

**Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi  
Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan  
Baja AISI-1045 Pada Proses Quenching**

*Analysts of the Effect of Cooling Media and the Combination of Cooling Holding  
Time on the Hardness Value of AISI-1045 Steel in the Quenching Process*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

**ERVAN AGUSTIAN**

**NIM : 1041709**



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG**

**2021**

**Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses *Quenching***

*Analysis of the Effect of Cooling Media and the Combination of Cooling Holding Time on the Hardness Value of AISI-1045 Steel in the Quenching Process*

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma IV Program Studi Teknik Mesin dan Manufaktur Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

ERVAN AGUSTIAN

NIM : 1041709



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA BELITUNG

2021

**Analisa Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi  
Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja  
AISI-1045 Pada Proses *Quenching***

Penulis :

Ervan Agustian

NIM : 1041709

Penguji:

1. Somawardi, S.S.T, M.T.

NIDN : 0221047502



2. Sugiyarto, S.S.T, M.T.

NIDN : 0230107301



3. Boy Rollastin, S.Tr, M.T.

NIDN : 0030128303

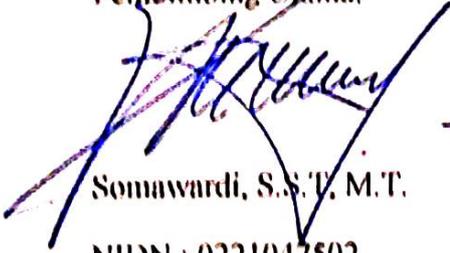


Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 22 Februari 2021  
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

Pembimbing Utama:

Somawardi, S.S.T, M.T.

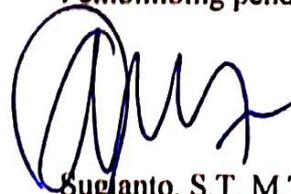
NIDN : 0221047502



Pembimbing pendamping:

Sugianto, S.T, M.T.

NIDN : 0226077501



Ketua Jurusan:

Pristiansyah, S.ST, M.Eng.

NIDN : 0024018802



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, karena berkat dan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan laporan akhir ini. Serta Shalawat beserta salam penulis ucapkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, yang telah membawa umat manusia ke zaman yang penuh ilmu pengetahuan.

Tugas akhir “Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses *Quenching*” merupakan salah satu syarat wajib setiap mahasiswa untuk memenuhi persyaratan Pendidikan Diploma IV Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Karya tulis ini berisikan hasil penelitian yang penulis lakukan selama program Tugas Akhir berlangsung. Adanya media pembelajaran ini diharapkan dapat membantu mahasiswa.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian proyek akhir ini :

1. Orang tua dan keluarga penulis yang telah banyak memberikan dukungan baik materil maupun moril serta iringan doa.
2. Bapak I Made Andik Setiawan, M.Eng, Ph.D selaku Direktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
3. Bapak Boy Rollastin S.Tr, M.T. selaku Ka. Prodi D4 Teknik Mesin dan Manufaktur.
4. Bapak Somawardi, S.S.T, M.T. selaku pembimbing I.
5. Bapak Sugianto, S.T, M.T. selaku pembimbing II.
6. Bapak Sugiyarto, S.S.T, M.T. dan Boy Rollastin S.Tr, M.T. selaku penguji.

8. Orang-orang terdekat yang telah memberikan semangat dan dukungan serta doa bagi penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna, terutama dalam segi isi karena keterbatasan waktu dan hambatan yang penulis hadapi. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca agar dapat lebih baik kedepannya.

Besar harapan penulis semoga makalah ini dapat memberikan manfaat dan motivasi bagi pembaca khususnya dan baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Sungailiat, Februari 2021



Ervan Agustian

## ABSTRAK

Baja AISI-1045 memiliki kekerasan 7.167 HRC tanpa perlakuan. Kekerasan baja ini mampu ditingkatkan melalui proses pengerasan dengan pendinginan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan yang optimum dan bagaimana pengaruh media pendingin (air garam, air, dan oli) dengan kombinasi waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) yang mendapat perlakuan panas *quenching* terhadap kekerasan baja karbon AISI-1045. Proses pemanasan yang dilakukan dengan suhu 900° C dengan menggunakan oven listrik. Penelitian ini menggunakan baja AISI-1045 dengan diameter 25 mm dan panjang 25 mm. Pengujian yang dilakukan menggunakan alat ukur kekerasan *Universal Hardness Tester (Rockwell)*. Kekerasan tersebut dipengaruhi oleh jenis media pendingin dan waktu penahanan pendingin. Berdasarkan pendinginan cepat yang dilakukan dari ketiga media dengan variasi waktu penahanan pendingin tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Dari perlakuan panas yang telah dilakukan, nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu pada media air garam dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (G15) dengan nilai rata-rata 53.283 HRC. Dan nilai kekerasan yang paling rendah yaitu pada media oli dengan waktu penahanan pendingin 5 menit (O5) dengan nilai rata-rata 21.583 HRC.

Kata Kunci : Baja AISI-1045, Kekerasan, Pendingin.

## **ABSTRACT**

*AISI-1045 steel has a hardness of 7,167 HRC without treatment. The hardness of this steel can be increased through the hardening process with rapid cooling. This study aims to determine the optimum hardness value and how the effect of cooling media (brine, water, and oil) with a combination of coolant holding time (5, 10, and 15 minutes) which received quenching heat treatment against the hardness of AISI-1045 carbon steel. The heating process is carried out at a temperature of 900° C using an electric oven. This study used AISI-1045 steel with a diameter of 25 mm and a length of 25 mm. Tests carried out using a Universal Hardness Tester (Rockwell). The hardness is influenced by the type of cooling medium and the holding time of the coolant. Based on the fast cooling carried out from the three media with variations in the cooling holding time, it produces varying levels of hardness. From the heat treatment that has been done, the highest hardness value is in the brine medium with a coolant holding time of 15 minutes (G15) with an average value of 53,283 HRC. And the lowest hardness value is the oil medium with a coolant holding time of 5 minutes (O5) with an average value of 21,583 HRC.*

*Keywords: AISI-1045 Steel, Hardness, Coolant.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
ABSTRAK .....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Laporan .....	4
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	6
2.1 Definisi Baja Karbon.....	6
2.2 Jenis Baja Karbon.....	6
2.3 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja .....	7
2.4 Baja AISI-1045.....	9
2.5 Proses Perlakuan Panas ( <i>Heat Treatment</i> ) .....	10
2.5.1 <i>Hardening</i> .....	11
2.5.2 Pencelupan cepat ( <i>quenching</i> ) .....	16
2.6 Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> .....	17
2.7 Konversi Alat Ukur Kekerasan Baja .....	18
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.2 Studi Literatur.....	21
3.3 Rancangan Percobaan.....	21

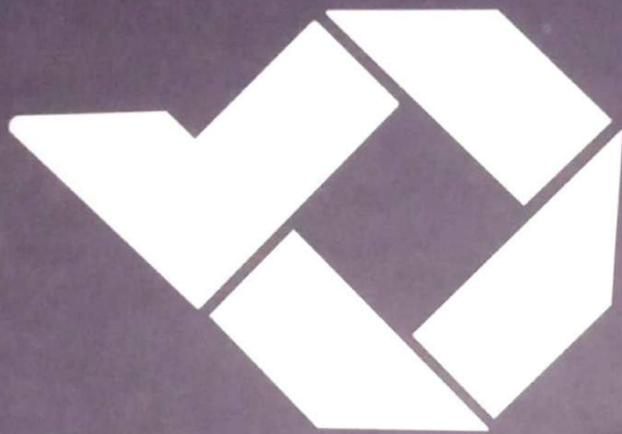
3.4 Alat dan Bahan .....	22
3.5 Pengambilan Data.....	24
3.6 Analisa Data .....	24
<b>BAB 4 METODELOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
4.1 Prosedur Penelitian .....	25
4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan .....	29
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>34</b>
5.1. Kesimpulan.....	34
5.2. Saran .....	34
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>35</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram fasa Fe-C.....	12
Gambar 2.2	Kisi kristal a.BCC, b.FCC, c.CPH .....	12
Gambar 2.3	Metode pengujian kekerasan Rockwell.....	18
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	20
Gambar 3.2	<i>Furnace</i> .....	22
Gambar 3.3	<i>Universal Hardness Tester</i> .....	24
Gambar 3.4	Mesin gergaji potong DOALL model C-916 .....	24
Gambar 4.1	Proses pemotongan spesimen .....	25
Gambar 4.2	Spesimen setelah dipotong .....	26
Gambar 4.3	Spesimen setelah diikat .....	26
Gambar 4.4	Diagram pemanasan .....	27
Gambar 4.5	Spesimen yang telah di <i>hardening</i> a.oli, b.air garam. c.air .....	27
Gambar 4.6	Proses pengujian kekerasan.....	28
Gambar 4.7	Titik pengujian kekerasan.....	28
Gambar 4.8	Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin air garam ....	30
Gambar 4.9	Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin air .....	30
Gambar 4.10	Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin oli.....	31
Gambar 4.11	Grafik nilai uji kekerasan dengan variasi waktu penahanan pendingin .....	32
Gambar 4.12	Grafik nilai uji kekerasan keseluruhan .....	33

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Unsur pada baja AISI-1045.....	9
Tabel 2.2	Sifat – sifat mekanik baja AISI-1045.....	10
Tabel 2.3	Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada proses perlakuan panas.....	15
Tabel 2.4	Konversi nilai kekerasan.....	19
Tabel 3.1	Rancangan percobaan.....	22
Tabel 3.2	Pengambilan data.....	24
Tabel 4.1	Hasil pengujian kekerasan.....	29



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Baja merupakan material yang paling sering digunakan dalam dunia industri. Selain keberadaannya yang memang banyak di perut bumi, baja juga memiliki banyak jenis dan juga mampu untuk didaur ulang, kemampuan inilah yang membuat baja cocok untuk diaplikasikan pada kondisi tertentu. Begitu juga pada era sekarang di mana kebutuhan akan baja terus meningkat baik dalam hal manufaktur, otomotif, maupun konstruksi. Baja mempunyai ketahanan aus dan gesekan yang kurang baik apabila diperlakukan tidak sesuai dengan karakteristik baja tersebut. Sehingga perlu ditingkatkan sifat-sifat mekanik permukaannya terutama yang berkaitan dengan ketahanan aus dan gesekan yaitu kekerasan permukaan material (Fanhar S, 2016).

