

# Pengaruh Variasi Pendinginan dan *Holding Time* terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro pada Perlakuan Panas Baja ASSAB 88

Akhmad Syarief<sup>1\*</sup>, Nurul Iman<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat

<sup>2</sup>Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat  
Jl. Jendral Achmad Yani Km. 35,5 Banjarbaru, Indonesia

\*Corresponding author: [akhmad.syarief@ulm.ac.id](mailto:akhmad.syarief@ulm.ac.id) [akhmad.syarief@ulm.ac.id](mailto:akhmad.syarief@ulm.ac.id)

## Abstract

Along with the rapid development of science, improving material properties needs to be done to support the needs in the industrial world. This study aims to determine the effect of heat treatment with variations in cooling media and holding time on the value of hardness and microstructure in heat treatment of Assab 88 steel. The research process begins with cutting Assab 88 steel, then the heating process is carried out with a temperature of 850°C, then the cooling process is carried out with various media such as air, water and oil with holding time variations for 30 minutes, 45 minutes and 60 minutes. The results showed that the highest hardness value was found in water cooling media with a holding time of 60 minutes at 87.1 HRB and the lowest value in air cooling media at 78.1 HRB. Microstructure testing in water cooling media will form martensite which makes the steel harder but brittle, while with oil cooling media will produce a balance between hardness and toughness because bainite structures are formed and martensite is more dominant and a little pearlite.

**Keywords:** Cooling medium, holding time, hardness test, microstructure test, ASSAB 88 steel

## Abstrak

Seiring dengan pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan, peningkatan sifat material perlu dilakukan untuk menunjang kebutuhan dalam dunia industri. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh *heat treatment* dengan variasi media pendingin dan *holding time* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada perlakuan panas baja assab 88. Proses penelitian dimulai dengan pemotongan baja assab 88, kemudian dilakukan proses pemanasan dengan temperature 850°C, selanjutnya dilakukan proses pendinginan dengan berbagai media seperti udara, air dan oli dengan variasi *holding time* selama 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada media pendingin air dengan *holding time* 60 menit sebesar 87,1 HRB dan nilai terendah pada media pendingin udara sebesar 78,1 HRB. Pengujian struktur mikro pada media pendingin air akan membentuk martensite yang membuat baja semakin keras namun getas, sedangkan dengan media pendingin oli akan menghasilkan keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan karena terbentuk struktur bainit dan martensit lebih dominan serta sedikit perlit.

**Kata kunci:** Media Pendingin, *Holding time*, Uji Kekerasan, Uji Struktur Mikro, Baja ASSAB 88

## 1. Pendahuluan

Saat ini, industri logam mengalami perkembangan yang cukup cepat, terutama karena didukung oleh beberapa faktor, terutama kemajuan dalam teknologi proses dan teknologi material. Jika diperhatikan, banyak kebutuhan manusia selalu melibatkan sifat logam. Oleh sebab itu, manusia terus berupaya untuk meningkatkan sifat-sifat fisik dan mekanik logam tersebut. Tahapan perlakuan panas pada logam sangatlah berguna untuk meningkatkan sifat-sifat logam. Proses perlakuan panas memiliki tujuan untuk menghasilkan logam dengan sifat-sifat seperti solid, lunak dan liat serta menaikkan

kemampuan mesin dan mentiadakan tegangan sisa. Meskipun *heat treatment* biasanya diafiliasikan dengan peningkatan kekerasan material, sebenarnya proses ini juga bisa dipakai untuk merubah sifat-sifat lain yang bermanfaat atau sesuai dengan target tertentu dalam manufaktur. Contohnya, meningkatkan sifat *machining*, mempermudah pembentukan, atau membalikkan kelenturan setelah proses *cold work*. Bahkan, *heat treatment* tidak cuma berperan dalam mempermudah proses pembuatan, akan tetapi juga dapat mengupgrade sifat material dengan meningkatkan kekuatan atau spesifikasi tertentu dari bahan yang telah diproses.

Menurut penelitian Adi Rachmat, 2017 [1] dilakukan kajian pengaruh temperatur dan waktu tahan pada pendinginan baja Assab 760 dengan cairan pendingin Yama. Investigasi mengungkapkan perubahan nilai kekerasan dan struktur mikro yang tersusun. Pada uji kekerasan, nilai kekerasan optimum sebesar 51,7 HRC dicapai pada sampel pada temperatur 840 °C dan waktu tahan 15 menit, diikuti oleh sampel pada temperatur 800 °C dan waktu tahan 15 menit. 47,3 HRC, 44,3 HRC untuk sampel pada 840 °C dan waktu penahanan 25 menit, 43,3 HRC untuk sampel pada 880 °C dan waktu penahanan 15 menit, 43,3 HRC untuk sampel pada 880 °C dan waktu penahanan 15 menit 880 47,3 HRC untuk benda uji pada temperatur 840 °C dan waktu penahanan 35 menit; 35 HRC untuk benda uji pada temperatur 800 °C; waktu tahan 35 menit adalah 28 HRC, sampel dengan temperatur 800 °C dan waktu tahan 35 menit adalah 23,6 HRC, dan nilai terendah pada sampel mentah adalah 7,6 HRC. Uji struktur mikro memperlihatkan bahwa struktur mikro bahan baku tersusun atas ferrit dan pearlite, dengan bentuk dan ukuran kristal seimbang sesuai dengan unsur muatan karbon sebesar 0.42 – 0.50%. Dalam sampel yang dipadamkan dan didinginkan dengan Yama Coolant, ditemukan struktur baru yang disebut martensite, yang merupakan struktur pokok yang mengupgrade kekerasan baja. Berdasarkan hasil riset menunjukkan bahwa pada variasi suhu dan waktu tahan dengan media quenching yamacoolant dapat merubah struktur mikro dan menaikkan kekerasan baja ASSAB 760, dan tingkat kekerasan optimum dicapai di sampel pada suhu 840°C, waktu retensi 15 menit, 51,7 HRC.

