

PENGARUH PEMANASAN SEBELUM PENGELASAN TERHADAP PENGUJIAN *FACE* DAN *ROOT* BENDING HASIL LAS SMAW BAJA SUP 9

Musthafa Ibrahim¹, Purwanton²,

¹) Universitas Negeri Padang, Indonesia

²) Universitas Negeri Padang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima: 28 Oktober 2019
Direvisi: 30 Oktober 2019
Diterbitkan: 03 November 2019

KATA KUNCI

Kata Kunci: Baja SUP 9, Las SMAW, Pemanasan sebelum pengelasan, *Face* dan *root* bending

KORSPONDEN

No. Telepon:
+62821-2253-8094
E-mail:
musthafaibrahim82@gmail.com
purwantonomsn@gmail.com

A B S T R A K

Kemajuan teknologi pada saat zaman sekarang ini kebutuhan konstruksi yang kuat dan tahan lama menjadikan teknik pengelasan sebagai pilihan utama dalam penyambungan logam. pengelasan baja karbon sedang tanpa pemanasan sebelum pengelasan dapat menyebabkan terjadinya tegangan sisa. Masalah yang sering terjadi pada baja SUP 9 pegas daun adalah terjadinya patah yang disebabkan oleh adanya faktor lelah baja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanasan sebelum pengelasan terhadap lolos atau tidaknya saat pengujian face dan root bending hasil pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) baja SUP 9. Jenis penelitian ini menggunakan metode eksperimen, proses penelitian dilakukan dengan pengujian face dan root bending. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelah dilakukan pengujian face dan root bending spesimen tanpa perlakuan preheat, temperatur preheat 230 °C, 300 °C, dan 370 °C mengalami patah dengan posisi patah yang berbeda-beda dan tidak lolos pengujian bending. Hasil pengamatan cacat las mengalami cacat porosity dengan persentase 10,53%, 13,16%, 13,16% dan slag inclusion dengan persentase 26,32% dan 39,47%, kegagalan akibat cacat pengujian face dan root bending terdapat 5 spesimen cacat dengan persentase 31,25%. Berdasarkan dari data hasil pengujian face dan root bending hasil pengelasan SMAW dengan variasi temperatur preheat 230°C, 300°C dan 370° las SMAW pada baja SUP tidak lolos pengujian bending dan dapat disimpulkan baja SUP 9 tidak baik untuk di las.

PENDAHULUAN

Menghasilkan las yang baik memerlukan pengetahuan dan teknik pengelasan yang tinggi, untuk mengetahui mutu sebuah hasil pengelasan harus dilakukan pengujian las. Menurut (Harsono Wiryosumarto, 2008) las adalah sebuah penyambungan beberapa batang logam dengan bantuan energi panas. Metode pengelasan yang sering digunakan oleh

masyarakat umum adalah metode pengelasan SMAW, pada pengelasan SMAW ini banyak faktor yang harus diperhatikan seperti panas masuk, laju pendinginan dan material yang akan di las (Konadi & Fhatier, 2018).

Baja dikelompokkan menjadi baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi. Pemanfaatan baja karbon sedang sangat banyak di dunia industri seperti pembuatan roda gigi, konstruksi kendaraan, pegas daun dan sebagainya. Salah satu pemanfaatan baja yang digunakan sebagai pegas daun adalah baja SUP 9. Masalah yang sering terjadi pada baja SUP 9 pegas daun ini adalah terjadinya patah yang disebabkan oleh adanya faktor lelah baja akibat beban dinamis yang secara terus-menerus. Solusi untuk masalah patahnya pegas daun biasanya mengganti baja pegas daun yang patah dengan baja pegas daun yang baru. Hal ini tentu membutuhkan biaya yang besar untuk mengganti atau membeli yang baru. Untuk itu perlu diadakan penelitian tentang cara mengatasi masalah patahnya pegas daun ini dengan cara pengelasan. Pada proses pengelasan baja SUP 9 banyak operator pengelasan yang tidak memiliki pengetahuan tentang sifat mekanis dan material dan hanya mengandalkan pengalaman las di lapangan, proses pengelasan dilakukan langsung tanpa dilakukan pemanasan sebelum pengelasan. sehingga tidak memperhatikan efek dari pengelasan terhadap sifat mekanis dari material tersebut, jika pengelasan baja karbon sedang tanpa pemanasan sebelum pengelasan hal ini dapat menyebabkan terjadinya tegangan sisa sehingga menyebabkan hasil pengelasan yang buruk seperti keretakan pada hasil las.