Dengan peningkatan kekerasan baja biasanya menggunakan proses perlakuan panas (*heat treatment*). Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah kombinasi operasi pemanasan pada logam di bawah temperatur lebur logam tersebut dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu (Pratowo B & Fernando A, 2018). Salah satu tujuan dilakukannya pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan baja dan juga meningkatkan ketahanan aus material tersebut. Semakin tinggi kekerasan suatu baja, maka semakin tinggi pula ketahanan ausnya. Penggunaan temperatur dalam proses perlakuan panas akan menentukan tingkat ketahanan dan kekuatan baja. Apabila pemanasan yang dilakukan berada pada daerah atau di atas daerah kritis baja, maka akan terbentuk fase austenit yang merupakan larutan solid dari karbon dalam baja. Fase austenit inilah yang akan berubah menjadi martensit bila baja didinginkan. Bila pendinginan terjadi secara cepat maka akan banyak terbentuk fase martensit, yang menyebabkan baja menjadi keras tapi getas. Maka daripada itu laju pendinginan baja sangat perlu diperhatikan, dan juga disesuaikan nantinya

dengan pengaplikasian dari baja tersebut (Fanhar S, 2016). Faktor yang mempengaruhi kekerasan baja adalah temperatur, *holding time* (waktu penahanan) dan media pendingin (Pratowo, B & Fernando, A , 2018).

Akibat proses perlakuan panas adalah akan terjadi perubahan mikrostruktur pada logam. *Quenching* pada baja 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 aliran media pendingin (Syaefudin, 2001).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai *hardening* dengan pendinginan cepat yang mempengaruhi sifat kekerasan baja karbon. (Kristofol Waas dan Victor Danny Waas, 2020) melakukan penelitian tentang pengaruh *holding time* dan variasi media *quenching* terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah St 42 pada proses pengarbonan padat menggunakan arang batok biji pala (*myristica fragrans*). Dalam penelitian ini menggunakan variabel waktu tahan 1 jam, 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dan media *quenching* air, air laut, dan oli. Pada hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa media *quenching* yang paling baik adalah air laut. Karena air laut memiliki kandungan garam yang dapat meningkatkan nilai kekerasan dari baja karbon.

(Zainal Mustofa, 2016) melakukan penelitian tentang analisa pengaruh pendingin terhadap kekerasan bahan AISI-1045 pada proses *heat treatment* . Pada penelitian menggunakan media pendingin (*quenching*) air, minyak goreng, oli SAE 20W yang digunakan kombinasi variasi waktu tahan dengan 5, 10 dan 15 menit lama pendinginan. Pengujian kekerasan ini menggunakan *micro Vickers* dan metode penelitian pengolahan data menggunakan metode *Taguchi* yang dibantu dengan *software Minitab 16*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *heat treatment* dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045. Peningkatan nilai kekerasan terendah pada *quenching* oli SAE 20W dengan waktu tahan 10

menit mendapatkan hasil nilai kekerasan 183,5 VHN dengan kekerasan material sebelum di proses *heat treatment* sebesar 176,2 VHN, dan pengaruh *quenching* dengan nilai kekerasan yang paling baik adalah media pendingin air dengan waktu tahan 15 menit dengan hasil nilai kekerasan yaitu 583,8 VHN.

Dikarenakan dalam beberapa penelitian diatas belum adanya penelitian menggunakan media pendingin air garam dengan kombinasi waktu penahanan pendingin, peneliti akan melihat perbedaan perubahan hasil kekerasan terbaik dari pengaruh media pendingin pada proses perlakuan panas (*heat treatment*) menggunakan temperatur 900°C dengan waktu tahan (*holding time*) 45 menit untuk mengetahui peningkatan kekerasan optimum baja AISI 1045 menggunakan berbagai media pendingin dengan waktu penahanan pendingin selama 5, 10, dan 15 menit. Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah air garam, air, dan oli. Maka disini penulis memilih “Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses *Quenching*” sebagai judul skripsi yang akan dibahas.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari uraian latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut : Untuk mengetahui nilai kekerasan yang optimum dan apakah berpengaruh media pendingin dengan kombinasi waktu penahanan pendingin yang mendapat perlakuan panas *quenching* terhadap kekerasan baja karbon AISI-1045.

## **1.3 Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Material yang digunakan adalah baja karbon AISI-1045.
2. Suhu yang digunakan 900° dengan waktu penahanan (*holding time*) 35 menit.
3. Media pendingin yang digunakan adalah air garam, air, dan oli.
4. Waktu penahanan pendingin yang digunakan adalah 5, 10, dan 15 menit.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai kekerasan yang optimum akibat dari proses perlakuan panas dan pendinginan cepat.
2. Mengetahui apakah berpengaruh pendinginan cepat terhadap media pendingin (air garam, air dan oli) dengan kombinasi waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) terhadap nilai kekerasan.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Dengan dilaksanakannya penelitian ini, ada pun manfaat yang ingin dicapai yaitu:

1. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengembangkan wawasan ilmu pengetahuan di bidang konstruksi baja.
2. Dapat mengetahui hasil uji kekerasan yang terjadi pada baja AISI-1045 setelah dilakukan proses perlakuan panas *quenching* dengan berbagai media pendingin.
3. Dapat digunakan sebagai referensi bagi peneliti lain yang menggunakan variabel penelitian yang sama dalam rangka pengembangan teknologi khususnya dalam bidang perlakuan panas.

#### **1.6 Sistematika Pelaporan**

Laporan penulisan tugas akhir ini menggunakan sistematika pelaporan yang dibekukan oleh Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, yaitu:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Terdiri atas latar belakang masalah, perumusan masalah penelitian, batasan masalah, dan sistematika pelaporan

##### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA / LANDASAN TEORI**

Bab ini berisikan tinjauan pustaka dan landasan teori.

##### **BAB III CARA / METODE PENYELESAIAN**

Pada bab ini terdapat uraian rinci tentang langkah-langkah dan metodologi penyelesaian masalah, bahan atau materi TA, alat yang digunakan, metode pengambilan data atau metode analisa hasil, dan masalah yang dihadapi disertai dengan cara penyelesaiannya.

#### **BAB IV PROSES, HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan proses, hasil dan pembahasan.

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini memberikan gambaran akhir dari penarikan kesimpulan untuk membuktikan hipotesis dan keberhasilan menjawab permasalahan yang ditemui.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

Berisikan referensi yang digunakan dalam penulisan tugas akhir.

#### **LAMPIRAN**

Terdiri dari data-data dan gambar yang mendukung atau hal-hal yang dianggap perlu.



## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Baja Karbon**

Baja merupakan material yang paling sering digunakan dalam dunia industri. Selain keberadaannya yang memang banyak di perut bumi, baja juga memiliki banyak jenis dan juga mampu untuk di daur ulang, kemampuan inilah yang membuat baja cocok untuk diaplikasikan pada kondisi tertentu. Harga baja yang terjangkau dan juga sifat mekaniknya yang baik, membuat material baja paling banyak digunakan dalam dunia teknik. Begitu juga pada era sekarang di mana kebutuhan baja terus meningkat baik dalam hal manufaktur, otomotif, maupun konstruksi. Karena baja sangat mudah untuk ditemukan, begitu juga sifatnya variatif dan juga mampu mesin, serta kemampuannya yang mampu di daur ulang (F Saputra, 2016).

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja akan ditemukan tambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2% hingga 2,14%, dimana kandungan karbon tersebut berfungsi sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya (Istiqlaliyah & Rhohman, 2016).

#### **2.2 Jenis Baja Karbon**

1. Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi di antara karbon yang lain, mudah di permesinan dan dilas, serta keuletan dan

ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar, dan lain-lain (Pratowo B & Fernando A, 2018).

2. Baja karbon sedang merupakan baja karbon menengah dimana kandungan karbon pada baja tersebut berkisaran antara 0,25 % sampai 0,6 %. Baja karbon sedang memiliki kekuatan mekanik yang baik serta memiliki keuletan dan kekuatan kekerasan yang baik, karena baja karbon sedang dapat ditingkatkan sifat mekaniknya karena baja karbon sedang memiliki kadar karbon yang cukup untuk dilakukan perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja karbon sedang dapat ditingkatkan dengan beberapa cara yaitu austenitizing, quenching dan tempering yang dapat menghasilkan struktur martensit pada baja tersebut. Baja karbon sedang biasanya digunakan sebagai bahan baku dari pembuatan alat-alat perkakas, komponen-komponen mesin seperti poros, roda gigi, pegas dan lain-lain (Pratowo B & Fernando A, 2018).

