

EFFECT OF WELDING CURRENT (SMAW) ON TENSILE STRENGTH AND MICROSTRUCTURE OF S45C STEEL

Muhaemin Al Fikri^{1*}, Iwan Nugraha Gusniar² dan Viktor Naubnome³

ABSTRACT

Welding is a metal joining technique by partially melting the parent metal and filler metal with or without additional metal and producing a continuous connection. One type of welding that is often used is SMAW (Shield Metal Arc Welding) welding. In SMAW welding, the influence of the current used plays an important role in welding. Because it affects the results of the strength of the welded joint. This research was conducted to determine the mechanical properties of tensile testing and microstructure under the influence of different currents. In this research, the test material is S45C steel and the current variation is 90 A, 110 A, and 120 A and the type of electrode used is E7016 LB57. The results obtained from the tensile test have the optimum value at 120 A with a tensile strength of 49.43 kg/mm while 110 A with a tensile strength of 43 kg/mm and 90 A with a tensile strength of 11.04 kg/mm. for testing the microstructure seen in the welded parts and the heat-affected area.

Keywords: *variations in welding current, welding smaw, S45C, tensile strength*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini mengalami peningkatan dalam berbagai industri. Teknologi yang saat ini semakin berkembang tak jauh dari proses pembuatan, serta pengadaan barang yang diperlukan. dalam pengadaan alat dan barang yang diperlukan, terkadang juga melalui proses pembentukan yang membutuhkan pengelasan. Pengelasan (Welding) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan

^{1,2,3} Prodi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

*Corresponding author:

1510631150044@student.unsika.ac.id

logam pengisi dengan atau tanpa tekanan.

Penggunaan bahan logam di setiap jenis peralatan yang digunakan pada kehidupan manusia merupakan bukti pesatnya perkembangan sains dan teknologi di bidang industri logam. Pemanfaatan logam dalam setiap komponen mesin dan konstruksi bangunan tidak harus semuanya sama, namun harus disesuaikan dengan sifat, kekuatan dan penggunaan. Logam masih membutuhkan proses pengolahan, baik terhadap dimensi maupun sifat-sifat dasar yang dimilikinya dengan berbagai metode pengerjaannya, agar diperoleh kondisi yang memiliki kemampuan dan sifat yang diinginkan pada aplikasinya. Sifat bahan yang dimaksud adalah sifat fisis dan sifat mekanis. Sifat fisis mencakup kondisi fisik, komposisi dan struktur mikro. Sedangkan sifat mekanis mencakup kekuatan tarik, modulus elastisitas, kemampuan muai, kekuatan tekan, kekuatan torsi, kekerasan, keuletan, kegetasan dan kehandalan.

Dalam proses pengelasan, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi pengelasan. Faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan adalah prosedur pengelasan yaitu cara pembuatan konstruksi las yang sesuai rencana dan spesifikasi dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Proses produksi pengelasan yang dimaksud adalah proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pelaksanaan meliputi pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan elektroda, penggunaan jenis kampuh. Prosedur pengelasan kelihatannya sangat sederhana tetapi sebenarnya di dalamnya terdapat masalah-masalah yang harus diatasi dimana pemecahannya memerlukan bermacam-macam pengetahuan, karena itu dalam pengelasan, pengetahuan harus turut serta mendampingi praktek.

1. Baja karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, oleh karena itu baja ini dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja karbon rendah adalah baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3%, baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,3% - 0,6% dan baja karbon tinggi mengandung kadar karbon 0,6% - 1,7%. Bila kadar karbon naik, maka kekuatan dan kekerasannya juga bertambah tinggi tetapi perpanjangannya menurun.

Baja paduan rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak, tetapi ditambah dengan sedikit unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, roda kerta api, ketel uap, tangki-tangki dan dalam permesinan. Baja paduan rendah dibagi menurut sifatnya yaitu baja tahan suhu rendah, baja kuat dan baja tahan panas.

a. Baja karbon rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08% - 0,3% yang biasa digunakan untuk *body* kendaraan.

b. Baja Karbon Sedang Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*)

Mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C. Baja karbon menengah ini banyak digunakan untuk keperluan alatalat perkakas bagian mesin juga dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti untuk keperluan industri kendaraan, roda gigi, pegas dan sebagainya.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan baja karbon sedang, yakni memiliki kandungan karbon 0,6% - 1,7%. Pada umumnya, baja karbon tinggi lebih sukar dalam proses pengelasan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah dan sedang, karena keuletan yang berkurang dan sukar dibentuk.