Dilihat dari faktor yang mempengaruhi pengelasan dari las SMAW ini, maka cara pengelasan pada baja karbon sedang perlu dilakukan pemanasan sebelum pengelasan (*Preheat*). (Hadi, 2015) mendefinisikan *Preheat* adalah panas yang diberikan kepada material induk yang akan dilakukan pengelasan yang bertujuan untuk mendapatkan dan memelihara *Preheat* temperatur.

Menentukan hasil pengelasan dapat dilakukan dengan pengujian *Face* dan *Root* bending. Sifat dari logam salah satunya adalah kekuatan lengkung atau bending logam. Pengujian *face* dan *root* bending bertujuan untuk mengetahui kualitas las dengan kemampuan menahan keretakan setelah dilakukan pengujian bending sesuai dengan standar pengujian. Kriteria kelulusan uji bending dapat ditentukan menurut standar AWS D.1 2000 Pengujian bending merupakan salah satu yang termasuk ke dalam pengujian yang bertujuan untuk mengetahui mutu suatu material secara visual (Kholis, 2013).

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor diatas maka diperlukannya kajian mendalam untuk mengetahui pengaruh pemanasan sebelum pengelasan terhadap pengujian *face* dan *root* las SMAW, pengujian ini dilakukan pada baja karbon sedang yaitu baja SUP 9. Oleh karena itu, penulis tertarik melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pemanasan sebelum pengelasan terhadap pengujian *face* dan *root* bending hasil las SMAW (*shielded metal arc welding*) baja SUP 9 untuk melihat baja SUP 9 ini lolos atau tidak pengujian *face* dan *root* bending dengan pemanasan awal sebelum pemanasan.

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode penelitian eksperimen, dimana data diperoleh dari hasil penelitian melalui pengujian *face* dan *root* bending di laboratorium. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mencari besarnya pengaruh perlakuan terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan

(Sugiyono, 2011). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur pemanasan sebelum pengelasan terhadap hasil las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) baja SUP 9 dengan pengujian *face* dan *root* bending.

Waktu penelitian ini dilakukan bulan Januari-Oktober 2019. Pengelasan dan pengujian akan dilakukan di *workshop* Teknik Mesin jurusan Teknik Mesin dan Laboratorium Sistem Pindah tenaga workshop Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Dalam penelitian ini benda uji yang digunakan adalah baja SUP 9 sebanyak 16 spesimen dengan masing-masing ukuran panjang 150 mm, lebar 38 mm dan tebal 10 mm dengan, dimana 4 spesimen tanpa pemanasan awal sebelum pengelasan, spesimen dengan temperatur pemanasan awal 230°C berjumlah 4 spesimen, spesimen dengan temperatur 300°C berjumlah 4 spesimen, dan temperatur 370°C berjumlah 4 spesimen. Untuk pengujian *face* bending diambil 2 spesimen dan pengujian *root* bending 2 spesimen pada tiap-tiap temperatur. Posisi pengelasan yang digunakan posisi pengelasan bawah tangan, Elektroda RB E6013 diameter 2,6mm, kampuh yang dipakai yaitu kampuh V dengan sudut kampuh 60°. Kuat arus pengelasan yang digunakan yaitu 80 A.

Pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode dokumentasi, eksperimen langsung yaitu metode pengumpulan data penelitian yang dilakukan dengan sengaja dan secara sistematis untuk mengadakan perlakuan atau tindakan pengamatan terhadap variabel dan eksperimen yaitu mencari sebab akibat antar dua faktor atau lebih yang secara sengaja dimunculkan dalam setiap perlakuan.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dengan aspek sebagai berikut ini :

1. Memberikan tanda pada spesimen uji menggunakan spidol permanen di setiap perlakuan.
2. Melakukan pengujian *face* dan *root* bending pada semua spesimen.
3. Melakukan pengamatan hasil pengujian *face* dan *root* bending dan pengukuran keretakan yang terjadi setelah dilakukan pengujian, data yang didapat dimasukkan ke dalam tabel pengujian mengikuti AWS D1.1 :2000.

