

# PENGARUH TEMPERATUR MEDIA PENDINGIN TERHADAP PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO BAJA KARBON SEDANG

Jefri Aldo<sup>1)</sup> dan Hariyono<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Teknik Manufaktur, Politeknik Batulicin

<sup>2)</sup>Teknik Perkapalan, Politeknik Batulicin

<sup>1,2)</sup>Jl. Malewa Raya Komplek Maming One Residence Kec. Batulicin Kab. Tanah Bumbu, Prov. Kalimantan Selatan, 72273  
E-mail: jefrialdo7@gmail.com<sup>1)</sup>, hariyono.ismail07@gmail.com<sup>2)</sup>

## ABSTRAK

Pengelasan ialah pengerjaan suatu ikatan karena disebabkan terjadinya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dikerjakan dalam kondisi cair, ataupun bisa dimaksud juga sebagai suatu sambungan satu tempat dari sebagian batang logam dengan menggunakan tenaga panas. Riset ini bermaksud menganalisis akibat dari perbandingan temperatur media pendingin yang digunakan dengan cara pendinginan baja karbon sedang yang dilas menggunakan las SMAW terhadap perubahan bentuk mikro. Media pendingin yang digunakan yaitu oli SAE 5W 30 dengan temperatur yang bervariasi ialah 80°C, 90°C, 100°C. Riset dilaksanakan dengan metode melakukan cara pengelasan pada baja karbon sedang serta didinginkan dengan media oli dengan temperatur yang berbeda, setelah itu dicoba observasi bentuk mikro untuk melihat perubahan bentuk mikro. Periset menggunakan media pendingin oli tanpa pemanasan, serta temperatur ruang selaku pembeda, alhasil melewati riset ini diperoleh hasil perubahan bentuk mikro pada 3 (tiga) wilayah pengelasan ialah las induk membuah bentuk struktur ferit serta perlit yang tidak merata, HAZ menghasilkan bentuk struktur ferit serta perlit yang rapat, logam las membuah bentuk struktur ferit *acicular* serta perlit yang halus serta rapat.

**Kata Kunci:** Baja Karbon Sedang, Pengelasan, Struktur Mikro

### 1. PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi dengan logam pada era saat ini banyak mengaitkan unsur pengelasan khususnya aspek rancang bangun sebab sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang dengan cara teknis membutuhkan keterampilan yang besar untuk melakukan pengelasannya supaya didapat sambungan dengan kualitas bagus (Budiarto *et al.*, 2020). Pengelasan (*welding*) merupakan metode penyambungan logam dengan metode mencairkan sebagian logam induk serta logam pengisi dengan ataupun tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Amuda *et al.*, 2020).

Lingkup pemakaian metode pengelasan dalam kontruksi amat besar, mencakup perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, pipa pesat, pipa saluran serta yang sejenisnya (Zulhafril, Jasman and Tespoer, 2020). Di samping buat pembuatan, cara las bisa pula dipergunakan buat reparasi misalnya buat mengisi lubang- lubang pada coran (Saputra *et al.*, 2022).

Pengertian Pengelasan bagi DIN (*Deutch Industrie Normen*) las merupakan suatu jalinan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilakukan dalam kondisi lumer ataupun cair (Diah and Verayanti, 2020). Dari pengertian tersebut bisa dipaparkan lebih lanjut bahwa las merupakan sambungan setempat dari sebagian batang logam dengan menggunakan tenaga panas (Isworo and Rahman, 2020).

Klasifikasi berdasarkan metode kerja dipecah jadi 3 ialah golongan las cair, las tekan, las solder (Haryadi,

Utomo and Ekaputra, 2021). Sedangkan wujud klarifikasi yang kedua bersumber pada tenaga yang digunakan dibedakan menjadi las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya (Nugroho *dkk.*, 2019). Metode pengelasan yang sangat banyak digunakan merupakan pengelasan cair dengan busur (las busur listrik) serta gas. Tipe las busur listrik terdapat 4 ialah las busur dengan elektroda terbungkus, las busur gas (TIG, MIG, las busur CO<sub>2</sub>), las busur tanpa gas, las busur rendam. Tipe dari las busur elektroda terbungkus salah satunya merupakan las SMAW (*Shielding Metal Arc Welding*) (Prayogi and Suhardiman, 2019).

