

PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA *MILD STEEL*

Kristiana Pasau^{1,*} Salma Salu² Ariyanto²

^{1,2}Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia Pulus, Jl Perintis Kemerdekaan
KM 13 Daya Makassar Sulawesi Selatan, 90243

³Jurusan Teknik Manufaktur Industri Agro, Politeknik ATI Makassar, Jl. Sunu No 220, Kec.
Tallo Kota Makassar, 90221

*kristianapasau@gmail.com

Diterima: 13 07 2023

Direvisi: 26 07 2023

Disetujui: 27 07 2023

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi arus pengelasan terhadap kekuatan tarik dan ketangguhan las GTAW dengan elektroda ER70S-60. Bahan dilas dengan variasi arus 70 Ampere, 100 Ampere dan 130 Ampere dengan pengelasan GTAW AC/DC polaritas terbalik menggunakan elektroda ER70S-60 diameter 2,4 mm x 1000 mm. Polaritas terbalik AC/DC, yaitu dudukan kawat elektroda dihubungkan ke kutub positif dan logam dasar dihubungkan ke kutub negatif. Jenis kampuh yang digunakan adalah kampuh V dengan sudut 70°. Spesimen dilakukan uji tarik dan uji impak. Kekuatan tarik tertinggi untuk daerah lasan terjadi pada spesimen 130 Ampere adalah 52,98 kgf/mm², ini berarti mengalami kenaikan sebesar 3,47 kgf/mm² dari spesimen normal, mengalami kenaikan 13,85 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 6,10 kgf/mm² dari spesimen 100 Ampere. Ketangguhan pada daerah las tertinggi pada spesimen 130 Ampere adalah 4,03 Joule, Arus 70 Ampere dan 100 Ampere mengalami penurunan terhadap Arus 70 Ampere yaitu masing-masing sebesar 2,69 Joule dan 0,09 Joule. Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan variasi arus pengelasan terjadi perubahan struktur akibat pendinginan yang mempengaruhi kekuatan material, yaitu terjadi peningkatan terhadap spesimen normal.

Kata kunci: Arus, GTAW, Kekuatan Tarik, Ketangguhan, dan ER70S-60.

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of variations in welding current on the tensile strength and toughness of GTAW welds with ER70S-60 electrodes. The materials is welded with a current of 70 Ampere, 100 Ampere, and 130 Ampere by GTAW AC/DC reverse polarity welding using ER70S-60 electrode with a diameter of 2,4 mm X 1000 mm. AC/DC reverse polarity, ie the electrode wire holder is connected to the positive pole and the negative The type and base metal is connected to the negative pole. The type of seam used is V seam with and angle of 70°. This specimens were subjected to tensile test and impact tests. The highest tensile strength for the weld area occurs in the 130 Ampere specimen is 52.98 kgf/mm², this means an increase of 3.47 kgf/mm² from the normal specimen and also by 6.10 kgf/mm² of a 100 Ampere specimen. The toughness in the highest weld area on the 130 Ampere specimen is 4.03 Joules, the 70 Ampere and 100 Ampere currents have decreased to 70 Ampere currents, which are 2.69 joules and 0.009 joules, respectively. From the results of the study it can be concluded that variations in welding currents there is a change in the structure due to strength of the material, namely an increase in normal specimens.

Keywords: Current, GTAW, Tensile Strength, Toughness and ER70S-60.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi industri konstruksi yang semakin maju tidak terlepas dari pengelasan karena peranannya yang penting dalam rekayasa dan perbaikan logam. Konstruksi struktur logam saat ini melibatkan banyak elemen pengelasan, terutama di bidang desain, karena pengelasan adalah teknologi sambungan, persyaratan teknis pengelas sangat tinggi untuk mendapatkan kualitas sambungan yang baik. Pengelasan (welding) adalah teknik penyambungan logam dengan cara melebur beberapa logam dasar dan logam pengisi dengan atau tanpa logam tambahan dan menghasilkan logam yang kontinyu [1]. Pengaplikasian teknologi pengelasan dalam industri konstruksi, termasuk industri perkapalan, konstruksi jembatan dll. Pengelasan yang digunakan adalah pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) atau disebut juga pengelasan busur [1]. Pilihan saat menggunakan DC negatif atau positif adalah terutama tergantung elektroda yang digunakan. Beberapa elektroda las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dirancang untuk digunakan hanya dengan DC- atau DC+. Elektroda lain dapat menggunakan keduanya DC- dan DC+. ER70S-60 dapat digunakan untuk arus searah (DC) polaritas lurus (DC-). Pengelasan ini menggunakan elektroda ER70S-60 dengan diameter 2,4 mm, sehingga rentang arus yang digunakan adalah 70-150 Ampere. Pada interval arus ini, pengelasan yang dihasilkan yaitu bervariasi [2]. Kekuatan las dipengaruhi oleh tegangan busur, arus, kecepatan pengelasan, penetrasi dan polaritas listrik. Penggunaan las busur untuk menentukan besarnya arus pada sambungan logam mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan variasi arus pada las yaitu 70 A, 100 A dan 130 A. Pengambilan 70 A dimaksudkan untuk perbandingan dengan interval arus yang dijelaskan di atas [3].

