

## **Pengaruh Perlakuan *Hardening* dan *Quenching* Pada Baja AISI 1045 Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Untuk Roda Gigi Transmisi**

### ***Effect of Hardening and Quenching Treatment on AISI 1045 Steel on Hardness and Microstructure for Transmission Gears***

**Muhammad Yusril Fayai<sup>1)</sup>, Kosjoko<sup>2)</sup>, Nely Ana Mufarida<sup>3)</sup>\***

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah, Jember, Indonesia  
Email: [yusrilfayai03@gmail.com](mailto:yusrilfayai03@gmail.com)

<sup>2</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email: [kosjoko@unmuhjember.ac.id](mailto:kosjoko@unmuhjember.ac.id)

<sup>3</sup>Dosen Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember  
Email: [nelyana@unmuhjember.ac.id](mailto:nelyana@unmuhjember.ac.id)

#### **Abstrak**

Baja merupakan bahan material yang sering kita gunakan untuk membuat alat, baik alat berat ataupun alat yang ringan juga sebagai wadah makanan dan masih banyak lainnya. Kegunaan dari baja berkaitan dengan sifat mekanik yang baik seperti kekerasan (*hardnes*), keuletan (*ductility*) dan ketangguhan (*toughnes*) yang baik dibandingkan material yang lain. Sifat mekanik tersebut dapat di bentuk dengan perlakuan panas *hardening* dan *quenching*. Pada penelitian ini baja AISI 1045 akan diberi perlakuan *hardening* dengan temperatur suhu 800<sup>0</sup>C dengan *hoding time* 40 menit yang kemudian di *quenching* menggunakan media pendingin air garam dengan perbandingan yang di variasi. Hasil dari uji kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen yang di *quenching* menggunakan media pendingin air garam perbandingan 6L air : 700g garam dengan nilai rata - rata kekerasan 20,4 HRB, sedangkan kekerasan terendah terdapat pada spesimen yang di *quenching* menggunakan media pendingin air garam perbandingan 6L air : 500g garam dengan nilai rata - rata kekerasan 14,4 HRB. Untuk hasil uji struktur mikro sendiri terdapat perbedaan ukuran butir dan fasa yang terbentuk pada setiap spesimen uji.

**Kata Kunci:** gigi transmisi, *hardening*, *quenching*, uji kekerasan, uji struktur mikro.

#### **Abstract**

*Steel is a material that we often use to make tools, both heavy equipment and light equipment as well as food containers and many others. The usefulness of steel is related to good mechanical properties such as good hardness, ductility and toughness compared to other materials. These mechanical properties can be formed by hardening and quenching heat treatment. In this study AISI 1045 steel will be given a hardening treatment at a temperature of 8000C with a hoding time of 40 minutes which is then quenched using brine cooling media with varying ratios. The results of the highest hardness test were found in specimens quenched using brine cooling media with a ratio of 6L water: 700g salt with an average hardness value of 20.4 HRB, while the lowest hardness was found in specimens quenched using brine cooling media with a ratio of 6L water : 500g of salt with an average hardness value of 14.4 HRB. For the results of the microstructure test itself, there are differences in grain size and phases formed in each test specimen.*

**Keywords:** transmission gears, *hardening*, *quenching*, *hardeness test*, *microstructure test*.

## 1. PENDAHULUAN

Baja merupakan bahan material yang sering kita gunakan untuk membuat alat, baik alat berat ataupun alat yang ringan juga sebagai wadah makanan dan masih banyak lainnya. Baja merupakan bahan yang paling banyak di gunakan pada bahan industri, karena baja mempunyai sifat-sifat fisik dan mekanis yang bervariasi. Di era globalisasi ini kebutuhan manusia semakin meningkat dengan bertambahnya manusia dan berkembangnya teknologi yang menuntut manusia untuk menciptakan alat berat ataupun alat ringan agar mempermudah dan membantu pekerjaan manusia agar lebih cepat. Baja sering digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga dan lain-lain. Kegunaan dari baja berkaitan dengan sifat mekanik yang baik seperti kekerasan (*hardnes*), keuletan (*ductility*) dan ketangguhan (*toughthnes*) yang baik dibandingkan material yang lain. Kandungan baja karbon di dalam struktur baja karbon akan berpengaruh terhadap kekerasan baja, sifat ini sangat di butuhkan terhadap komponen mesin yang saling bertekanan dan bergesekan salah satunya yaitu roda gigi penghubung pada sistim transmisi motor yang mengalami gesekan dan tekanan secara kontinu.

