

# ANALISA VARIASI *COLD TREATMENT* PADA PENGELASAN *SHIELD METAL ARC WELDING* (SMAW) TERHADAP SIFAT MEKANIS PADA BAJA AISI 1050

Fandi Bayu Candra Prasetya<sup>1</sup>, I Wayan Sujana<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mesin S-1, Institut Teknologi Nasional Malang, Kota Malang, Indonesia

Email: [fandibayucandraprasetya@gmail.com](mailto:fandibayucandraprasetya@gmail.com)

## ABSTRAK

Baja karbon adalah baja yang mengandung karbon lebih kecil 1,7% sedangkan besi mempunyai kadar karbon lebih besar dari 1,7%. Proses pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan menggunakan energi panas. Pada proses pengelasan dibutuhkan proses heating dan cooling. Untuk kecepatan heating tergantung dari proses las yang dilakukan, sedangkan untuk cooling pada las yang dilakukan tergantung dari media pendinginan yang dilakukan. Dalam penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan tujuan untuk mencari perbandingan nilai rata-rata kekerasan, kekuatan tarik, struktur mikro dan makro dari hasil pengelasan SMAW dengan elektroda E7018 menggunakan media pendingin air garam, *coolant* dan oli SAE 40 pada baja AISI 1050. Pada pengujian kekerasan nilai tertinggi didapatkan pada proses pengelasan SMAW dengan penggunaan media pendinginan air garam dengan nilai pada daerah *weld metal* sebesar 84,33 HRB, daerah HAZ sebesar 77 HRB dan daerah *base metal* sebesar 73,67 HRB. Pada pengujian tarik nilai kekuatan tarik maksimal tertinggi didapatkan pada proses pengelasan SMAW dengan media pendingin air garam dengan nilai sebesar 444,17 MPa. Untuk struktur mikro pada proses pengelasan SMAW pendingin air garam mendominasi pearlite daripada ferrite, untuk pendingin *coolant* mendominasi ferrite dan pearlite dan untuk pendingin oli SAE 40 mendominasi ferrite namun masih cukup banyak pearlite. Untuk struktur makro pada proses pengelasan SMAW lebar HAZ pendingin air garam lebih tinggi dengan nilai sebesar 1,725 mm dan terdapat cacat porosity, namun minim. Pada setiap masing-masing penggunaan media pendinginan memiliki proses pendinginan yang berbeda-beda yang dapat mempengaruhi nilai kekerasan, kekuatan tarik, struktur mikro dan struktur makro yang terdapat pada material, yang disebabkan dari tinggi rendahnya viskositas dan densitas. Pemasukan heat input pada proses pengelasan dapat mempengaruhi hasil pengelasan dan bentuk lebar daerah HAZ sehingga dapat mempengaruhi dari hasil kekerasan dan kekuatan tarik.

**Kata Kunci:** Variasi *Cold Treatment*, Las SMAW, Baja AISI 1050, Sifat Mekanis.

## PENDAHULUAN

Di era yang diikuti dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK), menciptakan era globalisasi dan keterbukaan, yang menuntut peran serta setiap orang, sehingga diperlukan sumber daya manusia yang menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi serta mengetahui bagaimana menerapkannya.

Dalam Industri saat ini, baja banyak digunakan dalam bidang konstruksi, alat berat, kendaraan darat, laut dan udara, serta komponen mesin. Sehingga dalam hal ini proses pengelasan membutuhkan pemanasan dan pendinginan.

Laju pemanasan tergantung pada proses pengelasan yang dilakukan, sedangkan laju pendinginan las sesuai dengan media pendinginan yang digunakan. Pendinginan yang berbeda dapat mempengaruhi nilai kekerasan dan kekuatan tarik yang berbeda, jika pendinginan dilakukan cepat maka terbentuk struktur martensite dan hasil kekuatan las dipengaruhi dari panas yang dihasilkan pada proses pengelasan.

Penelitian ini diharapkan menjadi suatu informasi dan sebagai bahan pertimbangan dalam penggunaan metode pengelasan pada dunia industri dan mahasiswa/i.

## TEORI

### A. Baja AISI 1050

Baja AISI 1050 merupakan baja karbon menengah dengan presentase karbon 0,48% - 0,53%. Baja tipe ini banyak digunakan di pasaran karena memiliki banyak keunggulan salah satunya adalah mempunyai sifat mampu las yang baik (*machinability*), wear resistance-nya (*keausan*) yang baik dan sifat mekaniknya yang baik juga [6].