3. Baja karbon tinggi merupakan baja karbon yang kandungan karbonnya berkisar pada 0,6 % sampai 1,4 % dibandingkan berat besi yang digunakan pada baja tersebut. Baja karbon tinggi memiliki tingkat kekerasan yang tinggi namun keuletan dari baja karbon tinggi sangat kecil. Baja karbon tinggi biasanya digunakan untuk alat-alat yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap gesekan dan defleksi serta beberapa alat seperti bearing, mata bor, mata pahat dan lain-lain (Pratowo B & Fernando A, 2018).

### **2.3 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja**

Unsur campuran adalah unsur yang sangat penting dalam pembuatan baja, jumlah persentase dan bentuknya membawa pengaruh yang amat besar terhadap sifatnya. Pengaruh unsur paduan dalam baja adalah sebagai berikut:

#### **1. Unsur Karbon (C)**

Unsur ini menaikkan besaran kekuatan bengkok, tekan dan tarik, tetapi menurunkan kemampuan tarik, kemampuan tempa dan las, sifat penghantar listrik

dan panas. Penurunan keliatan akibat bertambahnya kadar C yang diikuti dengan naiknya kekerasan dapat diikuti dengan cara perlakuan panas.

## 2. Mangan (Mn)

Dapat menaikkan kekuatan dengan menurunkan kecepatan pendinginan kritis yang diperlukan untuk memperoleh struktur martensit. Penambahan unsur mangan dalam baja paduan menambah kekuatan dan ketahanan panas baja paduan itu serta penampilan yang lebih bersih dan berkilau.

## 3. Nikel (Ni)

Nikel mempertinggi kekuatan dan regangannya sehingga baja paduan ini menjadi liat dan tahan tarikan serta tahan karat atau korosi. Oleh karena itu, baja paduan ini biasa digunakan untuk membuat sudut-sudut turbin, roda gigi, bagian-bagian mobil dan sebagainya.

## 4. Krom (Cr)

Unsur ini memberikan kekuatan dan kekerasan baja meningkat serta tahan karat dan tahan aus. Penambahan unsur kromium biasanya diikuti dengan penambahan nikel. Biasanya baja paduan ini digunakan untuk bahan poros dan roda gigi.

## 5. Molibdenum (Mo)

Penambahan molibdenum akan memperbaiki baja karbon menjadi tahan terhadap suhu yang tinggi, liat, dan kuat. Untuk baja-baja perkakas Molibdenum (Mo) dapat menggantikan Wolfram (W). Baja paduan ini biasa digunakan sebagai bahan untuk membuat alat-alat potong, misalnya pahat.

## 6. Wolfram (W)

Penambahan unsur ini memberikan pengaruh yang sama seperti penambahan molibdenum dan biasanya juga dicampur dengan unsur Ni dan Cr.

## 7. Silisium (Si)

Unsur ini menurunkan kemampuan perubahan bentuk dingin oleh karena itu hanya diijinkan 0,2% Si. Si meningkatkan sifat tahan listrik dan digunakan di lempeng dinamo.

#### 8. Belerang (S)

Sulfur meningkatkan kemampuan diregangkan karena itu digunakan sampai 0,3% di dalam baja otomatis (*free cutting steel*).

#### 9. Vanadium (V)

Penambahan unsur ini akan memperbaiki struktur kristal baja menjadi halus dan tahan aus terlebih bila dicampur dengan kromium. Baja paduan ini banyak digunakan untuk membuat roda gigi, batang penggerak, dan sebagainya.

#### 10. Kobalt (Co)

Penambahan unsur ini akan memperbaiki sifat kekerasan baja meningkat dan tahan aus serta tetap keras pada suhu yang tinggi. Baja paduan ini banyak digunakan untuk konstruksi pesawat terbang atau konstruksi yang harus tahan panas dan tahan aus (Pratowo B & Fernando A, 2018).

### 2.4 Baja AISI-1045

Baja AISI-1045 adalah baja karbon yang mempunyai kandungan karbon sekitar 0,42% C - 0,50% C dan termasuk golongan baja karbon sedang atau menengah. Baja karbon sedang merupakan salah satu material yang banyak diproduksi dan digunakan untuk membuat alat-alat atau bagian mesin karena baja karbon sedang memiliki sifat yang dapat dimodifikasi sedikit ulet dan tangguh.

Kandungan unsur pada AISI-1045 menurut standard ASTM A 827-85 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Unsur pada baja AISI-1045

Unsur	%	Sifat mekanis lainnya
<b>Karbon</b>	0,42 – 0,50	<i>Tensile strength</i>
<b>Mangan</b>	0,60 – 0,90	<i>Yield strength</i>
<b>Fosfor</b>	Maksimum 0,035	<i>Elongation</i>
<b>Sulfur</b>	Maksimum 0,040	<i>Reduction in area</i>
<b>Silicon</b>	0,15 – 0,40	<i>Hardness</i>

Sumber: AISI (*American Iron and Steel Institute*).

Selanjutnya sifat sifat mekanik yang terdapat pada baja AISI-1045 juga perlu untuk kita ketahui agar data yang dilakukan dapat memenuhi kriteriapengujian yang akan kita lakukan pada saat proses penelitian.

Berikut adalah sifat mekanik yang terdapat pada baja AISI-1045:

Tabel 2.2 Sifat – sifat mekanik baja AISI-1045

Sifat Mekanik	Baja AISI-1045
<b>Berat Spesifik</b>	7.7 – 8.03 ( x1000kg/m <sup>3</sup> )
<b>Modulus Elastisitas</b>	190 – 210 GPa
<b>Kekuatan geser</b>	505 MPa
<b>Kekuatan Tarik</b>	585 MPa
<b>Kekerasan</b>	179.8
<b>Elongation</b>	12

Sumber: AISI (*American Iron and Steel Institute*).

Baja AISI-1045 disebut sebagai baja karbon karena sesuai dengan pengkodean internasional, yaitu seri 10xx berdasarkan nomenklatur yang dikeluarkan oleh AISI dan SAE. Pada angka 10 pertama merupakan kode yang menunjukkan plain carbon kemudian kode xxx setelah angka 10 menunjukkan komposisi karbon. Jadi baja AISI-1045 berarti baja karbon atau plain carbon steel yang mempunyai komposisi karbon sebesar 0,45%. Baja spesifikasi ini banyak digunakan sebagai komponen roda gigi, poros dan bantalan. Pada aplikasinya baja tersebut harus mempunyai ketahanan aus yang baik karena sesuai dengan fungsinya harus mampu menahan keausan akibat bergesekan dengan rantai. Ketahanan aus didefinisikan sebagai ketahanan terhadap abrasi atau ketahanan terhadap pengurangan dimensi akibat suatu gesekan. Pada umumnya ketahanan aus berbanding lurus dengan kekerasan.

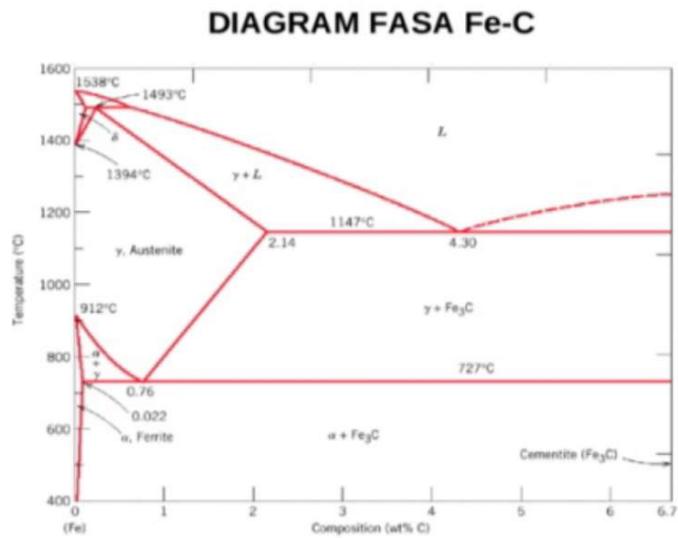
## 2.5 Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas atau *heat treatment* adalah kombinasi operasi pemanasan pada logam di bawah temperatur lebur logam tersebut dan pendinginan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat dengan waktu tertentu. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh sifat yang diinginkan dengan merubah struktur mikronya. Struktur yang terjadi pada akhir suatu proses laku panas, selain

ditentukan oleh komposisi kimia dari material dan proses laku panas yang dialami juga ditentukan oleh struktur awal material. Paduan dengan komposisi kimia yang sama, dan mengalami proses laku panas yang sama, mungkin akan menghasilkan struktur mikro dan sifat yang berbeda bila struktur awal materialnya berbeda. Struktur awal ini banyak ditentukan oleh pengerjaan dan laku panas yang dialami sebelumnya. Disamping itu dasar-dasar semua proses laku panas melibatkan transformasi dan dekomposisi austenit. Langkah pertama dalam proses laku panas baja adalah memanaskan material sampai temperatur tertentu atau di atas temperatur daerah kritis untuk membentuk fasa austenit. Kemudian diberi waktu penahanan agar austenit dapat lebih homogen baru setelah itu dilakukan proses pendinginan. Proses pendinginan dilakukan dengan cermat agar benda kerja tidak mengalami cacat retak setelah mengalami proses ini. Variasi tipe proses perlakuan panas di atas adalah karena seluruh proses perlakuan panas hanya melibatkan proses pemanasan yang membedakannya adalah temperatur pemanasan dan laju pendinginannya. Proses pemanasan dan kecepatan laju pendinginan ini sangat mempengaruhi hasil akhir dari proses perlakuan panas. Di dalam proses perlakuan panas ada tiga tahapan yang paling utama diantaranya tahap pemanasan, tahap penahanan, dan tahap pendinginan. (Pramono A, 2011).