Menurut penelitian Rizal. S, 2017 [2] yang melakukan riset tentang Pengaruh *multiple quenching* terhadap kekerasan dan perubahan struktur mikro baja ASSAB 760 menunjukkan hasil yang signifikan. Proses pengerasan memiliki tujuan untuk menaikkan kekerasan material dengan cara memanaskannya di atas suhu kritis dan

selanjutnya mendinginkannya dengan cepat. Laju pemanasan merupakan faktor penting dalam setiap proses *heat treatment*. *Quenching* yang dipakai pada riset ini adalah minyak dan udara. Uji struktur mikro dan kekerasan dilakukan dengan pengujian material ASSAB 760. Berdasarkan hasil riset memperlihatkan kekerasan material tanpa perlakuan sebesar 527,56 HVN dan struktur mikro 87,3% pearlite dan 12,7% ringan. Dengan pendinginan oli diperoleh kekerasan 570 HVN dan struktur mikro terdiri dari 38,4% perlit, 34,5% ringan, dan 27,1% martensit. Kekerasan yang diperoleh pada pendinginan udara sebesar 468.73 HVN, dan struktur mikro terdiri dari 44,3% perlit, 15,7% ringan, dan 36,9% martensit. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *multiple quenching* dapat menyebabkan perubahan signifikan pada kekerasan dan struktur mikro baja ASSAB 760 tergantung pada media *quench* yang dipakai. Pendinginan minyak mempunyai tingkat kekerasan yang tergolong lebih tinggi dan pembentukan martensit yang lebih sedikit dibandingkan pendinginan udara.

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian ini dilakukan agar mengetahui pengaruh *heat treatment* dengan variasi media pendingin dan *holding time* terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro pada perlakuan panas baja ASSAB 88.

Baja adalah campuran logam yang tersusun atas besi (Fe), karbon (C), dan berbagai unsur yang lain. Proses pembuatannya meliputi pengecoran, pencanaian, atau penempaan. Karena aplikasinya yang luas, baja sering diklasifikasikan berdasarkan cara pembuatannya, cara pemakaiannya, kekuatannya, struktur mikronya, dan komposisi kimianya. Berdasarkan komposisi kimianya, baja dapat dibagi menjadi dua kelompok utama: baja karbon, yang hanya terdiri dari besi dan karbon, dan baja paduan, yang mengandung unsur tambahan.

Baja ASSAB 88 adalah jenis baja perkakas paduan yang dirancang untuk pengerjaan dingin (medium alloy cold work

tool steel). Baja ASSAB 88 memiliki kandungan karbon sebesar 0,8% - 1%. Dalam penggunaan dan aplikasinya, stabilnya dimensi sangat penting untuk memastikan hasil sesuai dengan kebutuhan. Baja ini memiliki beragam profil properti yang membuatnya sangat cocok untuk berbagai jenis perawatan permukaan. Kombinasi ini menjadikan ASSAB 88 pilihan yang serbaguna untuk perkakas kerja dingin jangka menengah. Baja ini digunakan untuk membuat komponen mesin, seperti piston, silinder, dan lain-lain. Baja ASSAB 88 memiliki sifat keistimewaan yaitu tahan aus sehingga banyak digunakan dalam perindustrian di masa depan.

*Heat treatment* adalah Perlakuan panas yang melibatkan pemanasan spesimen pada tungku listrik pada temperatur yang telah ditentukan selama jangka waktu yang telah ditentukan dan pendinginannya dalam media pendingin dengan tipe pendinginan yang bervariasi seperti udara, air, air garam, minyak, atau solar untuk mengubah struktur logam. Istilah "perlakuan panas" mengacu pada proses ini yang melibatkan pemanasan atau pendinginan logam atau paduannya saat masih dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu.[3]. *Heat treatment* atau perlakuan panas, merupakan proses yang menggunakan pemanasan dan pendinginan terkontrol untuk mengubah struktur kristal logam dan paduan logam. Proses ini memberikan sejumlah manfaat, seperti peningkatan kekerasan, resistensi terhadap suhu, elastisitas yang lebih baik dan peningkatan kekuatan material [4].

*Annealing* adalah proses memanaskan baja dan paduannya hingga mencapai suhu austenit (A3 atau ACM). Setelah itu, suhu tersebut dipertahankan untuk memastikan fase yang sama terbentuk baik di permukaan maupun di bagian dalam material [5].

