

1. PENDAHULUAN

Dalam dunia teknik pengelasan atau dunia industri saat ini baja karbon rendah merupakan salah satu logam yang sering digunakan dalam pembangunan konstruksi. Salah satu masalah yang sering terjadi dalam penggunaan baja sebagai bahan dasar konstruksi adalah baja mempunyai sifat yang mudah mengalami patahan. (Santoso dkk, 2015). Pengelasan merupakan salah satu jenis penyambungan diantara penyambungan yang lain seperti baut dan keling. Berbeda antara keduanya bahwa pengelasan membutuhkan perhatian yang khusus diantaranya adalah jenis pengelasan, klasifikasi pengelasan, dan karakteristiknya (Siswanto, 2018).

Dalam penggabungan dua logam yang berbeda permasalahan yang sering timbul dalam pengelasan antara lain perbedaan titik lebur, koefisien muai, sifat fisis dan mekanis. Oleh karena itu dengan pemilihan elektroda pengelasan yang tepat akan menghasilkan sambungan yang baik (Winardi, 2020). Las busur listrik atau umumnya disebut las listrik adalah termasuk suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas, salah satunya merupakan las *SMAW* (*Shielded Metal Arc Welding* / las busur nyala listrik terlindung), pada logam induk pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul dari ujung elektroda dan permukaan benda kerja (Jalil dkk, 2017).

Mesin las *SMAW* menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (*DC*) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (*AC*). Mesin las arus *DC* dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las *DC* polaritas lurus (*DC-*) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las *DC* polaritas terbalik (*DC+*) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Tidak semua logam memiliki sifat mampu las yang baik. Bahan yang mempunyai sifat mampu las yang baik diantaranya adalah baja karbon rendah. Baja ini dapat dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur redam dan las *MIG* (las logam gas mulia). Baja karbon rendah biasa digunakan untuk pelat-pelat tipis dan konstruksi umum (Santoso, 2015).

Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi hasil pengelasan, faktor tersebut antara lain juru las, elektroda, kuat arus, dan kecepatan pengelasan. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda - beda, media pendingin merupakan suatu substansi yang berfungsi dalam menentukan kecepatan pendinginan yang dilakukan terhadap material yang telah diuji dalam perlakuan panas. Kekuatan yang dihasilkan oleh media pendingin memiliki perbedaan kapasitas pendingin dari masing - masing media pendingin. Dimana kapasitas media pendingin akan menentukan struktur butir yang terjadi, karena secara langsung berpengaruh terhadap kekuatan dari hasil pengelasan (Zulkifli dkk, 2019).

Media pendingin yang digunakan dalam proses pendinginan juga mempengaruhi kualitas pengelasan. Memperhatikan media pendingin yang digunakan merupakan sebuah upaya untuk mendapatkan hasil sambungan pengelasan yang baik. Dimana hal ini bertujuan untuk menetapkan struktur yang terbentuk sehingga hasil las yang diperoleh mendapatkan kekerasan yang maksimal. Para juru las biasanya menggunakan media pendingin berikut setelah proses pengelasan yaitu, media air udara dan oli akan tetapi kebanyakan belum mengetahui belum mengetahui bahwa air

garam cukup baik dalam proses pendinginan pasca pengelasan dalam segi waktu (Purbadilaga dkk, 2022).

Air garam memiliki densitas yang paling tinggi viskositas yang rendah dan diantara media pendingin yang lain, sehingga nilai kekerasan baja menjadi yang paling tinggi menggunakan media pendingin air garam. Dalam aplikasinya baja akan kena pengaruh gaya luar, sehingga menimbulkan perubahan bentuk (deformasi). Hardening merupakan sebuah upaya mengeraskan baja untuk menjaga nilai kekerasan agar material mampu menahan tekanan. Hardening adalah sebuah proses untuk meningkatkan sifat kekerasan baja melalui tahap pemanasan menuju temperature austenit baja dan kemudian dilakukan pencelupan cepat (Purbadilaga, 2022).