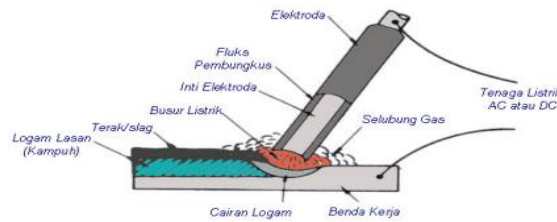
Table 1. *Classification of AISI 1050 Steel*

Unsur	Kadar (%)
Iron (Fe)	98.46 – 98.92
Manganese (Mn)	0.60 – 0.90
Carbon (C)	0.42 – 0.53%
Sulphur (S)	≤ 0.050
Phosphorous (P)	≤ 0.040

(Sumber: Rindam, 2020)

**B. Pengelasan SMAW**

SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) merupakan metode pengelasan yang menggunakan nyala api busur listrik sebagai sumber panas untuk melebur logam. Pengelasan busur membutuhkan elektroda yang terdiri dari inti logam tunggal yang dilapisi dengan lapisan beberapa senyawa kimia. Fungsi elektroda sebagai pembangkit dan bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian arus dan alas untuk memasang batang las. Fungsi arus adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, untuk menghasilkan gas pelindung dan untuk menstabilkan busur [7].

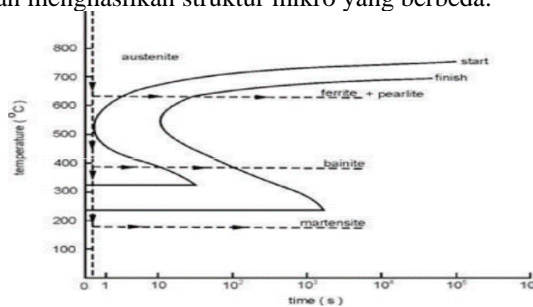


Gambar 1. *SMAW Welding*  
(Sumber: Marwanto, 2017)

**C. Cold Treatment**

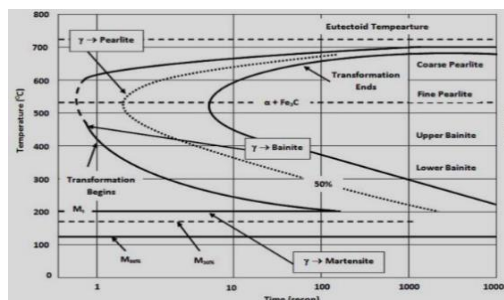
*Cold Treatment* atau metode pendinginan merupakan metode yang dilakukan untuk mendinginkan proses perlakuan panas (*heat treatment*) terhadap pengelasan yang dilakukan, guna untuk mendapatkan sifat mekanis berdasarkan jenis pendinginan yang dilakukan. Untuk pengelasan paling umum menggunakan metode pendinginan dengan air, udara, minyak, air garam, oli, air radiator (*coolant*) atau yang lainnya.

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda.



Grafik 1. Diagram CCT (*Continuous Cooling Temperature*)  
(Sumber: Anrinal, 2013)

