

ANALISIS KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA 304 DENGAN VARIASI *HOLDING TIME*

Dewi Izzatus Tsamroh^{1*)}, Pungky Eka Setyawan², Andrian Dwi Kristianto³

^{1*)}Universitas Merdeka Malang

email: izza@unmer.ac.id

²Universitas Merdeka Malang

email: pungky.setya@unmer.ac.id

³Universitas Merdeka Malang

email: andrian.kristianto@student.unmer.ac.id

*) izza@unmer.ac.id

ABSTRACT

Metallurgy is the science that studies the properties of metals and their alloys through the analysis of their structures. Metal structure and alloys are the determining factors of the steel microarrangement that affect metal properties. The purpose of this study was to determine the strength and hardness of steel 304. This study used an experimental method by treating the workpiece and then characterizing it to see the results. In the hardness test it was concluded that a temperature does not affect the level of hardness of a specimen. While the cooling medium greatly affects the level of hardness. The higher the viscosity of a cooling fluid, the higher the hardness formed. Microstructural testing concluded that temperature and cooling media both have an effect on the formation of pearlite and ferrite in a material. If the temperature is the same and the fluids have the same properties, then the pearlite and ferrite contents will be the same. Pearlite will easily form at high temperatures with a high viscosity of the coolant, while ferrite will easily form if the temperature is low with a high fluid viscosity.

Keywords: *Metallurgy, Baja 304, Cooling medium*

ABSTRAK

Metalurgi adalah ilmu yang mempelajari sifat logam dan paduannya melalui analisa terhadap strukturnya. Struktur dan paduan logam merupakan faktor yang menentukan dari susunan mikro baja yang mempengaruhi sifat logam. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan dan kekerasan baja 304. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan memberikan perlakuan pada benda kerja kemudian dikarakterisasi untuk dilihat hasilnya. Pada pengujian kekerasan disimpulkan bahwa suatu suhu tidak mempengaruhi tingkat kekerasan suatu spesimen. Sedangkan media pendingin sangat mempengaruhi tingkat kekerasan. Semakin tinggi tingkat viskositas suatu fluida pendingin maka kekerasan yang terbentuk akan semakin tinggi pula. pengujian mikrostruktur disimpulkan bahawa suhu dan media pendingin sama-sama berpengaruh terhadap terbentuknya *perlit* dan *ferrit* dalam suatu material. Jika suhunya sama dan fluidanya memiliki sifat yang sama, maka kandungan *perlit* dan *ferrit* akan merata. *Perlit* akan mudah terbentuk dalam suhu yang tinggi dengan viskositas pendingin yang tinggi pula, sedangkan *ferrit* akan mudah terbentuk jika suhunya rendah dengan viskositas fluida tinggi.

Kata Kunci: *Metalurgi, Baja 304, Media Pendingin*

PENDAHULUAN

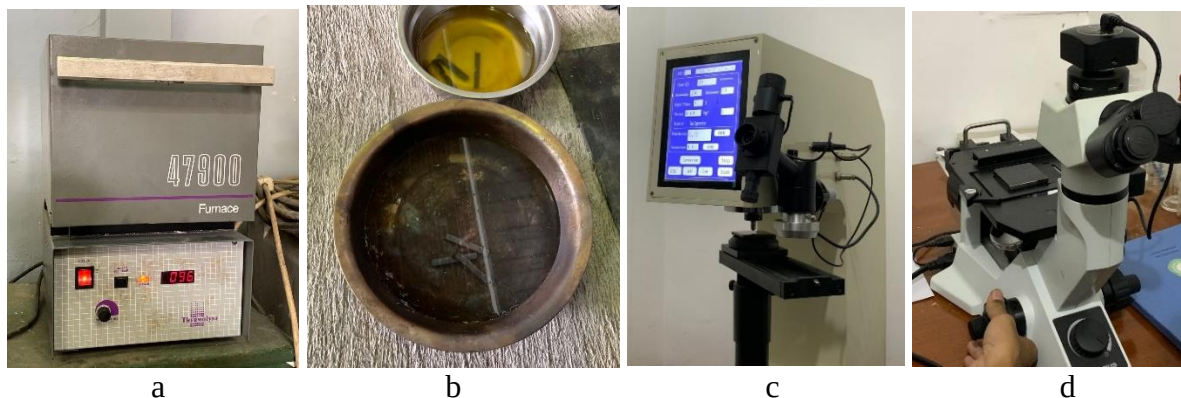
Metalurgi adalah ilmu yang mempelajari sifat logam dan paduannya melalui analisa terhadap strukturnya. Struktur dan paduan logam merupakan faktor yang menentukan dari susunan mikro baja yang mempengaruhi sifat logam. Untuk mendapatkan struktur mikro yang memperbaiki sifat logam dapat diupayakan melalui proses perlakuan panas. Perlakuan panas (*Heat Treatment*) merupakan proses pemanasan dan pendinginan logam dalam keadaan padat untuk mengubah sifat fisis logam. Untuk melakukan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia baja harus diketahui karena pada proses ini terjadi perubahan komposisi kimia terutamanya unsur karbon yang mempengaruhi sifat fisis logam [1][2].