Pengelasan SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) yang juga disebut Las Busur Listrik merupakan cara pengelasan yang menggunakan panas untuk melarutkan material dasar ataupun logam induk serta elektroda materi pengisi (Sunardi *dkk.*, 2021). Panas itu diperoleh oleh lompatan ion listrik yang terjalin antara katoda dan anoda (ujung elektroda serta dataran permukaan las yang hendak dilas) (Amosun *et al.*, 2023). Tidak seluruh logam mempunyai sifat mampu las yang bagus. Material yang memiliki sifat mampu las yang bagus antara lain merupakan baja karbon sedang (Sihite, 2019). Baja ini bisa dilas dengan las busur elektroda terbungkus, las busur redam serta las MIG (las logam gas mulia) (Tarmizi, Indrawan and Irfan, 2020) (Studi *et al.*, 2022).

Daerah hasil pengelasan bisa diklasifikasikan jadi 3(tiga) wilayah penting ialah logam las ataupun *Weld Metal* daerah akibat panas ataupun *Heat Affected Zone* (HAZ), serta logam induk ataupun *Base Metal* yang

tidak dipengaruhi oleh pengelasan (Mulyadi *et al.*, 2022).

Sifat mekanik suatu baja sangat sensitif terhadap nilai kandungan karbon dimana semakin tinggi isi kandungan karbon yang dimiliki suatu baja maka menjadi semakin tinggi angka daya serta kekerasan dari baja itu. Untuk itu baja karbon diklasifikasikan jadi 3 baja karbon rendah, sedang dan tinggi. Baja karbon sedang biasa dipakai buat pelat-pelat tipis serta konstruksi umum (Darmo, Sinarep and Soenoko, 2021).

Periset menggunakan baja karbon sedang yang dilas dengan mesin las SMAW serta menggunakan media pendingin cair (*liquid*) ialah oli, dimana oli media pendingin yang mudah untuk ditemui serta saat ini sangat banyak dimanfaatkan untuk proses pendinginan, manfaat dari menggunakan media pendingin oli yaitu kecepatan pendinginannya pada langkah pembuatan lapisan luar bisa diamati alhasil menghasilkan karakteristik pendinginan yang homogen namun oli memiliki daya pendinginan yang lambat untuk itu dibutuhkan pemanasan pada oli saat sebelum digunakan selaku media pendingin (Rajendra *et al.*, 2021). Proses pendinginan hasil pengelasan biasanya berjalan dengan secara cepat, alhasil pemakaian digaram fasa tidak bisa digunakan buat menganalisa bentuk mikro hasil pengelasan, buat itu di manfaatkan bagan CCT (*Continuous Colling Transformation*). Bagan CCT ialah bagan temperatur (T) vs durasi (t) yang di manfaatkan buat memperhitungkan bentuk mikro serta harga kekerasan di dasar laju pendinginan khusus, tidak hanya menampilkan ikatan antara temperatur serta durasi pada bagan CCT pula ada fase-fase yang bisa jadi hendak terjalin pada permasalahan pendinginan khusus pada cara pengelasan (Jumaidin *et al.*, 2019).

Daya hasil lasan dipengaruhi oleh tegangan busur, besar busur, kecekatan pengelasan, besarnya penembusan dan polaritas listrik. Determinasi besarnya kuat arus dalam penyambungan logam memakai las busur mempengaruhi daya efisiensi perkerjaan dan bahan las (Alfryyan, 2022). Determinasi besar kuat arus dalam pengelasan ini mengambil 100 A, 125 A, dan 150 A.

## 2. RUANG LINGKUP

### 1. Cakupan Permasalahan

Mencakup uraian permasalahan pada analisis pengaruh temperatur media pendingin terhadap perubahan struktur mikro baja karbon sedang

### 2. Batasan-batasan Penelitian

Batasan permasalahan penelitian meliputi perubahan struktur mikro baja karbon sedang yang dilas dengan mesin las SMAW kemudian dilakukan pendingin dengan media pendingin dengan suhu yang bervariasi.

### 3. Rencana hasil yang didapatkan

Hasil yang ingin didapatkan dari penelitian ini yaitu bentuk struktur mikro dari proses pengelasan SMAW dan sebelumnya dilakukan pendinginan

menggunakan media pendingin oli dengan suhu bervariasi.

## 3. BAHAN DAN METODE

Riset ini ialah riset tipe eksperimental, untuk mendapatkan deskripsi Mengenai akibat media pendingin kepada bentuk mikro pada pengelasan baja karbon sedang. Sebaliknya untuk memastikan perubahan bentuk struktur mikro yaitu dengan cara media hasil las di dinginkan dengan oli yang memiliki suhu bervariasi yaitu 80°C, 90°C dan 100°C (Mulyadi *et al.*, 2022), kemudian diamati struktur mikronya dengan menggunakan STM (*Scanning Toneling Mikroskop*) dan informasi yang diterima dianalisis menggunakan analisa deskriptif.

