85 Ampere dan variasi sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰ dimana setiap spesimen dibuat dan disesuaikan sesuai standar ASTM E8.

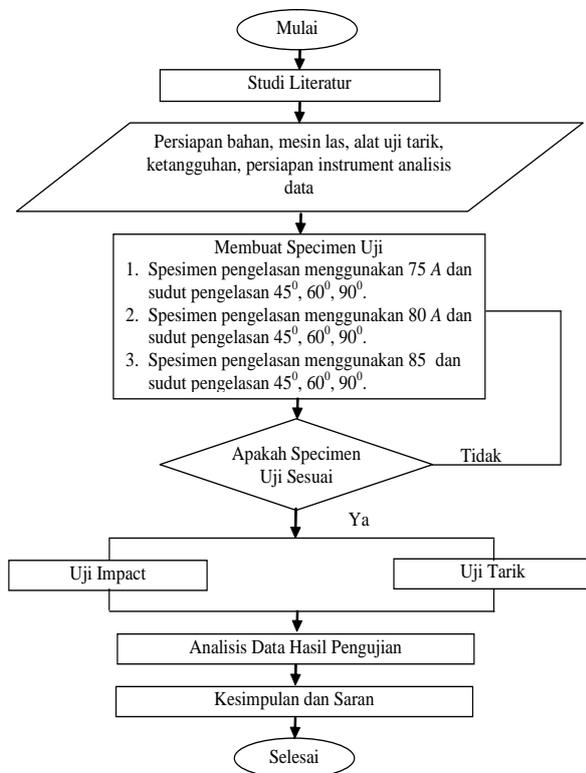
b. Uji ketangguhan/ *impact charpy*

Ketangguhan merupakan nilai ketahanan bahan terhadap beban kejut (takikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Pengujian *impact* merupakan pengujian menggunakan beban sentakan (tiba-tiba) untuk mengukur nilai kegetasan atau keuletan suatu bahan terhadap beban yang dilakukan dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Metode yang sering digunakan adalah metode *charpy* dengan menggunakan benda uji standar.

5) Analisis Data

Analisis data dilakukan berdasarkan data hasil uji tarik dan *uji impact* yang dianalisis sesuai spesifikasi Baja SG295 untuk mengetahui pengaruh variasi arus dan sudut pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan. Analisis data dalam penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah analisis data dan disesuaikan dengan kajian pustaka yang telah dikaji untuk dapat menyimpulkan hasil penelitian.

Desain penelitian sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Proses awal sampai selesai terlaksananya penelitian/memperoleh kesimpulan yang sesuai disajikan dalam bentuk gambar *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 1. *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN⁴

Uji Kekuatan Tarik

Uji tarik dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan tarik baja SG 295 yang dilakukan dengan cara memberikan beban gaya berlawanan arah menggunakan *tensile tester*. Dengan melakukan Uji tarik hasil pengelasan MAG baja SG 295 maka kita dapat mengetahui sifat mekanis berupa ketangguhan material terhadap tarikan. Ketangguhan yang

dimaksudkan adalah ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan yaitu dengan mengetahui Modulus elastisitas (E) yang dapat diketahui dari pengukuran tegangan tarik (σ) maksimal dan regangan (ϵ). Hasil uji tarik spesimen uji pengelasan MAG baja SG 295 dengan variasi kuat arus 75A dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰, Pengelasan dengan variasi kuat arus 80A dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰, Pengelasan dengan variasi kuat arus 85A dan sudut pengelasan 45⁰, 60⁰, 90⁰, masing - masing ditunjukkan dalam tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Data Hasil Uji Tarik

Variasi Arus	Variasi Sudut	Spesimen No.	σ Max (N/mm ²)	ϵ (%)	E (N/mm ²)	
Pengelasan dengan arus 75 A	45 ⁰	1	46.28	9.02	5.13	
		2	45.78	8.84	5.18	
		3	46.22	8.79	5.26	
			Rata- Rata	46.09	8.88	5.19
	60 ⁰	1	48.18	9.34	5.16	
		2	48.52	8.72	5.56	
		3	49.02	8.86	5.53	
			Rata- Rata	48.57	8.97	5.42
	90 ⁰	1	52.62	9.28	5.67	
2		52.36	8.98	5.83		
3		52.22	8.86	5.89		
		Rata- Rata	52.40	9.04	5.80	
Pengelasan dengan arus 80 A	45 ⁰	1	48.44	8.98	5.39	
		2	48.26	8.84	5.46	
		3	48.48	8.79	5.52	
			Rata- Rata	48.39	8.87	5.46
	60 ⁰	1	50.98	8.98	5.68	
		2	50.92	8.98	5.67	
		3	51.06	9.12	5.60	
			Rata- Rata	50.99	9.03	5.65
	90 ⁰	1	53.18	9.08	5.86	
2		53.26	8.98	5.93		
3		53.18	8.94	5.95		
		Rata- Rata	53.21	9.00	5.91	
Pengelasan dengan arus 85 A	45 ⁰	1	48.86	8.98	5.44	
		2	48.98	8.98	5.45	
		3	48.82	8.86	5.51	
			Rata- Rata	48.89	8.94	5.47
	60 ⁰	1	55.26	9.08	6.09	
		2	55.14	9.14	6.03	
		3	55.28	9.02	6.13	
			Rata- Rata	55.23	9.08	6.08
	90 ⁰	1	55.42	9.18	6.04	
2		55.36	9.12	6.07		
3		55.22	9.02	6.12		
		Rata- Rata	55.33	9.11	6.08	