Struktur mikro logam dapat dianalisa sehubungan dengan sifat logam dan paduannya dengan meneliti susunan terkecil pada logam yang terdiri dari ferrite dan pearlite setelah dikenakan perlakuan panas. Hasil dari pengamatan struktur mikro ini akan diperlihatkan berbagai fase untuk diidentifikasi. Penyebaran dan bentuk fase dapat dipelajari dan jika sifat-sifatnya diketahui dapat digunakan untuk mengetahui informasi-informasi tentang sifat-sifat spesimen (Khalid *et al.*, 2014) [5].

Penelitian ini sangat bermanfaat bagi perkembangan pengetahuan mengenai struktur/susunan suatu logam, tingkat kekerasan yang dimiliki dan proses yang tepat dalam meningkatkan ketangguhan logam, sehingga diperoleh suatu acuan atau pegangan yang jelas dalam memilih dan menentukan logam yang tepat dalam suatu pengerjaan.

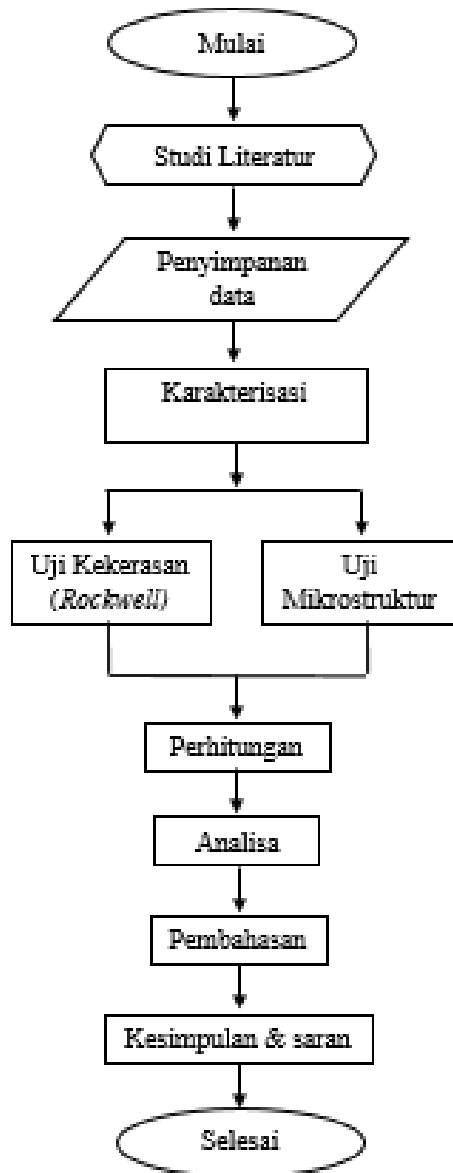
METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dimana pengamatan langsung dilakukan pada material hasil uji setelah mendapatkan perlakuan sebelumnya. Langkah dalam penelitian ialah dengan menyiapkan bahan spesimen uji kekerasan dan mikrostruktur logam baja, Proses pemanasan (*Holding*) Baja 304 selama 5 menit, Melakukan pendinginan benda uji dengan media (Oli, Es, Udara). Alat yang digunakan untuk memanaskan baja adalah furnace yang dapat mencapai suhu maksimal 1200°C . Alat uji kekerasan menggunakan *Rockwell* dan untuk melihat struktur logam menggunakan mikroskop.