*Normalizing* merupakan proses perlakuan panas yang menggunakan udara sebagai media pendingin. Dalam metode ini, material dipanaskan hingga mencapai suhu tertentu dan kemudian didinginkan perlahan-lahan dengan udara. Pada baja,

proses normalizing melibatkan pemanasan hingga mencapai fase austenit, kemudian didinginkan sampai suhu kamar menggunakan udara. Prosedur ini bertujuan untuk mengembalikan struktur material yang telah berubah akibat perlakuan mekanis atau pengerjaan pada suhu tinggi maupun rendah. Tujuan normalizing meliputi pengurangan tegangan sisa, peningkatan sifat mekanik baja, serta pengembalian keuletannya [6].

*Hardening* adalah proses memanaskan logam hingga suhu tertentu tanpa mengubah bentuknya, lalu menahan suhu tersebut untuk beberapa waktu sebelum mendinginkannya dengan cepat (*quenching*). Proses ini menghasilkan susunan atom yang teratur, menciptakan tegangan, dan membuat logam menjadi keras [7].

*Quenching* merupakan proses pergerakan panas yang sangat cepat adalah proses pendinginan. Austenit, bainit, dan martensit diubah menjadi kekuatan dan kekerasan tinggi selama proses pendinginan, yang mempercepat pendinginan dari suhu akhir perlakuan. Ketika laju pendinginan sama dengan atau lebih tinggi dari laju pendinginan krusial untuk paduan, konsentrasi karbon hampir seluruhnya menentukan kekerasan maksimal yang dapat dicapai oleh baja yang didinginkan [8]. Selama perlakuan perendaman cepat (*quenching*), perbedaan suhu antara permukaan dan bagian dalam bahan yang diberi perlakuan panas selama proses pendinginan sering kali menyebabkan deformasi dan retakan kecil pada sampel. Oleh karena itu, modifikasi harus dilakukan pada proses perendaman dan anil cepat. Perubahan yang dilakukan memberikan hasil yang lebih optimal dan yang lebih penting, mengurangi terjadinya retakan mikroskopis yang biasanya tidak terlihat pada proses perendaman cepat. Untuk mencapai homegenitas, austenit memerlukan waktu pemanasan yang memadai. kemudian, baja tersebut diceplungkan secara cepat ke dalam media *quenching*, bergantung kecepatan

pendinginan yang diinginkan untuk menggapai kekerasan yang diinginkan. Untuk menghindari terbentuknya presipitasi yang cukup besar selama proses *quenching* maka perlu dipenuhi syarat-syarat berikut:

- a. Waktu yang dibutuhkan untuk memindah komponen dari tungku ke media pendingin harus cukup cepat.
- b. Volume, daya serap panas, dan laju aliran media pendingin dipilih sedemikian rupa sehingga tidak terjadi prepitasi selama pendinginan.

Diagram Fasa Diagram fasa merupakan diagram penghubung antara temperature dengan kadar karbon, Dimana perubahan fasa dipengaruhi karena adanya proses pemanasan ataupun proses pendinginan. Diagram fasa Fe-C merupakan salah satu diagram yang menjadi standarisasi untuk mengetahui segala jenis perubahan fasa yang terjadi pada baja, serta mengetahui faktor – faktor apa saja yang akan terjadi pada baja paduan dengan bermacam – macam perlakuan [9].

*Holding time*  merupakan waktu penahanan panas dalam proses  *heat treatment*  logam, yang bervariasi tergantung pada jenis bahan dan pengaturan pengujian. Proses ini dilakukan untuk mencapai kekerasan maksimal pada bahan selama proses pengerasan dengan menjaga suhu pengerasan untuk memastikan pemanasan yang merata. Tujuannya adalah untuk memastikan struktur austenit menjadi homogen atau untuk memungkinkan kelarutan karbida ke dalam austenit, serta untuk memfasilitasi difusi karbon dan unsur paduannya. [10]. Waktu penahan memainkan peranan penting dalam transformasi, karena penahanan yang tidak tepat dapat mengakibatkan transformasi yang tidak homogen atau tidak sempurna. Penahanan yang teoerlalu singkat dapat menghasilkan kekerasan rendah karena kurangnya larutan karbida, sedangkan penahanan yang terlalu lama dapat menyebabkan pertumbuhan butir yang mengurangi ketangguhan.

Pengujian kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik yang esensial dari

sebuah material. Kekerasan penting terutama untuk material yang mengalami gesekan dalam penggunaannya. Metallurgy Engineering memainkan peran krusial dalam mempelajari aspek ini. Kekerasan diartikan sebagai kemampuan material untuk menahan penetrasi atau indentasi. Dalam bidang teknik, terdapat tiga metode umum yang digunakan untuk mengukur kekerasan material, diantaranya meliputi :

#### 1. Metode *brinell*

Pengujian kekerasan ini dilakukan menggunakan boela baja yang berdiameter D yang telah dikeraskan. Kemudian bola baja terssebut ditekan pada permukaan benda uji secara tegak lurus dengan gaya penekanan sebesar F. penekanan dilakukan 10-15 detik .