Roda gigi sangatlah berguna dalam berbagai industri seperti industri otomotif dan industri mesin-mesin produksi. Roda gigi berfungsi sebagai pentransfer daya ke roda, kontak *rolling* yang berulang akan mengakibatkan deformasi sedangkan kontak *sliding* akan mengakibatkan *wear* (keausan). Pada akhirnya mengakibatkan *fatigue* pada permukaan dan kegagalan pada ujung gigi. Dengan besarnya gaya yang dibebankan oleh roda gigi, maka roda gigi sangat membutuhkan kekerasan pada permukaan agar mengurangi resiko keausan pada permukaan roda gigi yang dapat mengakibatkan kegagalan kinerja pada roda gigi. Peningkatan sifat kekerasan dan kekuatan untuk menahan beban kontak pada permukaan roda gigi dapat dilakukan melalui proses pengerasan permukaan menggunakan perlakuan *hardening* dan *quenching* dalam metode *heat treatment*.

Perlakuan panas *hardening* atau pengerasan adalah proses perlakuan panas untuk mengeraskan baja dengan pemanasan sampai perubahan fasa yang homogen yang kemudian di ikuti dengan pendinginan secara cepat sampai terjadi struktur yang disebut dengan mantesisit. Akibat proses *hardening* pada baja maka dapat menyebabkan kekerasan (*hardness*) dan kegetasan (*brittleness*) sehingga baja tersebut belum cocok untuk di gunakan. Oleh karena itu, baja tersebut harus diberi perlakuan lanjut yaitu proses *tampering*. Namun dengan demikian tidak semua baja bisa dikeraskan secara langsung dengan cara ini proses tersebut hanya dilakukan untuk baja karbon sedang dan tinggi. Perlakuan panas merupakan proses kombinasi pemanasan pada logam di bawah temperatur . Temperatur pada perlakuan panas sangat berpengaruh terhadap nilai kekekerasan ataupun laju kerosi. Menurut *R.S. Khurmi and R.K. Gupta (2005:26)* "Steel is an alloy of iron and carbon, with carbon content up to a maximum of 1,5%. The carbon occurs in the form of iron carbide, because of its ability to increase the hardness and strength of the steel". Baja panduan rendah adalah baja yang sedikit mengandung unsur panduan di bawah 10%.

Baja AISI 1045 termasuk dalam jenis baja karbon sedang. Hal ini dapat diketahui dari kadungan unsur karbon. Dalam pengaplikasiannya baja ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi. Nilai kekerasan baja AISI 1045 setelah diberi perlakuan *quenching* berbanding lurus dengan durasi waktu penahanan panas. Semakin tinggi nilai durasi waktu penahanan panas, maka nilai kekerasan baja AISI 1045 tersebut akan semakin tinggi. dari pernyataan tersebut, dapat diketahui bahwa nilai kekerasan tertinggi berada pada temperatur 850°C dengan *holding time* 30 menit dengan kekerasan 83738 kg/mm<sup>2</sup> (Mohammad Zamroni dkk, 2020). [1]

Dalam penelitian Natanilo dkk (2015) [2] yang berjudul "Analisa Distorsi Roda Gigi Setelah Proses *Heat Treatment*" meneliti tentang material roda gigi menggunakan baja AISI 1045 diberi perlakuan panas dalam tungku pada temperatur 800°C dengan *holding time* 30 menit kemudian *quenching* dengan air,

memiliki hasil pengerasan dalam tungku 62,4 HRC, hasil kekerasan permukaan mencapai 62,9 HRC, dan kekerasan lapisan dalam nilai kekerasan 49 HRC.

