

ANALISA PENGARUH VARIASI MEDIA PENDINGIN AIR DAN OLI PADA SAMBUNGAN LAP JOINT TERHADAP SIFAT MEKANIK MENGUNAKAN LAS SMAW (DC)

Sultoni, Nurida Finahari, M. Agus Sahbana^{*)}

Jurusan Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang

Email : sahbana@widayagama.ac.id

ABSTRAK

Pengelasan (Shield metal arc welding) SMAW merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu pabrik tanpa melibatkan unsur pengelasan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan tarik dan nilai kekerasan pada hasil pengelasan SMAW posisi Lap joint dengan variasi media pendingin air dan oli. Nilai kekuatan tarik tertinggi rata-rata sebesar 113.03 Kgf/mm² dengan variasi media pendingin oli bekas 2 menit. Nilai kekerasan di daerah logam induk yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 45.5 HRB. Nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah logam las yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan oli bekas dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 84.5 HRB. Nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah logam HAZ yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 dan udara menit yaitu sebesar 59 HRB.

Kata Kunci: SMAW, Kekuatan Tarik, Nilai kekerasan, Lap joint, Media pendingin

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan bagian tak terpisahkan dari pertumbuhan peningkatan industri karena memegang peranan utama dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir tidak mungkin pembangunan suatu pabrik tanpa melibatkan unsur pengelasan.

Pada area industrialisasi dewasa ini teknik pengelasan telah banyak dipergunakan secara luas pada penyambungan batang-batang pada konstruksi bangunan baja dan konstruksi mesin. Luasnya penggunaan teknologi ini disebabkan karena bangunan dan mesin yang dibuat dengan teknik penyambungan menjadi ringan dan lebih sederhana dalam proses pembuatannya.

Shield metal arc welding (SMAW) adalah sebuah proses penyambungan logam yang menggunakan energi panas untuk mencairkan benda kerja dan elektroda (bahan pengisi). Energi panas pada proses pengelasan SMAW dihasilkan karena adanya lonjakan ion (katoda dan anoda) listrik yang terjadi pada ujung elektroda dan permukaan material. Pada proses pengelasan SMAW jenis pelindung yang digunakan adalah selaput flux yang terdapat pada elektroda. Flux pada elektroda SMAW berfungsi untuk melindungi logam las yang mencair saat proses pengelasan berlangsung. Flux ini akan menjadi slag ketika sudah padat.

Lap Joint atau biasa yang kita sebut sebagai sambungan tumpang adalah sambungan yang terdiri dari 2 buah benda kerja yang saling

bertumpukan. Tipe sambungan las yang sering digunakan untuk pengelasan spot atau seam. Karena materialnya ini ditumpuk atau disusun sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada bagian body kereta dan cenderung untuk plat tipis. Jika menggunakan proses las SMAW, GMAW atau FCAW pengelasannya sama dengan sambungan fillet.

Pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) itu ada berbagai macam cacat pengelasan, antara lain *undercutting*, *porositas*, *slag inclusion*, *crack*/ retak dan kurang penetrasi atau penembusan yang kurang sempurna. Hal ini sangat berbahaya sekali terhadap sifat mekanik dari sambungan pengelasan tersebut, apalagi sambungan Tumpang (*LAP Joint*) posisi benda kerjanya saling tindih serta posisi pengelasannya berada di tengah sudut ke dua benda. Salah satu cara untuk memperbaiki sifat dan mekanis suatu bahan ialah melalui perlakuan panas (*Heat Treatment*). Pendinginan langsung pada penelitian ini yaitu menggunakan media air dan oli. Air merupakan media pendingin yang mudah didapatkan serta ketersediaannya yang melimpah sedangkan untuk pendinginan media oli, penelitian ini juga berorientasi pada pemanfaatan limbah maka oli yang dipergunakan yaitu oli bekas kendaraan sepeda motor. Dengan adanya variasi media pendingin, apakah nanti berpengaruh ke nilai tarik dan kekerasan.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan. Definisi pengelasan menurut DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dengan kata lain, las merupakan sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas.

