

Pengaruh Variasi Cairan Pendingin Pada Hasil Pengelasan SMAW Dengan Material Baja ST42 Pada Hasil Sambungan Pengelasan

Effect of Cooling Fluid Variations on SMAW Welding Results with ST42 Steel Material on Welding Joint Results

Dio Atsal Rizaldy¹⁾, Mokh. Hairul Bahri²⁾, Kosjoko³⁾

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email:atsalrizaldy@gmail.com

²⁾Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: mhairulbahri@unmuhjember.ac.id

³⁾Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
email: kosjoko@unmuhjember.ac.id

Abstrak

Las SMAW merupakan teknik sambungan logam dalam pengelasan dengan melakukan ikatan metalurgi, sambungan kedua logam penampang yang dilakukan dalam keadaan meleleh atau mencair. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pendinginan air, collant engine, dan oli SAE 20W-40 terhadap hasil las sambungan Baja ST42 dengan cara *dry penetrant test* dan *microstructure test* untuk menghasilkan sambungan Baja ST42 yang terbaik. Peneliti menganalisa data dari berbagai referensi seperti jurnal akademis yang berkaitan dengan penelitian. Peneliti melakukan proses pembuatan spesimen, pengelasan spesimen, serta pengujian *dry penetrant test* di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember. Sedangkan untuk pengujian *microstructure test* dilakukan di Politeknik Negeri Malang. Dari pengujian *dry penetrant* terlihat secara signifikan hasil dari pendinginan menggunakan oli SAE 20W-40 lebih baik dari pendinginan menggunakan collant engine dan air. Sama dengan halnya hasil dari pengujian mikrostruktur yang menunjukkan kepadatan hasil pendinginan oli SAE 20W-40 lebih baik signifikan dibandingkan dengan hasil pendinginan collant engine dan air.

Kata Kunci: *Dry penetrant test* ., *Microstructure test*., *Pendinginan dan Pengelasan*.

Abstract

SMAW welding is a welding metal joining technique by carrying out metallurgical bonding at the joint of the two metal alloys which is carried out in a molten or liquid state. This research aims to determine the effect of water cooling, engine collant, and SAE 20W-40 oil on the welding results of ST42 Steel connections by means of dry penetrant test s and microstructure tests to produce the best ST42 Steel connections. Researchers analyze data from various references such as academic journals related to research. Researchers conducted research on the effect of cooling variations on ST42 steel welding results to find the best results from this cooling. Researchers carried out the process of making specimens, welding specimens, and dry penetrant test s at the Mechanical Engineering Laboratory, Muhammadiyah University of Jember. Meanwhile, the microstructure test was carried out at the Malang State Polytechnic. From the dry penetrant test , it can be seen that the results of cooling using SAE 20W-40 oil are significantly better than cooling using engine collant and water. Likewise, the results of microstructural testing show that the density of the SAE 20W-40 oil cooling results is significantly better than the engine collant and water cooling results.

Keywords: *Dry penetrant test* ., *Microstructure test*., *Cooling. and Welding*.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan tidak lepas dari bagian manufaktur dimana di zaman modern untuk sekarang ini banyak sekali kemajuan apalagi dibidang industri yang banyak menggunakan logam sebagai bahan utamanya. Pada industri manufaktur yang menggunakan baja dan logam dalam jumlah besar, terutama pada bidang konstruksi yang menggunakan proses pengelasan, diperlukan banyak penelitian untuk mendapatkan sambungan las yang berkualitas. Defenisi pengelasan adalah penyambungan satu logam atau lebih dimana metode yang sering digunakan adalah penyambungan dengan cara melelehkan dua logam paduan hingga menjadi satu. Selain pengelasan terdapat cara lainnya seperti penggunaan paku keling dan baut-mur. (Johan et al., 2023)

Las SMAW merupakan metode penyambungan logam metalurgi dengan cara melelehkan kedua logam paduan yang akan disambung. Maka dari itu, teknik ini memiliki keunggulan dibandingkan metode penyambungan logam yang lainnya. Pada metode SMAW, logam utama mengalami pencairan yang diakibatkan proses pemanasan dari elektroda yang disebabkan adanya perpindahan elektron dari elektroda bagian ujung kepada permukaan logam yang sedang dilas. Elektroda di gunakan merupakan kawat yang dilapisi oleh pelindung berupa fluks yang pada saat proses pengelasan akan mencair bersamaan dengan logam utama yang menjadi bagian kampuh las. Pada saat proses pelelehan ini, kampuh las akan terisi oleh logam cair dari elektroda las dan logam induk. (Katsas 2005).