### 3.1. Media Pendingin

Media pendingin yang lazim digunakan untuk mendinginkan *specimen* pada proses pengerasan logam antara lain air, oli, udara dan larutan air garam. Media pendingin tersebut digunakan sesuai kemampuan untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Penelitian ini menggunakan media pendingin yang berbeda yaitu air, oli, dan udara dengan tujuan untuk membandingkan media pendingin apa yang menghasilkan kekerasan yang lebih baik. Jenis jenis media pendingin yang digunakan:

#### 1. Air

Air merupakan senyawa yang mengandung unsur (H) dan unsur oksigen (O), dengan perbandingan unsur 2 atom hidrogen dan 1 atom oksigen (H<sub>2</sub>O). Kedua unsur ini memiliki sifat yang bertentangan, hidrogen adalah unsur yang dibutuhkan dalam pembakaran. Dalam persenyawaannya kedua unsur ini memiliki sifat-sifat baru yaitu tidak bisa terbakar. Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat.

#### 2. Minyak/Oli

Minyak adalah mineral dari sisa-sisa tumbuhan dan hewan laut (plankton) yang telah terpendam selama jutaan tahun yang memiliki sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergesekan. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan spesimen.

Pada penelitian ini menggunakan Oli SAE 5W 30 yang dipanaskan dan mempunyai titik didih 80°C, 90°C dan 100°C.

### 3.2. Metode Pengujian Struktur Mikro

Menurut (Prabhu, Jomy and Prabhu, 2022) struktur mikro ialah sekumpulan fasa-fasa yang diamati dengan teknik metalografi. Metalografi ialah pengujian spesimen menggunakan mikroskop dengan pembesaran beberapa ratus kali, ini bertujuan untuk memperoleh ilustrasi dan untuk mengetahui sifat logam.

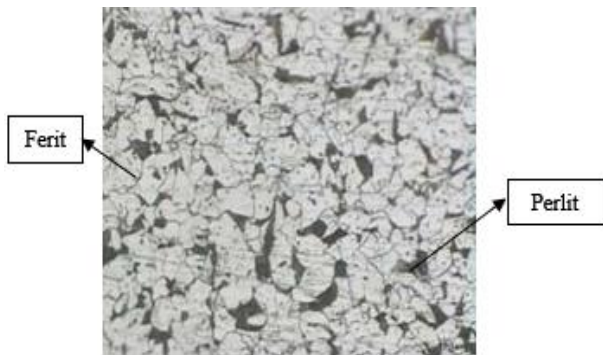
#### 4. PEMBAHASAN

Berikut merupakan bentuk dari struktur mikro untuk spesimen non media, oli tanpa pemanasan, dan oli temperatur 80°C, 90°C, 100°C yaitu:

##### 4.1. Struktur Mikro Benda Spesimen Non Media

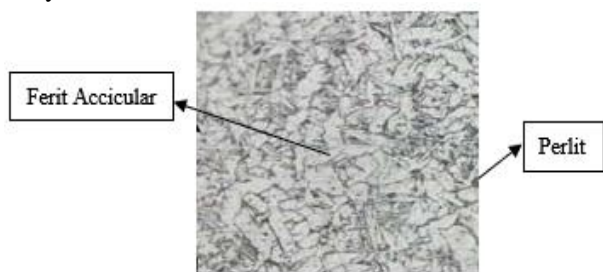
Berikut akan dijabarkan hasil dari struktur mikro spesimen tanpa pemanasan dengan tiga daerah las yaitu logam induk, HAZ dan Logam Las.

Dari gambar 1 dapat dilihat bentuk mikro wilayah struktur mikro karbonium induk baja karbon sedang yang dilas tanpa menggunakan media pendingin dengan perbesaran 200x. Pada wilayah logam induk itu ada bentuk mikro yang didominasi biji ferit bercorak putih (jelas) serta sedikit biji perlit bercorak gelap (hitam). Biji perlit yang bercorak gelap (hitam) mengarah lebih keras sebab memiliki karbonium, sebaliknya biji ferit bercorak putih (jelas) cenderung mengarah lebih lunak.