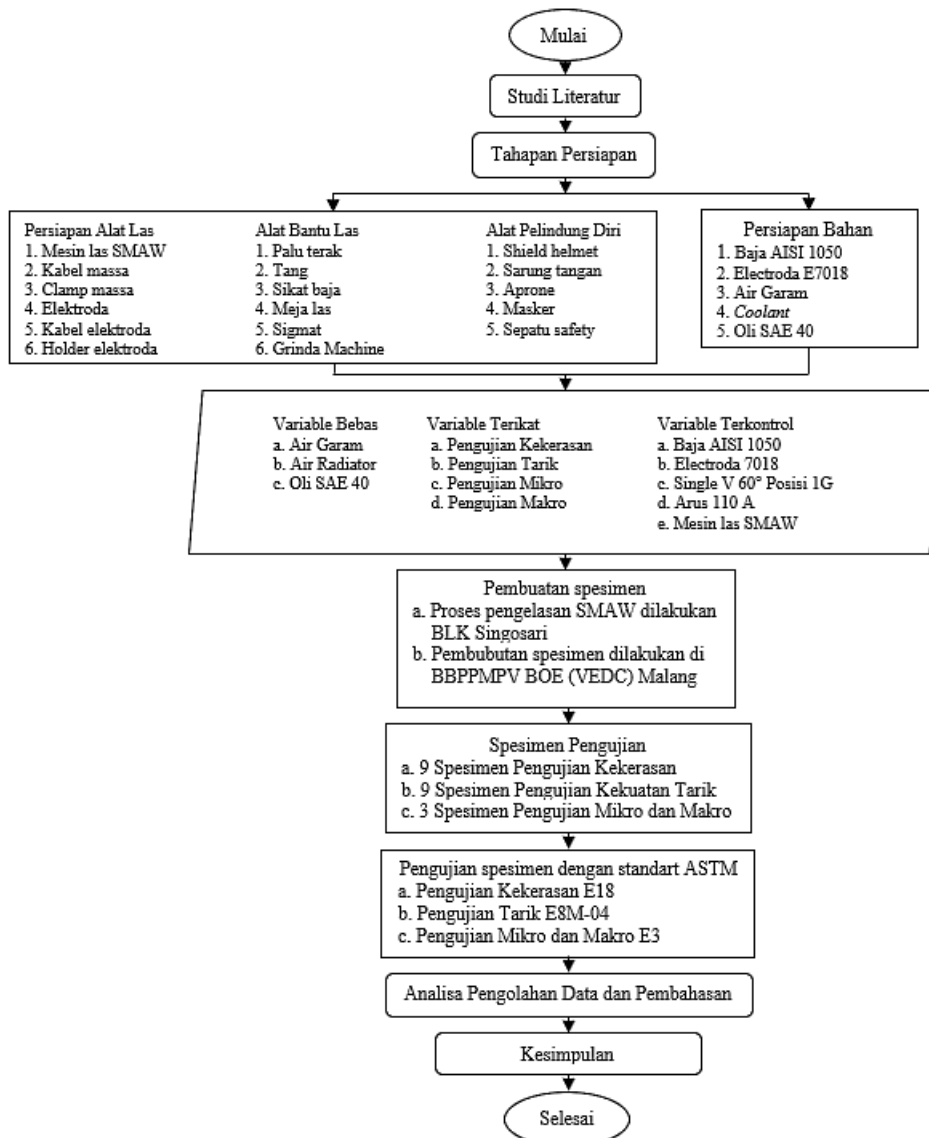
Baja yang dilakukan pendinginan (*quenching*) dapat bertransformasi dari struktur *austenit* terhadap waktu dan temperatur ke suatu struktur yang dapat berupa *fineferrit-pearlit*, *medium ferrit-pearlit*, *coarseferrit-pearlit*, *bainit* dan *martensit*.



Grafik 2. Diagram TTT (*Time Temperature Transformation*)  
(Sumber: Anrinal, 2013)

## METODE PENELITIAN

### A. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode pengelasan SMAW dengan menggunakan tiga variasi media pendingin, yaitu air garam, *coolant* dan oli SAE 40, menggunakan ampere antara 90-120A sesuai dengan WPS yang ditetapkan, elektrode menggunakan E 7018, bentuk kampuh menggunakan single V-butt joint dan posisi pengelasan 1G. Proses pengelasan dilakukan di BLK Singosari, untuk pembuatan spesimen dilakukan di BBPPMPV BOE Malang dengan standart ASTM yang sudah ditetapkan.

### B. Waktu dan Tempat Penelitian

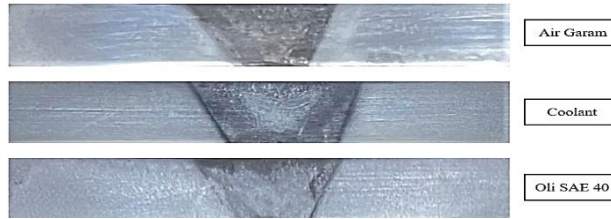
Waktu penelitian di mulai pada bulan April 2023 – selesai. Untuk penelitiannya sendiri dilakukan di dua tempat, yaitu:

1. Untuk Pengujian Kekerasan dan Kekuatan Tarik dilakukan di Lab. Pengujian dan Perlakuan Bahan Politeknik Negeri Malang.
2. Untuk Pengujian Struktur Mikro dan Struktur Makro dilakukan di Lab. Pengujian Logam Universitas Merdeka Malang.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

*1. Data Hasil Pengujian*

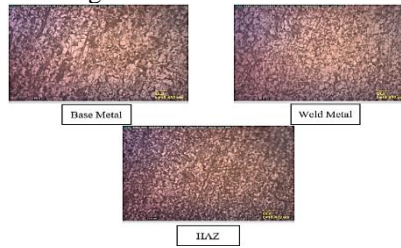
*A. Data Hasil Pengujian Struktur Makro*



Gambar 3. Struktur Makro Pengelasan SMAW

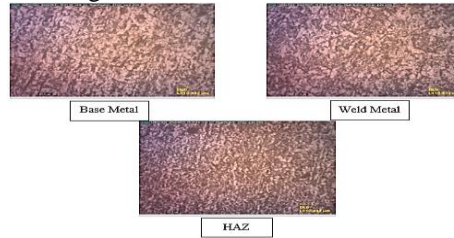
*B. Data Hasil Pengujian Struktur Mikro*