Analisis data dengan mengolah hasil data yang diperoleh dari pengujian *face* dan *root* bending. Pengujian akan menghasilkan tentang keretakan hasil las setelah dilakukan uji *face* dan *root* bending yang telah dilakukan perlakuan *preheating*. Pernyataan presisi dan bias tidak dibuat untuk pengujian ini metode karena hasil tes adalah laporan nonnumerik dari berhasil atau gagal berdasarkan kriteria yang ditentukan dalam relevan standar AWS D1.1:2000. Data dari hasil pengujian dimasukkan ke dalam tabel dan dari pengamatan terhadap pengujian dideskripsikan dan diambil kesimpulan tentang hasil pengujian yang lolos pengujian dan pengamatan secara visual pada spesimen setelah dilakukan pengujian.

Kriteria penerimaan untuk tes bending, permukaan cembung dari spesimen uji bending harus diperiksa secara visual untuk diskontinuitas permukaan. Untuk penerimaan menurut AWS D1.1 :2000, permukaan tidak boleh melebihi dimensi berikut:

1. 1/8 in (3 mm) jumlah garis-garis retak diukur pada semua arah yang terdapat pada permukaan lengkungan
2. 3/8 (10 mm) jumlah dari dimensi terbesar dari semua diskontinuitas melebihi 1/32 in (1 mm). (1mm) tetapi kurang dari atau sama dengan 1/8 in. (3mm)
3. ¼ in (6 mm) diukur pada retak ujung yang terbesar, kecuali retak ujung dihasilkan dari slag dan inklusi maka maksimum 1/8 in (3 mm) dapat digunakan.

Pengamatan cacat las yang dilakukan setelah pengujian face dan root bending dapat dihitung persentase cacat pada suatu specimen dengan rumus:

$$\text{Persentase Cacat las (\%)} = \frac{\text{Panjang Cacat Las}}{\text{Panjang Lasan}} \times 100\%$$

Persentase kegagalan pengujian akibat cacat las dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Persentase Kegagalan akibat cacat las (\%)} = \frac{\text{Jumlah specimen cacat}}{\text{Jumlah Keseluruhan Spesimen}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data

Metode pengolahan data data dilakukan dengan mendeskripsikan hasil pengujian *face* dan *root* bending berdasarkan standar AWS D1.1 2000, melakukan pengamatan cacat las setelah pengujian bending secara visual dan lokasi keretakan/patah akibat cacat las.

Setelah melakukan penelitian pengujian *face* dan *root* bending hasil pengelasan SMAW baja SUP 9 maka data pengujian sudah didapati didalam tabel 7 :

Tabel 1. Hasil Pengujian Face dan Root Bending Pengelasan SMAW Baja SUP 9 dengan Tanpa Preheat, Temperatur Preheat 230°C, 300°C dan 370°C.

| Temperatur | spesimen | Tipe Uji Bending | Keterangan |
|----------------|----------|------------------|------------|
| Tanpa Preheat | 1 | Face | Patah |
| | 2 | | Patah |
| | 3 | Root | Patah |
| | 4 | | Patah |
| Preheat 230°C | 1 | Face | Patah |
| | 2 | | Patah |
| | 3 | Root | Patah |
| | 4 | | Patah |
| Preheat 300 °C | 1 | Face | Patah |
| | 2 | | Patah |
| | 3 | Root | Patah |
| | 4 | | Patah |
| Preheat 370 °C | 1 | Face | Patah |
| | 2 | | Patah |
| | 3 | Root | Patah |
| | 4 | | Patah |

Tabel 2. Pengamatan Cacat Las Pada Spesimen

| Temperatur preheat | Spesimen | Jenis Cacat Las | Ukuran Cacat (cm) | Panjang las (cm) | Persentase |
|--------------------|----------|-----------------|-------------------|------------------|------------|
| Tanpa Preheat | 1 | Porosity | 0.4 | 3.8 | 10.53% |
| | 2 | - | - | 3.8 | - |
| | 3 | Slag Inclusion | 1 | 3.8 | 26.32% |
| | 4 | Porosity | 0.5 | 3.8 | 13.16% |
| Preheat 230°C | 1 | - | - | 3.8 | - |
| | 2 | - | - | 3.8 | - |
| | 3 | - | - | 3.8 | - |
| | 4 | - | - | 3.8 | - |