Gambar 1. Struktur Mikro Logam Induk

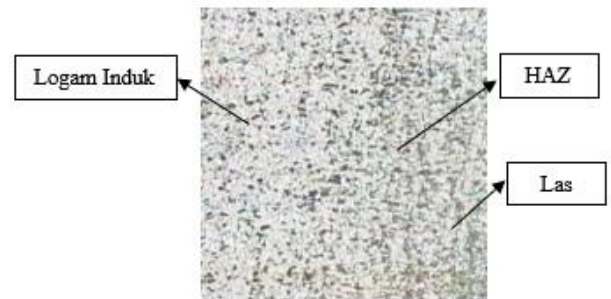
Pada gambar 2 dapat dilihat bentuk mikro wilayah logam las baja karbonium sedang yang dilas tanpa menggunakan media pendingin dengan perbesaran 200x. Pada wilayah logam las itu ada bentuk mikro butiran *ferit acicular* yang ukurannya relatif lebih kecil serta memiliki arah yang random bercorak putih (sedikit abu-abu) serta butiran perlit yang bercorak gelap (hitam) serta martensit. Terdapatnya perlit, serta *ferit acicular* amat diharapkan sebab bentuk itu sanggup menaikkan kekerasan serta kekuatan pada wilayah itu.



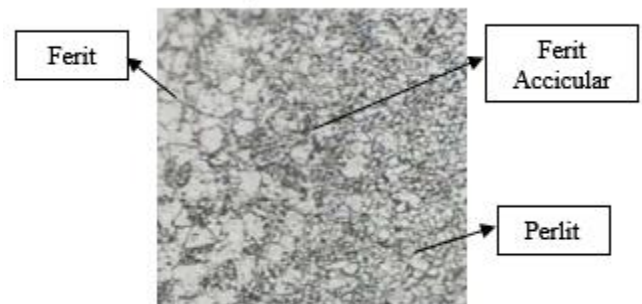
Gambar 2. Struktur Mikro Logam Las

Pada gambar 3 dapat dilihat bentuk mikro wilayah logam induk, HAZ, serta logam las baja karbonium sedang yang dilas tanpa menggunakan media

pendingin, pada gambar 3 ialah bentuk struktur mikro untuk 3 (tiga) wilayah dengan perbesaran 50x serta pada gambar 6 ialah berbesaran 200x. Wilayah logam induk didominasi dengan bentuk biji ferit dengan skala biji yang lebih besar serta bercorak putih, sebaliknya pada wilayah HAZ didominasi dengan bentuk biji ferit *accicular* yang mengarah wujud *random* serta pula didominasi oleh bentuk biji perlit, sebaliknya pada wilayah metal las lebih banyak didominasi oleh bentuk biji perlit yang bercorak gelap (hitam) serta ferit *accicular* dengan skala biji yang relatif kecil serta memiliki watak bisa menaikkan kekuatan pada wilayah itu serta bentuk biji martensit yang berkarakter amat keras.



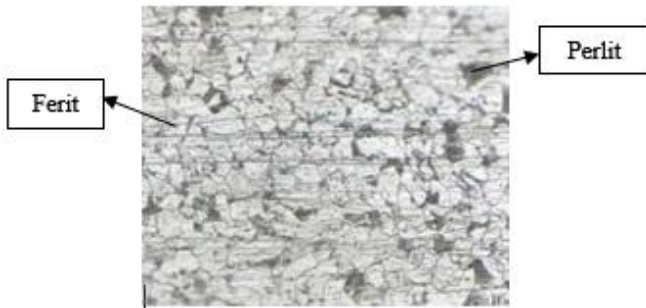
Gambar 3. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 50X



Gambar 4. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 200X

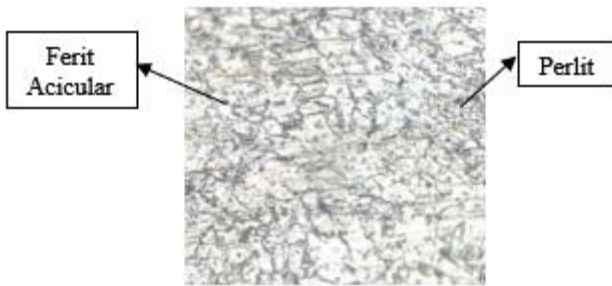
##### 4.2 Struktur Mikro Benda Spesimen Oli Tanpa Pemanasan

Pada gambar 5 dapat dilihat bentuk mikro logam induk baja karbonium sedang yang sudah dicoba cara pengelasan serta pendinginan menggunakan media pendingin oli tanpa dipanaskan dengan perbesaran lensa objektif 200x. Gambar membuktikan kalau pada wilayah logam induk ada bentuk biji ferit yang memimpin dengan skala yang relatif besar bercorak putih (jelas) serta sedikit bentuk biji perlit bercorak gelap (hitam).