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan [4]. Las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) adalah pengelasan dengan memakai busur nyala api yang menghasilkan elektroda tetap yang terbuat dari tungsten (*wolfram*), sedangkan bahan penambah terbuat dari bahan yang sama atau sejenis dengan bahan yang dilas dan terpisah dari torch. Untuk mencegah oksidasi, maka dipakai gas pelindung yang keluar dari torch biasanya berupa gas argon dengan kemurnian mencapai 99,99% [5]. Baja karbon rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon yang sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja karbon banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangkai dan dalam permesinan. Baja karbon rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas [6]. Pengaplikasian mild steel umumnya digunakan sebagai pintu gerbang, badan kapal, dan pagar. Karakternya yang kuat dan tidak mudah patah (seperti besi tempa), membuat baja ini menjadi pilihan populer. Sifatnya yang mudah dibentuk, awet, serta low-maintenance, juga membuat para arsitek mencintainya. Bahkan bisa pula diukir dengan laser cut [7]. Ketangguhan adalah tahanan bahan terhadap beban tumbukan atau kejutan (takikan yang tajam secara drastis menurunkan ketangguhan). Tujuan utama dari pengujian dampak adalah untuk mengukur ketangguhan bahan terhadap beban tiba-tiba dengan cara mengukur energi potensial sebuah palu godam yang dijatuhkan pada ketinggian tertentu. Pengujian dampak adalah pengujian dengan menggunakan beban sentakan (tiba-tiba). Metode yang sering digunakan adalah metode *Charpy* dengan menggunakan benda uji standar [8]. Daerah pengaruh panas atau *heat affected zone* (HAZ) adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat sehingga daerah ini yang paling kritis dari sambungan las. Secara visual daerah yang dekat dengan garis lebur las maka susunan struktur logamnya semakin kasar [9]. Sifat mekanik adalah salah satu sifat yang terpenting, karena sifat mekanik menyatakan kemampuan suatu bahan (seperti komponen yang terbuat dari bahan tersebut) untuk menerima beban/gaya/energi tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan/komponen tersebut [10]. Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kualitas las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari specimen normal. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui beberapa nilai kekuatannya dan dimanakah letak putusnya suatu sambungan las. Pembebanan tarik adalah pembebanan yang diberikan pada benda dengan memberikan gaya tarik berlawanan arah pada salah satu ujung benda [11]. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik *mild steel* akibat variasi arus pengelasan GTAW dan untuk mengetahui ketangguhan *mild steel* akibat variasi arus pengelasan GTAW.

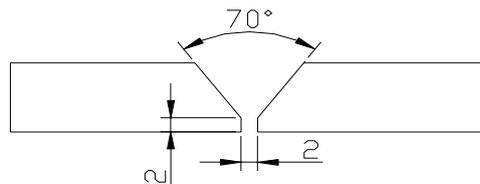
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Juni – Agustus 2022. Pada laboratorium Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus. Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut: bahan yang digunakan adalah *mild steel*, ketebalan plat 6 mm, elektroda yang digunakan adalah jenis Tungsten AWS A5.18 ER70S-6 dengan diameter 2,4 mm x 1000 mm, arus pengelasan yang digunakan adalah 70 A, 100 A, dan 130 A, kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, jarak celah plat 2 mm, tinggi akar 2 mm dan sudut kampuh 70° , bentuk spesimen benda uji mengacu standar JIS Z 2201 1981 untuk pengujian tarik, bentuk spesimen benda uji mengacu standar JIS Z 2202 1980 untuk pengujian impak. Bahan yang digunakan dalam melakukan penelitian ini adalah: pelat mild steel dengan ukuran panjang 200 mm, lebar 300 mm, tebal 6 mm. Elektroda jenis AWS A5.18 ER70S-6 diameter 2,4 mm x 1000 mm.