| | | | | | |
|-----------------------------|---|-------------------|-----|-----|--------|
| <i>Preheat</i> 300 °C | 1 | - | - | 3.8 | - |
| | 2 | - | - | 3.8 | - |
| | 3 | - | - | 3.8 | - |
| | 4 | <i>Porosity</i> | 0.5 | 3.8 | 13.16% |
| <i>Preheat</i> 370 °C | 1 | Slag Inclusion | 1.5 | 3.8 | 39.47% |
| | 2 | - | - | 3.8 | - |
| | 3 | - | - | 3.8 | - |
| | 4 | - | - | 3.8 | - |

Berdasarkan pada hasil pengamatan cacat las pada tabel 8 beberapa spesimen terdapat cacat las pada daerah logam las, terlihat dengan adanya cacat las berupa *slag inclusion* sebanyak 2 spesimen dengan ukuran 1cm dan 0,5 cm, *porosity* dengan ukuran 0,5 cm, satu spesimen tanpa cacat, temperatur 230°C spesimen tidak terdapat cacat las pada daerah logam las, temperature 300°C, terdapat satu buah spesimen mengalami cacat las pada daerah logam las, terlihat adanya cacat las berupa *porosity* dengan ukuran 0,5cm, dan 3 spesimen tanpa cacat las, temperatur 370°C spesimen terdapat cacat las pada daerah logam las, terlihat dengan adanya cacat las berupa *slag inclusion* sebanyak 1 spesimen dengan ukuran 1,5 cm dan 3 spesimen tanpa cacat las.

Tabel 3. Daerah Retak/Patah Setelah Pengujian Face dan Root

| Temperatur | spesimen | Daerah Retak/Patah | | | | Tipe Bending |
|--------------------------|----------|--------------------|------------|------------------|------------------|--------------|
| | | Daerah Logam Induk | Daerah HAZ | Daerah Batas Las | Daerah Logam Las | |
| Tanpa <i>Preheat</i> | 1 | | | | ✓ | <i>Face</i> |
| | 2 | | | | ✓ | |
| | 3 | | | ✓ | | <i>Root</i> |
| | 4 | | | ✓ | | |
| <i>Preheat</i> 230°C | 1 | | | ✓ | | <i>Face</i> |
| | 2 | | | ✓ | | |
| | 3 | | | ✓ | | <i>Root</i> |
| | 4 | | | ✓ | | |
| <i>Preheat</i> 300 °C | 1 | | | | ✓ | <i>Face</i> |
| | 2 | | | | ✓ | |
| | 3 | | | | ✓ | <i>Root</i> |
| | 4 | | | | ✓ | |
| <i>Preheat</i> 370 °C | 1 | | | | ✓ | <i>Face</i> |
| | 2 | | | | ✓ | |
| | 3 | | | | ✓ | <i>Root</i> |
| | 4 | | | | ✓ | |

Berdasarkan pada tabel 9 hasil pemeriksaan visual Spesimen 1 tanpa *preheat* dengan pengujian *face* bending mengalami patah (*crack*) pada bagian logam las, Pengujian *face* bending spesimen 2 mengalami patah di bagian daerah logam las. Spesimen 3 tanpa *preheat* dengan pengujian *root* bending mengalami patah (*crack*) pada daerah batas las, pada pengujian spesimen 4 tanpa perlakuan *preheat* mengalami *crack* di bagian daerah batas las. Spesimen 1 temperatur *preheat* 230°C dengan pengujian *face* bending mengalami patah (*crack*) pada daerah batas las, pada pengujian *face* bending spesimen 2 temperatur *preheat* 230°C mengalami *crack* di bagian daerah batas las. Spesimen 3 temperatur *preheat* 230°C dengan pengujian *root* bending mengalami patah (*crack*) dan keretakan pada daerah batas las. Pengujian *root* bending spesimen 4 mengalami patah dan keretakan di daerah batas las.