- Pengelasan SMAW Media Pendingin Air Garam



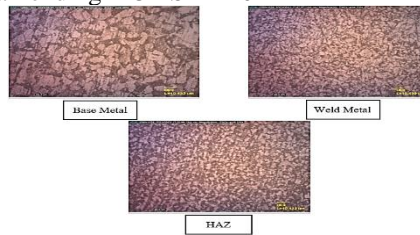
Gambar 4. Struktur Mikro Air Garam

- Pengelasan SMAW Media Pendingin *Coolant*



Gambar 5. Struktur Mikro *Coolant*

- Pengelasan SMAW Media Pendingin Oli SAE 40



Gambar 6. Struktur Mikro Oli SAE 40

*C. Data Hasil Pengujian Kekerasan*

Table 2. Hasil Uji Kekerasan Rockwell-(B)

Variasi Media Pendingin	Jumlah Spesimen	Weld Metal (HRB)	HAZ (HRB)	Base Metal (HRB)
Air Garam	1	85	79	72
	2	86	77	74
	3	82	75	75
Rata-rata		84,33	77	73,67
Coolant	1	81	74	61
	2	80	79	66
	3	82	71	69
Rata-rata		81	74,67	65,33
Oli SAE 40	1	77	74	61
	2	80	70	64
	3	79	69	60
Rata-rata		78,67	71	61,67

D. Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik

Table 3. Hasil Uji Kekuatan Tarik

Variasi Media Pendingin	Jumlah Spesimen	Luas Area (mm <sup>2</sup> )	Max. Force (N)	0,2% Yield Strength (N/mm <sup>2</sup> )	Tensile Strength (MPa)	e %
Air Garam	1	115,60	52030,16	354,19	450,09	16
	2	114,48	49535,08	375,12	432,70	13
	3	114,95	51695	339,14	449,72	16
Rata-rata				356,15	444,17	15
Coolant	1	114,95	4999,60	292,25	434,97	19
	2	114,02	49568,40	308,39	434,73	20
	3	113,65	48527,64	322,58	426,99	18
Rata-rata				307,74	432,23	20
Oli SAE 40	1	111,60	46107,04	331,93	413,14	10
	2	110,86	44431,24	311,25	400,79	9
	3	110,02	50963,92	153,92	463,22	6
Rata-rata				265,70	425,72	8

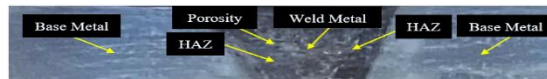
2. Pembahasan

A. Pembahasan Data Hasil Uji Struktur Makro

Table 4. Lebar HAZ

No.	Perlakuan Pendinginan	Hasil Foto Makro	Lebar HAZ Kiri (mm)	Lebar HAZ Kanan (mm)	Rata-rata Lebar HAZ (mm)
1.	Air Garam		1,92	1,53	1,725
2.	Coolant		1,52	1,61	1,565
3.	Oli SAE 40		1,00	1,31	1,185

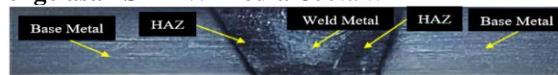
• Foto Makro Hasil Pengelasan SMAW Media Air Garam



Gambar 7. Foto Makro Las Air Garam

Pada hasil sambungan pengelasan SMAW dengan media menggunakan media pendinginan air garam terdapat cacat *porosity*, namun minim sekali. Cacat *porosity* merupakan cacat yang terjadi karena adanya rongga udara yang terjebak dalam *weld metal*. Untuk nilai rata-rata lebar daerah HAZ pada hasil sambungan las SMAW dengan media pendinginan air garam didapatkan sebesar 1,725 mm, yang di ukur menggunakan software Image-J.

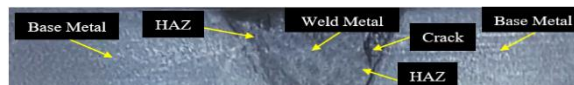
• Foto Makro Hasil Pengelasan SMAW Media Coolant



Gambar 8. Foto Makro Las Coolant

Pada hasil sambungan pengelasan SMAW dengan menggunakan media pendinginan *coolant* tidak ada cacat yang terlihat. Untuk nilai rata-rata lebar daerah HAZ pada hasil sambungan las SMAW dengan menggunakan media pendinginan *coolant* didapatkan sebesar 1,565 mm yang diukur menggunakan software Image-J.