Pengelasan *bimetal* adalah proses pengelasan yang menyambungkan dua macam logam yang berbeda. Pengelasan *bimetal* mempunyai tingkat kerumitan yang lebih tinggi dibanding dengan pengelasan logam yang sejenis. Karena logam yang tidak sejenis mempunyai karakteristik yang berbeda satu sama lainnya. Sehingga proses pengelasan logam yang tidak sejenis membutuhkan beberapa teknik tertentu, misalnya pemilihan logam yang akan disambung harus tepat, pemilihan elektroda yang sesuai, pengaturan *heat input* yang tepat, serta pemilihan perlakuan panas pasca pengelasan yang tepat.

Quenching adalah proses perlakuan panas dimana prosesnya dilakukan dengan pendinginan yang relatif cepat dari temperatur austenisasi (umumnya pada jarak temperatur 815°C-870°C) pada baja. Keberhasilan proses *quenching* ditentukan oleh media *quenching* (*quenchant medium*) yang digunakan. Untuk menentukan media *quenching*, sangat bergantung pada mampu keras (*hardenability*) dari logam, ketebalan dan bentuk dari benda uji yang akan *quenching*. Serta struktur mikro yang diinginkan dari hasil proses *quenching*. Adapun media *quenching* yang sering digunakan adalah media cair (*liquid*) dan gas. Media *quenching* cair adalah oli, air, larutan polimer (*aquos polymer solution*), Larutan garam. Sedangkan media *quenching* gas adalah helium, argon, dan nitrogen. Penelitian ini akan menggunakan media pendinginan langsung yaitu air dan oli.

Air adalah suatu zat cair yang tidak mempunyai rasa, bau dan warna dan terdiri dari hidrogen dan oksigen dengan rumus kimia H₂O. Karena air mempunyai sifat yang hampir bisa digunakan untuk apa saja serta mudah didapat dan juga ketersediaannya masih banyak. Air memiliki massa jenis yang besar daripada air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginan air lebih lambat dari pada air garam. Dalam penelitian ini air yang akan digunakan dalam proses pendinginannya yaitu air kran atau air tanah.

Oli memberi pendinginan yang lambat, oli ini sering digunakan di industri. Oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan

massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat. Untuk pendinginan yang kita pakai pada penelitian ini yaitu oli bekas pada kendaraan sepeda motor.

Oli bekas itu adalah oli yang sudah terpakai, meliputi bekas pemakaian dari mesin pabrik, mesin kendaraan bermotor roda dua atau roda empat, mesin kapal, mesin diesel, dan mesin-mesin yang lainnya (Anonim, 2014)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (*True Experimental Research*).

Variabel Penelitian

Terdapat dua variabel penelitian ini, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini yaitu :

- Variasi media pendingin air dan oli bekas.
- Arus pengelasan 70 A.
- Lama waktu pendinginan yaitu 2 menit, 1 detik atau celup dan tanpa media pendingin sebagai perbandingan.

Variabel terikat adalah variabel yang besarnya berkaitan pada variabel bebas yang digunakan. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah :

- Sifat mekanik (kekuatan tarik dan nilai kekerasan)
- Sambungan Lap Joint.

Hipotesa

Media pendingin oli bekas akan berpengaruh pada nilai kekerasan dan kekuatan tarik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Uji Kekuatan Tarik

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini merupakan data setelah melakukan penelitian. Data yang didapat adalah kekuatan Tarik dan Kekerasan pada posisi pengelasan *lap joint* dengan variabel waktu dan pendinginan yang telah ditentukan. Data hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 1 dan 2. Hasil uji statistik menggunakan program SPSS ditunjukkan pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 untuk nilai rata-rata uji Tarik bisa dilihat pada kolom mean dan untuk nilai keseluruhan uji Tarik bisa dilihat pada kolom sum. Nilai tertinggi uji tarik yakni pada spesimen oli bekas dengan waktu 2 menit dengan nilai sebesar 113.0300 dan nilai terendah uji Tarik yakni 105.1567 pada spesimen pembanding yakni udara. Analisa selanjutnya yaitu menggunakan Uji T menggunakan aplikasi SPSS. Uji ini dilakukan untuk mencari apakah nilai tersebut sama atau

berbeda, karena bisa dilihat pada nilai rata-rata uji Tarik nilainya tidak terpaut jauh. Untuk melihat nilai tersebut dikatakan berbeda atau sama maka parameter yang di gunakan yaitu pada nilai sig. (2-tailed). Jika nilainya lebih dari 0.025 maka nilai tersebut dikatakan sama sedangkan jika nilainya dibawah 0.025 maka nilai tersebut berbeda.