Proses persiapan dan pengerjaan serta *treatment* pendinginan terhadap bahan kerja berupa logam yang disambung sangat berpengaruh pada kualitas sambungan las. Sehingga untuk mendapatkan hasil sambungan las yang terbaik serta berkualitas perlu adanya perhatian khusus terhadap sifat-sifat logam yang akan dilas ataupun perlu adanya penelitian tentang tata cara proses pendinginan pada logam-logam yang akan disambung (Tyagita & Irawan, 2017). Di zaman era serba modern banyak pekerjaan pengelasan jembatan dengan material Baja ST42 makin banyak yang digunakan oleh karna itu banyak hal yang harus

diperhatikan agar las yang dihasilkan baik dan kokoh oleh karna itu pendinginan hasil las sangat berperan penting terhadap hasil las yang dihasilkan oleh karna itu, Berdasarkan latar belakang diatas maka saya akan mengangkat judul “ Pengaruh variasi media pendinginan pada hasil pengelasan SMAW dengan material Baja ST42 dengan menggunakan metode pengujian tarik dan uji mikrostruktur” bertujuan untuk mencari dan mengetahui pendinginan media cairan variasi apa yang hasilnya lebih kuat dan kokoh.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengelasan SMAW

Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), merupakan proses pengelasan pada logam induk menggunakan cara pencairan elektroda las akibat adanya perpindahan elektron listrik dari ujung elektroda ke permukaan logam yang dibangkitkan oleh arus listrik berasal dari alat las listrik. Elektroda adalah kawat yang dilapisi fluks, lapisan pelindung yang akan meleleh di samping logam utama selama proses pengelasan dan menjadi bagian dari lapisan las. Pada saat proses pelelehan ini, kampuh las akan terisi oleh logam cair dari elektroda las dan logam induk (Jalil et al, 2017).

A. Coolant

Coolant Engine sebagian dari cairan pendingin yang biasanya digunakan pada komponen mesin bernama radiator. Cairan ini berfungsi untuk mengatur suhu didalam mesin kendaraan bermotor agar tidak berlebihan karena dapat menyebabkan kelebihan panas (*overheating*). Efek dari radiator dalam menjaga suhu mesin bisa lebih maksimal, *coolant engine* pada umumnya berbahan dasar air yang murni tanpa ada bahan tambahan lainnya. Ada beberapa bahan lainnya antara lain seperti zat anti beku *propylene glycol* dan zat anti karat.

B. Air

Air banyak di temui di kehidupan sehari hari sebagai sumber daya alam yang tidak ada habisnya. Senyawa air termasuk ke dalam senyawa kimia dengan rumus kimia H₂O yang berfungsi sangat penting bagi semua makhluk hidup yang ada di bumi. Jumlah air di bumi juga melimpah karena sebagian dari permukaan

bumi adalah lautan dan sungai yang tersebar di seluruh bumi

C. Oli

Oli merupakan bahan pelumasan mesin yang berfungsi untuk mesin dapat berjalan mulus dan bebas gangguan. Oli berfungsi sebagai pendingin sekaligus pemisah antara komponen-komponen mesin. Oli berbahan baku mineral berasal dari ekstraksi minyak bumi, sedangkan oli sintetis terbuat dari bahan kimia yang bersifat aditif. Oli memiliki tingkat kekentalan (*viskositas*) yang tertinggi dibanding dengan media pendinginan yang lainnya serta mempunyai massa yang sangat rendah sehingga lambat untuk kecepatan pendinginannya. Angka di belakang kode “SAE” ini yang menyatakan tingkat nilai kentalnya. Contohnya “SAE” 20, dalam kode ini menunjukkan oli tersebut mempunyai tingkat kekentalan 20 menurut standar “SAE” (Tyagita & Irawan, 2017).

D. Baja ST42

Baja ST 42 banyak digunakan dikarenakan memiliki kemampuan las dan ketahanannya terhadap kepekaan retak las, baja ST 42 saat ini sering digunakan dalam konstruksi umum. Selain itu Baja carbon rendah ST42 yang mengandung 0,21%C sering digunakan untuk keperluan konstruksi kendaraan bermotor. Sebab karena itu Baja ST42 dianggap bisa dijadikan sebagai benda uji pengelasan SMAW AC dan DC. (Ahsan et al., 2021) Kekuatan tarik untuk baja ST 42 berkisar antara 41 - 49 kg/mm², atau 410 - 490 N/mm² (Candra et al., 2023).