Korosi adalah penurunan sifat suatu logam akibat reaksi kimia antara paduan logam atau logam dengan lingkungannya (Aini, 2016). Sifat daya tahan korosi ini disebabkan lapisan pasif pelindung kromium oksida (CrO_3) yang berkarakter kuat dan tidak terlihat secara kasat mata. Sifat lain dari bahan ini yaitu, ketangguhan cukup tinggi, dan toleran terhadap temperatur tinggi. Dengan memiliki karakter tersebut baja ini banyak dipergunakan pada struktur konstruksi di lingkungan korosif seperti, di pengeboran minyak lepas pantai, di perkapalan, penguat beton infrastruktur tepi pantai, tangki penyimpanan asam kuat, dan lain - lain. Namun, baja karbon rendah maupun baja tahan karat dapat terkorosi apabila berada di lingkungan yang sangat korosif (Aini, 2016).

2. METODE PENELITIAN

Perkembangan yang cukup pesat dalam dunia ilmu pengetahuan dan teknologi, maka kualitas sumber daya manusia (SDM) juga harus mampu mengimbangi perkembangan agar bisa dimanfaatkan secara maksimal, salah satu perkembangan (IPTEK) yang ada pada saat ini dibidang pengelasan. Tidak hanya parameter yang mempengaruhi baik tidaknya hasil pengelasan, tetapi material benda kerja juga berpengaruh terhadap hasil pengelasan (Purbadilaga, 2022). Material benda kerja dengan kemampuan sifat las yang baik salah satunya yaitu baja karbon.

Hal ini dikarenakan sifat dari material tersebut keras dan kuat. Pada umumnya, bangunan konstruksi mesin sering mengalami kerusakan saat menerima beban setelah melalui proses pengelasan, seperti melentur, patahan, kerusakan atau cacat yang tidak diinginkan pada bagian sambungan las, terutama pada daerah heat affected zone (Purbadilaga, 2022).

Media pendingin yang digunakan dalam proses pendinginan juga mempengaruhi kualitas pengelasan. Memperhatikan media pendingin yang digunakan merupakan sebuah upaya untuk mendapatkan hasil sambungan pengelasan yang baik. Dimana hal ini bertujuan untuk menetapkan struktur yang terbentuk sehingga hasil las yang diperoleh mendapatkan kekerasan yang maksimal. Para juru las biasanya Menggunakan media pendingin berikut setelah proses pengelasan yaitu, media air udara dan oli akan tetapi kebanyakan belum mengetahui belum mengetahui bahwa air garam cukup baik dalam proses pendinginan pasca pengelasan dalam segi waktu.

Beberapa penelitian sebelumnya telah di lakukan untuk mengevaluasi efek dari media pendingin terhadap sifat-sifat mekanik dan struktur mikro pada baja stainless steel AISI 304 hasil pengelasan SMAW. Salah satu penelitian yang relevan adalah penelitian oleh Mohanty et al. (2019) yang menganalisis pengaruh media pendingin pada pengelasan baja stainless steel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan air sebagai media pendingin menghasilkan tingkat deformasi yang lebih rendah dan kekerasan yang lebih tinggi di bandingkan dengan penggunaan media pendingin lain seperti oli dan udara (Mohanty et al. 2019).

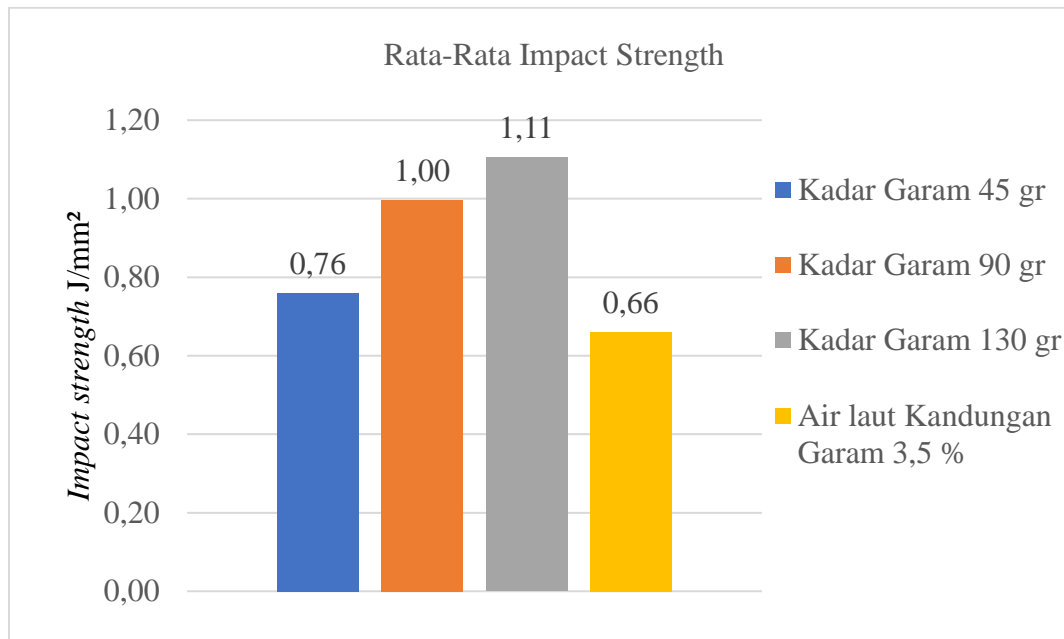
Dalam penelitian sebelumnya juga , (Purbadilaga, 2022). Membandingkan nilai kekerasan spesimen dengan media pendingin beberapa media pendingin, dimana air garam memiliki densitas yang paling tinggi viskositas yang rendah dan diantara media pendingin yang lain, sehingga nilai kekerasan baja menjadi yang paling tinggi menggunakan media pendingin air garam. Dalam aplikasinya baja akan kena pengaruh gaya luar, sehingga menimbulkan perubahan bentuk (deformasi).