### 2.5.1 *Hardening*

Proses *hardening* atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam dengan cara dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat. Tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur martensit, semakin banyak unsur karbon, maka struktur martensit yang terbentuk juga semakin banyak. Karena martensit terbentuk dari fase austenit yang didinginkan secara cepat (Zainal M, 2016).

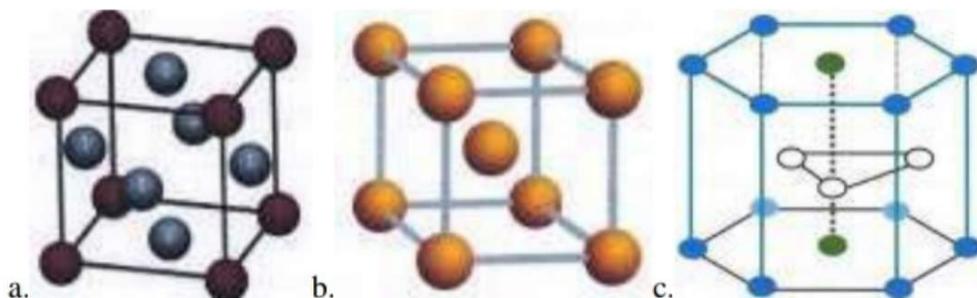


Gambar 2.1 Diagram fasa Fe – C

- Struktur Mikro Logam Besi

Dalam Prosesnya pertumbuhan Kristal yaitu bila suatu logam murni membeku, atom-atom menyusun diri dalam bentuk ruang tertentu yang disebut unit cell. Dimana unit cell ini menyusun dari dalam susunan yang teratur dan berulang ulang membentuk Kristal. Umumnya logam membentuk Kristal dengan 3 macam bentuk utama yaitu :

1. *Body centered cubic* ( BCC )
2. *Face centered cubic* ( FCC )
3. *Close packed hexagonal* ( CPH )



Gambar 2.2 Kisi kristal a.BCC, b.FCC, c.CPH

Dalam pembentukannya, ketika logam cair mulai membeku maka Kristal mulai terbentuk, ini dimaksudkan bahwa atomatomnya mengatur diri secara teratur dan berulang-ulang dalam pola tiga dimensi. Pembentukan Kristal diawali dari terjadinya inti Kristal, proses ini disebut juga kristalisasi. Misalnya logam dengan Kristal *face centered cubic* ( FCC ), 14 atom menyusun diri membentuk inti dan selanjutnya berkembang membentuk cabang-cabang yang disebut dendrit.

Sifat logam sangat erat kaitannya dengan strukturnya, logam dengan struktur HTP/CPH umumnya kurang kenyal dan rapuh bila ditekuk atau mengalami proses permesinan, sedangkan logam KPS/FCC biasanya lebih kenyal. Pada umumnya campuran/paduan logam akan menghasilkan susunan atom yang berlainan dengan logam induknya. Tambahan atau campuran tertentu dapat menghasilkan larutan padat substitusi sebagai contoh dapat dikemukakan kuningan yaitu paduan tembaga dan seng disini atom seng dapat menggantikan atom-atom tembaga dalam kisi. Karbon dalam besi membentuk larutan padan interspisi. Karena ukuran atom kecil ukuran atom besi, atom karbon akan dapat menempati ruang kosong disela atom kisi dalam kisi. Ikatan seperti ini akan mencair pada suhu tertentu dan mempunyai konduktivitas dan keuletan yang lebih rendah akan tetapi memiliki kekerasan dan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan paduan yang mempunyai struktur kisi kubik pemusatan kisi, kubik pemusatan ruang atau hexagonal. Contoh paduan ikatan antar logam adalah system aluminium-tembaga, tembaga-magnesium, dan timah putih-antimon.

- Struktur Logam

1. Besi ( $\delta$ ):

Merupakan larutan karbon didalam besi yang berada diantara temperatur 1394 s/d 1538 °C dengan sifat struktur BCC dan daya larut karbon maksimal 0,1% pada temperatur 1495 °C.

2. *Austenite* ( $\gamma$ ):

Merupakan larutan padat dari karbon didalam besi dengan struktur FCC, dengan komposisi karbon mulai 0,17% pada temperatur 1495 °C dan maksimum

2,11% pada temperatur 1148 °C terjadi pada pemanasan diatas temperatur kritis (A1) 727 oC sifat lunak, non magnetis.

### 3. Ferrite ( $\alpha$ ):

Merupakan larutan padat dari karbon didalam besi murni. Fase ini terjadi dibawah temperatur 912 °C dengan struktur BCC, dengan komposisi karbon maksimum 0,02% pada temperatur 727 °C memiliki sifat magnetis, lunak.

### 4. Cementite ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )

Merupakan larutan padat, kombinasi kimia antara karbin besi ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) yang mengandung 6,67%C dengan sifat keras dan rapuh, magnetis sampai 210 °C, pada pemanasan diatas 210 °C menjadi non magnetis. Besi dan karbon bersenyawa membentuk  $\text{Fe}_3\text{C}$  sewaktu masih cair disebut karbit besi dan setelah padat disebut *cementite*.

### 5. Pearlite ( $\alpha+\text{Fe}_3\text{C}$ ):

Merupakan campuran *eutectoid* dari *ferrite* dan *cementite* yang mengandung 0,8 %C, fase ini terjadi dibawah temperatur kritis (A1) 727 °C. Sifat lebih keras dan lebih kuat dari pada *ferrite* tetapi kurang ulet, magnetis.

### 6. Ledeburite ( $\gamma+\text{Fe}_3\text{C}$ ):

Merupakan campuran *eutectic*, *austenite* dan *cementite* yang mengandung 4,3%C, fase ini terjadi dibawah temperatur 1148 °C mempunyai sifat rapuh dan keras.

### 7. Martensite

Merupakan larutan padat karbon didalam besi yang terbentuk dengan pendinginan cepat dari *austenite* dari atas temperatur kritis, stabil pada tempeatur 150 °C, sifat rapuh dan keras, kekerasan tergantung komposisi karbon.

- Melakukan pemanasan (*heating*)

Lakukan pemanasan diatas A1 pada diagram Diagram fasa Fe-C, misalnya pemanasan sampai suhu 850, tujuanya adalah untuk mendapatkan struktur Austenite, yang salah sifat Austenite tidak stabil pada suhu di bawah A1, sehingga

dapat ditentukan struktur yang diinginkan pada diagram Fasa Fe-C (Zainal M, 2016).

- Penahanan Suhu ( *Holding Time* )

*Holding time*  dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses  *hardening*  dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam austenit dan difusi karbon dan unsur paduannya. Waktu penahanan sangat berpengaruh pada saat transformasi karena apabila waktu penahanan yang diberikan kurang tepat atau terlalu cepat, maka transformasi yang terjadi tidak sempurna dan tidak homogen selain itu waktu tahan terlalu pendek dapat menghasilkan kekerasan yang rendah hal ini dikarenakan tidak cukupnya jumlah karbida yang larut dalam larutan. Sedangkan apabila waktu penahanan yang diberikan terlalu lama, transformasi terjadi diikuti dengan pertumbuhan butir yang dapat menurunkan ketangguhan (Zainal M, 2016). Pedoman untuk menentukan waktu penahanan dari berbagai jenis baja dapat dilihat pada tabel 2.3 berikut ini.

Tabel 2.3 Jenis baja dan waktu tahan yang dibutuhkan pada proses perlakuan panas

Jenis baja	Waktu tahan (menit)
Baja karbon dan baja paduan rendah	5-15
Baja paduan menengah	15-25
<i>Low alloy tool steel</i>	10-30
<i>High alloy chrome steel</i>	10-60
<i>Hot-work tool steel</i>	15-30

Menurut (Zainal M, 2016) ketebalan benda uji sangat mempengaruhi pemberian waktu penahanan pada saat proses austenisasi. Secara matematis pemberian waktu penahanan terhadap ketebalan benda uji dapat ditulis dengan rumus :

$$T = 1,4 \times H$$

Dengan  $T =$  Waktu penahanan (menit)

$H =$  Tebal benda kerja (mm)

### 2.5.2 Pencelupan Cepat (*Quenching*)

*Quenching* adalah salah satu proses perlakuan panas baja dengan cara pemanasan pada suhu tertentu berkisar bergantung pada kandungan karbon yang dimiliki oleh baja itu sendiri, kemudian setelah mencapai suhu maksimal yang ditentukan ditahan selama beberapa saat, lalu didinginkan secara mendadak dengan media pendingin seperti air, oli, air garam, minyak maupun pendingin lainnya. *Quenching* itu sendiri merupakan suatu bagian dari proses *hardening*. *Quenching* dilakukan untuk memperoleh sifat tahan aus yang tinggi, kekuatan, dan strength yang lebih baik. Kekerasan yang dihasilkan juga tergantung pada kandungan karbon dan kekerasan yang terjadi tergantung pada temperatur pemanasan, *holding time*, laju pendinginan yang dilakukan dan ketebalan sampel. Untuk memperoleh kekerasan yang baik (martensit yang keras) maka pada saat pemanasan harus dapat dicapai struktur austenit, karena hanya austenit yang dapat bertransformasi menjadi martensit (Pratowo B & Fernando A, 2018).