Gambar 1. Pelat Mild Steel

Pembuatan kampuh V terbuka dengan menggunakan mesin frais. Bahan yang telah dipersiapkan dipotong dengan mesin gergaji, dengan ukuran 30 cm sebanyak empat buah dan 25 cm sebanyak dua buah, setelah bahan di potong kemudian permukaan digambar dengan spidol, tepi permukaan diukur sedalam dua mm dan diukur sudut 35° . Setelah bahan digambar bahan dicekam dan dilakukan pengfraisan dengan sudut 35° .



Gambar 2. Kampuh V Terbuka

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah: mempersiapkan mesin las GTAW AC/DC sesuai dengan pemasangan polaritas terbalik, mempersiapkan benda kerja yang akan dilas pada meja las, posisi pengelasan dengan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan, kampuh yang digunakan jenis kampuh V terbuka, dengan sudut 70° , dengan lebar celah 2 mm, mempersiapkan elektroda sesuai dengan arus dan ketebalan plat, dalam penelitian ini dipilih elektroda AWS A5.18 ER70S-6 dengan diameter elektroda 2,4 mm, menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 70 A. selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk specimen dengan arus 70 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan, menyetel ampere meter yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 100 A. selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk specimen dengan arus 100 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan, menyetel ampere meter

yang digunakan untuk mengukur arus pada posisi jarum nol, kemudian salah satu penjepitnya dijepitkan pada kabel yang digunakan untuk menjepit elektroda. Mesin las dihidupkan dan elektroda digoreskan sampai menyala. Ampere meter diatur pada angka 130 A. selanjutnya mulai dilakukan pengelasan untuk specimen dengan arus 130 A, bersamaan dengan hal itu dilakukan pencatatan waktu pengelasan.

Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian tarik adalah sebagai berikut. Benda uji dijepit pada ragum uji tarik, setelah sebelumnya diketahui penampangnya, panjang awalnya dan ketebalannya. Langkah pengujian sebagai berikut: menyiapkan kertas milimeter *block* dan letakkan kertas tersebut pada *plotter*, benda uji mulai mendapat beban tarik dengan menggunakan tenaga hidrolik diawali 0 kg hingga benda putus pada beban maksimum yang ditahan benda tersebut, benda uji yang sudah putus lalu diukur berapa besar penampang dan panjang benda uji setelah putus, gaya atau beban yang maksimum ditandai dengan putusnya benda uji terdapat pada layar digital dan dicatat sebagai data, hasil diagram terdapat pada kertas milimeter *block* yang ada pada meja *plotter*, menghitung kekuatan tarik, kekuatan luluh, perpanjangan, reduksi penampang dari data yang telah didapat menggunakan persamaan yang ada.

Prosedur dan pembacaan hasil pada pengujian ketangguhan adalah sebagai berikut: menyiapkan peralatan mesin *impact Charpy*, menyiapkan benda uji yang akan dilakukan pengujian sesuai standar ukuran yang telah ditetapkan, meletakkan benda uji pada anvil dengan posisi takikan membelakangi arah ayunan palu *Charpy*, menaikkan palu *Charpy* pada kedudukan 135° (sudut α) dengan menggunakan handle pengatur kemudian dikunci, putar jarum penunjuk sampai berimpit pada kedudukan 135° , lepaskan kunci sehingga palu *Charpy* berayun membentur benda uji, memperhatikan dengan mencatat sudut β dan nilai tenaga patah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material baja paduan rendah sebagai material uji dalam penelitian ini. Hasil pengujian tarik pada umumnya adalah parameter tegangan, regangan, dan reduksi penampang. Tegangan dapat diperoleh dengan membagi beban dengan luas penampang mula benda uji.