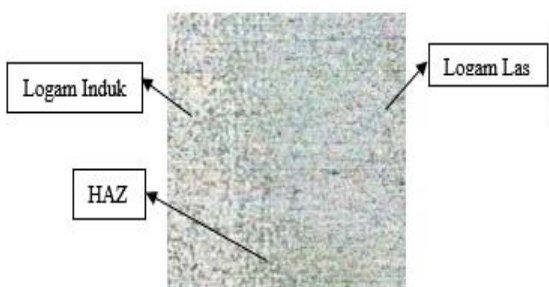
**Gambar 5. Struktur Mikro Logam Induk**

Pada gambar 6 dapat dilihat bentuk mikro logam las baja karbonium sedang yang sudah dicoba cara pengelasan serta pendinginan menggunakan media pendingin oli tanpa dipanaskan dengan perbesaran lensa objektif 200x. Gambar itu membuktikan kalau pada wilayah logam induk ada bentuk biji ferit yang memimpin dengan skala yang relatif besar bercorak putih (jelas) serta sedikit bentuk biji perlit bercorak gelap (hitam).

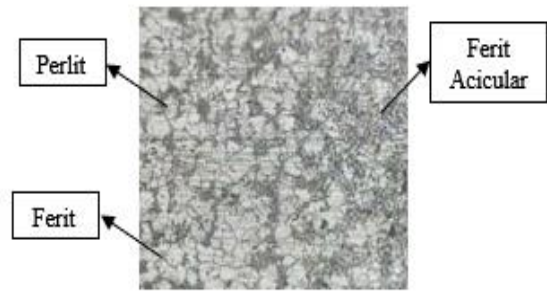


**Gambar 6. Struktur Mikro Logam Las**

Pada gambar 7, dapat dilihat bentuk mikro 3 (tiga) wilayah pengelasan ialah logam induk, HAZ, serta logam las baja karbonium sedang yang dilas menggunakan media pendingin oli tanpa pemanasan. Gambar 9 membuktikan perbandingan bentuk mikro pada 3 (tiga) wilayah pengelasan. Gambar 10 membuktikan wilayah logam induk didominasi bentuk biji ferit *widmanstatten* yang skala butirnya lebih besar serta bercorak putih (jelas), pada wilayah HAZ didominasi bentuk biji ferit *acicular* yang mengarah wujud random, sedikit ferit serta butiran perlit, pada wilayah metal las didominasi bentuk biji perlit warna gelap (hitam) serta bentuk biji ferit *acicular* serta martensit yang memiliki sifat kuat serta lebih keras.



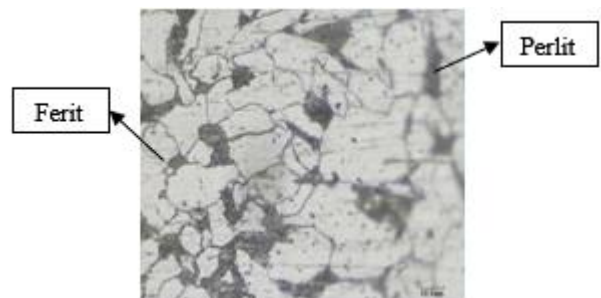
**Gambar 7. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 50X**



**Gambar 8. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 200X**

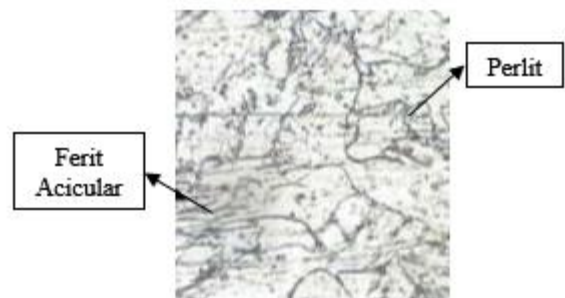
#### 4.3. Struktur Mikro Benda Spesimen Oli Suhu 80°

Pada gambar 9, dapat dilihat bentuk mikro logam induk dari baja karbonium sedang yang dilas menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 80°C dengan perbesaran lensa objektif 500x. Gambaran itu membuktikan pada wilayah logam induk didominasi oleh bentuk biji ferit berdimensi besar bercorak putih (jelas) serta sedikit bentuk biji perlit bercorak gelap (hitam) dengan arah skala yang lebih kecil.



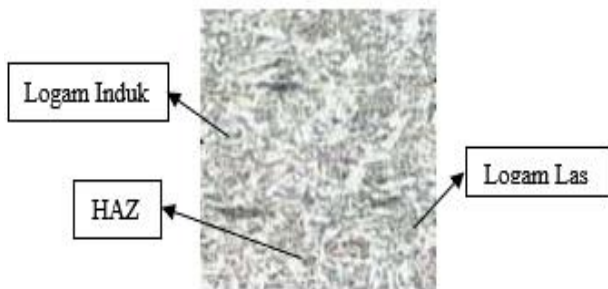
**Gambar 9. Struktur Mikro Logam Induk**

Pada gambar 10, dapat dilihat bentuk mikro logam las baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 80°C dengan perbesaran lensa objektif 500x. Gambaran itu membuktikan wilayah logam las didominasi oleh bentuk biji ferit *acicular* yang arah wujudnya lancip serta *random*, serta bentuk biji perlit.