- Media Pendingin

Media pendingin yang dipakai dalam proses *hardening* mengakibatkan perubahan sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Pada penelitian ini media pendingin *quenching* menggunakan, air garam, air, dan oli. Media pendingin ini dipilih karena memiliki kekentalan yang rendah sehingga menghasilkan laju pendinginan yang cepat, sehingga dengan laju pendinginan yang cepat menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi.

1. Air Garam

Air Garam memiliki viskositas yang rendah sehingga nilai kekentalan cairan kurang, sehingga laju pendinginan cepat dan massa jenisnya lebih besar dibandingkan dengan media pendingin lainnya seperti air, solar, oli, udara,

sehingga kecepatan media pendingin besar dan semakin cepat laju pendinginannya. Penelitian quenching dengan menggunakan air garam pernah dilakukan oleh seorang peneliti asal Klaten, dengan menggunakan volume air sebesar 5 liter dengan variasi kandungan garam sebesar 0 sampai 30 %, menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan garam maka semakin tinggi juga tingkat kekerasan.

## 2. Air

Air memiliki massa jenis yang besar tapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginannya lebih lambat dari air garam. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan scaling dari permukaan bagian baja yang di-quenching. Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media quenching karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam non ferrous, baja tahan karat austenitik, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas. Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan/selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut. Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat.

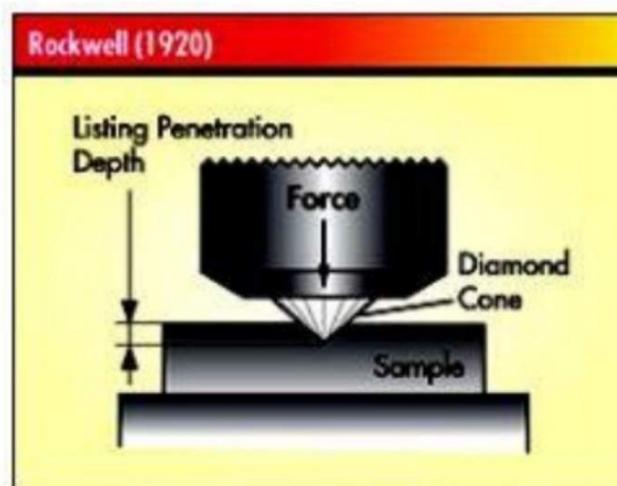
## 3. Oli

Oli memiliki nilai viskositas atau kekentalan yang tertinggi dibandingkan dengan media pendingin lainnya dan massa jenis yang rendah sehingga laju pendinginannya lambat.

## 2.6 Uji Kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap benda uji (spesimen) yang berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Pengukurannya dapat dilakukan dengan bantuan sebuah kerucut intan dengan sudut puncak  $120^\circ$  dan ujungnya yang dibulatkan sebagai benda pendesak (indenter). Prinsip pengujian pada metode *Rockwell* adalah dengan menekankan penetrator ke dalam benda kerja dengan pembebanan, dan kedalaman indentasi dapat memberikan harga kekerasan yaitu perbedaan kedalaman indentasi yang didapatkan dari beban mayor dan minor (Haryadi G D, 2006).

Pada penelitian ini digunakan metode *Rockwell* dengan indenter kerucut intan dengan beban mayor 150 kg (HRC). Pengujian *Rockwell* HRC sebagai cara yang paling cocok untuk pengujian bahan yang keras. Makin keras bahan yang diuji, maka semakin dangkal masuknya penekan dan sebaliknya makin lunak bahan yang diuji, semakin dalam masuknya. Cara *Rockwell* sangat disukai karena dengan cepat dapat diketahui kekerasannya tanpa menghitung dan mengukur. Nilai kekerasan dapat dibaca setelah beban utama dilepaskan, dimana beban awal masih menekan bahan (Haryadi G D, 2006).



Gambar 2.3 Metode pengujian kekerasan *Rockwell*

## 2.7 Konversi Alat Ukur Kekerasan Baja

Tabel ini menunjukkan perkiraan kekerasan baja menggunakan skala *Brinell*, *Rockwell B* dan *C* dan *Vickers*.

Tabel 2.4 Konversi nilai kekerasan

Brinell Hardness HB	Rockwell HRC	Rockwell HRB	Vickers HV	N/mm <sup>2</sup>
513	53	119	567	
456	48	116	490	1569
430	46	115	458	1471
415	44	114	438	1422
360	39	111	376	1236
341	37	109	351	1157
250	25	101	255	853
233	22	99	241	794
229	21	98	235	775
170	7	87	175	559

Sumber: <https://www.steelexpress.co.uk/steel-hardness-conversion.html>

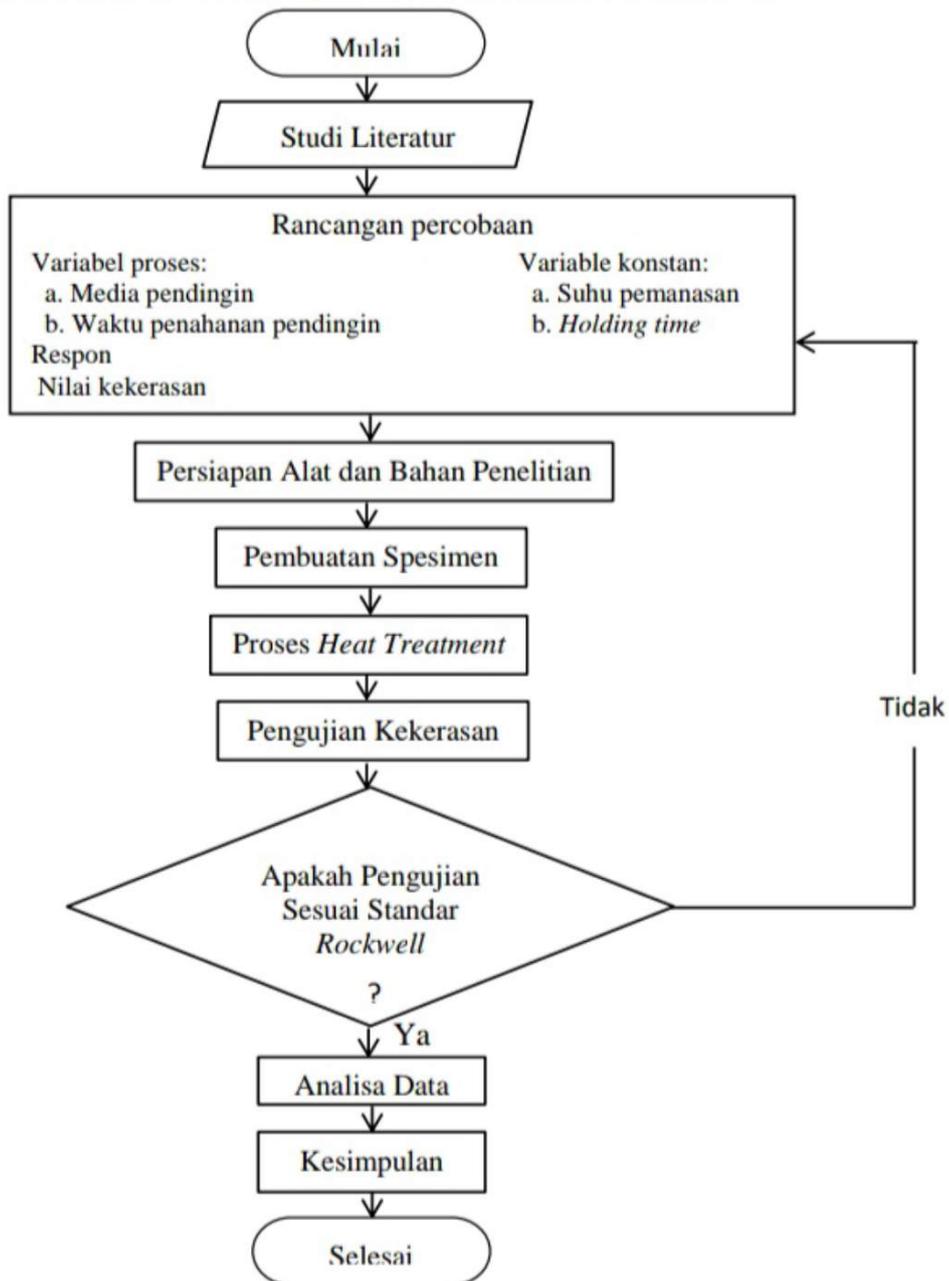


### BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penyelesaian dalam penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

### 3.2 Studi Literatur

Setelah identifikasi masalah ditemukan maka langkah selanjutnya yang dilakukan oleh peneliti adalah studi pustaka. Maksud dari studi literatur adalah peneliti mencari referensi teori dengan kasus atau permasalahan yang telah ditemukan sebelumnya, juga sebagai data dukung dalam proses penelitian ini.