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_0} \quad (1)$$

Regangan (persentase pertambahan panjang) yang diperoleh dengan membagi perpanjangan panjang ukur (ΔL) dengan panjang ukur mula-mula benda uji.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100 \% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100 \% \quad (2)$$

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

$$q = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100 \% = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \% \quad (3)$$

Berdasarkan data-data hasil pengujian tersebut, maka dilakukan proses perhitungan dan analisa data sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Uji Tarik

Spesimen	Jumlah	Dimensi Awal Spesimen			Dimensi Akhir Spesimen					Data Hasil Uji Tarik			Data Hasil Perhitungan			$\epsilon \times 100\%$	$Q \times 100\%$	
		Lo (m)	Wo (m)	to (m)	ΔL_y (m)	ΔL_u (m)	ΔL_p (m)	Lp (m)	Wp (m)	tp (m)	σ_y (kgf/mm ²)	σ_u (kgf/mm ²)	σ_p (kgf/mm ²)	σ_y (kgf/mm ²)	σ_u (kgf/mm ²)			σ_p (kgf/mm ²)
Normal	1	10	15	6	6	20,5	14,5	20,5	10	4	3467,5	4456	3603,5	40,03	49,51	38,52	22	55,5
Arus 70 A	1	10	15	6	6,5	7,5	1	7,5	15	5	1840	3868	3600	20,44	42,97	40	1	16,6
	2	10	15	6	1	4	3	4	14	5	1184,5	3103	3103	13,16	34,47	34,47	3	22,2
	3	10	15	6	4	6	2	6	15	5	2520	3600	3520	28	40	39,11	2	16,6
		Rata-rata			11,5	5,8	2	5,8	14,66	5	1.848,1	3.523,5	3.407,6	20,53	39,14	37,86	2	18,46
Arus 100 A	1	10	15	6	6	10	4	10	14	5	2600	4120	3720	28,88	45,77	41,33	9	22,2
	2	10	15	6	6	8,5	2,5	8,5	14	5	3760	3957	3840	41,77	43,96	42,66	7	22,2
	3	10	15	6	6	11	5	11	14	5	3840	4583	4040	42,66	50,92	44,88	7	22,2
		Rata-rata			6	9,83	11,5	5,8	14	3,3	3400	4220	3.866,6	37,77	46,88	42,95	7,66	22,2
Arus 130 A	1	10	15	6	1	3,5	2,5	3,5	11	4	4000	4992	4100	44,44	55,46	45,55	21	51,1
	2	10	15	6	1,1	3	1,9	1,1	14	4	3520	4733	3960	39,11	52,58	44	14	37
	3	10	15	6	6	11	5	11	14	5	4080	4583,5	4380	45,33	50,92	48,66	9	22,2
		Rata-rata			2,7	5,83	3,13	5,2	13	4,33	3.866,6	4.769,5	4000	42,96	52,98	46,07	14,66	36,76

Nilai tegangan luluh untuk spesimen normal adalah 40,03 kgf/mm². Nilai rata-rata tegangan luluh untuk spesimen Arus 70 Ampere adalah 20,53 kgf/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 19,5 kgf/mm² dari spesimen normal. Nilai rata-rata tegangan luluh untuk spesimen Arus 100 Ampere adalah 37,77 kgf/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 2,26 kgf/mm² dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 17,24 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata tegangan luluh untuk spesimen Arus 130 Ampere adalah 42,96 kgf/mm², ini berarti mengalami kenaikan sebesar 2,93 kgf/mm² dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 22,43 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 5,19 kgf/mm² dari spesimen 100 Ampere. Diketahui adanya penyebab yang mempengaruhi kenaikan dan penurunan dari setiap arus adalah semakin tinggi arus yang digunakan semakin tinggi juga kekuatan tegangan tarik yielding.

Nilai kekuatan tarik maksimum untuk spesimen normal adalah 49,51 kgf/mm². Nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum untuk spesimen Arus 70 Ampere adalah 39,14 kgf/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 10,37 kgf/mm² dari spesimen normal. Nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum untuk spesimen Arus 100 Ampere adalah 46,88 kgf/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 2,63 kgf/mm² dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 7,74 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum untuk spesimen Arus 130 Ampere adalah 52,98 kgf/mm², ini berarti mengalami kenaikan sebesar 3,47 kgf/mm² dari spesimen normal, mengalami kenaikan 13,84 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 6,1 kgf/mm² dari spesimen 100 Ampere. Penyebab adanya kenaikan dan penurunan

dari setiap arus adalah semakin tinggi arus yang digunakan semakin tinggi pula kekuatan tarik maksimum, begitu pun sebaliknya semakin rendah arus yang digunakan semakin rendah kekuatannya.