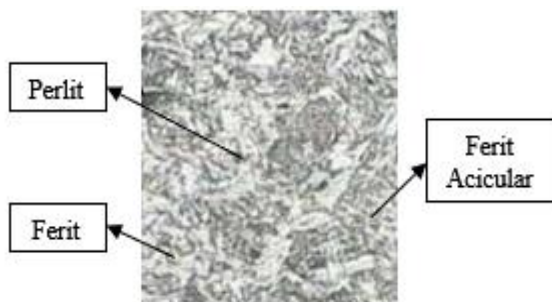


**Gambar 10. Struktur Mikro Logam Las**

Pada gambar 11 dapat dilihat bentuk mikro dari 3 (tiga) wilayah pengelasan baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 80°C. Gambar 13, membuktikan wilayah logam induk, HAZ, serta logam las. Gambar 12 membuktikan pada wilayah logam induk ada bentuk butir ferit serta sedikit perlit, pada wilayah HAZ didominasi oleh bentuk biji ferit acicular yang mengarah wujud random, sebaliknya pada wilayah logam las didominasi oleh bentuk biji ferit acicular.



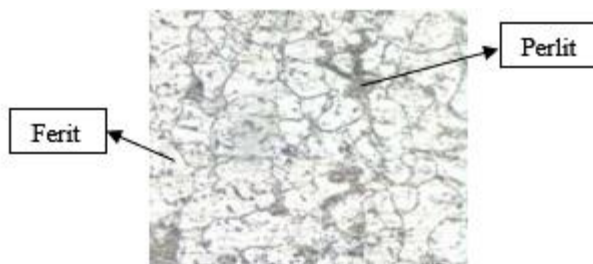
**Gambar 11. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 50X**



**Gambar 12. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 200X**

#### 4.4. Struktur Mikro Benda Spesimen Oli Suhu 90°

Pada gambar 13 dapat dilihat bentuk mikro logam induk baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 90°C per besaran lensa objektif 500x. Gambaran itu membuktikan pada wilayah logam induk ada bentuk biji ferit yang besar bercorak putih (jelas) yang memimpin, serta sedikit bentuk biji ferit yang bercorak gelap (hitam).



**Gambar 13. Struktur Mikro Logam Induk**

Pada gambar 14 dapat dilihat bentuk mikro logam las dari baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media oli yang dipanaskan hingga temperatur 90°C dengan perbesaran lensa objektif 500x. Lukisan itu membuktikan wilayah logam las didominasi oleh bentuk biji ferit acicular yang mengarah random, serta ada sedikit biji perlit serta biji ferit.



**Gambar 14. Struktur Mikro Logam las**

Pada gambar 15 dilihat bentuk mikro pada 3 (tiga) wilayah baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 90°C. Gambar 15 membuktikan 3 (tiga) wilayah pengelasan ialah logam induk, HAZ, serta logam las. Gambar 16 membuktikan pada wilayah logam induk didominasi oleh bentuk biji ferit yang mengarah wujud lebih besar serta bercorak putih (jelas) serta sedikit bentuk biji perlit yang bercorak gelap (hitam), sebaliknya pada wilayah HAZ membuktikan kalau wilayah HAZ didominasi oleh bentuk biji ferit *acicular* serta biji perlit, serta pada wilayah logam las didominasi oleh bentuk biji perlit yang memiliki sifat keras.



**Gambar 15. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 50X**



**Gambar 16. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 200X**

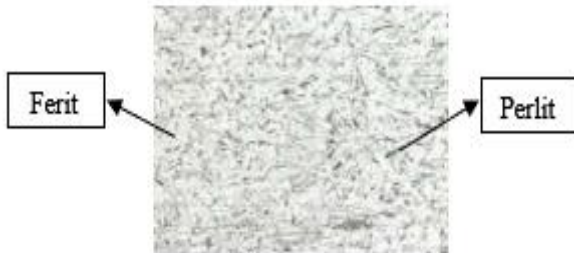
#### 4.5. Struktur Mikro Benda Spesimen Oli Suhu 100°

Pada gambar 17, dapat dilihat bentuk mikro logam induk dari baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 100°C dengan perbesaran lensa objektif 200x, pada gambar 17 wilayah logam induk didominasi oleh bentuk biji ferit yang bercorak putih (jelas) mengarah wujud besar serta sedikit biji perlit yang lebih kecil serta bercorak gelap (hitam)