Dari latar belakang diatas, maka penulis tertarik melakukan penelitian metode *heat treatment* pada roda gigi transmisi menggunakan material baja AISI 1045 yang di beri perlakuan *hardening* dengan temperatur suhu 800°C dengan *holding time* 40 menit yang kemudian di *quenching* menggunakan media pendingi air garam bervariasi dengan perbandingan 6 L air : garam 500 gram, perbandingan 6 L air : garam 600 gram, perbandingan 6 L air : garam 700 gram yang kemudian dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan karakteristik dan struktur mikro baja AISI 1045 pada roda gigi transmisi sehingga, kekerasan material dapat mencapai maksimum dan mempunyai umur pakai yang lama.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Baja merupakan campuran antara besi (Fe) dan elemen padu utama besi yaitu karbon (C), selain itu juga mengandung unsur-unsur lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn), dan sebagainya. Namun unsur-unsur ini hanya dalam presentase kecil. Sifat baja karbon dipengaruhi oleh presentase karbon dan struktur mikro. Sedangkan struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas dan komposisi baja. Karbon dengan campuran unsur lain dalam baja dapat meningkatkan nilai kekerasan, tahan gores, dan tahan suhu. Unsur paduan utama baja adalah karbon, dengan ini baja dapat digolongkan menjadi tiga yaitu baja karbon rendah, baja karbon sedang, dan baja karbon tinggi (Muhammad Jordi dkk, 2017). [3]

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon kelas menengah. AISI sendiri merupakan baja karbon kelas menengah. AISI sendiri merupakan standarisasi baja American Iron and Steel Institute dengan kode 1045, dimana dari angka 1045 menunjukkan bahwa 45 adalah kandungan atau kadar karbon pada baja tersebut yaitu 0,45% sedangkan angka 10 menunjukkan plain karbon. Sifat mekanik dari

baja AISI 1045 sangat baik dimana baja jenis ini memiliki karakter sifat mekanik yang mampu las, mesin, serta tingkat kekerasan dan ketahanan aus yang baik. Bahan utama pada mesin seperti gear, batang penghubung piston dan terutama poros pada kendaraan bermotor dan industri. Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat alat – alat atau bagian – bagian mesin, karena baja karbon sedang memiliki sifat yang dapat dimodifikasi, sedikit ulet, (ductile) dan tangguh (toughness).

Roda gigi dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu: menurut letak poros, arah putaran dan bentuk lajur gigi. Roda gigi (gear) berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari sumber tenaga seperti motor pembakaran dalam, motor listrik dan sebagainya. Jika jarak pentransmisi tenaga memiliki jarak yang cukup jauh, maka roda gigi tidak cocok untuk dipakai dan bisa mempergunakan rantai atau belt. Adapun jika peralatan yang dibutuhkan untuk transmisi tenaga berbentuk kompak, efisien dan beroperasi pada kecepatan tinggi, maka roda gigi cocok untuk diterapkan. Salah satu contoh roda gigi yang digunakan pada gearbox motor merupakan roda gigi jenis spur gear dan roda gigi heliks.

Perlakuan panas *hardening* adalah proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Trihutomo 2015: 29) [4]. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejukan) berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapailah suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut.