Quenching adalah proses pendinginan secara cepat melalui pencelupan plat baja setelah proses pengelasan dengan menggunakan media pendingin dalam sebuah wadah yang disediakan, kekerasan logam akan semakin meningkat jika semakin cepat proses pendinginan logam tersebut (Ridwan, 2021). Dalam penelitian ini penulis akan menggunakan air laut sebagai salah satu media pendingin. Dimana di dalam kandungan air laut terdapat kadar garam karena bumi terdiri dari batu-batuan dan tanah yang mengandung garam mineral. Contohnya kalium, natrium, kalsium dll. Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan dari sambungan las antara lain: bahan, elektroda, prosedur pengelasan, dan jenis kampuh yang digunakan (Santoso, 2006).

Untuk dapat mengetahui adakah pengaruh variasi kadar air garam sebagai media pendingin terhadap hardness pada hasil pengelasan dengan las SMAW, maka diperlukan pengujian terhadap benda uji hasil dari pengelasan las SMAW. Latar belakang diatas menjadi alasan peneliti melakukan penelitian untuk menentukan kadar air garam terbaik dari beberapa variasi kadar air garam sebagai media pendingin dengan proses menggunakan pengelasan dengan metode SMAW.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik rata rata pengujian impak.



Gambar 1. Grafik rata-rata pengujian impak

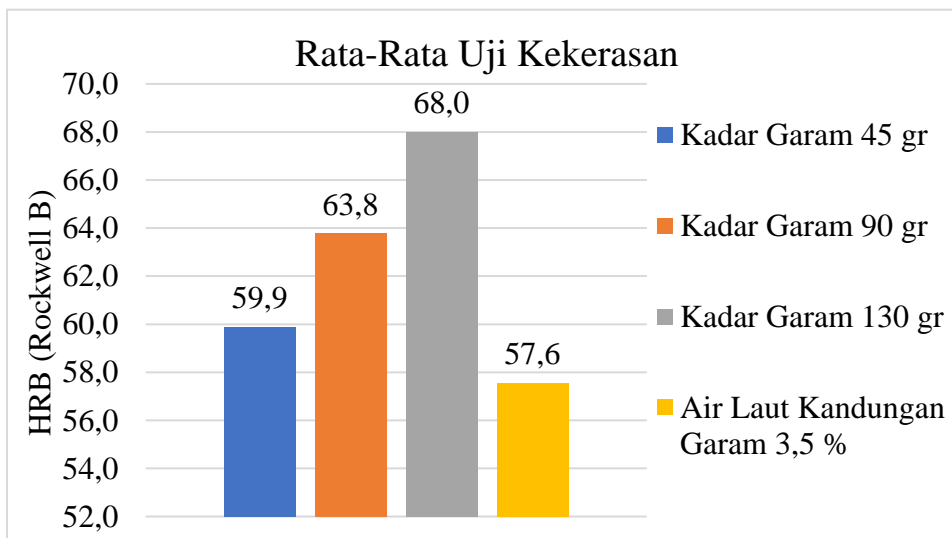
Menunjukkan bahwa pengelasan SMAW dengan bahan stainless steel AISI 304 menggunakan media pendingin kadar garam 130 gr menghasilkan nilai kekuatan impak terbesar yaitu 1,13 J/mm². Sedangkan nilai kekuatan impak terkecil yaitu 0,64 J/mm² untuk spesimen yang menggunakan media pendingin air laut dengan kandungan garam 3,5 %. Gambar 17. Nilai rata-rata kekuatan impak dari ke empat spesimen yang menggunakan media pendingin dengan variasi kadar air garam dan air laut. Dengan penelitian menggunakan proses *quenching* ini memiliki kecenderungan yang sama yaitu kekuatan impak semakin naik seiring bertambahnya kadar garam pada media pendingin.