Spesimen 1 temperatur *preheat* 300°C dengan pengujian *face* bending mengalami patah (*crack*) dan keretakan pada daerah *logam las*. Pengujian *face* bending spesimen 2 mengalami patah dan keretakan di daerah *logam las*. Spesimen 3 temperatur *preheat* 300°C dengan pengujian *root* bending mengalami patah (*crack*) dan keretakan pada daerah *logam las*, pada pengujian *root* bending spesimen 4 temperatur *preheat* 300°C mengalami *crack* dan keretakan di daerah *logam las*. Spesimen 1 temperatur *preheat* 370°C dengan pengujian *face* bending mengalami patah (*crack*) dan keretakan di daerah *logam las*, pada pengujian *face* bending spesimen 2 dengan temperatur 370°C mengalami patah dan keretakan di daerah *logam las*. Spesimen 3 temperatur *preheat* 370°C dengan pengujian *root* bending mengalami patah (*crack*) dan keretakan pada daerah *logam las*, pada pengujian *root* bending spesimen 4 mengalami patah dan keretakan di daerah *logam las*.

Pembahasan

Berdasarkan kriteria penerimaan pengujian bending menurut standar AWS D1.1 :2000 Kriteria penerimaan untuk tes bending, permukaan cembung dari spesimen uji bending harus diperiksa secara visual untuk diskontinuitas permukaan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Face dan Root Bending

| Temperatur | spesimen | Tipe Uji Bending | Keterangan | Hasil |
|----------------|----------|------------------|------------|-------------|
| Tanpa Preheat | 1 | Face | Patah | Tidak Lolos |
| | 2 | | Patah | Tidak Lolos |
| | 3 | Root | Patah | Tidak Lolos |
| | 4 | | Patah | Tidak Lolos |
| Preheat 230°C | 1 | Face | Patah | Tidak Lolos |
| | 2 | | Patah | Tidak Lolos |
| | 3 | Root | Patah | Tidak Lolos |
| | 4 | | Patah | Tidak Lolos |
| Preheat 300 °C | 1 | Face | Patah | Tidak Lolos |
| | 2 | | Patah | Tidak Lolos |
| | 3 | Root | Patah | Tidak Lolos |
| | 4 | | Patah | Tidak Lolos |
| Preheat 370 °C | 1 | Face | Patah | Tidak Lolos |
| | 2 | | Patah | Tidak Lolos |
| | 3 | Root | Patah | Tidak Lolos |
| | 4 | | Patah | Tidak Lolos |

Data pada tabel 10 dapat dilihat pada semua spesimen terjadi patah setelah dilakukan pengujian *face* dan *root* bending. Mengacu pada kriteria penerimaan pengujian bending menurut standar AWS D1.1 2000 hasil pengujian bending baja SUP 9 dengan perlakuan *preheat* maupun dengan perlakuan temperatur *preheat* 230°C, 300°C dan 370°C tidak lolos pengujian *face* dan *root* bending (*reject*) dikarenakan pada hasil pengujian tersebut semua spesimen mengalami patah dan dapat diambil kesimpulan bahwa baja SUP 9 tidak cocok untuk dilakukan pengelasan.

Data hasil pengamatan cacat las pada hasil pengujian *face* dan *root* bending dari las SMAW baja sup 9 dengan temperatur pemanasan 230°C, 300°C dan 370°C terdapat pada perlakuan tanpa *preheat* terdapat 2 spesimen mengalami cacat *porosity* dengan persentase

10.53%, 13.16% dan *slag inclusion* dengan persentase 26.32%, pada temperatur preheat 230 °C spesimen tidak mengalami cacat las, pada temperatur preheat 300 °C terdapat 1 spesimen yang mengalami cacat jenis *porosity* dengan persentase cacat 13,16% dan pada temperatur preheat 370 °C terdapat 1 spesimen mengalami cacat las *slag inclusion* dengan persentase 39,47% jadi kegagalan akibat cacat pada pengujian face dan root bending terdapat 5 spesimen cacat dengan persentase adalah 31,25%.

Setelah melakukan pengujian *face* dan *root* bending peneliti dapat menjelaskan bahwa pada masing masing spesimen mengalami patah pada posisi berbeda-beda antara variasi temperatur *preheat*. Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat pengaruh *preheat* sebelum pengelasan karena ada indikasi perbedaan struktur hasil pengelasan antara variasi temperatur *preheat* spesimen tanpa *preheat*, temperatur 230°C, temperatur 300°C dan temperatur 370°C.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil pengujian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan hasil pengujian face dan root bending dengan variasi pemanasan sebelum pengelasan temperatur 230°C, 300°C dan 370° las SMAW pada baja SUP 9 tidak lolos pengujian bending, dikarenakan semua spesimen yang telah diuji terjadi patah, berdasarkan standar AWS D1.1 2000 hasil pengujian yang patah tidak lolos pengujian bending, dan dapat diambil kesimpulan baja pegas daun SUP 9 tidak bagus untuk dilakukan pengelasan.