### 3.3 Rancangan Percobaan

Untuk mendapatkan data percobaan pada proses quenching baja AISI-1045 variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel proses

Variabel proses adalah variabel yang dapat dikendalikan dan nilainya dapat ditentukan. Variabel yang digunakan di penelitian ini adalah:

- a. Media pendingin
- b. Waktu penahanan pendingin

2. Respon

Respon merupakan variabel yang diamati dalam penelitian. Respon yang digunakan di penelitian ini adalah nilai kekerasan.

3. Variabel konstan

Variabel konstan merupakan variabel yang tidak diteliti dalam penelitian. Nilai variabel konstan dijaga selalu konstan agar tidak berubah selama penelitian. Variabel konstan yang digunakan di penelitian ini adalah:

- a. Suhu pemanasan
- b.  *Holding time*

Hasil observasi dan pengumpulan data dari beberapa sumber, maka dilakukan eksperimen *hardening* dan *quenching* dengan pendingin air garam, air, dan oli. Tujuannya Untuk mengetahui nilai kekerasan yang optimum dan apakah berpengaruh media pendingin dengan kombinasi waktu penahanan pendingin yang mendapat perlakuan panas *quenching* terhadap kekerasan baja karbon AISI-1045.

Tabel 3.1 Rancangan percobaan

Parameter Perlakuan Panas	
Media Pendingin	Waktu Pendingin
Air Garam	5
	10
	15
Air	5
	10
	15
Oli	5
	10
	15

Tampilan pelaksanaan percobaan secara acak ditunjukkan pada table diatas. Setiap kombinasi parameter, percobaan dilakukan dengan pengulangan sebanyak dua kali untuk mewakili pengujian kevalidan data.

### 3.4 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Baja AISI-1045

Dimensi dari spesimen baja AISI 1045 yang digunakan adalah

- a. Panjang = 25 mm
- b. Diameter = 25 mm

2. Furnace

Furnace merupakan oven pemanas, pada penelitian ini digunakan untuk memanaskan spesimen baja AISI 1045 sampai temperatur 900°C.



Gambar 3.2 Furnace

### 3. Media pendingin

#### a. Air garam

Volume air yang digunakan sebesar 1 Liter. Dan air garam yang digunakan memiliki kadar garam 25 % dari volume air yang dicampurkan, jadi garam yang digunakan adalah 250 mg.

#### b. Air

Air digunakan sebagai variasi dari media quenching. Volume air yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 1 Liter.

#### c. Oli SAE 40

Volume Oli yang digunakan adalah sebesar 1 Liter.

### 4. Penguji Kekerasan *ZHR Rockwell*

Digunakan untuk mengukur kekerasan benda uji.



Gambar 3.3 *Universal Hardness Tester*

### 5. Mesin Gergaji Potong DOALL Model C-916

Digunakan untuk memotong benda uji.



Gambar 3.4 Mesin gergaji potong DOALL model C-916

### 3.5 Pengambilan Data

Tabel 3.2 Pengambilan Data

Pengujian Kekerasan								
Jenis Media	Waktu Penahanan	Titik uji BK 1			Titik uji BK 2			Rata-Rata
		1	2	3	1	2	3	
Raw Material	-							
Air Garam	5 menit							
	10 menit							
	15 menit							
Air	5 menit							
	10 menit							
	15 menit							
Oli	5 menit							
	10 menit							
	15 menit							

### 3.6 Analisa Data

Teknik analisis data yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode desain eksperimen, dengan memastikan spesimen yang digunakan adalah baja AISI-1045 dengan pengujian kekerasan sebelum di proses *heat treatment* dibandingkan dari data penelitian sebelumnya (Zainal Mustofa, 2016), dan data dari proses pencelupan cepat pada benda uji yang sudah dikumpulkan akan dibandingkan dan dilihat nilai kekerasan optimumnya. Dari data tersebut diketahui berapa nilai optimum dari media pendingin yang dilakukan sehingga menghasilkan data yang valid dan benar agar bermanfaat pada penelitian selanjutnya.



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur dalam penelitian ini adalah:

1. Pembuatan Spesimen baja AISI-1045

Adapun tahapan pembuatan dari spesimen baja AISI-1045 adalah:

- a. Pemotongan bahan AISI-1045 dengan menggunakan mesin pemotong.



Gambar 4.1 Proses Pemotongan Spesimen

- b. Potongan bahan harus sesuai dimensi yang diinginkan yaitu memiliki panjang 25mm.



Gambar 4.2 Spesimen Setelah Di potong

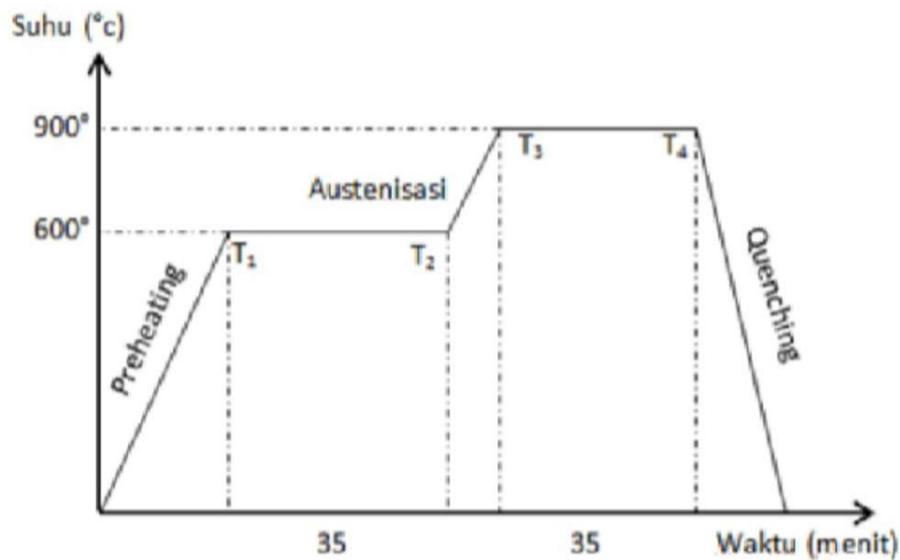
- c. Sebagian spesimen diuji kekerasan awal (raw material).
- d. Ikat bahan dengan kawat.



Gambar 4.3 Spesimen Setelah Diikat

2. Proses *Heat Treatment* terhadap spesimen baja AISI-1045  
Adapun tahapannya adalah:

- a. Menghidupkan *furnace* dan mengkalibrasi *furnace* dengan menggunakan termokopel agar tidak terjadi kesalahan temperatur.
- b. Baja AISI-1045 yang telah dipotong dipanaskan atau dimasukkan ke dalam *furnace* sampai suhu 900 °C.
- c. Kemudian tahan baja pada suhu 900°C selama 35 menit.
- d. Kemudian baja dilakukan proses *quenching*.



Gambar 4.4 Diagram pemanasan

- e. Masukkan baja AISI-1045 ke media air garam, air, dan oli dengan berbagai waktu penahanan pendingin.



Gambar 4.5 Spesimen Yang Telah di *hardening* a.oli, b.air garam. c.air

- f. Angkat semua baja AISI-1045 sesuai waktu penahanan lalu di keringkan.
3. Pengujian Kekerasan metode *Rockwell* dengan *Universal Hardness Tester*.

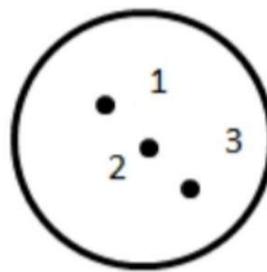
Adapun tahapan dari pengujian kekerasan adalah:

- a. Sebelum melakukan pengujian kekerasan dilakukan pengamplasan permukaan spesimen. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas yang ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan mesh. Urutan pengamplasan harus dilakukan dengan nomor mesh yang rendah (hingga 150 mash) ke nomor mesh yang tinggi (2000 mash).
- b. Meletakkan spesimen baja AISI-1045 pada meja uji dari alat.



Gambar 4.6 Proses Pengujian Kekerasan

- c. Atur alat uji hingga indenter menyentuh permukaan spesimen.



Gambar 4.7 Titik Pengujian Kekerasan

- d. Kemudian menaikkan tuas beban, tunggu hingga 10 detik.
- e. Kemudian baca nilai kekerasan yang dihasilkan dan catat.
- f. Turunkan handle hingga indenter tidak lagi menyentuh specimen.
- g. Ulangi langkah dengan titik yang berbeda.

## 4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan

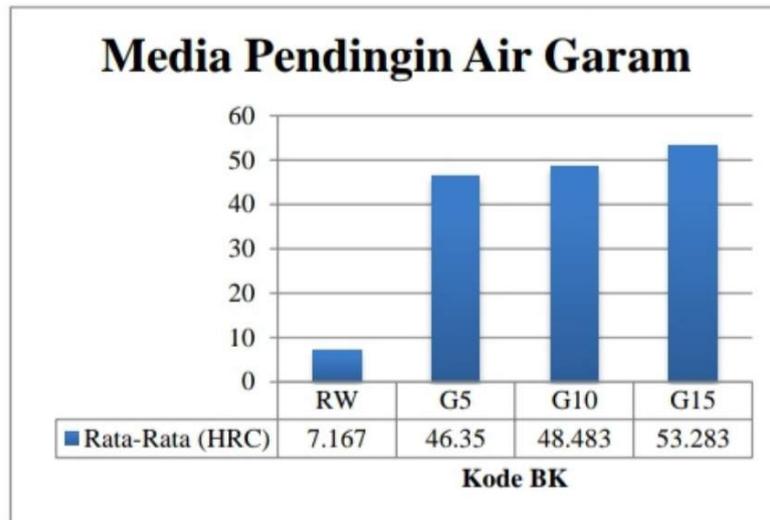
Pada pengujian kekerasan tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material baja AISI-1045 dengan pemanasan 900°C dan waktu penahanan selama 35 menit. Jenis pendingin pada proses ini yaitu air garam dengan kode sampel benda uji (G), air (A), dan oli (O) dengan waktu penahanan pendingin selama 5, 10, dan 15 menit.