Gambar 1. a. Furnace, b. Media pendingin, c. Rockwell, d. Mikroskop

Gambar 1 merupakan peralatan yang digunakan untuk penelitian dan untuk karakterisasi dari material Baja 304.



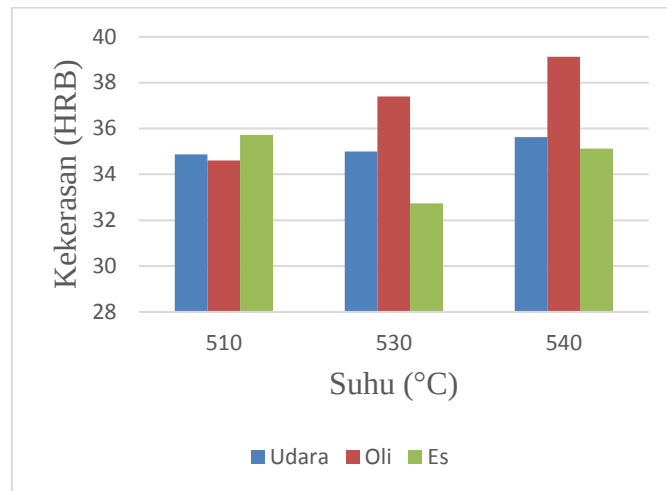
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Tabel 1. Data hasil pengujian kekerasan *Rockwell*

No.	Media Pendingin	Suhu (°C)	Holding Time (Menit)	HRB (<i>Hardness Rockwell B scale</i>)
1.	Udara	510	5	34,87
2.		530		35,00
3.		540		35,63
4.	Oli	510		34,60
5.		530		37,40
6.		540		39,13
7.	Es	510		35,73
8.		530		32,73
9.		540		35,13



Gambar 3. Diagram batang hasil uji kekerasan Rockwell

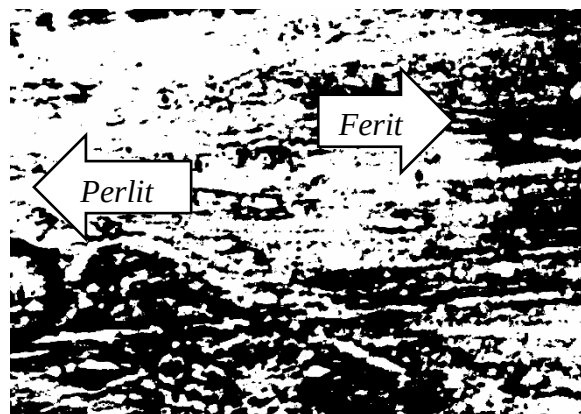
Dari data hasil pengujian kekerasan dapat ditarik kesimpulan, perlakuan panas (*heat treatment*) pada setiap spesimen dengan suhu yang berbeda-beda tidak terlalu mempengaruhi tingkat kekerasan dari suatu material. Pernyataan tersebut dapat dibuktikan dengan pendinginan menggunakan media udara. Hasilnya hampir sama dikarenakan fluida pendinginnya memiliki sifat mendinginkan secara bertahap (tidak cepat dan tidak lambat). Data yang didapat yaitu 34,87 HRB untuk suhu 510°C, 35,00 HRB untuk suhu 530°C, dan 35,63 HRB untuk suhu 540°C dengan rata-rata 35,17 HRB[4][7].

Dan untuk pendinginan es merupakan pendingin yang memiliki pengaruh terhadap kekerasan dari suatu material. Sifat fluida air es yang cepat meresap dan memenuhi wadah dengan tingkat kekentalan rendah membuat spesimen cepat dingin dan menghentikan proses pemanasan dengan cepat sehingga material yang didinginkan dengan air es menjadi material dengan rata-rata nilai kekuatan terendah. Data yang didapat yaitu 35,73 HRB untuk suhu 510°C, 32,73 HRB untuk suhu 530°C, dan 35,13 HRB untuk suhu 540°C dengan rata-rata 34,53 HRB [3][4].