Tabel 1. Hasil Uji Tarik

No	Variasi Pendinginan	Jumlah Spesimen	Tensile Strength Kgf/mm ²
1	Pendinginan Udara	A	104.62
		B	103.69
		C	107.16
2	Pendinginan Celup Air	A	109.38
		B	103.10
		C	111.73
3	Pendinginan Air 2 Menit	A	106.29
		B	111.73
		C	109.18
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	A	106.29
		B	110.16
		C	106.33
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	A	112.19
		B	109.18
		C	117.72

Tabel 2. Hasil Uji Kekerasan

No	Variasi Pendinginan	Titik Pengujian	Daerah Logam Induk (HRB)	Kekerasan Daerah Las (HRB)	Kekerasan Daerah HAZ (HRB)
1	Pendinginan Air Celup	1	55	74	60
		2	35	67	53
2	Pendinginan Air 2 Menit	1	55	73	56
		2	36	68	62
3	Pendinginan Udara	1	54.5	67	54
		2	35	85	64
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	1	54	83	56
		2	34	85	58
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	1	55.5	84	61
		2	35	85	56

Dari Tabel 4 Uji T air celup dan air 2 menit dapat di lihat untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,758 ,761) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji tarik dengan spesimen air celup dan air 2 menit dikatakan ada perbedaan.

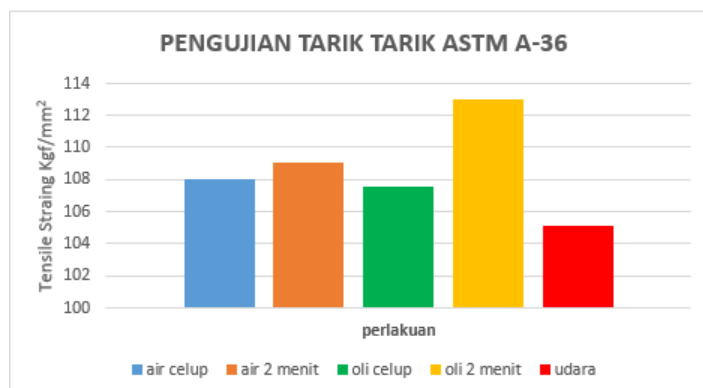
Dari Tabel 5 Uji T air celup dan oli bekas celup dapat di lihat untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,876 ,879) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji tarik dengan spesimen air celup dan oli bekas celup dikatakan ada perbedaan nilai.

Dari Tabel 6 Uji T air 2 menit dan oli bekas celup dapat di lihat untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,508 ,509) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji tarik dengan spesimen air 2 menit dan oli bekas celup ada perbedaan nilai.

Dari Tabel 7 Uji T oli bekas 2 menit dan air 2 menit dapat di lihat untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,251 ,263) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji tarik

dengan spesimen oli bekas 2 menit dan air 2 menit ada perbedaan nilai yang cukup signifikan.

Dari data statistik diatas, maka data tersebut dapat dibuat menjadi grafik hasil uji Tarik seperti dibawah ini



Gambar 1 Grafik Uji Tarik

Dilihat dari gambar 1 grafik uji Tarik, untuk rata-rata kekuatan Tarik media pendinginan air celup, air 2 menit dan oli celup perbedaannya tidak terlalu signifikan yaitu 108,0700, 109,0667 dan 107,5933 Kgf/mm². Untuk mengetahui lebih jelasnya, Tabel 4.4-4.7 uji T untuk 4 spesimen tersebut nilainya masih dibawah parameter 0.025 sehingga nilai kekuatan tarik spesimen tersebut ada perbedaan nilai.

Pada spesimen yang pendinginannya menggunakan media oli bekas 2 menit, hasil uji Tarik menunjukkan kekuatan Tariknya sebesar 113.03 Kgf/mm². Bisa jadi ini dipengaruhi oleh media pendinginnya yaitu oli bekas dan variable waktunya selama 2 menit. Oli merupakan media pendinginan yang sangat lambat. Oli juga memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat sehingga bisa memberikan pengaruh yang sangat tinggi terhadap kekuatan material pada pengelasan. Sebagai tambahan pendukung, pada jurnal Yassir maulana dengan judul Analisis Kekuatan Tarik Baja ST37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan SMAW nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu menggunakan media pendinginan oli bekas. Penggunaan oli bekas ini sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung pada besarnya viskositas (Yassir Maulana, 2016).