E. Kampuh Las

Kampuh las merupakan proses penyambungan logam induk dengan cara dilas. Kampuh las dilihat dari kualitas dan segi kekuatannya dari lapisan logam yang di las, dimana untuk mendapatkan kualitas yang baik pada sambungan las, diperlukan pemberian suatu bentuk kampuh las tertentu pada kedua ujung logam yang akan di sebagai berikut Kampuh las “V”.

1. Kampuh las bentuk “V” digunakan untuk menyambung plat ataupun logam dengan ketentuan tebal berkisar 6 - 15mm. Kampuh tersebut terdiri sambungan kampuh tertutup dan terbuka. Pada sambungan kampuh

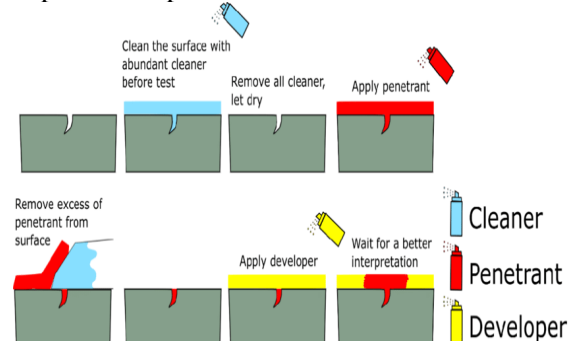
terbuka dipergunakan untuk menyambung plat yang tebalnya 6 - 15mm dengan sudut kampuh dibuat antara 60-80° dengan jarak lubang sekitar 2mm serta tinggi lubang antara 1-2mm

2. Kampuh Las “X”

Kampuh las berbentuk “X” disebut juga sambungan berganda sebagai mana digunakan untuk sambungan plat penampang ataupun logam dengan ketebalan diantara 12-45mm dengan sudut kampuh berkisar 60-80° dan jarak kedua benda kerja tersebut yang akan disambung sekitar 1-3mm. Kampuh las berbentuk “X” terdiri dari 2 jenis yaitu kampuh berbentuk simetris dan kampuh berbentuk tidak simetris.

F. Penetrant Test

Dye penetrant test merupakan metode *non destructive test* yang paling sederhana akan tetapi memiliki kelebihan berupa keakuratan dan kecepatan dalam pendeteksian cacat (*diskontinuitas*) yang terdapat pada permukaan sambungan las. Cara ini digunakan untuk menemukan cacat (*diskontinuitas*) yang terbuka pada permukaan sambungan seperti laminasi, keretakan, lubang atau kebocoran serta ketidakfusan sambungan atau tidak homogenya penyatuan pada permukaan sambungan las dari karakteristik solid, seperti logam ataupun bukan logam. Dengan menggunakan cara ini, benda yang sedang diuji akan disemprotkan *developer* hingga cacat pada material las akan terlihat lebih jelas pada permukaan benda yang sedang diuji. Proses selanjutnya adalah dengan menganalisa hasil untuk kemudian dijadikan laporan pekerjaannya. Tata cara *Penetrant Test* dapat dilihat pada **Gambar 1**.

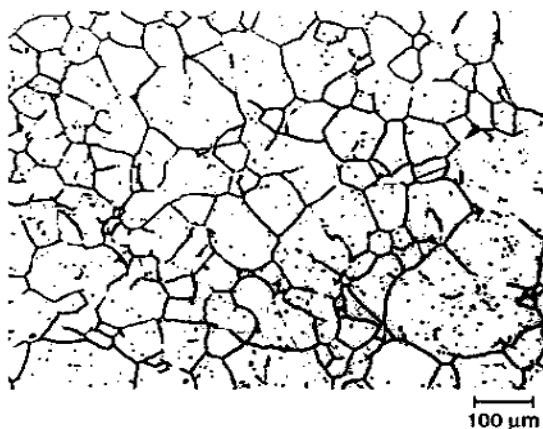


Gambar 1. Tata cara *Penetrant test* (Sumber: enggenering update, 2024)

G. Uji *Microstructure test*

Uji Mikrostruktur (*Microstructure Test*) merupakan pengujian struktur bahan yang terdiri dari pengujian butiran dan fase Tertentu. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana bentuk, ukuran, serta distribusi dari partikel fasa kedua dari sebuah bahan material yang sedang diuji dimana hal ini memiliki peran yang sangat penting untuk dapat mengetahui sifat dari material tersebut. Pengujian ini pada umumnya hanya dapat dilakukan di bawah mikroskop. Diperlukan proses gerinda, poles, dietsa dan pemeriksaan, serta dilihat memakai mikroskop untuk dapat menentukan mikrostruktur dari suatu baja (Khalid et al., 2014).