Nilai kekuatan tegangan patah untuk spesimen normal adalah 38,52 kgf/mm². Nilai rata-rata tegangan patah untuk spesimen Arus 70 Ampere adalah 37,86 kgf/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 0,66 kgf/mm² dari spesimen normal. Nilai rata-rata tegangan patah untuk spesimen Arus 100 Ampere adalah 42,95 kgf/mm², ini berarti mengalami kenaikan sebesar 4,43 kgf/mm² dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 5,09 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata tegangan patah untuk spesimen Arus 130 Ampere adalah 46,07 kgf/mm², ini berarti mengalami kenaikan sebesar 7,55 kgf/mm² dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 8,21 kgf/mm² dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 3,12 kgf/mm² dari spesimen 100 Ampere. Pada grafik di atas menunjukkan bahwa penyebab yang mempengaruhi adanya kenaikan dari setiap arus adalah semakin tinggi arus semakin tinggi tegangan tarik patah.

Nilai kekuatan regangan untuk spesimen normal adalah 22 %. Nilai rata-rata kekuatan regangan untuk spesimen Arus 70 Ampere adalah 2 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 20 % dari spesimen normal. Nilai rata-rata kekuatan regangan untuk spesimen Arus 100 Ampere adalah 7,66 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 14,34 % dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 5,66 % dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata kekuatan regangan untuk spesimen Arus 130 Ampere adalah 14,66 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 7,34 % dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 12,66 % dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 7 % dari spesimen 100 Ampere. Pada grafik di atas yang mempengaruhi adanya penurunan dari setiap arus adalah semakin tinggi arus semakin rendah regangan.

Nilai reduksi penampang untuk spesimen normal adalah 55,5 %. Nilai rata-rata reduksi penampang untuk spesimen Arus 70 Ampere adalah 18,46 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 37,04 % dari spesimen normal. Nilai rata-rata reduksi penampang untuk spesimen Arus 100 Ampere adalah 22,2 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 33,3 % dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 3,74 % dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata reduksi penampang untuk spesimen Arus 130 Ampere adalah 36,76 %, ini berarti mengalami penurunan sebesar 18,74 % dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 18,3 % dari spesimen 70 Ampere dan juga sebesar 14,56 % dari spesimen 100 Ampere. Pada grafik di atas yang mempengaruhi adanya kenaikan dari setiap arus adalah semakin tinggi arus semakin tinggi reduksi penampang.

Pengujian Impak

Eksperimen untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan ketangguhan antara bahan yang mengalami perlakuan pengelasan dengan logam induk. Hasil dari pengujian ketangguhan impak berupa tenaga yang diserap (W) dalam satuan Joule dan nilai pukul takik (K) dalam satuan Joule/mm².

Tabel 2. Hasil Perhitungan Uji Impak

Spesime n	Jumla h	α°	β°	h_1 (m)	U_2 (m)	h_1 (m)	U_2 (m)	U_s (Joule)	HI (Joule/mm ²)
Normal	1	135°	88°	1,3314	94,03	0,7534	53,21	40,82	2,041
Arus 70 A	1	135°	114°	1,3314	94,03	1,0966	77,45	16,58	0,829
	2	135°	118°	1,3314	94,03	1,1458	80,93	13,1	0,655
	3	135°	121°	1,3314	94,03	1,1817	83,46	10,57	0,5285
	Rata-rata		117,6°	1,3314	94,03	1,1413	80,61	13,41	0,6708
Arus 100 A	1	135°	123°	1,3314	94,03	1,2043	85,06	8,97	0,4485
	2	135°	105°	1,3314	94,03	0,9812	69,30	24,73	1,2365
	3	135°	100°	1,3314	94,03	0,1349	9,52	84,51	4,2255
	Rata-rata		109,3°	1,3314	94,03	0,7734	54,62	39,4	1,9701
Arus 130 A	1	135°	119°	1,3314	94,03	1,1575	81,75	12,28	0,614
	2	135°	109°	1,3314	94,03	1,0296	72,72	21,31	1,0655
	3	135°	97°	1,3314	94,03	0,0936	6,61	87,42	4,371
	Rata-rata		108,3°	1,3314	94,03	0,7602	53,69	40,33	2,0168