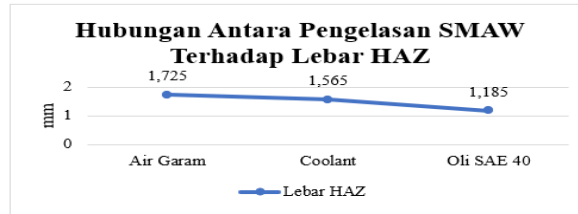
• Foto Makro Hasil Pengelasan SMAW Media Oli SAE 40



Gambar 9. Foto Makro Las Oli SAE 40

Pada hasil sambungan pengelasan SMAW dengan menggunakan media pendinginan oli SAE 40 terdapat cacat *crack* pada daerah HAZ. Cacat *crack* merupakan cacat yang disebabkan karena perhentian pada proses pengelasan, penggunaan media pendinginan dan pengaruh dari kandungan persentase karbon yang ada pada material yang digunakan. Untuk nilai rata-rata lebar daerah HAZ pada hasil sambungan pengelasan SMAW dengan menggunakan media pendinginan oli SAE 40 sebesar 1,185 mm yang diukur menggunakan software Image-J.

Grafik 3. Hubungan Antara Pengelasan SMAW Terhadap Lebar HAZ

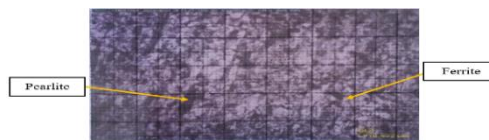


Berdasarkan dari hasil grafik 5, dapat dilihat bahwa untuk rata-rata lebar daerah HAZ setelah dilakukan proses pengelasan SMAW pada baja AISI 1050 yang paling tinggi pada penggunaan media pendinginan air garam dan lebar daerah HAZ terendah pada penggunaan media pendinginan oli SAE 40. Lebar daerah HAZ yang lebih panjang akan membuat material menjadi kuat. Hal ini dikarenakan daerah HAZ merupakan daerah yang dipengaruhi panas dari heat input pada saat melakukan proses pengelasan, sehingga pada daerah tersebut terjadi deformasi yang menyebabkan perubahan fasa pada daerah tersebut, sehingga berpengaruh pada nilai kekerasan, kekuatan tarik dan struktur mikro.

B. Pembahasan Data Hasil Pengujian Struktur Mikro

a) Pengelasan SMAW Media Air Garam

- Daerah Base metal



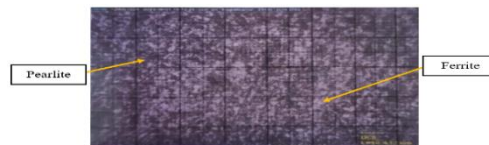
Gambar 10. Struktur Mikro Air Garam Daerah Base metal

- Ferrite : 52
- Pearlite : 118

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{52}{135} \times 100\% = 38,52\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{118}{135} \times 100\% = 87,40\%$$

- Daerah HAZ



Gambar 11. Struktur Mikro Air Garam Daerah HAZ

- Ferrite : 36
- Pearlite : 128

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{36}{135} \times 100\% = 26,60\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{128}{135} \times 100\% = 94,81\%$$

- Daerah Weld metal



Gambar 12. Struktur Mikro Air Garam Daerah Base metal

- Ferrite : 44
- Pearlite : 131

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{44}{135} \times 100\% = 32,59\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{131}{135} \times 100\% = 97,03\%$$

Pada hasil proses pengelasan SMAW yang telah dilakukan untuk daerah *base metal*, HAZ dan *weld metal* dengan penggunaan media pendinginan air garam, fasa *pearlite* lebih mendominasi daripada fasa *ferrite*, sehingga pada media pendinginan air garam sifat dari materialnya kuat, keras dan getas.

**b) Pengelasan SMAW Media Coolant**

• **Daerah Base metal**



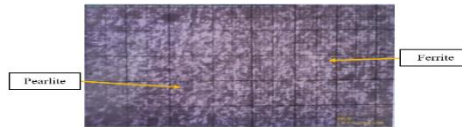
Gambar 13. Struktur Mikro *Coolant* Daerah *Base metal*

- Ferrite : 78
- Pearlite : 112

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{78}{135} \times 100\% = 57,70\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{112}{135} \times 100\% = 82,96\%$$

• **Daerah HAZ**



Gambar 14. Struktur Mikro *Coolant* Daerah HAZ

- Ferrite : 47
- Pearlite : 120

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{47}{135} \times 100\% = 34,81\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{120}{135} \times 100\% = 88,88\%$$