Tabel 1. Hasil uji kekerasan

NO	Material dengan kadar garam	Spesimen	Nilai Kekerasan			Rata-rata per spesimen	Rata-Rata
			Lasan	HAZ	Base Metal		
1	Kadar Garam 45 gr	1	74	54	52	60,0	59,9
		2	74	55	52	60,3	
		3	72	52	54	59,3	
2	Kadar Garam 90 gr	1	75	63	53	63,7	63,8
		2	77	61	50	62,7	
		3	73	65	57	65,0	
3	Kadar Garam 130 gr	1	79	65	56	66,7	68,0
		2	81	68	59	69,3	
		3	77	70	57	68,0	
4	Air Laut Kandungan Garam 3,5 %	1	72	52	50	58,0	57,6
		2	70	50	52	57,3	
		3	68	54	50	57,3	

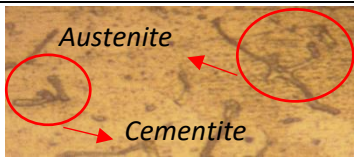
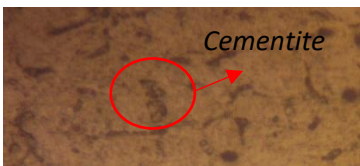
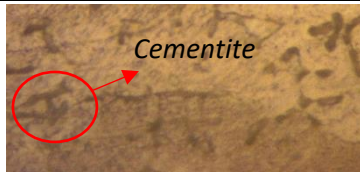

Data kekuatan kekerasan dari tabel diatas di tuangkan pada grafik untuk mempermudah membandingkan antar variasi kadar air garam dan air laut.

Pada tabel didapat hasil pengujian spesimen kekerasan material dan pada spesimen pengelasan menggunakan media pendingin air laut dengan kadar garam 3,5% kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 57,6 HRB, pada spesimen pengelasan menggunakan media pendingin larutan garam dengan kandungan garam 45 gr kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 59,9 HRB, pada spesimen pengelasan menggunakan media pendingin larutan garam dengan kandungan garam 90 gr kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 63,8 HRB, pada spesimen pengelasan menggunakan media pendingin larutan garam dengan kandungan garam 130 gr kekerasan rata-rata yang dihasilkan adalah sebesar 68,0 HRB.



Dari grafik pengujian kekerasan pertitik baja stainless steel AISI 304 yang mengalami perlakuan panas dengan proses pengelasan menggunakan media pendingin larutan garam dengan variasi kadar garam mengalami peningkatan. Hasil uji kekerasan dengan metode *Rockwell* menghasilkan nilai kekerasan tertinggi yaitu 81 HRB pada spesimen menggunakan media pendingin dengan kandungan garam 130 gr. Dari tabel dan grafik dapat dilihat bahwa angka kekerasan yang dihasilkan cukup stabil. Dengan hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa proses pengelasan *SMAW* menggunakan media pendingin variasi kadar garam meningkatkan nilai kekerasan dari material baja *Stainless steel* dengan hasil kekerasan yang merata.

Dari grafik tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa setiap spesimen mempunyai nilai rata-rata kekerasan yang berbeda-beda. Terjadinya peningkatan nilai kekerasan dipengaruhi oleh tingkat kadar garam, peningkatannya terlihat pada rata-rata setiap spesimen. Pada pengujian spesimen dengan media pendingin air laut dengan kadar garam 3,5% memiliki nilai rata-rata kekerasan yang paling rendah dibandingkan dengan spesimen dengan media pendingin kadar garam yang lain, sedangkan pada pengujian spesimen dengan media pendingin air garam dengan kadar garam 130 gr menghasilkan rata-rata nilai kekerasan yang paling tinggi. Dengan hal ini bisa disimpulkan bahwa semakin tingginya kadar garam sebagai media pendingin akan semakin tinggi angka kekerasan yang dihasilkan.