Nilai usaha patah untuk spesimen normal adalah 40,82 Joule. Nilai rata-rata usaha patah untuk spesimen arus 70 Ampere

adalah 13,41 Joule, ini berarti mengalami penurunan sebesar 27,41 Joule dari spesimen normal. Nilai rata-rata usaha patah untuk spesimen arus 100 Ampere adalah 39,4 Joule, ini berarti mengalami penurunan sebesar 1,42 Joule dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 25,99 Joule dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata usaha patah untuk spesimen arus 130 Ampere adalah 40,33 Joule, ini berarti mengalami penurunan sebesar 0,49 Joule dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 26,92 Joule dari spesimen 70 Ampere dan juga 0,93 Joule dari spesimen 100 Ampere.

Nilai harga impact untuk spesimen normal adalah 2,041 Joule/mm². Nilai rata-rata harga impact untuk spesimen arus 70 Ampere adalah 0,6708 Joule/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 1,3702 Joule/mm² dari spesimen normal. Nilai rata-rata usaha patah untuk spesimen arus 100 Ampere adalah 1,9701 Joule/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 0,0709 Joule/mm² dari spesimen normal dan mengalami kenaikan sebesar 1,2993 Joule/mm² dari spesimen 70 Ampere. Nilai rata-rata harga impact untuk spesimen arus 130 Ampere adalah 2,0168 Joule/mm², ini berarti mengalami penurunan sebesar 0,0242 Joule/mm² dari spesimen normal, mengalami kenaikan sebesar 1,346 Joule/mm² dari spesimen 70 Ampere dan juga 0,0467 Joule/mm² dari spesimen 100 Ampere.

Pembahasan

Peningkatan kekuatan tarik dari setiap variasi arus disebabkan peningkatan nilai kekerasan pada daerah-daerah las, pada hasil pengelasan jika dilakukan perbandingan dengan spesimen pada variasi arus yang berbeda, maka arus 130 A yang paling kuat dalam pengelasan ini. Yang memiliki tegangan maksimum 52,98 kgf. Kemudian pada variasi arus yang mendapat nilai paling rendah adalah arus 70 A dengan kekuatan tarik 39,13 kgf dalam arti sama kuat, yang membedakan adalah pengaruh *heat affected zone* (HAZ) akibat gesekan panas yang terjadi dengan mata gurinda dan pengaruh kecepatan pengelasan (Syahrini dkk., 2013). Pada daerah *heat affected zone* (HAZ) ini terjadi kekuatan maksimum sudah mencapai titik puncak (*peak*), faktor yang menyebabkan putusnya spesimen di *heat affected zone* (HAZ) adalah hasil pengelasan yang cukup baik dan daerah induk logam kuat.

Variasi arus 130 A usaha untuk mematahkan spesimen dan harga impact yang menurun diakibatkan adanya peningkatan sifat rapuh atau getas dari material. Kondisi tersebut pula diketahui dengan semakin mudahnya bandul sebagai beban penumbuk untuk mematahkan spesimen. Pada diagram bahwa nilai ketangguhan impact pada spesimen dengan variasi arus pengelasan 130 A yang terbesar pertama sebesar 2,0168 Joule/mm², arus pengelasan 100 A yang terbesar kedua sebesar 1,9701 Joule/mm², dan arus pengelasan 70 A yang terbesar ketiga sebesar 0,6708 Joule/mm². Adanya perbedaan pada variasi arus disebabkan jarak pengelasan yang pendek sehingga adanya cacat las (*porosity*) yang tidak dapat dijangkau. Pada arus 70 A nilai rata-rata terendah disebabkan oleh hasil pengelasan yang kurang baik/kurang sempurna akibat jarak pengelasan yang pendek atau hasil pengelasan tidak stabil. Pada pengujian impact dilakukan untuk mengetahui perbandingan ketangguhan bahan yang mengalami perlakuan pengelasan dengan logam induk. Pengujian impact dilakukan dengan menggunakan mesin *Charpy*. Berdasarkan hasil uji impact di temukan keretakan pada hasil pengelasan dipermukaan lasan pada uji impact memiliki sudut takikan 45° dan kedalaman takikan 2 mm. Patah getas merupakan fenomena patah pada material yang di awali terjadinya keretakan secara cepat di bandingkan patah ulet tanpa deformasi plastis terlebih dahulu dan dalam waktu yang singkat. Patahnya spesimen di daerah pinggiran las akibat tidak adanya titik celah di daerah pengelasan atau cacat las.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan maka dapat disimpulkan bahwa: Pengelasan GTAW dengan variasi arus listrik berpengaruh terhadap kekuatan tarik *mild steel*. Kekuatan tarik pada arus 70 Ampere sebesar 39,13 kgf/mm², arus 100 Ampere sebesar 46,88 kgf/mm² dan pada arus 130 Ampere sebesar 52,98 kgf/mm². Pengelasan GTAW dengan variasi arus listrik berpengaruh terhadap ketangguhan *mild steel*. Ketangguhan impact pada arus 70 Ampere sebesar 0,6708 Joule/mm², arus 100 Ampere sebesar 1,9701 Joule/mm² dan pada arus 130 Ampere sebesar 2,0168 Joule/mm².