Minimum peralatan yang digunakan untuk pengujian struktur ini adalah menggunakan mikroskop cahaya, dengan dilengkapi cahaya yang cukup maka pengamatan struktur mikro dapat dilakukan. Pada saat modern saat ini selain menggunakan mikroskop cahaya, para peneliti juga menggunakan teknologi tambahan berupa SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengamati fraktografi material. Hal ini disebabkan adanya limitasi pada mikroskop cahaya yang hanya memiliki maksimum nilai pembesaran sebesar 1500x. Sehingga, apabila ingin mengamati struktur mikro lebih mendalam maka mikroskop tidak akan mampu karena butiran bahan uji yang terlalu kecil. Serta parameter pengujian lainnya yang terlalu kecil untuk mikroskop cahaya. Contoh dari mikrostruktur sebagai berikut pada **Gambar 2**.

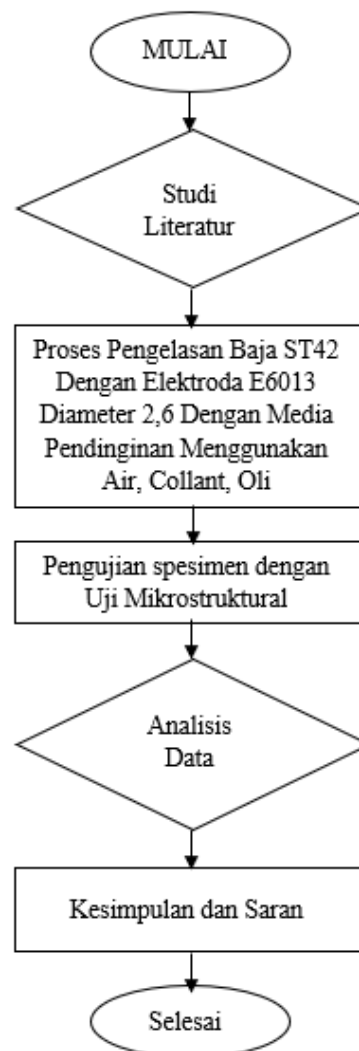


Gambar 2. Contoh Struktur Mikro
(Sumber: reserchegate.net, 2023)

3. METODE PENELITIAN

Pada proses tahap ini, Penulis menganalisa data yang dikumpulkan dan diteliti sebagai pondasi penelitian. Berbagai referensi seperti jurnal akademis yang berkaitan dengan penelitian ini. Dalam hal ini melakukan penelitian pengaruh variasi pendinginan pada hasil las pada baja ST42 untuk mencari hasil terbaik dari pendinginan tersebut.

Peneliti melakukan proses pembuatan spesimen, pengelasan spesimen, serta pengujian *penetrant test* di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Jember. Sedangkan untuk pengujian *microstructure test* dilakukan di Politeknik Negeri Malang.



Gambar 3. Diagram Alir
(Sumber:Dok Pribadi, 2024)

C. Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang disiapkan dalam penelitian skripsi ini, Mesin pengelasan, alat uji strukturmikro, Elektroda E6013, Ragum, Gerinda Duduk, Gerinda tangan, Jangka Sorong, Timba Kecil. Adapun Bahan penelitian atau yang di gunakan untuk penelitian ini adalah Baja ST42, *Liquid penetrant test*, Air, *Collant engine*, Oli sae 20-40W.

E. Variabel Penelitian

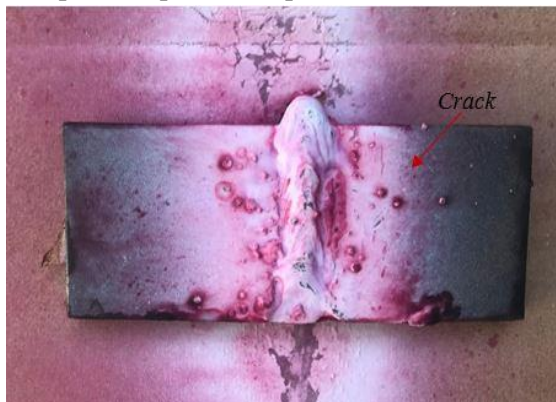
Ada 3 cara untuk menguji hasil penelitian penulis. Variabel terikat sama dengan variable bebas. Dengan kata lain, variable terikat adalah variabel yang tengah penelitian. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah variasi cairan pendinginan hasil pengelasan Baja ST42 menggunakan cairan air, collant engine, oli SAE 20W-40. Kemudian Variabel kontrol dalam penelitian ini menggunakan material Baja ST42, jenis elektroda E6013 berdiameter 2,6, posisi las 1G, dan hasil pengelasan dilakukan pendingin dengan cara merendam hasil spesimen di cairan pendinginan air, collant engine, oli SAE 20W-40. Kemudian Variabel bebas untuk mengetahui hasil dari uji tarik dan uji mikrostruktur pada hasil pendinginan sambungan las Baja ST42.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penetrant Test