Setelah proses *hardening* selanjutnya akan di lakukan proses pendinginan. *Quench* merupakan pendinginan secara cepat suatu logam dengan pencelupan pada media pendingin. Kekerasan maksimum dapat terjadi dengan mendinginkan secara



mendadak sampel yang telah dipanaskan sehingga mengakibatkan perubahan struktur mikro. Laju pendinginan tergantung pada beberapa faktor yaitu temperatur medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agritasi (aliran media pendingin). Laju pendinginan tergantung pada beberapa faktor yaitu medium, panas spesifik, panas pada penguapan, konduktivitas termal medium, viskositas, dan agritasi (aliran media pendingin). Kecepatan pendinginan dengan air lebih besar dibandingkan pendinginan dengan oli, sedangkan pendingin dengan udara memiliki kecepatan yang paling kecil (Yosyi Mustofa Rahmat dkk, 2020). [5]

Proses *quenching* melibatkan beberapa faktor yang saling berhubungan. Pertama yaitu jenis media pendingin dan kondisi proses yang digunakan, yang kedua adalah komposisi kimia dan *hardenability* dari logam tersebut. *Hardenability* merupakan fungsi dari komposisi kimia dan ukuran butir pada temperatur tertentu.

Kekerasan suatu material merupakan sifat mekanik yang sangat penting, karena dapat digunakan untuk mengetahui sifat mekanik lain yaitu *strength* (kekuatan). Nilai kekuatan tarik yang dimiliki suatu material juga dapat dikonversi dari kekerasannya. Pengujian kekerasan *Rockwell* bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda pengujian yang berupa bola baja maupun diamon. Benda pengujian tersebut diletakkan pada permukaan material uji.

Struktur mikro merupakan butiran suatu benda logam yang sangat kecil yang membutuhkan mikroskop optik atau elektronik untuk melihat jelas butiran logam tersebut. Uji struktur mikro berguna untuk menentukan apakah parameter struktur benda berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan struktur mikro yang terjadi sebagai akibat dari perlakuan panas. Pada pengujian struktur mikro terdapat ukuran butiran yang terbentuk dari spesimen uji.

### 3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah cara yang dilakukan pada saat melakukan dan mengumpulkan data penelitian berlandaskan teori ilmiah yang bisa dipertanggungjawabkan. Penelitian ini menggunakan material baja AISI 1045 yang dibentuk menjadi roda gigi transmisi kemudian di *hardening* temperatur suhu 800°C dengan *holding time* 40 menit yang kemudian di *quenching* menggunakan media pendingin air garam bervariasi dengan perbandingan 6 L air : garam 500 gram, perbandingan 6 L air : garam 600 gram, perbandingan 6 L air : garam 700 gram lalu di temper dengan *holding time* yang ditentukan, kemudian hasil dari perlakuan tersebut di uji dan ditarik kesimpulan.

#### A. Alat Penelitian

Alat utama yang digunakan pada penelitian ini:

1. Alat uji kekerasan  
Pengujian kekerasan menggunakan uji kekerasan *rockwell* indentor bal 1/16 inci.
2. Alat uji struktur mikro  
Pengujian struktur mikro dilakukan dengan pembesaran 500x.
3. Tungku pemanas  
Pemanasan dilakukan dengan suhu 800°C dengan *holding time* 40 menit.
4. Bak penampang  
Sebagai tempat oli untuk proses *quenching*.
5. Gerinda  
Untuk pemotongan dan penghalus permukaan spesimen uji.

#### B. Bahan Penelitian

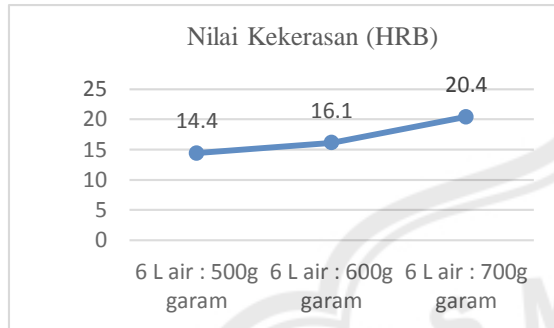
Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini:

1. Baja AISI 1045  
Bahan yang akan digunakan pada penelitian.
2. Campuran air dan garam  
Sebagai media pendingin saat proses *quenching*.
3. Larutan etsa  
Larutan etsa nitrit acid + alkohol digunakan untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen uji.
4. Autosol

Untuk memperhalus permukaan spesimen uji

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan menggunakan alat uji kekerasan *rockwell* indenter bal 1/16 inci pembebanan 100 kgf.