2. Pengertian pengelasan

Menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) Definisi pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang terjadi dalam 6 keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan dari beberapa batang logam dengan menggunakan energy panas. Menurut British Standards Institution (1983) pengelasan adalah proses penyambungan antara dua atau lebih material dalam keadaan plastis atau cair dengan mengandalkan panas (*heat*) atau dengan tekanan (*pressure*) dan keduanya. Logam pengisi

(*filler metal*) dengan temperatur lebur yang sama dengan titik lebur dari logam induk dengan atau tanpa digunakan dalam proses penyambungan tersebut.

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 penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu.

Menurut Alip (1989) mengelas adalah suatu aktifitas menyambungkan dua bagian benda atau lebih dengan cara memanaskan, menekan atau gabungan dari keduanya sedemikian rupa sehingga menyatu seperti benda utuh. Penelitian kali ini las yang akan digunakan yaitu las SMAW karena las tersebut memenuhi kriteria untuk mengelas baja S45C, selain lebih efisien las ini juga mudah untuk digunakan dan mudah dijumpai. Pada penelitian kali ini material uji akan mengalami *heat treatment* dengan pengelasan menggunakan las listrik SMAW. setelah mengalami proses *heat treatment* material uji akan masuk ketahap *Quenching* (pendinginan) dengan variasi yang berbeda.

3. Las SMAW (*Las Shielded Metal Arc Welding*)

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah *manual metal arc welding* (MMAW) atau las elektroda yang terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi sambungan yang tetap dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah atau pengisi berupa elektroda terbungkus. Las elektroda terbungkus merupakan suatu teknik pengelasan dengan menggunakan arus listrik yang membentuk arus listrik yang membentuk busur arus dan elektroda berselaput. Didalam pengelasan SMAW ini terjadi gas pelindung ketika elektroda berselaput itu mencair, sehingga dalam proses ini tidak diperlukan tekanan atau *pressure gas inert* untuk menghilangkan pengaruh oksigen atau udara yang dapat menyebabkan korosi atau gelembung-gelembung didalam hasil pengelasan.

Proses pengelasan terjadi karena adanya hambatan arus listrik yang mengalir diantara elektroda dan bahan las membuat elektroda dan bahan yang akan dilas mencair.



Gambar 1. Mesin Las SMAW

4. Karakteristik Baja S45C/EMS 45

Baja S45C mempunyai sifat-sifat pengerjaan dan kekuatan yang sangat baik. Baja ini sering digunakan untuk komponen yang tidak membutuhkan kekerasan yang tinggi, misalnya konstruksi alat pertanian, semua jenis perkakas tangan dan alat-alat pertanian.

Tabel 1. Sifat Mekanik Baja S 45C/EMS45

Sifat Mekanik	Baja EMS 45
Kekerasan	190 HB
	30,5 HRC
Tegangan Luluh (σ_y)	43,44 (kg/mm ²)
Tegangan Maksimal (σ_u)	67,74 (kg/mm ²)
Young's Modulus (GPa)	207 Gpa

5. Uji Tarik

Uji Tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan

menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan ([http:// belajar.metalurgi.blogspot.com](http://belajar.metalurgi.blogspot.com)).

Proses pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik benda uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui apakah kekuatan las mempunyai nilai yang sama, lebih rendah atau lebih tinggi dari kelompok raw materials. Pengujian tarik untuk kualitas kekuatan tarik dimaksudkan untuk mengetahui berapa 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.

Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkraman (grip) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (highly stiff). Untuk uji tarik memiliki persamaan berikut ini :

$$UTS = \frac{p maks}{A_o} (kg/mm)..... (1)$$

Dimana :

UTS : Kekuatan Tarik Maksimum (kg/mm²).

Pmaks : Beban Tarik maksimum (kg).

Ao : Luas Penampang (mm²) (*Nugget*).

Sedangkan untuk regangan dapat dilihat seperti persamaan dibawah ini :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100\%..... (2)$$

Dimana :

ε = Regangan (%).

ΔL = Panjang awal (mm).

Ao = Pertambahan panjang (mm).