a. Spesimen Las Menggunakan Media Air

Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin berupa air dapat dilihat pada **Gambar 4 dan 5**.



Gambar 4. Hasil Uji Penetrant Media Air (Sumber: Dok Pribadi, 2024).

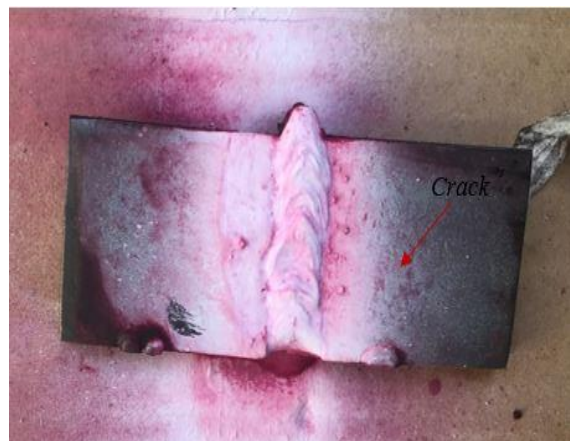


Gambar 5. Hasil Pengukuran Indikasi Penetrant Media Air (Sumber: Dok Pribadi, 2024).

Melalui **Gambar 4 dan 5**, diketahui bahwa pada spesimen las yang menggunakan media pendingin air terdapat indikasi penetrant sebesar 11,1 mm. Berdasarkan standar ASME *Section VIII Divisi I Rev. 2010* spesimen las tersebut termasuk ke dalam kriteria *relevant* yang memiliki indikasi bahwa spesimen *rejected* dan *not acceptable*. Indikasi tersebut menunjukkan bahwa spesimen las menggunakan media air tidak diterima dan harus dilakukan pengerjaan ulang.

b. Spesimen Las Menggunakan Media Coolant

Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin berupa *coolant* menunjukkan hasil pengujian *penetrant* sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 6 dan 7**.



Gambar 6. Hasil Uji Penetrant Media Coolant (Sumber: Dok Pribadi, 2024).



Gambar 7. Hasil Pengukuran Indikasi Penetrant Media Coolant
(Sumber:Dok Pribadi,2024)

Melalui **Gambar 4.** diketahui bahwa pada spesimen las yang menggunakan media pendingin air terdapat indikasi *penetrant* sebesar 4,6 mm. Berdasarkan standar ASME Section VIII Divisi I Rev. 2010 spesimen las tersebut termasuk ke dalam kriteria *relevant* namun memiliki indikasi bahwa spesimen *acceptable*. Indikasi tersebut menunjukkan bahwa spesimen las menggunakan media *coolant* masih dapat diterima.

c. Spesimen Las Menggunakan Media Oli SAE20

Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin berupa Oli SAE20 menunjukkan hasil pengujian *penetrant* sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 7.**



Gambar 8. Hasil Uji Penetrant Media Oli SAE20.
(Sumber:Dok Pribadi,2024)

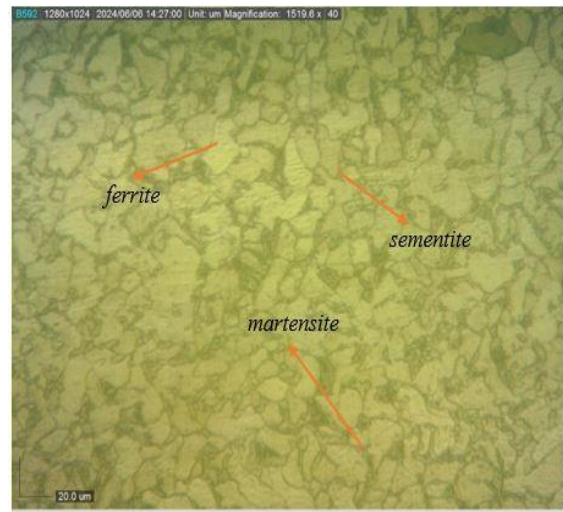
Melalui **Gambar 8.** Dapat diketahui bahwa pada spesimen las yang menggunakan media pendingin oli SAE20 tidak terdapat indikasi *penetrant*. Berdasarkan hasil tersebut, maka spesimen las menggunakan media oli SAE20 termasuk ke dalam kriteria *irrelevant* yang berarti spesimen *acceptable* atau dapat diterima.