Nilai kekuatan Tarik terendah yaitu sebesar 105.1567 Kgf/mm² dengan perlakuan pendinginan udara. Spesimen ini digunakan sebagai perbandingan media air dan oli bekas. Sehingga bisa kita simpulkan bahwa pemberian media pendingin setelah pengelasan mampu memperbaiki sifat kekuatan Tarik pada hasil pengelasan.

Tabel 3 Statistik Uji Tarik

	Air 2 menit	Air celup	Oli bekas celup	Oli bekas 2 menit	udara
Valid	3	3	3	3	3
Missing	0	0	0	0	0
Mean	109,0667	108,0700	107,5933	113,0300	105,1567
Sum	327,20	324,21	322,78	339,09	315,47

Tabel 4. Uji T Air Celup vs 2 menit

Group Statistics					
	media	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
perlakuan	air celup	3	108,0700	4,46165	2,57593
	air 2 menit	3	109,0667	2,72177	1,57141

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
perlakuan				f	ig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
		ig.						Lower	Upper
perlakuan	Equal variances assumed	1,124	,349	-	,758	-,99667	3,01741	-9,37435	7,38101
	Equal variances not assumed			3,308	,761	-,99667	3,01741	-10,11359	8,12026

Tabel 5 Uji T Air Celup vs Oli BekasCelup

Group Statistics					
	media	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
perlakuan	oli bekas celup	3	107,5933	2,22289	1,28339
	air celup	3	108,0700	4,46165	2,57593

Independent Samples Test									
		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means					
perlakuan				f	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.					Lower	Upper
perlakuan	Equal variances assumed	1,931	,237	-,166	,876	-,47667	2,87794	-8,46710	7,51376
	Equal variances not assumed			-,166	2,935	-,47667	2,87794	-9,75087	8,79753

Tabel 6 Uji T Air 2 menit vs Oli Bekas Celup

		Group Statistics			
	media	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
perlakuan	oli bekas celup	3	107,5933	2,22289	1,28339
	air 2 menit	3	109,0667	2,72177	1,57141

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
						Sig. (2- tailed)	Mean Differe nce	Std. Error Differe nce	95% Confidence Interval of the Difference	
		Sig.		df					Lower	Upper
perlakuan	Equal variances assumed	,021	,892	- ,726		,508	- 1,4733 3	,02890	-7,10645	4,15979
	Equal variances not assumed			- ,726	3,84 7	,509	- 1,4733 3	2,0289 0	-7,19621	4,24955

Tabel 7 Uji T Oli 2 menit vs Air 2 menit

		Group Statistics			
	media	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
perlakuan	oli bekas 2 menit	3	113.0300	4.33152	2.50081
	air 2 menit	3	109.0667	2.72177	1.57141

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances				t-test for Equality of Means				
		F	ig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
perlakuan	Equal variances assumed	.767	431	.342	4	.251	3.96333	2.95354	-4.23700	12.16367
	Equal variances not assumed			.342	3.366	.263	3.96333	2.95354	-4.88314	12.80980

Tabel 8 Data Hasil Kekerasan

No	Variasi Pendinginan	Daerah Logam Induk (HRB)	Kekerasan Daerah Lasan (HRB)	Kekerasan Daerah HAZ (HRB)
1	Pendinginan Air Celup	45	70.5	56.5
2	Pendinginan Air 2 Menit	45.5	70.5	59
3	Pendinginan Udara	35	76	59
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	44	84	57
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	35	84.5	58.5

2. Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mendapatkan nilai kekerasan dari masing-masing specimen dan perbedaan perlakuan media pendingin serta variable waktu.