• **Daerah Weld metal**



Gambar 15. Struktur Mikro *Coolant* Daerah *Weld metal*

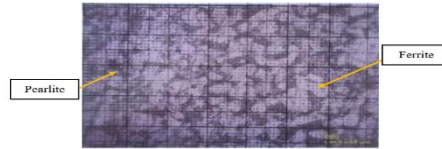
- Ferrite : 53
- Pearlite : 117

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{53}{135} \times 100\% = 39,26\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{117}{135} \times 100\% = 86,60\%$$

Dari hasil proses pengelasan SMAW yang dilakukan dengan media pendinginan *coolant* pada daerah *base metal*, fasa *ferrite* dan *pearlite* lebih mendominasi. Sedangkan untuk daerah HAZ dan daerah *weld metal*, fasa *pearlite* lebih mendominasi daripada fasa *pearlite* sehingga pada media pendinginan *coolant* sifat dari materialnya keras, getas, namun sedikit ulet.

## c) Pengelasan SMAW Media Oli SAE 40

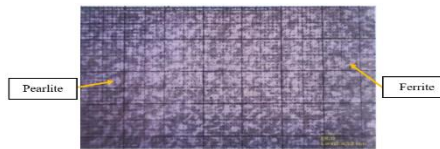
• Daerah *Base metal*Gambar 16. Struktur Mikro Oli SAE 40 Daerah *Base metal*

- Ferrite : 98
- Pearlite : 82

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{98}{135} \times 100\% = 72,59\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{82}{135} \times 100\% = 60,74\%$$

## • Daerah HAZ



Gambar 17. Struktur Mikro Oli SAE 40 Daerah HAZ

- Ferrite : 69
- Pearlite : 114

$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{69}{135} \times 100\% = 51,10\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{114}{135} \times 100\% = 84,40\%$$

• Daerah *Weld metal*Gambar 18. Struktur Mikro Oli SAE 40 Daerah *Weld metal*

- Ferrite : 76
- Pearlite : 110

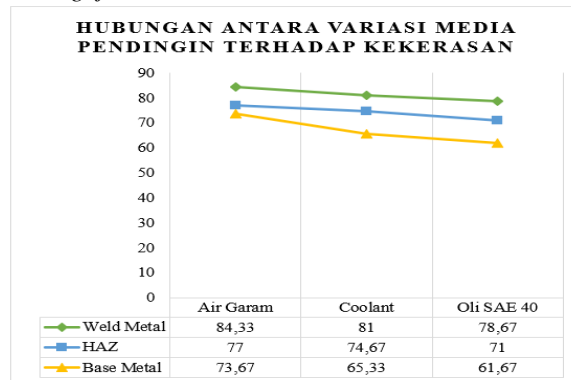
$$P_{ms} (\text{Ferrite}) = \frac{76}{135} \times 100\% = 56,30\%$$

$$P_{ms} (\text{Pearlite}) = \frac{110}{135} \times 100\% = 81,48\%$$

Hasil dari proses pengelasan SMAW dengan media pendinginan oli SAE 40 yang dilakukan untuk daerah *base metal*, fasa *ferrite* lebih mendominasi daripada fasa *pearlite*. Sedangkan untuk daerah HAZ dan *weld metal*, fasa *ferrite* dan *pearlite* lebih mendominasi. Sehingga pada media pendinginan oli SAE 40 sifat dari materialnya ulet, namun sedikit keras.



### C. Pembahasan Data Hasil Pengujian Kekerasan

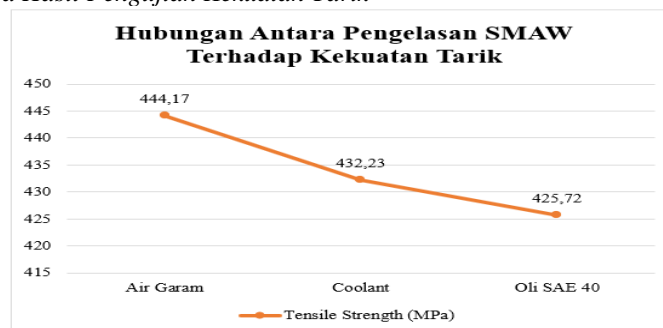


Grafik 4. Hubungan Antara Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan

Berdasarkan dari hasil grafik 3. hubungan antara variasi media pendingin dengan kekerasan, dapat dilihat bahwa:

Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kekerasan pada daerah *weld metal* sebesar 84,33 HRB. Pada daerah HAZ didapatkan sebesar 77 HRB. Kemudian untuk daerah *base metal* didapatkan sebesar 73,67 HRB. Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kekerasan pada daerah *weld metal* sebesar 81 HRB. Pada daerah HAZ didapatkan sebesar 74,67 HRB. Kemudian untuk daerah *base metal* didapatkan sebesar 65,33 HRB. Dari hasil pengujian kekerasan yang dilakukan didapatkan nilai rata-rata kekerasan pada daerah *weld metal* sebesar 78,67 HRB. Pada daerah HAZ didapatkan sebesar 71 HRB. Kemudian untuk daerah didapatkan sebesar 61,67 HRB.