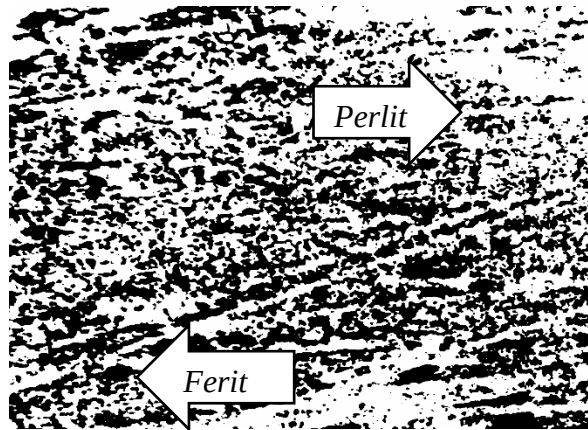
Sedangkan pada media pendingin oli merupakan material yang memiliki tingkat kekerasan tertinggi. Hal ini disebabkan oleh sifat fluida oli yang memiliki kekentalan tinggi. Pendinginan berjalan secara lambat, sehingga proses pemanasan masih berlanjut hingga spesimen dingin. Data yang didapat yaitu 34,60 HRB untuk suhu 510°C, 37,40 HRB untuk suhu 530°C, dan 39,13 HRB untuk suhu 540°C dengan rata-rata 37,04 HRB.

2. Uji Mikrostruktur

Spesimen dengan pendinginan udara

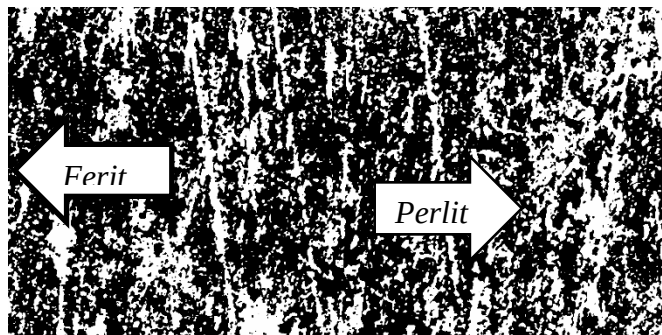


Gambar 4. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 510°C



Gambar 5. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 530°C

Spesimen dengan pendingin udara suhu 540°C



Gambar 6. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 540°C

Tabel 2. Perbandingan persentase mikrostruktur pendinginan udara

No.	Suhu (°C)	Putih (%)	Hitam (%)
1.	510	57,7	42,3
2.	530	56,36	43,64
3.	540	36,58	63,42

Proporsi sampel:

$$n = 3 \times 100 = 300$$

$$P_1 = \frac{\sum \text{putih}}{n_1} = \frac{149,377}{300} = 0,4979$$

Standar deviasi (δ_1):

$$q_1 = 1 - P_1 = 1 - 0,4979 = 0,5021$$

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{P_1 \cdot q_1}{n_1}} = \sqrt{\frac{0,4979 \cdot 0,5021}{300}} = 0,0037$$

Dari tabel distribusi standar dengan $\alpha=5\%$ maka diperoleh nilai $Z(\alpha/2) \pm 1,96$ Interval penduga rata-rata proporsi warna putih

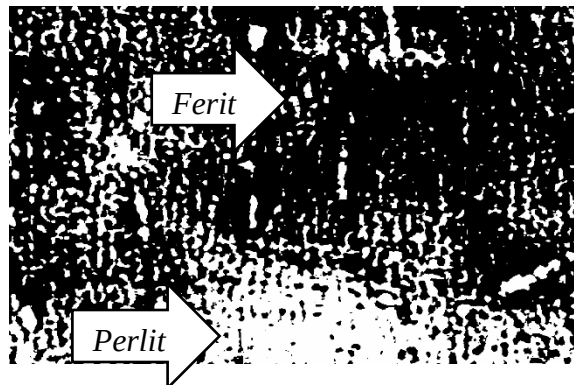
$$P_1 - Z(\alpha/2) \cdot \delta_1 < p < P_1 + Z(\alpha/2) \cdot \delta_1$$

$$0,4979 - (1,96 \times 0,0037) < p < 0,4979 + (1,96 \times 0,0037)$$

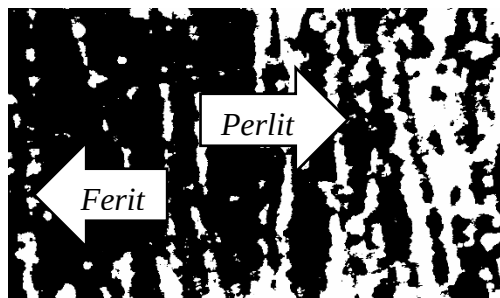
$$0,4906 < p < 0,5051$$

Jadi, Proporsi warna putih untuk mikrostruktur logam dengan media pendingin udara berkisar antara 49,06% - 50,51% dengan tingkat keyakinan 95%.