Dari tabel 8 diatas bisa kita lihat masing-masing nilai rata-rata pada setiap daerah, yaitu daerah Logam Induk, daerah las dan daerah *Heat Affected Zone* (HAZ). Setiap variasi pendinginan mempunyai nilai kekerasan tertinggi pada daerahnya masing-masing, ini tidak terlepas dari media pendinginannya serta variable waktu yang diterapkan. Di daerah logam induk nilai kekerasan tertinggi yaitu pada specimen pendinginan air dengan waktu 2 menit. Bisa jadi ini dikarenakan factor proses serta media pendinginannya, pada proses pendinginannya, setelah dilakukan pengelasan, specimen tersebut langsung di dinginkan dengan cepat atau bisa dikatakan paksa karena menggunakan media air.

Nilai kekerasan tertinggi pada daerah lasan yaitu specimen dengan menggunakan media pendinginan oli bekas dengan variabel waktu 2 menit. Proses pendinginan menggunakan media oli itu sangat lambat karena oli memiliki nilai viskositas lebih tinggi dibandingkan dengan air walaupun nilai viskositas tersebut sudah turun karena pembakaran mesin. Oli bekas juga memiliki kandungan yang agak sedikit berbeda dengan oli baru karena disana sudah terkontaminasi dengan berbagai hal semisal jelaga, bahan bakar serta air dan asam belerang.

Di daerah HAZ, nilai kekerasan tertinggi itu berada pada specimen pendinginan air 2 menit dan udara. Sebenarnya untuk nilai kekerasan di daerah HAZ tidaklah terpaut jauh antara specimen satu dengan yang lainnya. Ini dikarenakan daerah HAZ merupakan daerah yang terpapar panas secara langsung pada saat pengelasan, jadi untuk pemberian media pendingin yang baik pada daerah haz yaitu air dengan variabel 2 menit serta udara.

Tabel 9 Hasil Uji Kekerasan Area Logam Induk

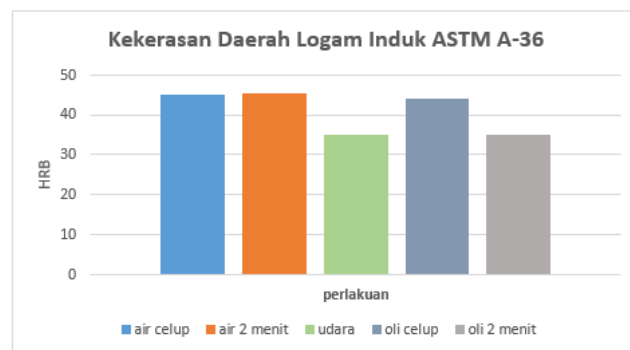
No	Variasi Pendinginan	Daerah Logam Induk
1	Pendinginan Air Celup	45
2	Pendinginan Air 2 Menit	45.5
3	Pendinginan Udara	35
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	44
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	35

Kekerasan Daerah Logam Induk

Dengan cara yang sama, hasil pengujian statistik menggunakan Uji T untuk data kekerasan daerah logam induk menunjukkan bahwa Uji T air celup dan air 2 menit dapat untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,974 ,974) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji kekerasan daerah logam induk dengan specimen Uji T air celup dan air 2 menit ada perbedaan nilai.

Uji T oli bekas celup dan air 2 menit untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,923 ,923) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji kekerasan daerah logam induk dengan specimen oli bekas celup dan air 2 menit ada perbedaan nilai.

Uji T oli bekas celup dan air celup untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,950 ,950) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji kekerasan daerah logam induk dengan specimen oli bekas celup dan air celup ada perbedaan nilai.



Gambar 2 Grafik data kekerasan logam induk

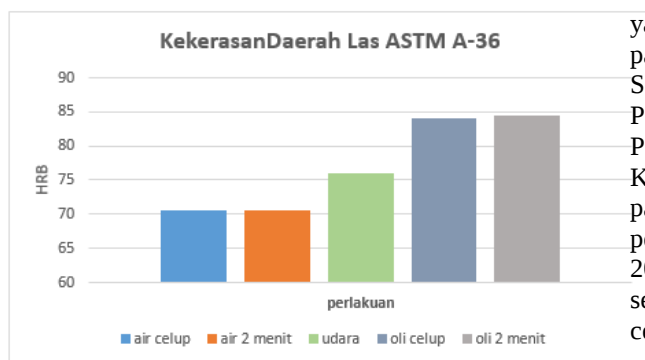
Nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah logam induk yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 45.5 HRB. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 35 HRB pada perlakuan oli bekas 2 menit dan udara. Untuk mendapatkan nilai kekerasan yang baik pada daerah logam las maka pemberian media pendingin air sangatlah efektif karena mampu mendinginkan specimen dengan cepat. Sedangkan jika pendinginannya menggunakan oli bekas dengan variabel waktu yang lama maka akan menghasilkan nilai kekerasan yang sama dengan pendinginan udara, ini dikarenakan oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang sangat tinggi yang menyebabkan proses pendinginannya lambat seperti proses pendinginan udara.