No	Spesimen	Struktur Mikro Perbesaran 1000 x	Keterangan
1	SS AISI 304 Quenching kadar garam 45 gr		<i>Austenite</i> (Terang) <i>Cementite</i> (Gelap)
2	SS AISI 304 Quenching kadar garam 90 gr		<i>Cementite</i> (Gelap)
3	SS AISI 304 Quenching kadar garam 130 gr		<i>Cementite</i> (Gelap)
4	SS AISI 304 Quenching Air Laut dengan kandungan garam 3,5 %		<i>Austenite</i> (Garis Hitam terang)

Diketahui bahwa Stainless steel AISI 304 yang telah melalui proses Pengelasan memiliki struktur *Cementite* (gelap) dan *austenit* sisa (terang). Terbentuknya austenit sisa dapat dijelaskan sebagai berikut, ketika spesimen Stainless steel dipanaskan/ mengalami proses pengelasan, dilanjutkan pendinginan cepat (*quenching*) hingga temperatur kamar, maka sebagian austenit berubah menjadi *Cementite* dan sebagian lain menjadi *austenit* sisa karena transformasi.

Struktur mikro hasil pengelasan dan di lanjutkan pendinginan cepat (*quenching*) pada material stainless steel AISI 304 selama 6 detik adalah *Cementite* (Gelap) dan *Austenite* (Terang). Terbentuknya struktur mikro *Cementite* dan *austenite* dapat dijelaskan sebagai berikut, *Cementite* adalah fase intermetalik yang mengandung besi dan karbon. Ini dapat terbentuk ketika pendinginan cepat mencegah karbon memiliki waktu cukup untuk larut sepenuhnya dalam struktur austenite yang lebih stabil. Fase *cementite* dapat terbentuk dalam bentuk partikel yang tersebar di dalam matriks *austenite* atau matriks ferit. *Austenite* adalah fase yang kaya nikel dan mengandung karbon. Ini adalah fase yang stabil pada suhu tinggi. Jika pendinginan lebih lambat atau jika material diberi perlakuan panas setelah pengelasan, *austenite* dapat mempertahankan strukturnya.

Maka pengaruh kadar air garam dalam proses *quenching* dapat berdampak pada kecepatan pendinginan. Pendinginan yang lebih cepat dapat meningkatkan peluang terbentuknya fase-fase seperti *cementite*. Sebaliknya, pendinginan yang lebih lambat dapat memberikan kesempatan lebih besar bagi *austenite* untuk tetap stabil.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan dari data yang diperoleh maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

4.1 Kesimpulan

Hasil pengujian impak menunjukkan hubungan positif antara kadar air garam dalam media pendingin dan kekuatan impak dari hasil pengelasan SMAW pada stainless steel AISI 304. Semakin tinggi kadar air garam dalam media pendingin, semakin meningkat kekuatan impak pengelasan, dengan media pendingin kadar air garam 130 gr menghasilkan kekuatan impak lebih besar daripada kadar air garam 45 gr dan air laut . Variasi kadar garam sebagai media pendingin setelah proses pengelasan juga memengaruhi kekerasan stainless steel AISI 304: nilai rata-rata kekerasannya meningkat seiring peningkatan kadar garam, seperti pada media pendingin air laut (58 HRB), 45 gr garam (60 HRB), 90 gr garam (63,7 HRB), dan 130 gr garam (66,7 HRB). Struktur mikro material stainless steel AISI 304 dengan media pendingin kadar air garam terdiri dari fasa *cementite* (tinggi kekerasannya) dan *austenite* (rendah kekerasannya). Kehadiran *cementite* dalam struktur dual-phase dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan keseluruhan material, sementara kombinasi antara kekerasan fasa *cementite* dan sifat deformasi plastis fasa *austenite* berkontribusi pada pemberian kekuatan yang baik.