Tabel 4.1 Hasil pengujian kekerasan

Jenis Media	Waktu Penahanan (menit)	kode Bk	Titik Uji BK1(HRC)			Titik Uji BK2(HRC)			Rata-Rata (HRC)
			1	2	3	1	2	3	
<b>Raw Material</b>		RW	7.2	7.5	6.8	-	-	-	7.167
<b>Air Garam</b>	5	G5	46.9	46.8	45.5	47.4	46.4	45.1	46.35
	10	G10	48.8	49	47.4	49.1	48.2	48.4	48.483
	15	G15	54.5	54.6	52.6	52.7	53.4	51.9	53.283
<b>Air</b>	5	A5	38	38.5	36.6	36.2	35.8	35.5	36.767
	10	A10	38.1	38.7	39	39.2	40	39.4	39.067
	15	A15	42.6	43	43.2	44.4	45.6	45.2	44
<b>Oli</b>	5	O5	21.7	23	21.2	21.4	21.3	20.9	21.583
	10	O10	21.2	23.7	22.4	22	24.2	22.5	22.667
	15	O15	25	25.7	24.9	24.3	26.3	25.6	25.3

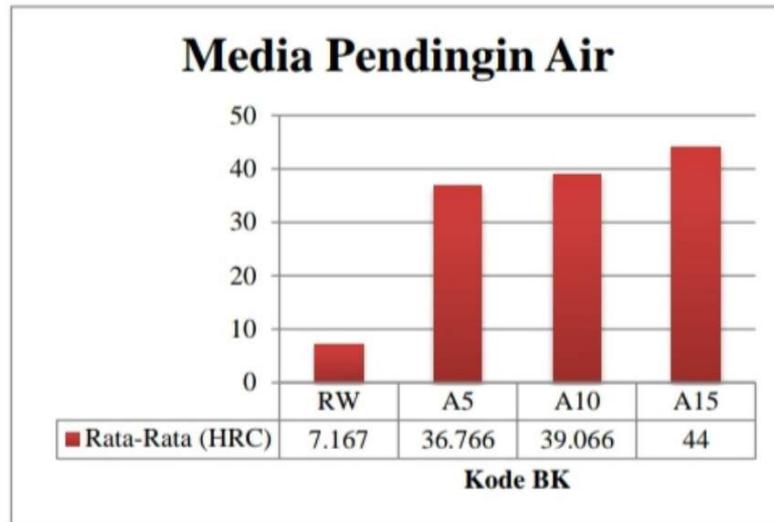
Dan penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan (*universal hardness tester*) dengan metode pengujian *Rockwell*. Spesimen yang digunakan adalah baja AISI-1045, dibuktikan dengan nilai kekerasan pada spesimen baja AISI-1045 sebelum di proses *heat treatment* dibandingkan dari data penelitian sebelumnya

(Zainal Mustofa, 2016). Dari data diatas raw materialnya adalah 7.167 HRC dikonversikan menjadi 179.175 VHN yang hampir mendekati data penelitian (Zainal Mustofa, 2016) sebesar 176,2 VHN.



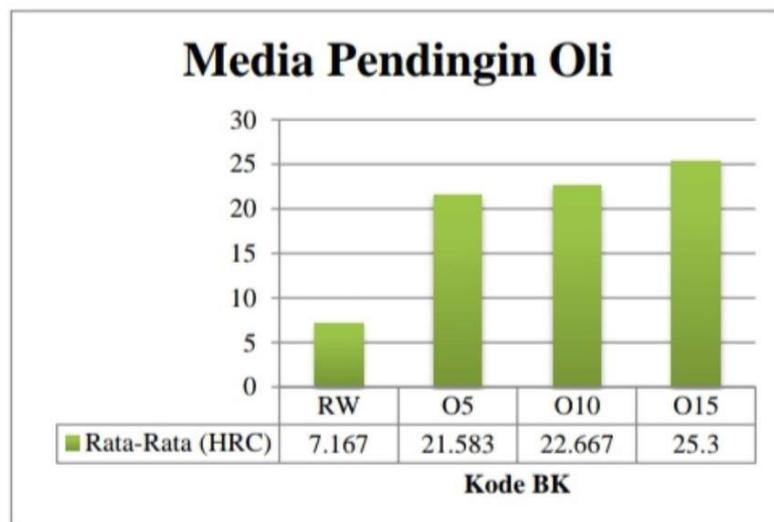
Gambar 4.8 Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin air garam

Pada Gambar 4.8 terdapat grafik nilai uji kekerasan penelitian pada media pendingin air garam dengan waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) dari proses *quenching*. Dari grafik tersebut media air garam dengan waktu penahanan pendingin 5 menit (G5) terdapat kenaikan dengan nilai rata-rata 46.35 HRC, media air garam dengan waktu penahanan pendingin 10 menit (G10) terdapat kenaikan dengan nilai rata-rata 48.483 HRC, dan pada media air garam dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (G15) dengan nilai rata-rata 53.283 HRC.



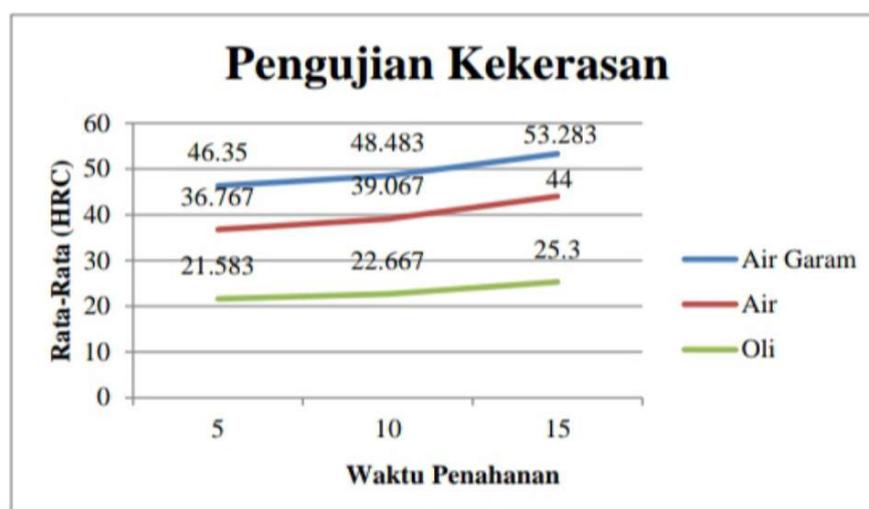
Gambar 4.9 Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin air

Pada Gambar 4.9 terdapat grafik nilai uji kekerasan penelitian pada media pendingin air dengan waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) dari proses *quenching*. Dari grafik tersebut media air dengan waktu penahanan pendingin 5 menit (A5) dengan nilai rata-rata 36.767 HRC, pada media air dengan waktu penahanan pendingin 10 menit (A10) dengan nilai rata-rata 39.067 HRC, dan pada media air dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (A15) dengan nilai rata-rata 44 HRC.



Gambar 4.10 Grafik nilai uji kekerasan pada media pendingin oli

Pada Gambar 4.10 terdapat grafik nilai uji kekerasan penelitian pada media pendingin oli dengan waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) dari proses *quenching*. Dari grafik tersebut media oli dengan waktu penahanan pendingin 5 menit (O5) dengan nilai rata-rata 21.583 HRC, pada media oli dengan waktu penahanan pendingin 10 menit (O10) dengan nilai rata-rata 22.667 HRC, dan pada media oli dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (O15) dengan nilai rata-rata 25.3 HRC.

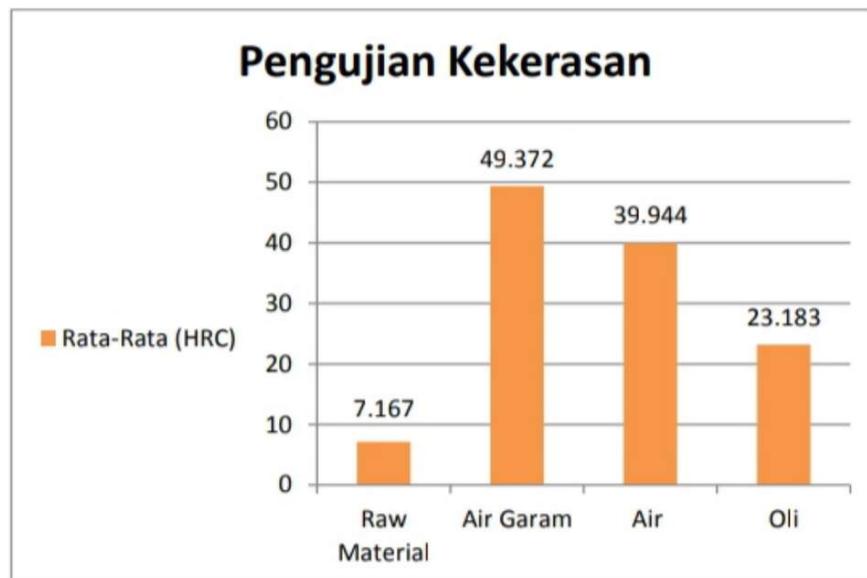


Gambar 4.11 Grafik nilai uji kekerasan dengan variasi waktu penahanan pendingin

Pada Gambar 4.11 terdapat grafik nilai uji kekerasan dari 3 media pendingin dengan waktu penahanan pendingin (5, 10, dan 15 menit) pada proses *quenching* dengan besar raw materialnya 7.167 HRC. Dari grafik tersebut nilai yang paling tinggi yaitu pada media air garam dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (G15) dengan nilai rata-rata 53.283 HRC atau naik sebesar 46.116 HRC terhadap raw material. Sedangkan nilai yang paling rendah yaitu pada media oli dengan waktu penahanan pendingin 5 menit (O5) dengan nilai rata-rata 21.583 HRC atau naik sebesar 14.416 HRC terhadap raw material.