Sifat mekanis bahan yaitu ketangguhan / ketahanan bahan untuk mengalami deformasi elastis ketika gaya diterapkan dapat kita lihat berdasarkan tabel 4.1 pada nilai rata – rata modulus elastisitas (E) tertinggi adalah pada

specimen pengelasan dengan arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 60° dan 90° yaitu 6.08 N/mm². Nilai rata – rata modulus elastisitas (E) terendah adalah pada pengelasan dengan arus pengelasan 75 A dan sudut pengelasan 45° yaitu 5.19 N/mm². Sehingga dalam penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 60° dan 90° menunjukkan peningkatan ketangguhan yang baik jika dibandingkan dengan sifat mekanis awal pelat baja SG 295.

Kekuatan tarik baja SG 295 yang dihasilkan dari pengelasan MAG berdasarkan kuat arus dan sudut pengelasan menunjukkan nilai yang tinggi pada kuat arus 85 A dan sudut pengelasan 60° dan 90° diidentifikasi karena terjadi pemanasan yang merata pada logam induk dan wire yang digunakan. Pemanasan yang merata menyebabkan stuktur logam yang terbentuk menjadi baik atau terbentuk *grain boundry* yang merata pada hasil pengelasan. Selain itu kuat arus pengelasan dan sudut pengelasan yang sesuai dapat mengurangi kemungkinan terjadinya cacat hasil pengelasan sehingga menyebabkan nilai kekuatan tarik meningkat.

Uji Ketangguhan Impact Charpy

Ketangguhan dalam penelitian ini dapat dianalisis berdasarkan hasil uji ketangguhan pada masing-masing specimen baja SG 295 yang dilakukan pengelasan MAG dengan variasi pada kuat arus dan sudut pengelasan. Ketangguhan yang dimaksud adalah Kerja yang dilakukan untuk mematahkan benda kerja

Hasil pengujian ketangguhan menggunakan *impact charpy* yaitu berupa nilai tenaga yang diserap (W) dalam Joule dan nilai takik (K) dalam Joule/mm². Hasil pengujian ketangguhan menggunakan *impact charpy* yang diperoleh dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. sebagai berikut.

Tabel 2. Hasil uji ketangguhan impact charpy

Variasi Arus	Variasi Sudut	Spesimen No.	Sudut Awal	Sudut Jatuh	a (mm)	t (mm)	A (mm)	Tenaga patah (Joule/mm ²)	Ketangguhan (J)	
75 A	45°	1	156	8	8.02	9.82	78.76	90.30	1.15	
		2	156	8	8.06	9.8	78.99	90.10	1.14	
		3	156	9	8.06	9.82	79.15	90.10	1.14	
	Rata-rata							78.96	90.17	1.14
	60°	1	156	12	8.1	9.82	79.54	98.00	1.23	
		2	156	12	8.1	9.82	79.54	98.20	1.23	
		3	156	12	8.1	9.82	79.54	98.20	1.23	
	Rata-rata							79.54	98.13	1.23
	90°	1	156	13	8.12	9.82	79.74	100.02	1.25	
		2	156	14	8.1	9.8	79.38	100.00	1.26	
		3	156	13	8.12	9.8	79.58	100.04	1.26	
	Rata-rata							79.56	100.02	1.26
80 A	45°	1	156	12	8.08	9.8	79.18	94.00	1.19	
		2	156	12	8.08	9.82	79.35	93.00	1.17	
		3	156	13	8.06	9.8	78.99	94.00	1.19	
	Rata-rata							79.17	93.67	1.18
	60°	1	156	16	8.12	9.82	79.74	98.00	1.23	
		2	156	16	8.14	9.82	79.93	100.02	1.25	
		3	156	15	8.12	9.8	79.58	100.00	1.26	
	Rata-rata							79.75	99.34	1.25
	90°	1	156	18	8.14	9.82	79.93	119.00	1.49	
		2	156	18	8.14	9.8	79.77	117.60	1.47	
		3	156	18	8.14	9.82	79.93	118.30	1.48	
	Rata-rata							79.88	118.30	1.48
85 A	45°	1	156	14	8.08	9.82	79.35	98.00	1.24	

Data dari hasil pengujian ketangguhan *impact charpy* specimen pengelasan MAG pelat baja SG 295 untuk semua variasi diketahui bahwa nilai rata - rata ketangguhan (J) tertinggi adalah pada specimen dengan variasi pengelasan MAG menggunakan arus 85 A dan sudut pengelasan 90° yaitu 1.62 Joule/mm², sedangkan nilai rata – rata ketangguhan terkecil adalah pada specimen dengan variasi pengelasan MAG menggunakan arus 75 A dan sudut pengelasan 45° yaitu 1.62 Joule/mm².