#### 2. Metode *vickers*

Metode pengujian ini menggunakan penetrator berbentuk pyramid intan, dengan bidang dasar pyramid merupakan bujur sangkar dan sudut puncak antara dua bidang yang berhadapan 136 . cara kerjanya memiliki prinsip yang sama dengan pengujian brinell.

#### 3. Pengujian *rockwell*

Dengan menggunakan indenter, permukaan spesimen (objek uji) ditekan selama uji kekerasan ini. Permukaan objek uji ditekan terhadap indenter. Tiga uji rockwell yang paling sering diterapkan adalah HRA, HRB, dan HRC. Penguji kekerasan yang dibuat khusus untuk pengujian rockwell juga digunakan dalam pengujian ini. Sistem penguji kekerasan Rockwell tersedia dalam dua jenis: digital dan manual (analog).

Pengujian struktur mikro adalah penting untuk menghasilkan gambaran permukaan struktur mikro logam atau paduan. Proses ini dilakukan untuk mengidentifikasi dengan jelas batas butir material untuk keperluan dokumentasi visual. Selain itu, uji metallografi juga membantu dalam memahami perubahan struktural pada logam atau paduan setelah mengalami perlakuan panas tertentu.

## 2. Metode Penelitian

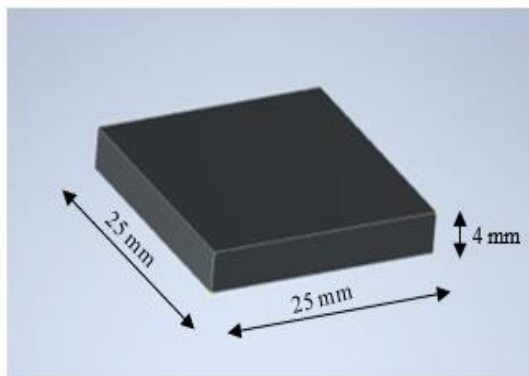
### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam proses penelitian adalah Pemotong spesimen, Jangka sorong, Mata pahat, *Hardness tester*, Mikroskop Optik, Sarung tangan, *Furnace*, Tang Penjepit, Amplas, Suntikan, Sarung tangan latex, Autosol. Kemudian bahan yang dipakai dalam penelitian ini adalah baja ASSAB 88, Oli SAE 40, air dan alcohol.

### Prosedur Penelitian

#### a. Persiapan Spesimen

Spesimen berbentuk plat yang dipotong menjadi 27 spesimen dengan ketebalan 4 mm, panjang 25 mm dan lebar 25 mm untuk memudahkan pengindeksasian dan pembuatan data masing - masing spesimen di beri tanda berdasarkan dengan waktu penahan dan media pendingin yang diberikan. Langkah pertama yang dilakukan pada spesimen yaitu proses pemotongan dengan proses pembubutan, kemudian dilanjutkan dengan meratakan dan memperhalus permukaan spesimen dengan menggunakan amplas proses ini di ulang sampai menghasilkan 27 buah spesimen untuk mendapatkan hasil pengujian dilakukannya proses yang meliputi *heat treatment*, *holding time*, dan *quenching*. Dan pengujian nya yaitu uji kekerasan dan uji struktur mikro.



Gambar 1. Dimensi Spesimen

#### b. Proses Pemanasan

Pada proses pemanasan baja ASSAB 88 dilakukan dengan cara memasukan specimen ke dalam tungku pemanas (*furnace*) pada temperatur 850 °C dan

diikuti dengan proses penahanan (*holding time*) dengan waktu 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. dengan variasi penahan tersebut pemanasan pada spesimen dapat merata keseluruhan permukaan spesimen.



Gambar 2. Tungku Pemanas (*Furnace*)

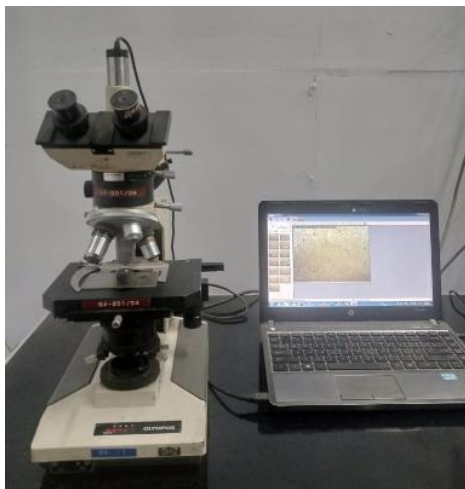
#### c. Proses Pendinginan

Setelah tahap penahanan (*holding time*) dilakukan, tahapan berikutnya adalah proses pendinginan dengan cara mengeluarkan specimen dari dalam oven pemanas (*furnace*), lalu di dinginkan dengan media yang telah ditentukan yaitu udara, air, dan oli. Pada proses ini ada total 27 buah spesimen dimana yang menggunakan media pendingin udara sebanyak 9 buah dengan variasi *holding time* 30 menit sebanyak 3 buah, dengan variasi *holding time* 45 menit sebanyak 3 buah dan dengan variasi *holding time* 60 menit sebanyak 3 buah . Spesimen menggunakan media pendingin air sebanyak 9 buah dengan variasi *holding time* 30 menit sebanyak 3 buah, dengan variasi *holding time* 45 menit sebanyak 3 buah dan dengan variasi *holding time* 60 menit sebanyak 3 buah. Spesimen menggunakan media pendingin oli sebanyak 9 buah, dengan variasi *holding time* 30 menit sebanyak 3 buah, dengan variasi *holding time* 45 menit sebanyak 3 buah dan dengan variasi *holding time* 60 menit sebanyak 3 buah. Posisi yang digunakan untuk memasukkan specimen ke dalam media pendingin yaitu horizontal.