Tabel 10 Data kekerasan daerah las

No	Variasi Pendinginan	Kekerasan Daerah Las (HRB)
1	Pendinginan Air Celup	70.5
2	Pendinginan Air 2 Menit	70.5
3	Pendinginan Udara	76
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	84
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	84.5

Kekerasan Daerah Lasan

Uji T Oli bekas celup dan oli bekas 2 menit untuk nilai sig.(2-tailed) sebesar (,698 ,712) dan nilai tersebut dibawah parameter 0.025, jadi untuk nilai uji kekerasan daerah logam induk dengan specimen oli bekas celup dan air celup ada perbedaan nilai.



Gambar 3 Grafik data kekerasan daerah lasan

Nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah logam las yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan oli bekas dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 84.5 HRB. Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 76 HRB pada perlakuan pendinginan udara. Sebagai perbandingan specimen udara yang memiliki nilai kekerasan 76 HRB maka untuk mendapatkan nilai kekerasan yang baik di daerah las yaitu menggunakan variabel media pendinginan oli bekas karena Oli merupakan media pendinginan yang sangat lambat. Oli juga memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat. Sebagai tambahan pendukung pada jurnal Muhammad Sultanul Azdkar, Herman Pratikno dan Harmin Sulistiyani yang berjudul Analisis Pengelasan SMAW pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Biokorosi di Lingkungan Laut, nilai kekerasan tertinggi di miliki oleh daerah logam las atau *weld metal* dibandingkan dengan kekerasan daerah logam induk dan area HAZ (Azdkar, Pratikno, & Titah, 2019). Penggunaan Oli bekas ini sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada specimen tergantung pada besarnya viskositas yang menyebabkan nilai kekuatan Tarik juga akan meningkat, dan bisa di lihat pada gambar 4.16 Grafik uji tarik menunjukkan nilai kekuatan Tarik tertinggi yaitu pada media pendinginan oli bekas 2 menit.

Untuk media pendinginan air nilai kekerasannya paling rendah, ini bisa dikarenakan memiliki masa jenis lebih tinggi dari oli dan proses pendinginannya sangat cepat sehingga sangat mempengaruhi nilai kekerasan di daerah logam las.

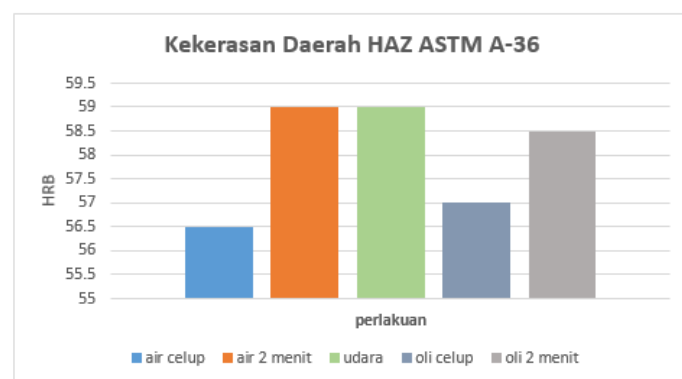
Kekerasan Daerah HAZ

Nilai kekerasan tertinggi dari uji kekerasan di daerah logam HAZ yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 menit dan udara

yaitu sebesar 59 HRB. Sebagai data pendukung, pada jurnal Rachmadani, Suharno & Herman Saputro yang berjudul Pengaruh Media Pendingin Pada Pengelasan Baja S45c Menggunakan Metode Pengelasan *Gas Metal Arc Welding* Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro, nilai kekerasan pada daerah HAZ di miliki oleh media pendinginan air (Saputro, Mesin, & Keguruan, 2019). Sedangkan nilai kekerasan terendah yaitu sebesar 56.5 HRB pada perlakuan pendinginan air celup.