B. Hasil Uji Microstructure

Berdasarkan hasil diatas dan melalauai proses yang Panjang pengujian mikrostruktur yang telah dilakukan di Laboritrum Pengujian Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang, didapatkan hasil sebagai berikut:

a. Mikrostruktur Hasil Pengelasan dengan Media Air

Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin berupa air menghasilkan struktur mikro sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 8.**



Gambar 9. Mikrostruktur Daerah HAZ Media Air.

(Sumber:Dok Pribadi,2024)

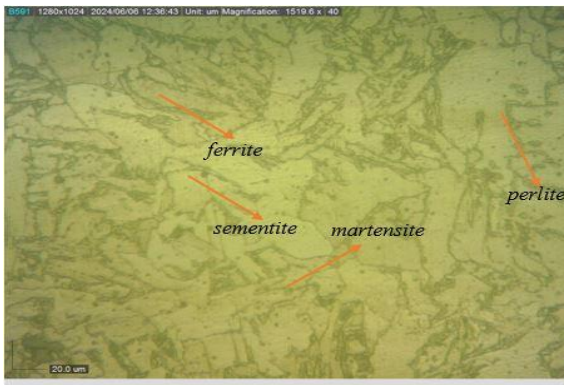
Berdasarkan **Gambar 9.** Di atas, maka diketahui pada daerah HAZ spesimen las menggunakan media air menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite* dan *martensite* dengan presentase sebesar 80%, 18% dan 2%.

Keterangan:

Daerah terang menunjukkan fasa *ferrite*

Daerah gelap menunjukkan fasa *sementite*

Daerah seperti tumpukan pelat yakni gabungan antara *ferrite* dan *sementite* yang disebut *perlite*



Gambar 10. Mikrostruktur Daerah Weld Metal (WM) Media Air.
 (Sumber:Dok Pribadi,2024)

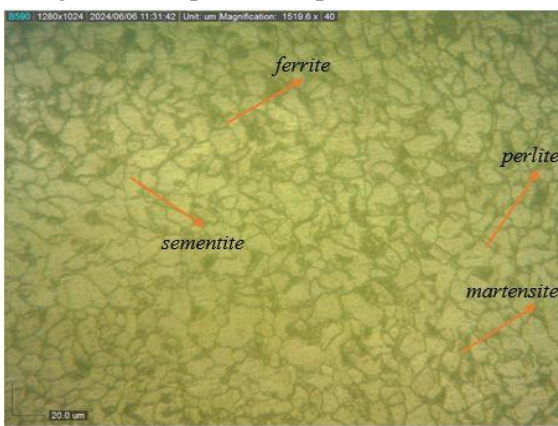
Berdasarkan **Gambar 10.** Di atas, maka diketahui pada daerah *Weld Metal* (WM) spesimen las menggunakan media air menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite*, *perlite* dan *martensite* dengan presentase sebesar 90%, 5%, 3% dan 2%.

Keterangan:

- Daerah terang menunjukkan fasa *ferrite*
- Daerah gelap menunjukkan fasa *sementite*
- Daerah seperti tumpukan pelat yakni gabungan antara *ferrite* dan *sementite* yang disebut *perlite*
- Daerah berbentuk kristal disebut *martensite*

b. Mikrostruktur Hasil Pengelasan dengan Media Coolant

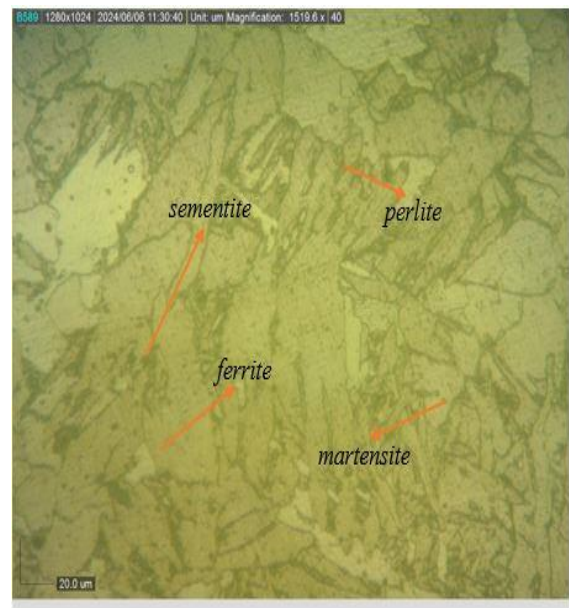
Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin berupa *coolant* menghasilkan struktur mikro sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 11.**