#### d. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan untuk mengamati struktur mikro setelah

proses pemanasan untuk mengamati struktur mikro setelah tahapan pemanasan untuk variabel *holding time* dan *quenching* yang berbeda.



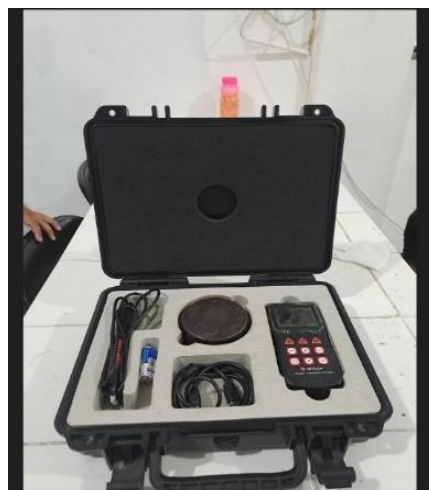
Gambar 3. Mikroskop Optik

Prosedur uji struktur mikro melalui tahapan - tahapan sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang sudah di *heat treatment*
2. Membersihkan dan menghaluskan permukaan spesimen tersebut dari sisa – sisa kerak perlakuan panas.
3. Proses pengamplasan dilakukan dengan memakai kertas ampelas mulai dari tingkat kekasaran kasar hingga tingkat kekasaran yang paling halus secara berurutan, yaitu amplas nomor 80, 100, 240, 500, 1000, 1500, dan 2000. Proses ini dilakukan hingga permukaan logam menjadi halus .
4. Mengoleskan autosol pada permukaan spesimen yang sudah dibersihkan dari kerak proses pemolesan dilakukan untuk menghilangkan sisa – sisa goresan yang mungkin tersisa dari proses pengamplasan dengan menggunakan autosol sehingga permukaan *sample* terlihat halus dan mengkilap.
5. Merendam spesimen ditempat yang telah terisi alkohol selama 5 Menit
6. Spesimen dibersihkan dari sisa larutan alkohol dengan menggunakan tisu
7. Memberikan asam nitrat pada permukaan spesimen yang akan diuji, kemudian didiamkan selama 5 menit.
8. Membersihkan spesimen dari larutan asam nitrat yang telah dioleskan pada permukaan spesimen.
9. Menyiapkan mikroskop optik yang sudah terhubung dengan laptop
10. Spesimen diletakan pada posisi yang tepat kemudian diamati.
11. Mengambil gambar hasil pengamatan dari spesimen yang sudah diamati pengambilan gambar dilakukan pada masing - masing sampel untuk mengamati struktur mikro yang terbentuk pada bagian permukaannya, pemotretan dilakukan dengan settingan pembesaran 500 kali menggunakan mikroskop optik, penting untuk memastikan bahwa gambar yang dihasilkan jelas dan dapat dipahami.

#### e. Pengujian Kekerasan

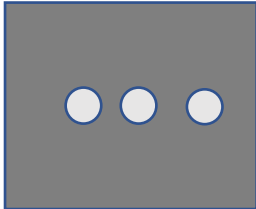
Uji Kekerasan memiliki tujuan untuk mengetahui angka kekerasan pada permukaan spesimen yang telah *heat treatment*. Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat *hardnes tester*. Pada pengujian kekerasan menggunakan satuan HRB. Pengujian kekerasan di lakukan di Laboratorium Material dan Metalurgi, Program Studi Teknik Mesin Universitas Lambung Mangkurat, Banjarbaru.



Gambar 4. *Hardness Tester*

Kemudian dilakukan tahap uji kekerasan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen uji kekerasan dengan total 27 spesimen dengan masing-masing variasinya.
2. Melakukan proses kalibrasi pada alat uji kekerasan.
3. Melakukan proses pengujian kekerasan setiap 1 spesimen 3 titik pengujian kekerasannya.