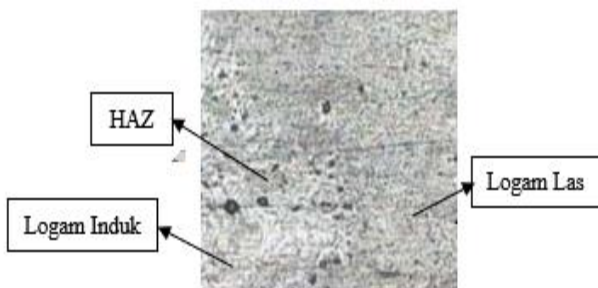
Gambar 17. Struktur Mikro Logam Induk

Pada gambar 18 dapat dilihat bentuk mikro logam las dari baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan memakai media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 100°C dengan perbesaran 200x, pada gambar 18 ada bentuk biji ferit acicular yang mengarah random serta sedikit biji perlit

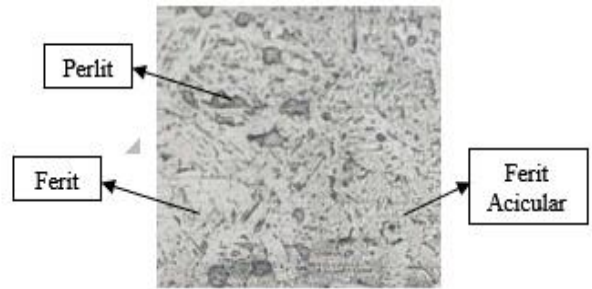


Gambar 18. Struktur Logam Las

Pada gambar 19 dapat dilihat bentuk mikro baja karbonium sedang yang dilas serta didinginkan menggunakan media pendingin oli yang dipanaskan hingga temperatur 100°C. Gambar 19 membuktikan 3 (tiga) wilayah pengelasan ialah logam induk, HAZ, serta logam las. Gambar 22 membuktikan pada wilayah logam induk didominasi oleh bentuk biji ferit serta sedikit bentuk biji perlit, sebaliknya pada wilayah HAZ didominasi bentuk biji ferit acicular yang mengarah wujud random, serta bentuk biji perlit.



Gambar 19. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 50X



Gambar 20. Struktur Mikro Logam Induk, HAZ, LAS perbesar 200X

## 5 KESIMPULAN

laju pendinginan yang lambat maka akan menghasilkan perkembangan bentuk struktur yang kasar serta berjauhan, sebaliknya laju pendinginan yang cepat akan menghasilkan perkembangan bentuk struktur yang halus serta rapat. Hasil dari proses pengujian metalografi dengan perbesaran makro 50x serta perbesaran mikro 200x bahwa spesimen buat wilayah logam induk pada wilayah ini ada struktur butir perlit serta ferit dengan arah jarak yang jauh serta kasar, sebaliknya untuk wilayah HAZ ada struktur butir ferit serta didominasi struktur butir perlit yang halus serta rapat, pada wilayah logam las perkembangan pada wilayah ini didominasi oleh bentuk butir perlit yang rapat serta halus, perbandingan perkembangan bentuk butir tidak sangat signifikan, hal ini disebabkan perlakuan yang nyaris serupa untuk lima (5) spesimen.

Dampak temperatur oli selaku media pendingin memunculkan akibat pada kerapatan perkembangan bentuk biji pada spesimen. spesimen yang didinginkan memakai oli yang dipanaskan pada temperatur 80°C, 90°C, 100°C di area HAZ dan logam las mengalami perkembangan bentuk biji perlit yang lebih rapat serta acak, alhasil pada spesimen itu lebih didominasi oleh bentuk biji perlit pada pergantian temperatur media pendingin. Kebalikannya pada spesimen yang didinginkan menggunakan media oli tanpa dipanaskan dan spesimen yang didinginkan dengan temperatur ruang perkembangan bentuk butir pada area HAZ dan logam las terlihat lebih tidak nampak dengan arah bentuk yang terlihat jelas antara wujud butir ferit dan wujud butir perlit.

## 6 SARAN

Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan media pendingin yang lain dan menggunakan jenis las yang berbeda juga.