6. Uji Mikro

Metalografi adalah perpaduan ilmu dan seni yang mempelajari tentang struktur mikroskopis logam dan paduan menggunakan mikroskop optik, mikroskop elektron atau jenis mikroskop lainnya. Kinerja dan sifat material terutama sifat mekanik logam ditentukan oleh struktur mikro, dengan menganalisis struktur mikro material maka kinerja dan keandalan saat digunakan dapat dipahami dengan lebih baik .

Metalografi biasa disebut juga ilmu logam yang mempelajari karakteristik dan struktur suatu logam dalam skala mikro menggunakan mikroskop cahaya. Prinsip dasar metalografi pertama kali disusun oleh *Henry Clifton Sorby* (1826–1908). Metalografi dikelompokkan menjadi dua jenis yaitu makrografi dan mikrografi. Penerapan praktis dari metalografi adalah untuk mengetahui ukuran butir, distribusi fasa, dan keberadaan kotoran dalam suatu logam. Penentuan spesifikasi yang diperlukan dalam suatu material mengacu kepada hasil metalografi yang menjelaskan tentang proses yang sudah dialami oleh material yang bersangkutan. Hasil pengamatan metalografi dipengaruhi oleh persiapan permukaan spesimen yang akan diamati.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan spesimen paduan biji plastik PP dan PE berdasarkan beberapa fraksi yang telah diuji di laboratorium Politeknik Negeri Bandung. Pengujian spesimen terdiri dari pengujian tarik serta pengujian *Micro structure* telah mendapatkan hasil yang berupa hasil dari pengujian tersebut.

1. Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan suatu bahan terhadap beban tarik. Dengan melakukan pengujian tarik akan diketahui tegangan maksimum, regangan dan modulus elastisitas dari spesimen yang diuji. Spesimen yang diuji memiliki bentuk dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E8M.



Gambar 1. Spesimen uji tarik arus 90 A



Gambar 2. Spesimen uji tarik arus 110 A



Gambar 3. Spesimen uji Tarik arus 120 A.

2. Data Rata-Rata Hasil Uji Tarik

Dari hasil pengujian dapat dilihat dari tabel 4.2 luas Area awal dari spesimen sebelum melakukan uji tarik mempunyai rata rata $66,37 \text{ mm}^2$. Dan mengalami beberapa mm pertambahan panjang setelah mencapai titik stress. Spesimen yang dengan kuat arus 120 A terlihat lebih mempunyai rata rata lebih tinggi untuk hasil dari kuat tarik, *elongation* dan titik regang. Sampeldengan kuat arus 120 A masih terlihat unggul dibanding spesimen lainnya. Sedangkan untuk spesimen dengan kuat arus 90 A hasilnya terlihat lebih rendah.

Tabel 2. Data hasil uji tarik

No	Kode Sampel	Dimensi Penampang Benda Uji		Luas Area (mm ²)	Panjang Ukur Gauge Length	Beban Maks (kg)	Kekuatan Tarik (Kg/mm ²)	Kekuatan Luluh (Kg/mm ²)	Elongation
		Lebar	Tebal						
1	90A	12,7	5,2	65,66	50	749,68	11,42	7,65	4,10
2	90A	13,1	5,1	66,81	50	700,82	10,49	7,03	1,98
3	90A	12,3	5,5	67,65	50	560,66	8,29	5,55	2,51
1	110A	12,1	5,2	62,92	50	1100,09	17,48	11,71	0,60
2	110A	12,7	5,5	69,85	50	3065,47	43,89	29,41	3,77
3	110A	12,1	5,5	66,55	50	1356,12	20,38	13,65	0,44
1	120A	12,3	5,4	66,42	50	3283,39	49,43	33,12	9,29
2	120A	12,2	5,2	63,44	50	1646,43	25,95	17,39	1,57
3	120A	12,6	5,4	68,04	50	2750,86	40,43	27,09	4,78