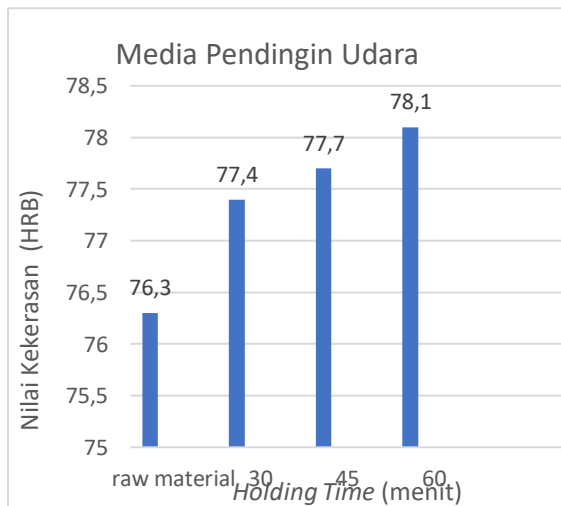


Gambar 5. Titik Uji Kekerasan

4. Mencatat hasil yang didapatkan pada proses pengujian kekerasan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

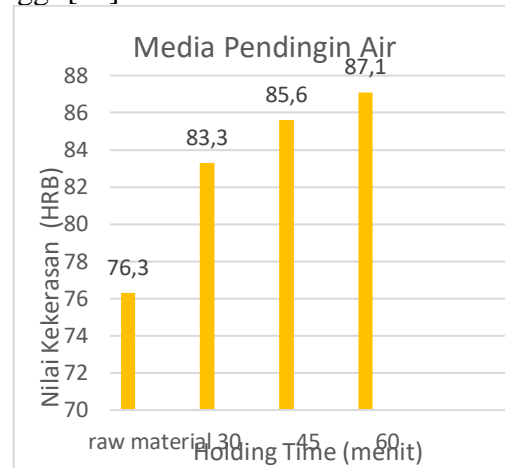
Hasil penelitian ini dengan menggunakan 27 spesimen yang telah dibuat dengan variasi media pendingin (*quenching*) yaitu dengan media udara, air dan oli serta dengan variasi waktu tahan (*holding time*) 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Dimana setiap variasi menggunakan 3 kali pengulangan.



Gambar 6. Diagram pengaruh variasi *holding time* terhadap media udara

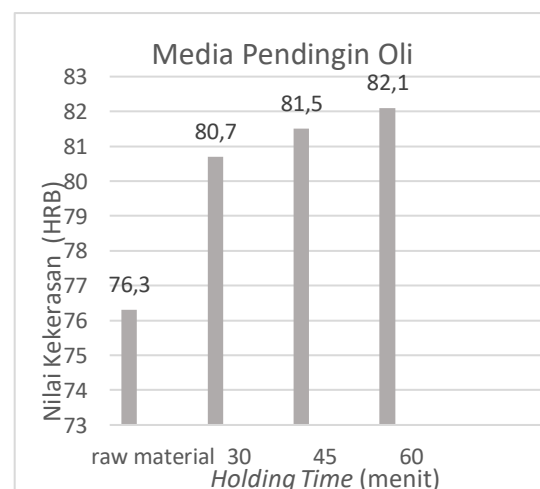
Dari Gambar 6 di atas dapat dilihat pada *holding time* 30 menit nilai kekerasan sebesar 77,4 HRB dan mengalami kenaikan di *holding time* 45 menit dengan nilai kekerasan sebesar 77,7 HRB selanjutnya

pada *holding time* 60 menit kembali mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan sebesar 78,1 HRB dikarenakan semakin lama waktu penahanan, semakin baik transformasi ini dapat terjadi, sehingga menghasilkan kekerasan material yang tinggi [11].



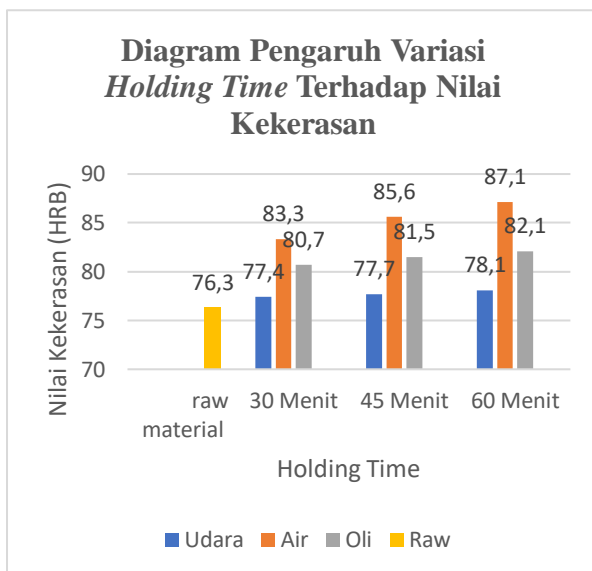
Gambar 7. Diagram pengaruh variasi *holding time* terhadap media air

Dari Gambar 7 diatas dapat dilihat pada *holding time* 30 menit nilai kekerasan sebesar 83,3 HRB dan mengalami kenaikan di *holding time* 45 menit dengan tingkat kekerasan sebesar 85,6 HRB selanjutnya pada *holding time* 60 menit kembali mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan sebesar 87,1 HRB. Berdasarkan data penelitian pengaruh *holding time* akan meningkatkan kekerasan baja karena pada *holding time* yang lama pada proses heat treatment akan membentuk martensit [12].