## 7 DAFTAR PUSTAKA

- Alfryyan, N. (2022) 'Improving Mechanical Properties, Microstructure And Wear Resistance Of Dual-Phase Medium Carbon Steel', 7(1), pp. 2379–2387.
- Amosun, T. S. *et al.* (2023) 'Mechanical Engineering for Society and Industry Effect of quenching media on

- mechanical properties of welded mild steel plate', 3(1), pp. 4–11.
- Amuda, M. O. H. *et al.* (2020) 'a Quenching Media Effect on the Mechanical Properties of Medium Carbon Dual Phase Steel', *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 55(4), pp. 895–909.
- Budiarto *et al.* (2020) 'The heat treatment of austenitisation analysis of medium carbon steel to the hardness, microstructure, and tensile strength', *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725(1). doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012036.
- Darmo, S., Sinarep, S. and Soenoko, R. (2021) 'A study of the pack carburizing quenching treatment with cane molasses cooling medium effect on the wear resistance of low carbon steel', *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(12–110), pp. 32–37. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228627.
- Diah, F. and Verayanti, A. (2020) 'Experiment Design Effects of Cooling Media Variations Toward Strictness and Pulling Strengthness of Materials of ST 41 in Heat Treatment Process', 2020, pp. 175–182. doi: 10.11594/nstp.2020.0527.
- Haryadi, G. D., Utomo, A. F. and Ekaputra, I. M. W. (2021) 'Pengaruh Variasi Temperatur Quenching Dan Media Pendingin Terhadap Tingkat Kekerasan Baja AISI 1045', *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(2), p. 255. doi: 10.32497/jrm.v16i2.2633.
- Isworo, H. and Rahman, N. (2020) 'Effect of Variations in Heating Temperature and Cooling Media on the Hardness and Microstructure of Steel St 41 Hardening Method', *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 5(1), pp. 37–50. doi: 10.20527/sjmekinematika.v5i1.136.
- Jumaidin, R. *et al.* (2019) 'Effect of cooling medium and tempering on microstructures and hardness of sk3 high carbon steel', *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, 63(2), pp. 199–209.
- Mulyadi, M. *et al.* (2022) 'The Effect of Quenching Media on the Hardness of AISI 1045 Steel', *Proceedings of the 5th FIRST T1 T2 2021 International Conference (FIRST-T1-T2 2021)*, 9, pp. 66–71. doi: 10.2991/ahe.k.220205.012.
- Nugroho, E. *et al.* (2019) 'Pengaruh Temperatur dan Media Pendingin pada Proses Heat Treatment Baja AISI 1045 terhadap Kekerasan dan Laju Korosi', *Turbo : Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1), pp. 99–110. doi: 10.24127/trb.v8i1.933.
- Prabhu, D., Jomy, J. and Prabhu, P. R. (2022) 'Influence of Different Heat Treatment Temperatures on the Microstructure and Corrosion Behaviour of Dual-Phase EN8 Steel in 0.5 M Sulphuric Acid Solution', *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 8(4). doi: 10.1007/s40735-022-00689-7.
- Prayogi, A. and Suhardiman (2019) 'Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah', *Jurnal Polimesin*, 17(2), pp. 29–37.
- Rajendra, P. *et al.* (2021) 'EasyChair Preprint Evaluation of Mechanical Properties by Grain Refining of Low Carbon Steel Under Various Cooling Media Evaluation of mechanical properties by grain refining of low carbon steel under various cooling media'.
- Saputra, A. *et al.* (2022) 'PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4140 SETELAH PERLAKUAN PANAS HARDENING EFFECT OF COOLANT ON HARDENESS OF 4140 AISI STEEL AFTER HARDENING HEAT', 4(3), pp. 62–66.
- Sihite, E. (2019) 'Analisis Pengaruh Penuaan Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Strukturmikro Paduan Cuhfco', *Jurnal Kajian Ilmiah Universitas Bhayangkara Jakarta Raya*, 19(3), pp. 231–238.
- Studi, P. *et al.* (2022) 'Pengaruh Pemanasan Dan Quenching Dengan Air Laut', 7, pp. 62–70.
- Sunardi, S. *et al.* (2021) 'Fatigue Characteristics of Medium Carbon Steel after Heat Treatment Using Sand as Cooling Media', *INTEK: Jurnal Penelitian*, 8(2), p. 101. doi: 10.31963/intek.v8i2.2817.
- Tarmizi, Indrawan, R. and Irfan (2020) 'Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir', *URANIA :Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir*, 25(3), p. 153–164 PENGARUH.
- Zulhafril, H., Jasman, J. and Tespoer, K. J. (2020) 'The Effect of Cooling Media on Tensile Strength of Medium Carbon Steel in Post Welding Process Using Electric Welding (SMAW) with E7018 Electrodes', *Teknomekanik*, 3(2), pp. 62–69. doi: 10.24036/teknomekanik.v3i2.6472.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Batulicin yang telah memfasilitasi saya dalam pengambilan data dan hingga terbitnya artikel yang saya tulis.