### D. Pembahasan Data Hasil Pengujian Kekuatan Tarik



Grafik 5. Hubungan Antara Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik

Dari grafik 4. bahwa hubungan antara pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik, dapat dilihat bahwa:

Pada spesimen uji dengan media pendinginan air garam mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 444,17 MPa. Pada spesimen uji dengan media pendinginan *coolant* mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 432,23 MPa. Pada spesimen uji dengan media pendinginan oli SAE 40 mendapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik sebesar 425,72 MPa.

### KESIMPULAN

1. Struktur makro lebar daerah HAZ pada proses pengelasan SMAW menggunakan media pendinginan air garam lebih lebar sebesar 1,725 mm, daripada proses pengelasan SMAW media pendingin *coolant* dan oli SAE 40.
2. Struktur mikro pada proses pengelasan SMAW menggunakan media pendinginan air garam lebih banyak mendominasi fasa pearlite daripada pendingin *coolant* dan oli SAE 40.
3. Nilai kekerasan pada proses pengelasan SMAW menggunakan media pendinginan air garam pada daerah *weld metal*, daerah HAZ dan *base metal* lebih tinggi daripada media pendingin *coolant* dan oli SAE 40.
4. Nilai kekuatan tarik pada proses pengelasan SMAW menggunakan media pendinginan air garam lebih tinggi sebesar 444,17 MPa, daripada menggunakan media pendingin *coolant* dan oli SAE 40.

### SARAN

1. Saat akan melakukan proses pengelasan, diharuskan untuk memperhatikan kebersihan dari spesimen benda kerja, memperhatikan arus yang akan dipakai, jenis elektroda serta konsentrasi yang tinggi.
2. Bagi peneliti yang ingin melakukan permasalahan yang sama, penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengubah jenis material, metode pengelasan, serta variasi dari bentuk kampuh, posisi pengelasan, ampere atau media pendingin lainnya.

3. Sebelum melakukan penelitian diharapkan untuk mensurvei jenis bahan material yang akan digunakan, metode perlakuan, lokasi pembuatan dan lokasi pengujian sehingga penelitian dapat berjalan dengan sempurna.
4. Melakukan pengujian Difraksi sinar X atau X-ray diffraction (XRD) supaya untuk hasil dari pengujian struktur mikro dapat diketahui lebih jelas macam-macam strukturnya.