4.2 Saran

untuk kesempurnaan dan pengembangan lebih lanjut mengenai penelitian, maka perlu diperhatikan saran-saran berikut :

1. Penelitian *quenching* dengan media kadar air garam dapat dikembangkan dengan tipe baja yang lain.

2. Pada proses pengelasan diusahakan daerah yang mengalami proses pengelasan rapi
3. Pada penelitian selanjutnya dapat diperdalam teori struktur mikro.

DAFTAR NOTASI

SMAW	: <i>Shielded Metal Arc Welding</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
AC	: <i>Alternating Current</i>
DC -	: Mesin Las Polaritas Lurus
AC -	: Mesin Las Polaritas Terbalik
MIG	: <i>Metal Inert Gas</i>
NaCl	: <i>Natrium Klorida (Garam Dapur)</i>
pH	: Derajat Keasaman
AISI	: <i>American Iron and Steel Institute</i>
Cr	: Kromium
Cr ₂ O ₃	: Kromium (III) Oksida
Ni	: Nikel
SS	: <i>Stainless Steel</i>
C	: Karbon
Mn	: Mangan
P	: Fosfor
S	: Belerang
Si	: Silikon
Fe	: Besi
IS	: Impact Strength
A	: Luasan Patahan
Mpa	: <i>Megapascal</i>
HRB	: <i>Hardness Rockwell B (scale)</i>
HRA	: <i>Hardness Rockwell A (scale)</i>
HRC	: <i>Hardness Rockwell C (scale)</i>
ASTM	: <i>American Testing and Material Authority</i>
HNO ₃	: Asam Nitrat
HR	: <i>Hardness Rockwell</i>

DAFTAR PUSTAKA

- Santoso, T. B., Solichin, & Hutomo, P. T. (2015, April). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las SMAW Dengan Elektroda E7016. *Teknik Mesin*, 56-54.
- Subagia, I. G. (2015). Modul Metalurgi. 1-34.
- Aini, N. (2016). Perilaku Korosi Baja AISI 1021 Dan AISI 304 Dalam Berbagai Media Asam. 1-104.
- Fawaid, m., Ismail, R., Jamari, & Nugroho, S. (2012). Karakteristik AISI 304 Sebagai Material Friction Welding. *Prosiding SNST*, C.29-C.33.
- Hamid, A. (2016, Januari). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Teknologi Elektro*, VII, 26-36.
- Jalil, S. A., Zulkifli, & Rahayu, T. (2017, Agustus). Analisa Kekuatan Impak Pada Penyambungan Pengelasan SMAW Material ASSAB 705 Dengan Variasi Arus Pengelasan. *Polimesin*, 15, 58-63.
- KUSUMA, M. H. (2017). Studi Pengaruh Waktu Penahanan Quenching-Partitioning Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja AISI 51B60 Dan Baja AISI 9260 Bekas. 1-73.
- Nugraheni, N. T., Kusuma, K. N., Sari, R. Y., Sugiharto, A., Janah, H. R., Nisa, K., & Humam, A. Z. (2014). Uji Kekerasan Material Dengan Metode Rockwell. 1-9.
- Purbadilaga, R., Firdaus, & Suryana, D. (2022, Oktober). Pengaruh Media Pendingin Kadar Air Garam. *Machinery Jurnal Teknologi Terapan*, III, 105-111.
- Ridwan, A., Irzal, Waskito, & Mulyadi, R. (2021, Mei). Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las SMAW. *Vomek*, 3, 34-40.
- Setiawan, M. E. (2019, Desember). Pengaruh Salinitas Dan pH Air Laut Terhadap Laju Korosi Di Berbagai Tempat Pada Material SS AISI 304 Dan ST 46. *Brawijaya*, 1-33.
- Siswanto, R. (2018). *Teknologi Pengelasan (HMKB791)*. Banjarmasin.
- Sumarji. (2011, Januari). Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe SS 304 Dan SS 201 Menggunakan Metode U-BEND Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan PH. *Rotor*, 4, 1-8.
- Winardi, Y., Fadelan, Munaji, & Krisdiantoro, W. N. (2020, Agustus). Pengaruh Elektroda Pengelasan Pada Baja AISI 1045 Dan SS 202 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik. *Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 8, 86-93.
- Zulkifli, Dahlan, B., & Fatimah, N. (2019, Desember). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Mekanik Pada Hasil Pengelasan Metode Smaw Material Baja St 52. *Welding Technology*, 1, 48-51.