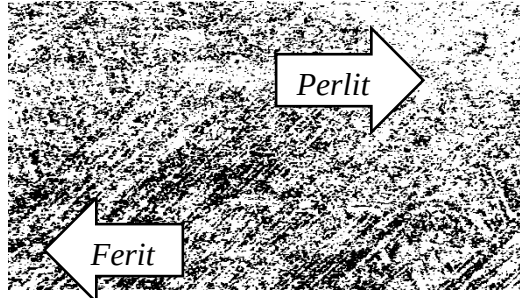
Spesimen dengan pendingin oli



Gambar 7. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 510°C



Gambar 8. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 530°C



Gambar 9. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 540°C

Tabel 2. Perbandingan persentase mikrostruktur pendinginan oli

No.	Suhu (°C)	Putih (%)	Hitam (%)
1.	510	28,47	71,53
2.	530	28,59	71,41
3.	540	66,17	38,83

Proporsi sampel:

$$n = 3 \times 100 = 300$$

$$P_1 = \frac{\sum \text{putih}}{n_1} = \frac{125,234}{300} = 0,41078$$

Standar deviasi (δ_1):

$$q_1 = 1 - P_1 = 1 - 0,41078 = 0,58922$$

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{P_1 \cdot q_1}{n_1}} = \sqrt{\frac{0,41078 - 0,58922}{300}} = 0,024$$

Dari tabel distribusi standar dengan $\alpha=5\%$ maka diperoleh nilai $Z(\alpha/2) \pm 1,96$ Interval penduga rata-rata proporsi warna putih

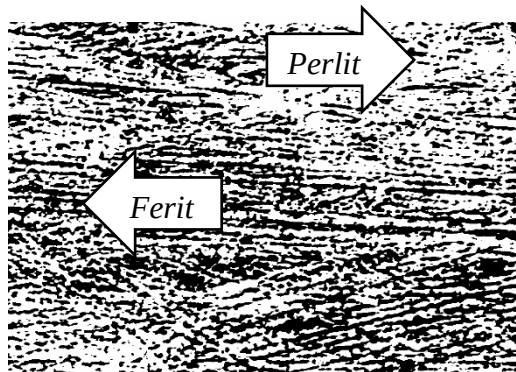
$$P_1 - Z(\alpha/2) \cdot \delta_1 < p < P_1 + Z(\alpha/2) \cdot \delta_1$$

$$0,41078 - (1,96 \times 0,024) < p < 0,41078 + (1,96 \times 0,024)$$

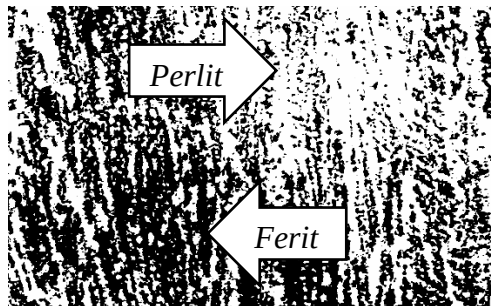
$$0,3637 < p < 0,4578$$

Jadi, Proporsi warna putih untuk foto mikrostruktur logam dengan media pendingin oli berkisar antara 36,37% - 45,78% dengan tingkat keyakinan 95%.

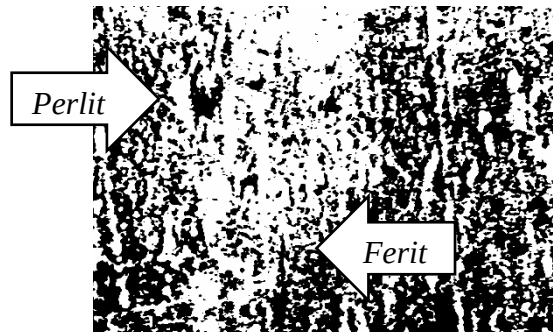
Spesimen dengan pendingin es



Gambar 10. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 510°C



Gambar 11. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 530°C



Gambar 12. Mikrostruktur spesimen dengan pendinginan udara pada suhu 540°C

Tabel 4. Perbandingan persentase mikrostruktur pendinginan es

No.	Suhu (°C)	Putih (%)	Hitam (%)
1.	510	57,5	42,5
2.	530	54,32	45,68
3.	540	53,22	46,78