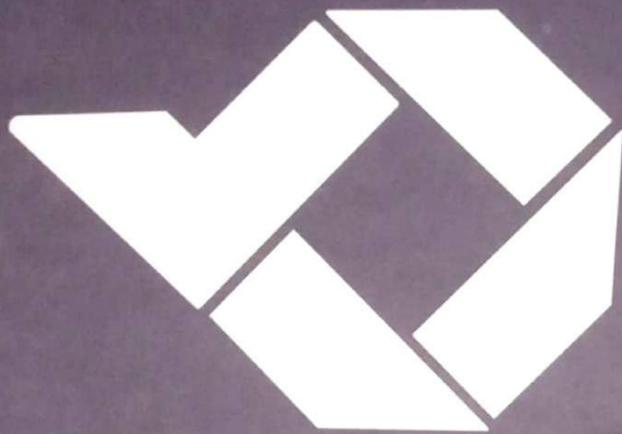
Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu penahanan pendingin akan mengakibatkan perubahan kekerasan semakin baik. Hal ini dikarenakan spesimen diangkat sebelum dingin mengakibatkan udara

memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka dapat memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan.



Gambar 4.12 Grafik Nilai Uji Kekerasan Keseluruhan

Berdasarkan data diatas bahwa proses perlakuan panas dengan media pendingin cepat menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Rata-rata nilai kekerasan pada proses *heat treatment* dengan media pendingin air garam adalah 49.372 HRC, air adalah 39.944 HRC, oli adalah 23.183 HRC, dan raw materialnya adalah 7.167 HRC. Dari hasil nilai kekerasan tersebut pada proses *heat treatment* tingkat kekerasan yang paling baik yaitu dengan media pendingin air garam. Hal ini dikarenakan kemampuan media pendingin dalam mendinginkan spesimen berbeda-beda. Air garam memiliki viskositas (kekentalan) lebih rendah dan densitas (massa jenis) yang lebih tinggi, sehingga laju pendinginan lebih cepat dibandingkan dengan media pendingin air dan oli.



## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil percobaan, dan analisis yang telah dilakukan, maka dari penelitian yang berjudul “Analisis Pengaruh Media Pendingin Dengan Kombinasi Waktu Penahanan Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Baja AISI-1045 Pada Proses *Quenching*“ di dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Tingkat kekerasan yang paling tinggi yaitu pada media air garam dengan waktu penahanan pendingin 15 menit (G15) dengan nilai rata-rata 53.283 HRC atau naik sebesar 46.116 HRC terhadap raw material.
2. Pendinginan cepat dengan media pendingin dengan berbagai waktu penahanan pendingin mempengaruhi tingkat kekerasan baja karbon AISI-1045. Dari hasil pengujian kekerasan menunjukkan kenaikan nilai kekerasan dari kekerasan awalnya pada masing-masing benda kerja, untuk benda kerja yang menggunakan media pendingin air garam dengan waktu penahanan pendingin 5, 10, dan 15 menit dengan nilai kekerasan (G5) 46.35 HRC, (G10) 48.483 HRC, dan (G15) 53.283 HRC. Setelah itu media pendingin air dengan waktu penahanan pendingin 5, 10, dan 15 menit dengan nilai kekerasan (A5) 36.767 HRC, (A10) 39.067 HRC, dan (A15) 44 HRC. Dan media pendingin oli dengan waktu penahanan pendingin 5, 10, dan 15 menit dengan nilai kekerasan (O5) 21.583 HRC, (O10) 22.667 HRC, dan (O15) 25.3 HRC.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode optimasi dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen, pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat dikembangkan dengan menggunakan metode lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Fanhar, S. (2016). Analisis Pengaruh *Quenching* Dan *Tempering* Beserta Variasi Waktu Tahan Dengan Media Pendingin Oli Mesran Sae 40 Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Baja Karbon Sedang.
- Haryadi, G.D. (2006). Pengaruh Suhu *Tempering* Terhadap Kekerasan, Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Pada Baja K-460. Jurnal Rotasi Volume 8 Nomor (2006).
- Istiqbaliah & Rhohman. (2016). Pengaruh Variasi Temperatur *Annealing* Terhadap Kekerasan Sambungan Baja St 37. Jurnal Teknik Mesin Universitas Mercu Buana Vol 5, No 4 (2016).
- Pratowo, B & Fernando, A. (2018). Analisa kekerasan baja karbon AISI-1045 setelah mengalami perlakuan *quenching*. Jurnal Teknik Mesin UBL, VOL.5 NO. 2 (2018).
- Syaefudin, (2001). Pengaruh Media Pendingin Pada Proses *Quenching* Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, Dan Kekuatan Bending Baja Aisi 1010.
- Waas, K. & Danny, V. (2020). Pengaruh *holding time* dan variasi media *quenching* terhadap nilai kekerasan baja karbon rendah st 42 pada proses pengkarbonan padat menggunakan arang batok biji pala (*myristica fragrans*). Jurnal Simetrik VOL.10, NO.1, JUNI 2020.
- Zainal, M. (2016). Analisa pengaruh pendingin terhadap kekerasan bahan AISI 1045 pada proses *heat treatment*. Fakultas Teknik Universitas Nusantara Persatuan Guru Republik Indonesia UN PGRI Kediri 2016.



## LAMPIRAN 1

### DAFTAR RIWAYAT HIDUP

#### 1. Data Pribadi

Nama Lengkap : Ervan Agustian  
Tempat & Tanggal lahir : Pemali, 04 Agustus 1998  
Alamat : Jl.Kenangan, pemali, kab.Bangka,  
kep. Bangka Belitung.  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Telp : -  
Hp : 085768490439  
E-mail : [ervanagustian04@gmail.com](mailto:ervanagustian04@gmail.com)  
Hobi : Musik



#### 2. Riwayat Pendidikan

SDN 2 Pemali Lulus Tahun 2010  
SMPN 1 Pemali Lulus Tahun 2014  
SMAN 1 Pemali Lulus Tahun 2016

#### 3. Riwayat Pendidikan Non Formal

-

Sungailiat, Maret 2021



Ervan Agustian

# STILMETINDO PRIMA

Parina Indah Golf, Rukan Eksklusif Blok I No.6-7 BGM  
 Yamal Muara, Penjariringan, Jakarta 14470  
 021-55365878 Fax: 021-55965975

## DELIVERY ORDER

To :  
 CAHAYA PRIMA TEHNIK  
 RAHA INDIRA BLOK L 05/16 RT.005 RW.009 MEKAR BAKTI  
 NONGAN TANGERANG  
 F. CP.  
 p To :  
 MA = EGI ENDRIAN / ALAMAT =  
 Komplek nangnung Utara no 370 RT 003, kecamatan  
 ngailiat, kabupaten  
 ngka, provinsi Bangka Belitung  
 211

DO No. : DO/20/023182  
 DO Date : 7 Okt 2020  
 SO No. : SO/20/024696  
 PO No. :  
 Ship By :  
 Ship By :  
 Terms : 0 Days

Pcs	Description	D	T	W	L	OD	ID	MM	Qty	Unit
15PC	S45C/1045-R DIA 30 X 50 MM	30			50	} 10/10/20/41		MM	4.50	KG
30PC	S45C/1045-R DIA 30 X 50 MM	30			50			MM	9.00	KG
20PC	S45C/1045-R DIA 30 X 100 MM	30			100			MM	12.00	KG
30PC	S45C/1045-R DIA 30 X 30 MM	30			30	} 10/10/20/41		MM	6.00	KG
18PC	S45C/1045-R DIA 25 X 120 MM	25			120			MM	9.00	KG

Condition :  
 PERKAN SERTIFIKAT BERSERTA KIRIM BARANG = TOLERANSI POT  
 (M) SUDAH LUNAS DI TRF, PUTRA BANGKA EXPRESS CABANG  
 MUUDI,  
 Pergudangan Nusa Indah, Blok C no.72,  
 Bendi, Benda, Tangerang City, Banten 15124.  
 (dari Hotel Permata Bandara).  
 129029072, 0817161189 (Tel/WA).  
 Senin sd Sabtu, jam 09.00 sd jam 18.00.

*Full name and company stamp*

Approved By \_\_\_\_\_ Shipped By \_\_\_\_\_ Received By \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_ Date : \_\_\_\_\_