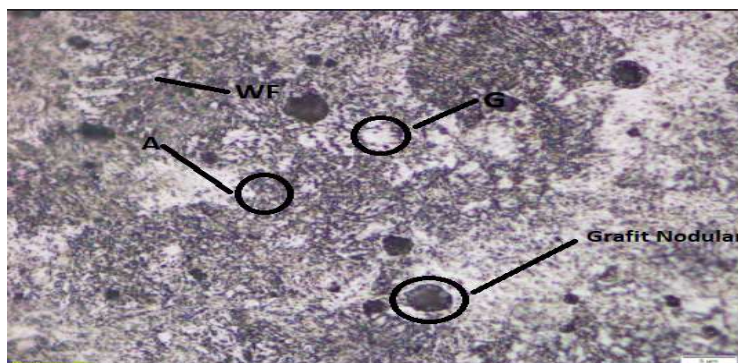
Tabel 3. Data Kuat Tarik

Kuat Arus	Kuat Tarik Maksimum (Kg/mm ²)	Kuat Tarik Rata--Rata (Kg/mm ²)
90 A	11,42	10,06
	10,49	
	8,29	
110 A	17,48	27,25
	43,89	
	20,38	
120 A	49,43	38,60
	25,95	
	40,43	

Dapat dilihat pada Tabel 3 bahwa hasil kuat tarik rata-rata paling besar didapatkan dari spesimen dengan kuat arus 120 A. Sedangkan untuk kuat tarik terendah didapatkan pada kuat arus 90 A. Dari tabel terlihat bahwa kuat tarik terendah terdapat pada Kuat arus 90A, ini menunjukkan bahwa spesimen dengan komposisi tersebut masih bersifat *brittle* atau rapuh. Selanjutnya, menurut data yang telah didapat, dan dipaparkan pada Tabel 4.4 dibawah, penambahan panjang tertinggi didapat pada spesimen dengan kuat arus 120 A dengan rata rata penambahan panjang sebesar 5,21 mm. Sementara, nilai elongasi terendah didapat pada spesimen dengan kuat arus 90A dengan besar 2,86. Nilai elongasi menunjukkan keuletan dari suatu material.

3. Uji *Micro Structure*

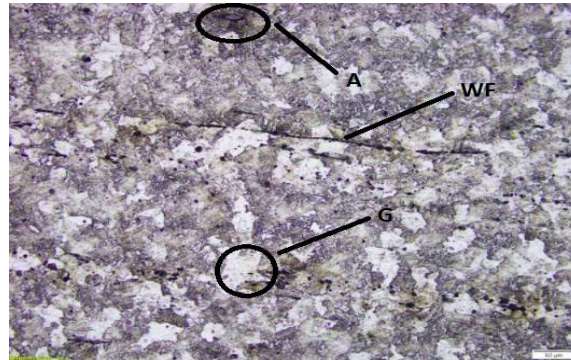
Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur yang terkandung dalam spesimen penelitian dalam bentuk foto mikro. Setiap spesimen memiliki struktur yang berbeda pula bergantung jenis perlakuan yang diberikan. Struktur mikro pada hasil penelitian ini diambil dengan menggunakan mikroskop optik. Bentuk penampang mikro dengan pembesaran 100 kali adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Struktur mikro arus 90 A

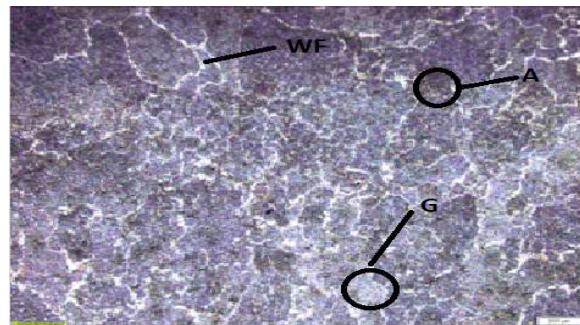
terlihat baja dengan hasil *welding* menggunakan kuat arus 90A memiliki grafit nodul yang terlihat lebih banyak di banding struktur lainnya. Ini mengakibatkan baja dengan kuat arus 90A memiliki nilai uji Tarik yang lebih rendah Grafit nodul pada baja ini juga terlihat tersebar

merata di permukaannya, sedangkan untuk struktur Widmanstatten ferrite terlihat tidak banyak



Gambar 4. Struktur mikro arus 110 A

Terlihat pada gambar 4 baja dengan hasil *welding* menggunakan kuat arus 110A memiliki grafit nodul lebih kecil di banding dengan baja 90 A tetapi memiliki lebih banyak nodul grafit. Ini mengakibatkan baja dengan kuat arus 90A memiliki nilai uji Tarik yang lebih rendah. Grafit nodul pada baja ini juga terlihat tersebar merata di permukaannya, sedangkan untuk struktur Widmanstatten ferrite terlihat menyerupai garis lurus dan banyak.