Proporsi sampel:

$$n = 3 \times 100 = 300$$

$$P_1 = \frac{\sum \text{putih}}{n_1} = \frac{134,958}{300} = 0,449$$

Standar deviasi (δ_1):

$$q_1 = 1 - P_1 = 1 - 0,449 = 0,551$$

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{P_1 \cdot q_1}{n_1}} = \sqrt{\frac{0,449 \cdot 0,551}{300}} = 0,018$$

Dari tabel distribusi standar dengan $\alpha=5\%$ maka diperoleh nilai $Z(\alpha/2) \pm 1,96$ Interval penduga rata-rata proporsi warna putih

$$P_1 - Z(\alpha/2) \cdot \delta_1 < p < P_1 + Z(\alpha/2) \cdot \delta_1$$

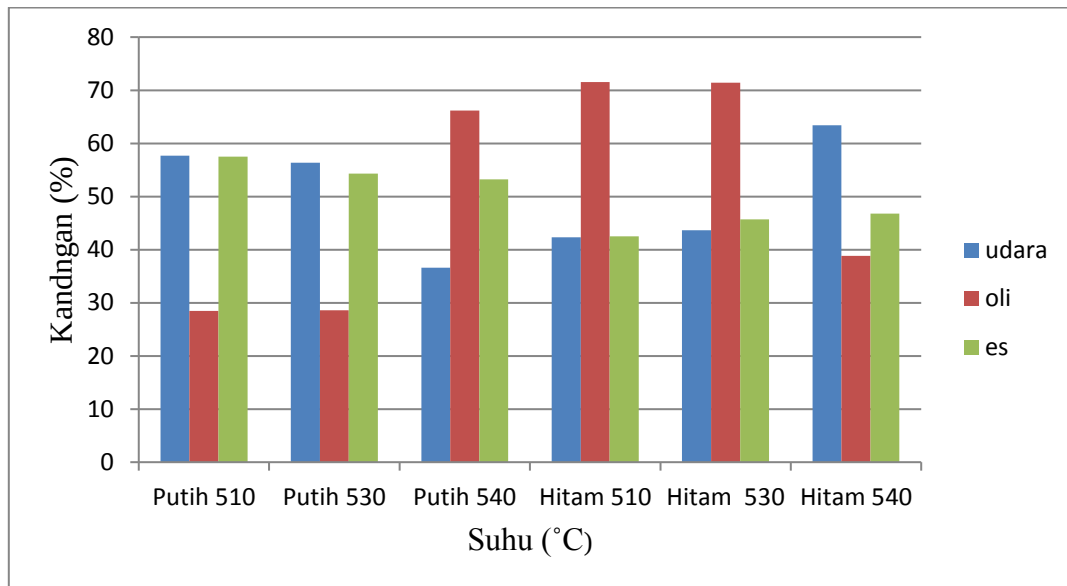
$$0,449 - (1,96 \times 0,018) < p < 0,449 + (1,96 \times 0,018)$$

$$0,4137 < p < 0,4843$$

Jadi, Proporsi warna putih untuk foto mikrostruktur logam dengan media pendingin oli berkisar antara 41,37% - 48,43% dengan tingkat keyakinan 95%.

Tabel 3. Hasil perhitungan mikrostruktur keseluruhan

Pendinginan	Suhu (°C)	Putih (%)	Hitam (%)
Udara	510	57,7	42,3
	530	56,36	43,64
	540	36,58	63,42
Oli	510	28,47	71,53
	530	28,59	71,41
	540	66,17	33,83
Es	510	57,5	42,5
	530	54,32	45,68
	540	53,22	46,78



Gambar 13. Diagram batang pengujian mikrostruktur

Dari data diatas dapat disimpulkan, kandungan *ferit* dan *perlit* dipengaruhi oleh suhu serta fluida pendingin dari pengujian tersebut. Dalam kasus pengujian suhu 510°C didapatkan data dengan pendinginan air es dan udara yang memiliki sifat fluida hampir mirip memiliki tingkat kandungan *perlit* dan *ferit* relatif sama. Sedangkan pada pendinginan oli kandungan *ferit* lebih tinggi dibandingkan dengan *perlit*, karena sifat dari fluida oli yang memiliki kekentalan lebih dibandingkan dengan air dan udara. Sehingga proses dari perubahan ikatan material tetap berjalan hingga spesimen dingin[5][6].