Gambar 11. Mikrostruktur Daerah HAZ(Media Coolant)
 (Sumber:Dok Pribadi,2024)

Berdasarkan **Gambar 11.** Di atas, maka diketahui pada daerah *HAZ* spesimen las menggunakan media *coolant* menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite*, *perlite* dan *martensite* dengan presentase sebesar 85%, 10%, 4% dan 1%.

- Daerah terang menunjukkan fasa *ferrite*
- Daerah gelap menunjukkan fasa *sementite*
- Daerah seperti tumpukan pelat yakni gabungan antara *ferrite* dan *sementite* yang disebut *perlite*
- Daerah berbentuk kristal disebut *martensite*



Gambar 12. Mikrostruktur Daerah Weld Metal (WM) Media Coolant
 (Sumber:Dok Pribadi,2024)

Berdasarkan **Gambar 12.**,maka diketahui pada daerah *Weld Metal* (WM) spesimen las menggunakan media *coolant* menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite*, *perlite* dan *martensite* dengan presentase sebesar 90%, 4%, 5% dan 1%.

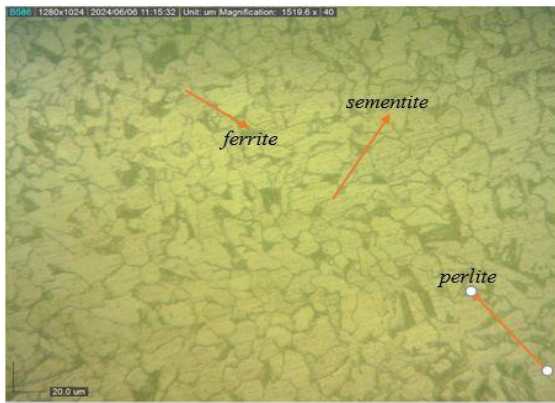
Keterangan:

- Daerah terang menunjukkan fasa *ferrite*
- Daerah gelap menunjukkan fasa *sementite*
- Daerah seperti tumpukan pelat yakni gabungan antara *ferrite* dan *sementite* yang disebut *perlite*
- Daerah berbentuk kristal disebut *martensite*

c. Mikrostruktur Hasil Pengelasan dengan Media Oli

Spesimen uji yang dilakukan proses pengelasan SMAW dan diberi cairan pendingin

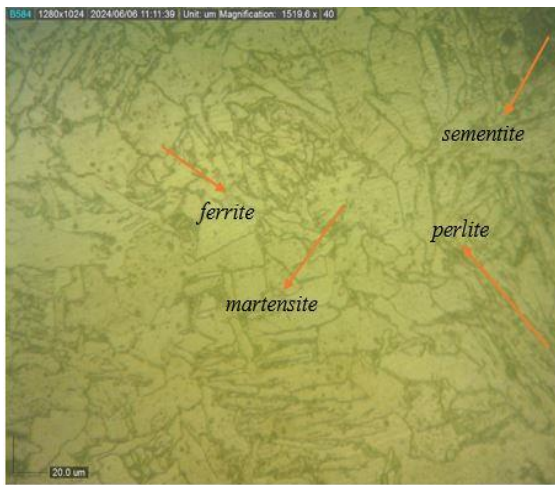
berupa oli menghasilkan struktur mikro sebagaimana terlihat pada **Gambar 13**.



Gambar 13. Mikrostruktur Daerah HAZ Media Oli.

(Sumber:Dok Pribadi,2024)

Berdasarkan **Gambar 13**. Di atas, maka diketahui pada daerah HAZ spesimen las menggunakan media oli menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite* dan *perlite* dengan presentase sebesar 90%, 8% dan 2%.