Gambar 8. Diagram pengaruh variasi *holding time* terhadap media oli

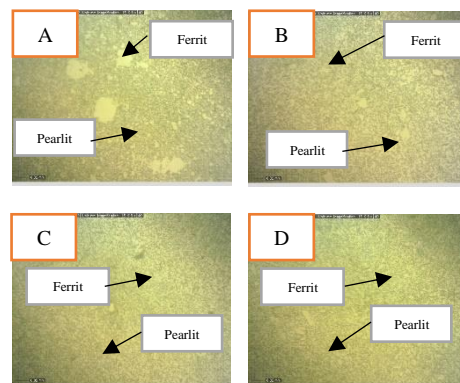
Dari Gambar 8 diatas dapat dilihat pada *holding time* 30 menit, nilai kekerasan sebesar 80,7 HRB dan mengalami kenaikan di *holding time* 45 menit dengan nilai kekerasan sebesar 81,5 HRB, selanjutnya pada *holding time* 60 menit kembali mengalami kenaikan dengan nilai kekerasan sebesar 82,1 HRB. Dari hasil Analisa diketahui bahwa dengan media pendingin oli mempunyai pengaruh signifikan terhadap peningkatan nilai kekerasan karena media pendingin oli memberikan pendinginan yang cepat, yang menghasilkan karakteristik dan sifat material yang berbeda [13].



Gambar 9. Diagram hubungan variasi *holding time* dan media pendingin terhadap nilai kekerasan baja ASSAB 88

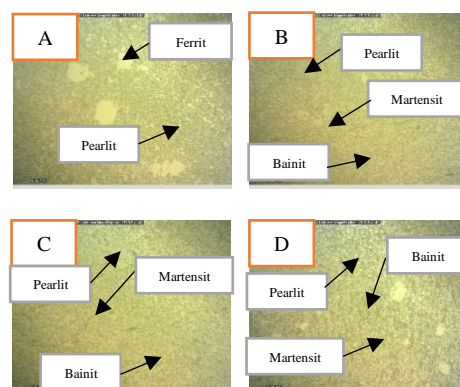
Pada diagram diatas terlihat bahwa kekerasan tertinggi dihasilkan pada *holding time* 60 menit dengan media pendingin air mendapatkan hasil rata-rata sebesar 87,1 HRB, lalu lanjut ke urutan terendah yaitu pada *holding time* 30 menit dengan media pendingin udara mendapatkan hasil rata-rata sebesar 77,4 HRB, sedangkan untuk tanpa perlakuan (*raw material*) nilai kekerasan rata-rata sebesar 76,3 HRB. Dari hasil uji kekerasan, nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada waktu penahanan 60 menit, yaitu sebesar 87,1 HRB, dengan menggunakan media pendingin air. Hal ini dikarenakan air memiliki kemampuan untuk mendinginkan material dengan cepat, yang

penting untuk mengubah struktur mikro material dari austenit menjadi martensit. Proses pendinginan yang cepat ini mengurangi waktu yang tersedia bagi atom untuk bergerak, sehingga menghasilkan struktur martensit yang lebih banyak dan lebih stabil, yang memiliki sifat keras dan getas [14].



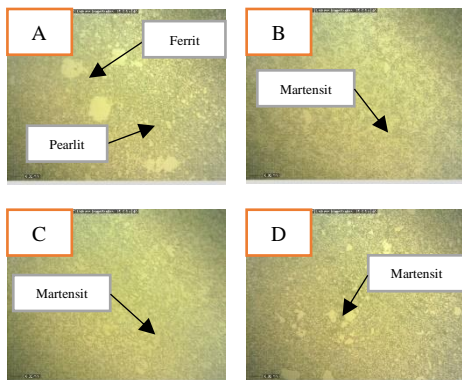
Gambar 10. Hasil struktur mikro dengan pembesaran 500x pada media udara dan pada *holding time* (a) raw material, (b) 30 menit, (c) 45 menit dan (d) 60 menit

Pada gambar 10a hasil observasi struktur mikro pada material sebelum perlakuan panas (*raw materials*) mempunyai struktur mikro ferrit dan pearlite. Pada gambar 10b transformasi fasa belum lengkap, dimana dalam strukturnya terdapat campuran antara ferrit dan pearlite sedangkan pada gambar 10c terbentuk struktur ferrit dan pearlite yang lebih seragam dan gambar 10d, struktur mikro didominasi oleh ferrit dan sedikit pearlite.



Gambar 11. Hasil struktur mikro dengan pembesaran 500x pada media air dan pada *holding time* (a) raw material, (b) 30 menit, (c) 45 menit dan (d) 60 menit.

Pada gambar 11a adalah hasil observasi struktur mikro pada material sebelum perlakuan panas (*raw material*). Pada gambar 11b struktur mikro yang terbentuk martensit yang bentuknya seperti jarum-jarum kecil sedangkan pada gambar 11c terbentuk struktur mikro menjadi lebih homogen dan martensit menjadi lebih dominan dan gambar 11d, transformasi fasa mencapai kesetimbangan, dimana struktur mikro didominasi oleh martensit. Semakin tinggi tingkat kekerasan suatu material, maka struktur mikronya akan membentuk martensit yang akan mendekati sempurna [15].