Dalam spesimen dengan suhu 510°C, spesimen dengan pendingin oli dan air es memiliki nilai kekerasan lebih daripada dengan spesimen pendinginan oli. Pada spesimen dengan suhu 530°C diketahui bahwa kandungan *perlit* untuk pendinginan air es dan udara hampir sama. Hal ini dikarenakan sifat fluida pendingin tersebut hampir mirip. Sedangkan pada pendinginan oli didapatkan kandungan *ferit* yang tinggi. Hal ini membuktikan bahwa media pendinginan memiliki pengaruh terhadap perubahan dari suatu kandungan material[3].

Pada pengujian suhu 540°C diketahui bahwa media pendinginan oli memiliki kandungan *perlit* yang lebih banyak daripada pendinginan udara dan air es. Hal ini membuktikan bahwa *perlit* akan lebih banyak terbentuk jika suhunya tinggi dengan pendinginan yang berlangsung lambat. Hal ini menyebabkan spesimen tersebut memiliki nilai kekerasan yang tinggi sehingga membuat material kuat[3].

KESIMPULAN

Pada pengujian kekerasan disimpulkan bahwa suatu suhu tidak mempengaruhi tingkat kekerasan suatu spesimen. Sedangkan media pendingin sangat mempengaruhi tingkat kekerasan. Semakin tinggi tingkat viskositas suatu fluida pendingin maka kekerasan yang terbentuk akan semakin tinggi pula. Namun, semakin cepat media pendingin mendinginkan spesimen, maka semakin kecil pula kekerasannya.

Pada pengujian mikrostruktur disimpulkan bahwa suhu dan media pendingin sama-sama berpengaruh terhadap terbentuknya *perlit* dan *ferit* dalam suatu material. Jika suhunya sama dan fluidanya memiliki sifat yang sama, maka kandungan *perlit* dan *ferit* akan merata. *Perlit* akan mudah terbentuk dalam suhu yang tinggi dengan viskositas pendingin yang tinggi pula, sedangkan *ferit* akan mudah terbentuk jika suhunya rendah dengan viskositas fluida tinggi.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Adipura, A., & Nafi, M. (2022). Pengaruh Heat Treatment Temperring Dengan Variasi Waktu Tahan Dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Baja Karbon *Seminar Karya Ilmiah Mahasiswa*, 1(September), 203–212.
- [2] Harahap, R. P., Rahmat, B., Studi, P., Mesin, T., Teknik, F., Batam, U., & Abulyatama, J. K. (2017). Analisa Pengaruh Stress Relief Annealing Terhadap Perubahan Sifat Mekanik Baja Tahan Karat Type Sus 304. *Zona Mesin*, 8(2), 18–29.
- [3] Haryadi, G. D. (2006). Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. *Rotasi*, 8(2), 1–8.
- [4] Khalid, A., Cahyadi, R., & Kapioro, P. (2014). Analisa Pengaruh Beda Temperatur Pada Mikrostruktur Baja Carbon St 42. *Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin*, 2(2).
- [5] Kurniawan, B. E. dan Y. S. (2014). Pengaruh variasi Holding Time Pada Perlakuan Panas Quench Annealing Terhadap Sifat mekanik dan Mikro Struktur Pada Baja mangan AISI 3401. *Jurnal Teknik POMITS*, 3(1), 1–4.
- [6] Nacl, D. L. (2021). Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Tehadap Laju Korosi Baja Skd-11. 9(4), 597–604.
- [7] Prihartono, J., & Nurdiansyah, I. (2022). Perancangan Alat Uji Kekerasan Metode Brinell dan Rockwell Berdasarkan VDI 2221. *Presisi*, 24(1), 35–40.
- [8] Sulaeman. M, Budiman. H, K. E. (2018). Proses Uji Dimensi, Uji Kekerasan dengan Metode Rockwell dan Uji Komposisi Kimia pada Cangkul di Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM) Bandung. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 10(1), 539–543.