Gambar 14. Mikrostructure Daerah Weld Metal (WM) Media Oli

(Sumber:Dok Pribadi,2024)

Berdasarkan **Gambar 14**. di atas, maka diketahui pada daerah Weld Metal (WM) spesimen las menggunakan media oli menghasilkan fasa *ferrite*, *sementite*, *perlite* dan *martensite* dengan presentase sebesar 90%, 2%, 7% dan 1%.

Keterangan:

- Daerah terang menunjukkan fasa *ferrite*
- Daerah gelap menunjukkan fasa *sementite*

- Daerah seperti tumpukan pelat yakni gabungan antara *ferrite* dan *sementite* yang disebut *perlite*
- Daerah berbentuk kristal disebut *martensite*

5. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Kesimpulan dari variasi perlakuan pendinginan pengelasan memberikan pengaruh terhadap nilai kekuatan tekan sambungan las. Berikut kesimpulan yang di dapat oleh peneliti sebagai berikut :

- a. Dari pengujian dry penetrant terlihat secara signifikan hasil dari pendinginan menggunakan oli SAE 20W-40 lebih baik dari pendinginan menggunakan collant engine dan air.
- b. Sama dengan halnya hasil dari pengujian dari mikrostruktur hasil yang menunjukkan kepadatan hasil pendinginan oli SAE 20W-40 lebih signifikan dari hasil pendinginan collant dan air.

B. Saran

Untuk lebih mendapatkan hasil pendinginan hasil sambungan las yang lebih baik untuk media pendinginannya menggunakan oli yang lebih kental. Perlu adanya penelitian lantan mengenai sifat mekanik dan material agar dapat ditambahkan pengujian Tarik dan kekerasan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- A,Jalil,S., Zulkifli,Z., & Rahayu, T. (2017).Analisa kekuatan impak padape nyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan. *JurnalPolimesin*,15(2),58.
- Bahri, M. H. (2016). Meningkatkan Kemampuan Katalis Zeolit Alam Pengujian SEM-EDX. *ReTII*.
- Candra, T. A., Widi, I. K. A., & Sutrisno, T. A. (2023).). Pengaruh Variasi Sudut Kampuh“V” 60 °, 75 °, 90 ° Sambungan Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Terhadap Kekuatan Mekanis Pada Baja St 42. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(2), 23.
- Faudzana, Z., Mufarida, N. A., & Bahri, M. H. (2022). Pengaruh Variasi Pahat Terhadap

- Kekasaran Permukaan Material Baja ST-42. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(1), 72-76.
- Hairul Bahri, M., Wijayanti, W., Hamidi, N., & Wardana, I. N. G. (2020). The role of alkali metal and alkaline metal earth in natural zeolite on combustion of Albizia Falcataria sawdust. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 11, 219-227.
- Johan, C., Pineng, M., & Pakiding, M. (2023). Analisis Kekuatan Bending Hasil Pengelasan Pada Baja ST42 Menggunakan Pendingin oli“SAE”20W-50 Memvariasi Kuat Arus. *Jurnal Teknik Industri*, 9(2), 2023.
- Kosjoko, K., & Mufarida, N. A. (2023). Analisa Perbedaan Penggunaan Elektroda E5016 Dan E4303 Las SMAW Berbahan Plat Baja ST 37 Terhadap Sifat Mekanik Dan Mikrostruktur. *Jurnal Smart Teknologi*, 4(3), 360-366.
- Kosjoko, K., & Mufarida, N. A. (2022). Pemanfaatan Limbah Serbuk Arang Kayu Jati (Tectona Grandis LF) sebagai Material Brake Pads. *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 7(1), 21-27
- Khalid, A., Cahyadi, R., & Kapioro, P. (2014). Analisa Pengaruh Beda Temperatur Pada Mikrostruktur Baja Carbon St 42. *Jurnal Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin*, 2(2).
- Kosjoko, K. (2017). Pengaruh Perlakuan Alkali Terhadap Kekuatan Tarik dan Bending Bahan Komposit Serat Bambu Tali (Gigantochloa Apus) Bermatriks Polyester. *Prosiding Sensei 2017*, 1(1).
- Pratiwi, Y. R., & Wibowo, S. S. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Dan Jumlah Pass Terhadap Uji Kekerasan Hasil Las Dan Struktur Mikro Pada Proses Pengelasan Shielded Metal Arch Welding. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 4(2), 159. <https://doi.org/10.28926/briliant.v4i2.287>
- Tyagita, D. A., & Irawan, A. (2017). Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Plat Baja St 37 Dengan Pendingin Liquid. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 16(3), 91–94. <https://doi.org/10.25047/jii.v16i3.308>.