**Gambar 1.** Grafik Nilai Kekerasan (HRB)

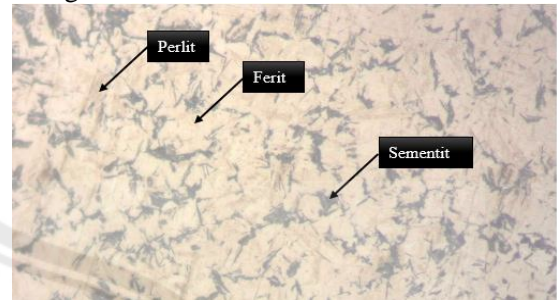
Sumber: Hasil Penelitian

Dari hasil uji kekerasan pada hasil diatas, kekerasan terendah terdapat pada metode *quenching* perbandingan 6L air : 500g garam dengan nilai kekerasan 14.4 HRB, metode *quenching* perbandingan 6L air : 600g garam memiliki nilai 16.1 HRB, dan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada metode *quenching* perbandingan 6L air : 700g garam dengan nilai kekerasan 20.4 HRB. Dengan demikian, metode *quenching* menggunakan air garam dengan kandungan garam yang berbeda dapat mempengaruhi viskositas dan massa jenis air yang menyebabkan nilai kekerasan yang berbeda.

Uji struktur mikro dilakukan dengan pembesaran lensa 500x yang di esta menggunakan cairan nital (nitrit acid + alkohol), terdapat perbedaan ukuran butiran yang berbeda pada setiap spesimen. Berupa hasil uji struktur mikro yang didapat pada spesimen uji.

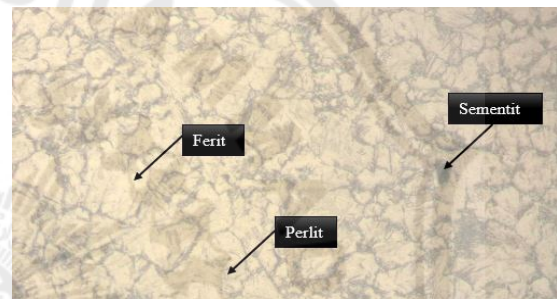
Dari gambar hasil struktur mikro dibawah, dapat ditemukan fasa ferit, perlit dan sementit. Ferit merupakan lauran padat karbon besi murni yang memiliki sifat lunak dan ulet yang terbentuk pada temperatur 300°C – 727°C. Sementit merupakan paduan besi karbon, dimana karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk fasa kedua atau karbida besi yang memiliki komposisi  $Fe_3C$ , sementara itu sementit juga meningkatkan kekerasan pada

baja. Perlit merupakan campuran antara ferit dan sementit yang terbentuk seperti plat yang disusun antara sementit dan ferit, perlit sendiri memiliki sifat keras, ulet dan kuat adalah sebagai berikut:



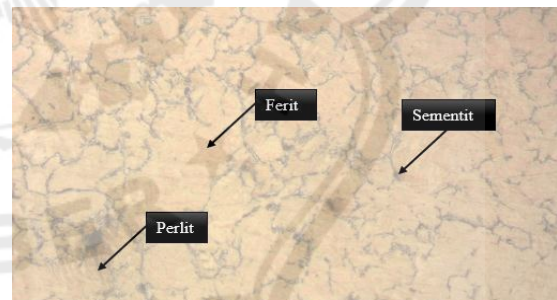
**Gambar 2.** Struktur Mikro 6L air : 500g garam