## REFERENCES

- [1] Azwinur, A., & Muhazir, M. (2019). Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19-25.
- [2] Djuanda, D., Nurlaela, N., Asma, A., & Muhammad, S. (2021). Analisis Pengaruh Media Pendingin terhadap Struktur Mikro Sambungan Pengelasan Baja AISI 1045 pada Proses Las MIG. *Jurnal Teknik Mesin Teknologi*, 22(1), 43-54.
- [3] Faidillah, S. (2015). Pengaruh Pendinginan Cairan Radiator *Coolant* (RC) Ahm Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan SMAW Pada Plat Baja ST 37. Universitas Muhammadiyah Jember.
- [4] Felani, F. N., Kosjoko, K., & Finali, A. (2017). Uji Perbandingan Kekuatan Tarik Pengelasan Stainless Steel Aisi 304 Menggunakan Las Tig (Tungsten Inert Gas) Dan Las Mig (Metal Inert Gas) Dengan Variasi Media Pendingin. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 1(2), 13-16.
- [5] Harsono Wiryosumarto, Toshi Okumura, (2000) *Teknologi Pengelasan Logam*, PT Balai Pustaka (Persero), Jakarta.
- [6] Herizal, H., Hasrin, H., & Hanif, H. (2020). Analisa Pengaruh Proses GTAW Dan SMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Pengelasan Material AISI 1050. *Journal of Welding Technology*, 2(1), 19-24.
- [7] Karmawan, W., Adja, H. B., Alvindo, N. V., Handoko, K. T., Pradana, J., Zakkaria, L. N., ... & Subardi, A. (2020). Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi*, 1(1), 19-23.
- [8] Kunarto, K. N. (2018). *Penyuluhan Prosedure Teknik Pengelasan Di PT. Stoody*. Pengabdian Kepada Masyarakat.
- [9] Luthfianto, S., Suprayogi, Z. A., & Samyono, D. (2017). Pengaruh Variasi Media Quenching Terhadap Sifat Mekanis Rantai Elevator Fruit Kelapa Sawit. *JST (Jurnal Sains dan Teknologi)*, 6(1).
- [10] Manihuruk, R. P. (2020). Pengaruh Variasi Kuat Arus Pada Pengelasan Baja Aisi 1050 Terhadap Karakteristik Baja Dengan Menggunakan Metode Las SMAW Dan TIG. *Dinamis*, 8(1), 7-7.
- [11] Marwanto Arif, S.Pd. (2007). *Materi Pelatihan SMAW Lifeskill Remaja-Remaja Putus Sekolah Desa Purwobinangun Pakem*. Universitas Negeri Yogyakarta: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin.
- [12] Nanda, M. R. R., & Yunus, Y. (2022). PENGARUH PROSES QUENCHING MEDIA AIR DENGAN VARIASI TEMPERATUR TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN KEKERASAN HASIL LAS MIG (METAL INERT GAS) BAJA KEYLOS 50. *Jurnal Teknik Mesin*, 10(03), 15-24.
- [13] Niam, M. S., Mashudi, M., & Dika, J. W. (2021). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Oli Bekas dan *Coolant* Engine Terhadap Uji Tarik Pada Sambungan Las Baja ST37. *Journal of Science Nusantara*, 1(1), 65-76.
- [14] Nur, H. (2017). Pengaruh Penggunaan Media Pendingin Air Garam, Air Tawar, Dan Air Asam Pada Perlakuan Pnas Terhadap Kekerasan Baja ST 60. *Teknik Mesin" Teknologi*, 16(1).
- [15] Pradana, A. A., Carsoni, C., & Ma'mun, H. (2021). Pengaruh Variasi Media Pendingin pada Proses Pengelasan GMAW Terhadap Kekerasan dan Ketangguhan Baja AISI 1045. *Majalah Ilmiah Momentum*, 17(1), 75-78.
- [16] Pratowo, B., & Fernando, A. (2018). Analisa kekerasan baja karbon AISI 1045 setelah mengalami perlakuan quenching. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(2).
- [17] Pusvyta, Y. (2010). *Perancangan dan pengembangan mesin uji tarik material logam prototipe menurut standar ASTM E 8M* (Doctoral dissertation, Universitas Indonesia. Fakultas Teknik).
- [18] Raditya, D. H., Rosehan, R., & Lubis, M. S. Y. (2022). Pengaruh Arus Pengelasan TIG Terhadap Kekuatan Tarik Sambungan Material Stainless Steel AISI 316. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(6), 7473-7482.
- [19] Ridwan, A., Irzal, I., Waskito, W., & Mulyadi, R. (2021). Pengaruh Jenis Media Pendingin Air Garam, Air Sumur, Oli Terhadap Hardness Pada Hasil Pengelasan Baja S45C Menggunakan Las SMAW. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(2), 34-40.
- [20] Rudnev, V.I., Loveless, D., Cook R., 2003, *Handbook of Induction Heating*, Marcel Decker, Inc., New York.
- [21] Sardjono, K., Diniardi, E., & Sugianto, S. (2009). Studi Sifat Mekanis dan Struktur Mikro pada Baja Din 1.7223 41crmo4 dengan Pengaruh Perlakuan Panas. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(1).
- [22] Setiawan, H. (2013). Pengujian Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro Produk Cor Propeler Kuningan. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro dan Ilmu Komputer*, 3(1), 71-81.
- [23] Soedarmadji, W. (2016). 18-25 Pengaruh Pengelasan Tungsten Inert Gas Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan Dan Mikro Struktur Pada Pipa Heat Exchanger. *Cyber-Techn*, 11(01), 8-8.
- [24] Soedarmadji, W. (2020). Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Mild Steel S45C di Daerah HAZ dengan Pengujian Metalografi. *Journal Mechanical and Manufacture Technology (JMMT)*, 1(1).
- [25] Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: CV Alfabeta.
- [26] Sultoni, S., Finahari, N., & Sahbana, M. A. (2020). Analisa Pengaruh Variasi Media Pendingin Air Dan Oli Pada Sambungan Lap Joint Terhadap Sifat Mekanik Menggunakan Las Smaw (Dc). *PROTON*, 11(1), 35-42.
- [27] Tarkono, T. Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja AISI 1045. *Mechanical: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 3(2), 151319.
- [28] Umartono, A. S., & Latif, A. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW dengan Elektroda E7018 terhadap Kekuatan Tarik pada Baja JIS G3113. *Wahana Teknik*, 8(1), 27-48.
- [29] Yuniarto, M. I. R., Pratikno, H., & Chamelia, D. M. (2020). Analisis Pengaruh Variasi Heat Input Pengelasan FCAW pada Sambungan Baja BKI Grade A terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), G243-G248.