Spesimen dengan variasi pengelasan MAG menggunakan arus 85 A dan sudut pengelasan 90° menunjukkan nilai ketangguhan yang tinggi dibandingkan specimen dengan variasi perlakuan pengelasan lainnya dan beberapa factor yang mempengaruhi hal ini adalah antara lain panas yang metara antara logam induk yang dilakukan pengelasan karena ketepatan penggunaan ampere dan sudut pengelasan, weld mold yang terbentuk dalam proses pengelasan lebih efektif sehingga struktur logam yang terbentuk lebih merata, Hal ini dianalisis terjadi karena panas pengelasan menyebabkan sifat mekanis bahan makin ulet sehingga nilai ketangguhan yang dihasilkan semakin tinggi. Struktur mikro *ferit acicular* yang lembut berupa bilah-bilah dengan susunan menyilang lebih optimal, sehingga material dapat menahan rambatan retak yang terjadi. bahwa semakin lembut *ferit acicular* mempunyai ketangguhan yang semakin tinggi (Lancaster,1996).

V. KESIMPULAN DAN SARAN⁵

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan tujuan penelitian sesuai hasil pengolahan data dan analisa data beserta interpretasi yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya antara lain.

1. Kekuatan tarik berdasarkan hasil uji tarik seluruh specimen pengelasan MAG pelat baja SG 295 dengan variasi besar arus dan sudut pengelasan menunjukkan kekuatan tarik specimen nilai rata-rata tertinggi adalah pada specimen pengelasan dengan arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 60° dan 90° yaitu 6.08 N/mm². Peningkatan kekuatan tarik ini diidentifikasi karena terjadi pemanasan yang merata pada logam induk dan wire yang digunakan. Pemanasan yang merata menyebabkan stuktur logam yang terbentuk menjadi baik atau terbentuk *grain boundry* yang merata pada hasil pengelasan

2. Ketangguhan dari hasil pengujian ketangguhan impact seluruh specimen pengelasan MAG pelat baja SG 295 dengan variasi besar arus dan sudut pengelasan diketahui bahwa nilai tenaga patah (J) dan nilai ketangguhan (Joule/mm²) tertinggi adalah pada specimen dengan arus pengelasan 85 A dan sudut pengelasan 900 yaitu 128,97 Joule dan 6.08 Joule/mm². Hal ini dianalisis bahwa panas yang metara antara logam induk yang dilakukan pengelasan karena ketepatan penggunaan ampere dan sudut pengelasan, weld mold yang terbentuk dalam proses pengelasan lebih efektif sehingga struktur logam yang terbentuk lebih merata.

Beberapa saran yang dapat peneliti berikan terkait penelitian yang telah dilakukan antara lain sebagai berikut.

1. Sebelum melakukan pengujian tarik dan uji ketangguhan impact dengan tensile tester dan impact charpy sebaiknya dilakukan pengujian radiografi. Pengujian radiografi dilakukan untuk memastikan ada atau tidaknya cacat pengelasan dalam hasil pengelasan, hal ini berguna untuk mengambil sampel uji tarik pada area yang bebas dari cacat las sehingga hasil pengujian tarik dan pengujian ketangguhan menjadi akurat.
2. Kalibrasi alat uji dan melakukan validasi terhadap instrumen yang akan digunakan dalam melakukan pengujian mekanik seperti mesin las yang digunakan alat uji tarik dan uji ketangguhan.

VI. DAFTAR PUSTAKA⁶

- Davis, Joseph R., 2004. Tensile Testing, 2nd. Edition. ASM international.
- Handoyo, Y. (2013) 'PERANCANGAN ALAT UJI IMPAK METODE CHARPY KAPASITAS 100 JOULE', *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2.
- Hidayat, T. and Raharja, T. (2019) 'Perbaikan Kualitas Mata Pisau Mesin Irat Bambu Dengan Proses Heat Treatment Melalui Baja Fasa Ganda', *Jurnal Teknik Mesin*, 12(2). doi: 10.30630/jtm.12.2.263.
- Kumar, S. and Shahi, A. S. (2011) 'Effect of heat input on the microstructure and mechanical properties of gas tungsten arc welded AISI 304 stainless steel joints', *Materials and Design*, 32(6). doi:

10.1016/j.matdes.2011.02.017.

- Setyowati, V. A. and Suheni, S. (2016) 'VARIASI ARUS DAN SUDUT PENGELASAN PADA MATERIAL AUSTENITIC STAINLESS STEEL 304 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN STRUKTURMAKRO', *Jurnal IPTEK*, 20(2). doi:

10.31284/j.iptek.2016.v20i2.40.

- Yakub, Y. (Yunus) and Nofri, M. (Media) (2018) 'Variasi Arus Listrik Terhadap Sifat Mekanik Mikro Sambungan Las Baja Tahan Karat Aisi 304', *Widya Eksakta*, 1(1).