Sumber: Hasil Penelitian



**Gambar 3.** Struktur Mikro Struktur Mikro 6L air : 600g garam

Sumber: Hasil Penelitian



**Gambar 4.** Struktur Mikro 6L air : 700g garam.

Sumber: Hasil Penelitian

Terdapat juga perbedaan struktur mikro dan ukuran butiran yang terbentuk dari setiap spesimen. Hal ini disebabkan oleh campuran air dan garam yang bervariasi. Jumlah kadar garam pada air mempengaruhi viskositas dan massa air. Jadi semakin rendah viskositas pada fluida maka laju pendinginan akan semakin cepat, sedangkan semakin tinggi viskositas pada fluida maka laju pendinginan akan

semakin lambat. Laju pendinginan menjadi faktor yang sangat berpengaruh pada butiran atau struktur yang terbentuk pada baja dalam perlakuan *quenching*.

## 5. PENUTUP

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan mendapatkan hasil, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekerasan terendah berada pada spesimen 1 yang diberi perlakuan *hardening* dan di *quenching* menggunakan media pendingin air garam perbandingan 6L air : 500g garam yang memiliki hasil rata – rata 14,4 HRB, sedangkan kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen 3 yang diberi perlakuan *hardening* dan di *quenching* menggunakan media pendingin air garam perbandingan 6L air : 700g garam yang memiliki hasil rata – rata 20,4 HRB.
2. Hasil dari uji struktur mikro memiliki hasil ukuran butir yang berbeda pada setiap spesimen. Perbedaan ini disebabkan oleh kandungan garam yang berbeda menyebabkan viskositas dan massa jenis air berbeda yang berpengaruh pada laju pendinginan setiap spesimen uji. Pada spesimen 1 yang diberi perlakuan *hardening* dan di *quenching* menggunakan media pendingin air garam dengan perbandingan 6L air : 500g garam dengan ukuran butir terkecil yaitu memiliki luas rata-rata butir dengan ukuran  $0,000045 \text{ mm}^2$  atau  $44,6 \mu\text{m}^2$  dan memiliki ukuran butir berdiameter rata-rata sebesar  $0,0067 \text{ mm}$  atau  $6,7 \mu\text{m}$ , sedangkan spesimen 3 yang diberi perlakuan *hardening* dan di *quenching* menggunakan media pendingin air garam dengan perbandingan 6L air : 700g garam dengan ukuran butir terbesar yaitu memiliki luas rata-rata butir dengan ukuran  $0,00025 \text{ mm}^2$  atau  $252 \mu\text{m}^2$  dan memiliki ukuran butir berdiameter rata-rata sebesar  $0,0159 \text{ mm}$  atau  $15,9 \mu\text{m}$ .

### B. Saran

Berikut beberapa saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya:

1. Perlu dilakukan pengukuran viskositas pada air garam yang akan digunakan sebagai media *quenching*.
2. Perlu melakukan pengujian kekerasan berulang-ulang agar mendapatkan hasil yang akurat.

## 6. REFRENSI

- [1]Mohamad Zamroni dan Nurdin Hadi Setiawan. 2020. Analisa Pengaruh Variasi Holding Time dan Variasi Kadar Garam Media Pendingin Pada Perlakuan Panas Baja AISI 1045 Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Pada Logam.
- [2]Natalino Fonseca Da Silva Guterres, Rusnaldy, Achmad Widodo. 2015. Analisa Distorsi Roda Gigi Setelah Proses *Heat Treatment*.
- [3]Muhammad Jordi, Hartono Yudo, Sardjito Jokosisworo. 2017. Analisa Pengaruh Proses *Quenching* Dengan Media Berbeda Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Baja ST 36 Dengan Pengelasan SMAW
- [4]Trihutomo, P. 2015. Analisa Kekerasan Pada Pisai Berbahan Baja Karbon Menengah Hasil Proses *Hardening* dengan Media Pendingin yang Berbeda
- [5]Yosyi Mustafa Rahmat, Ahmad Maulana, Fatimah Dian Ekawati. 2020. Pengaruh Proses *Hardening* Baja AISI 1045 Terhadap Sifat Keausan.