Gambar 12. Hasil struktur mikro dengan pembesaran 500x pada media oli dan pada *holding time* (a) *raw material*, (b) 30 menit, (c) 45 menit dan (d) 60 menit

Pada gambar 12a adalah hasil observasi struktur mikro pada material sebelum perlakuan panas (*raw material*). Pada gambar 12b distribusi perlit, bainit dan martensit masih sedikit sedangkan pada gambar 12c terbentuk struktur mikro perlit, bainit dan martensit yang lebih merata dan gambar 12d, distribusi struktur mikro bainit dan martensit menjadi lebih banyak dibandingkan dengan perlit.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan baja ASSAB 88 menunjukkan bahwa media pendingin dan *holding time* memiliki pengaruh signifikan terhadap kekerasan akhir material. Air sebagai media pendingin memberikan kekerasan tertinggi dengan nilai 87,1 HRB. Oli mendapatkan

nilai kekerasan 82,1 HRB. dan udara mendapatkan nilai kekerasan terendah dengan nilai 78,1 HRB. Berdasarkan hasil pengujian penggunaan Air sebagai media pendingin *holding time* 60 menit direkomendasikan untuk pengaplikasian yang membutuhkan kekerasan tinggi. Kemudian Pengaruh uji struktur mikro baja karbon tinggi terhadap variasi media pendingin dan *holding time* menunjukkan bahwa media pendingin dan durasi *holding time* sangat mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik baja. Air memberikan kekerasan tertinggi namun dengan risiko retak, dengan *holding time* 60 menit akan membuat struktur mikro martensit semakin homogen. Oli memberikan keseimbangan antara kekerasan dan ketangguhan, dimana pada *holding time* 60 menit distribusi struktur mikro bainit dan martensit menjadi lebih banyak dibandingkan dengan perlit. Sedangkan udara menghasilkan baja dengan ketangguhan terendah, dimana pada *holding time* 60 menit akan terbentuk struktur mikro ferrit dan pearlite yang sifatnya lebih lunak. *Holding time* yang optimal diperlukan untuk mendapatkan distribusi karbon yang merata tanpa pertumbuhan butir yang berlebihan.

#### Referensi

- [1] Y. Terhadap *et al.*, “Pengaruh Temperatur Dan Holding Time Dengan Pendingin Yamacoolant Terhadap Baja Assab 760,” pp. 1–7.
- [2] B. Assab, “Kata kunci : Baja ASSAB 760,.”
- [3] S. H. Avner, *Introduction to Physical Metallurgy: Second Edition*. 1974.
- [4] Edi Santoso, Ninik Martini, and Moch. Mufti, “MEKANIKA : JURNAL TEKNIK MESIN Analisa Pengaruh Perlakuan Panas Tempering Dengan Variasi Temperatur Dan Holding Time Terhadap Struktur Mikro Baja EMS 45,” *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 1, pp. 43–48, 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.untag-sby.ac.id/index.php/MEKANIKA/art>

- icle/view/5433.
- [5] L. S. Nugroho, "Pengaruh Proses Annealing Terhadap Perubahan Kekerasan dan Struktur Mikro pada Pipa SA 179 yang telah Mengalami Pembengkokan," *Skripsi*, pp. 1–67, 2017.
- [6] V. Bhaskara Sardi, S. Jokosisworo, and H. Yudo, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 6, no. 1, p. 142, 2018, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>.
- [7] A. H. Pengecoran and T. Kekerasan, "Jurnal ENGINE Vol . 2," no. 1, pp. 26–32, 2018.
- [8] T. C. Wahyudi, E. Nugroho, E. Budiyanto, and M. F. Maktum, "Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan dan Media Pendingin pada Proses Quenching terhadap Perubahan Kekerasan Sprocket Gear Sepeda Motor Non Original," *Tek. Sains J. Ilmu Tek.*, vol. 6, no. 1, pp. 17–23, 2021, doi: 10.24967/teksis.v6i1.1232.
- [9] I. Saefuloh, Haryadi, A. Zahrawani, and B. Adjiantoro, "Pengaruh Proses Quenching Dan Tempering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Laterit," *J. Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 56–64, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.unista.ac.id>.
- [10] T. A. Thomas, "Pengaruh Holding Time Dan Quenching Terhadap Angka Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja AISI 4140," vol. 4140, p. 57, 2020.
- [11] M. Rivki, A. M. Bachtiar, T. Informatika, F. Teknik, and U. K. Indonesia, "No Title," no. 112.
- [12] Siska Titik Dwiwati, Muhammad Bagus Priyo Hutomo, and Ferry Budhi Susetyo, "PENGARUH VARIASI HOLDING TIME DAN MEDIA QUENCHING TERHADAP NILAI KEKERASAN BAJA DENGAN KADAR KARBON 0,192wt.%,  
" *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 37–43, 2019, doi: 10.21009/jkem.6.1.7.
- [13] A. Aziz and M. Mutaqin, "Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Baja S45C," *Perwira J. Sci. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2023, doi: 10.54199/pjse.v3i2.258.
- [14] T. Juliantika and I. Syofii, "PENGARUH GARAM INDUSTRI DALAM MEDIA PENDINGIN PADA PROSES HARDENING TERHADAP KEKERASAN BAJA AISI 4340 No Konsentrasi garam 25 % Konsentrasi garam 35 % Konsentrasi garam 45 % Konsentrasi garam 55 % Tanpa Perlakuan No Nama Alat Spesifikasi Jumlah ( unit ),  
" *Jambura J. Eng. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 16–21, 2023.
- [15] D. Herizen and R. Siswanto, "Pengaruh Variasi Holding Time Dan Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Sus 630 Metode Hardening," *Jtam Rotary*, vol. 2, no. 2, p. 149, 2020, doi:10.20527/jtam\_rotary.v2i2.2411.