Tabel 11 Data kekerasan daerah HAZ

No	Variasi Pendinginan	Kekerasan Daerah HAZ (HRB)
1	Pendinginan Air Celup	56.5
2	Pendinginan Air 2 Menit	59
3	Pendinginan Udara	59
4	Pendinginan Oli Bekas Celup	57
5	Pendinginan Oli Bekas 2 Menit	58.5



Gambar 4 Grafik data kekerasan daerah HAZ

KESIMPULAN

Berdasarkan dari data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan bahwa kekuatan tarik tertinggi terjadi pada perlakuan dengan media pendingin oli bekas dengan variabel waktu 2 menit yaitu sebesar 113.03 Kg/mm².

Dari hasil uji kekerasan yang telah dilakukan, diperoleh nilai kekerasan tertinggi pada setiap daerah specimen, yaitu :

- Daerah logam induk yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 45.5 HRB
- Daerah logam las yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan oli bekas dengan waktu 2 menit yaitu sebesar 84.5 HRB.
- Daerah logam haz yaitu pada specimen yang menggunakan perlakuan pendinginan air dengan waktu 2 dan udara yaitu sebesar 59 HRB.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Firdausi Ahsan. (2016). Diagram Fasa Fe-Fe₃C. Retrieved From [https://www.agungfirdausi.my.id/2012/04/Diagram-Fasa-Fe-Fe₃C.html](https://www.agungfirdausi.my.id/2012/04/Diagram-Fasa-Fe-Fe3c.html)
- Astra, I. M., & Si, M. (2015). Struktur Kristal, 1–51.
- Dieter. (1987). *Metalurgi Mekanik*. (T. Sriati D, Ed.). Jakarta: Erlangga.
- Harsono Wiryosumarto Dan Toshie Okumura. (2000). *Teknologi Pengelasan Logam* (8th Ed.). Jakarta: PT. Pradya Paramita. Retrieved From <https://www.slideshare.net/Tanaliaayubi/Teknologi-Pengelasan-Logam>
- Konstruksi Perangkat Las GTAW. (2010). Retrieved From <http://schweissaufsicht.ansa.ch/wig/wig1.htm>
- Las TIG (Tungsten Inert Gas Welding). (2013). Retrieved December 10, 2013, From <http://www.manulia.de/>
- Malau. (2003). *Diklat Kuliah Teknologi Pengelasan Logam* (V). Yogyakarta: UGM.
- Materials, A. (2012). No Title. Retrieved June 5, 2019, From <https://www.azom.com/article.aspx?articleid=6117>
- Mufarrih, H. I. Dan A. (2016). Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus, Media Pendingin, Dan Merk Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Dan Distorsi Sudut Sambungan Baja ST 37. *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, 11(1), 41–45.
- Olibekass.Blogspot.Com. (2014). Oli Bekas. Retrieved September 12, 2018, From <http://olibekass.blogspot.com/2014/12/Oli-Bekas.html>
- Purwanto, I. A. (2017). Analisa Variasi Media Pendingin, Sudut, Merk Elektroda, Terhadap Kekuatan Sambungan Las Busur Listrik Pada Baja St 37. *Artikel Skripsi*, 1–10.
- Sinta. (2012). Oli Bekas, 8–28.
- Soedjono. (1994). Berkreasi Dengan Logam (4th Ed., P. 52). Bandung: Bandung Remaja Rosda Karya.
- Soetardjo. (1997). *Petunjuk Praktek Las Asetilin Dan Las Listrik* (1st Ed.). Surabaya: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan.
- Sukamto. (2009). Pengaruh Media Pendingin Terhadap Hasil Pengelasan TIG Pada Baja Karbon Rendah. *Janateknika*, 11(2), 126–137.
- Suprayogi, A., & Tjahjanti, P. H. (2017). Analisa Surface Preparation Pada Plat Baja Astm A36, 188–197.
- Suwito, A. J. Dan D. (2016). Kajian Pengelasan MIG Dan SMAW Dengan Varisi Pendingin (Air, Collent, Dan Es) Terhadap Kekuatan Tarik. *JTM*, 4(2), 37–42.
- Wiryosumarto, H. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT. Pradya Paramita.
- Yassyir Maulana. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 2(1).