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Kurniawan, S. Rr, and P. Puspitasari, "Analisis Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja St.41 Akibat Perbedaan Ayunan Elektroda Pengelasan SMAW," *J. Tek. Mesin*, vol. 22, no. 2, pp. 1–12, 2014.
- [2] E. Sulfiana *et al.*, "Material preparation with sanding machine against welding nugget diameter, penetration and surface roughness on spot welding resistance connections," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2630, no. April 2014, 2023, doi: 10.1063/5.0142307.

- [3] F. G. Becker *et al.*, “ANALISA PENGARUH FILLER TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS BEDA MATERIAL PADA LAS TITIK ANTARA ALUMINIUM DAN STAINLESS STEEL,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–5, 2018, doi: 10.15439/2019F121.
- [4] M. ARIYANTO, ST., *Teknik Pengelasan Berstandar Nasional*, 1st ed. Malang: CV Literasi Nusantara Abadi, 2022.
- [5] B. C. P. Utama, “PENGARUH VARIASI MEDIA CETAKAN PASIR, CETAKAN LOGAM DAN PASIR RCS (RESIN COATED SAND) TERHADAP HASIL CORAN PRODUK TAP HANDLE DARI BAHAN PERUNGGU (BRONZE,” *Univ. Muhammadiyah Surakarta*, vol. 15, no. 1, pp. 165–175, 2017, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/196255896.pdf>.
- [6] Affandi, I. Tanjung, A. R. Nasution, S. Fonna, and S. Huzni, “Investigasi laju korosi atmosferik baja karbon rendah profil segiempat di kawasan industri medan,” *J. Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–4, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/31>.
- [7] L. D. Setyana, Tarmono, and P. I. Al Habib, “Optimalisasi Kekuatan Sambungan Side Wall Kereta Api Dengan Proses Spot Welding Material Ss400,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. Terap. SV UGM 2014*, no. 1, p. 18, 2014.
- [8] W. Santoso, E. W. R. Widodo, A. Kuswanto, and V. A. Setyowati, “Analisis Kuat Arus, Jenis Logam Pengisi, dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Dissimilar Welding dengan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW),” *J. Tek. Mesin Inst. Teknol. Padang*, vol. 8, no. 2, pp. 2–6, 2018.
- [9] P. Sambungan, P. Carbon, and S. Posisi, “Pengaruh Hasil Las Kombinasi (Gtaw Dan Smaw) Terhadap Uji Radiografi Dan Uji Tarik Di Energy,” vol. 12, 2017.
- [10] F. Teknik and U. N. Semarang, *Pengaruh Suhu Preheating Pada Hasil Pengelasan Gtaw Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Stainless Steel 304*. 2015.
- [11] Ariyanto, H. Arsyad, M. Syahid, and R. Ilyas, “Optimization of Welding Parameters for Resistance Spot Welding with Variations in the Roughness of the Surface of the AISI 304 Stainless Steel Joint to Increase Joint Quality,” *Int. J. Mech. Eng. Robot. Res.*, vol. 11, no. 11, pp. 877–883, 2022, doi: 10.18178/ijmerr.11.11.877-883.