Gambar 5. Struktur mikro arus 120 A

Terlihat pada gambar 5 baja dengan hasil *welding* menggunakan kuat arus 120A memiliki grafit nodul lebih seikit dibanding dengan baja specimen lain tetapi memiliki lebih banyak struktur Widmanstatten ferrite. Ini mengakibatkan baja dengan kuat arus 90A memiliki nilai uji Tarik yang lebih rendah. Grafit nodul pada baja ini juga terlihat tersebar merata di permukaannya, sedangkan untuk struktur acicular ferrite terlihat tersebar merata di permukaan.

KESIMPULAN

1. Sifat fisis pada arus 90A itu lebih banyak grafit nodul, lebih sedikit acicular ferrit pada hasil *welding*, mengakibatkan rapuhnya material di saat ujia tarik. Sifat fisis pada arus 110A itu hampir sebanding antara grafit nodul dan acicular ferrite ini mengakibatkan lebih kuat material di saat uji tarik. Sifat fisis pada arus 120A itu lebih banyak acicular ferrite, lebih sedikit grafit nodul pda hasil *welding*, mengakibatkan lebih kuat nya material disaat uji tarik. Sifat mekanik pada arus 90A dengan kekuatan maksimum pada uji tarik 11,04 Kg/mm. Sifat mekanik pada arus 110A dengan kekuatan maksimum pada uji tarik 43,89 Kg/mm. Sifat mekanik pada arus 120A dengan kekuatan maksimum pada uji tarik 49.43 Kg/mm. Nilai optimum uji Tarik tertinggi adalah 49,43 Kg/mm. Semakin tinggi amper yang di gunakan semakin kuat pula pengeratan pada pengelasan.
2. Struktur *micro* terdiri dari grafit nodul dan acicular ferrite. Keuletan yang lebih unggul dari tiga arus yang berbeda terdapat pada arus 120A di karnakan lebih besar Amper yang di gunakan maka lebih ulet pula hasil dari pengelasan tersebut.

SARAN

1. Sebelum memulai penelitian agar menyiapkan rancarngan pengujian.
2. Pahami cara cara pengelasan sampai kepada finising agar tidak terjadi kesalahan, yang akan merubar struktur pada material.
3. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat menerapkan pengujian lain, perbedaan elektroda serta perbandingan pengelasan ataupun bias perbandingan kekuatan material.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrijono, Djoko, and Ike Widyastuti. "Kekerasan dan Struktur Mikro Plat Baja Karbon Rendah 0, 16% C Hasil Bengkel Las SMAW dengan Elektroda E 309-16 ESAB Posisi Flat 1G setelah Variasi Quenching." *TRANSMISI* 17.1 (2021).
- Effendi, Nizam. "STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN BAJA S45C PADA PENGELASAN SMAW DENGAN VARIASI MEDIA QUENCH." *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik dan Kejuruan* 12.1: 30-37.
- Harsono, W., and T. Okumura. "Teknologi Pengelasan Logam, Cetakan Ke-7, PT." *Pradnya*

Paramita, Jakarta (2004).

Rananggono, D., Mulyadi, Y., & Winarno, G. D. (2008). Studi Kekuatan Mekanik dan Struktur Mikro Hasil Pengelasan SMAW dengan Variasi Preheat dan Postheat Menggunakan Metode Pendinginan Cepat dan Pendinginan Lambat. *Jurnal Tugas Akhir Institut Teknologi Surabaya*.

Suharno, Suharno, and Yuyun Estriyanto. "PENGARUH VARIASI BESAR SUDUT KAMPUH V TUNGGAL TERHADAP STRUKTUR MIKRO, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK MATERIAL BAJA SS400 DENGAN METODE PENGELASAN SMAW." *NOZEL Jurnal Pendidikan Teknik Mesin 2.4* (2018): 301-311.

Syahrani, Awal, Naharuddin Naharuddin, and Muhammad Nur. "ANALISIS KEKUATAN TARIK, KEKERASAN, DAN STRUKTUR MIKRO PADA PENGELASAN SMAW STAINLESS STEEL 312 DENGAN VARIASI ARUS LISTRIK." *Jurnal Mekanikal 9.1* (2018).

WIRYOSUMARTO, Harsono; OKUMURA, Toshie. Teknologi pengelasan logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.

Widharto, Sri. "Welding Inspection." *Mitra Wacana Media* (2013): 9-10