DAFTAR RUJUKAN

- Buku Pedoman. 2014. “ *Penulisan Karya Ilmiah, Tugas Akhir/ Skripsi dan Proyek Akhir*” . UNP. Padang.
- Agus Setyo Umartono, S. A. (2015). Analisa Kegagalan Proses Heat Treatment Baja Sup-9 pada Pembuatan Pegas Daun. *Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik*, 04, 55–75.
- Awan Jaya Miharja, Sri Mulyo Bondan Respati, H. P. (2018). *Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Mikrostruktur Pada Sambungan Las Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Baja Pegas Daun*. 14(1), 16–22.
- Budi Syahri, Zonny Amanda Putra, N. H. (2017). Analisis Kekerasan Baja Assab 705 yang Diberi Perlakuan Panas Hardening dan Media Pendingin. *Jurnal Invotek*, 17(1), 17–26.
- Despa Wandri, Purwantono, W. (2016). Pengaruh Arus AC dan DC Terhadap Hasil Pengelasan Pada Las Busur Listrik. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 1–7.
- Faidillah, S. (2016). *Pengaruh Pendinginan Cairan Radiator Coolant (RC) Ahm Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Pada Plat Baja ST37*. 1–11.
- Hadi, W. B. (2015). *Analisis Pengaruh Variasi Suhu Preheat terhadap Distorsi, Lebar HAZ, dan Struktur Mikro pada Sambungan Butt Joint Single V dengan Metode Pengelasan FCAW dan SMAW*. 99.
- Harsono Wiryosumarto, T. O. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Praty Pramita.
- Irzal. (2018). *Pengaruh Posisi Pengelasan Dan Jenis Elektroda E 7016 Dan E 7018*

- Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Las Baja Karbon Rendah Trs 400.* (December).
<https://doi.org/10.31227/osf.io/4pqsc>
- Kholis, I. (2013). *Pengujian Mekanik Pada Kualifikasi Wps / Pqr Smaw Welding Pipa Api 5l X42 Berdasarkan Api 1104.* 05(4).
- Konadi, E., & Fhatier, N. (2018). *Pengaruh Suhu Preheat Terhadap Ketangguhan Baja Aisi 1050 Pada Proses Pengelasan.* 2(1), 102–104.
- Mulianti. (2009). *Studi Cacat Lasan Pada Baja Struktural Dan Pencegahannya.* 6(1), 22–26.
- Murtiono, A. (2012). *Pengaruh Quenching dan tempering Terhadap kekerasan dan kekuatan tarik Serta Struktur Mikro baja karbon Sedang Untuk mata pisau pemanen sawit.* *E-Dinamis*, II(2).
- Nugroho, F. (2017). *Studi Komparasi Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Impak, Kekerasan, dan Struktur Mikro Sambungan Las Pegas Daun Baja Sup 9 Pada Proses Las SMAW.* *Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi*, IX, 57–66.
- Pratama, D. (2012). *Pengaruh Preheat dan Perbedaan Kawat Las Terhadap Ketahanan Retak dan Sifat Mekanis Baja Tahan Aus Creusabro 4800 Dengan Pengelasan SMAW.* Universitas Indonesia.
- Putri, F. (2009). *Pengaruh besar arus listrik dan panjang busur api terhadap hasil pengelasan.* *Jurnal Austenit*, 1, 1–6.
- Saputra, H., Syarief, A., & Maulana, Y. (2014). *Analisis Pengaruh Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Menggunakan Las Listrik.* *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unlam*, 03(2), 91–98.
- Society, A. W. (2004). American Welding Society. In *LIA Today* (Vol. 12).
- Sugiyono. (2011). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Bandung: Alfabeta.
- T.Sofyan, B. (2011). *Pengantar Material Teknik.* Jakarta: Salemba Teknika.
- Wibowo, B. T. (2006). *Pengaruh Temper Dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran Sae 40 Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Baja St 60.* Universitas Negeri Semarang.