

**PENGARUH KEKERASAN BAJA ST.60 DALAM  
PROSES CARBURIZING DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU  
YANG DI IKUTI PENDINGINAN CEPAT**

*Impact of steel st 60 deep carburizing process with addition carbon powder, anthrax,  
a chartreuse follow the rapid cooling*

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

Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh

Berita Analik

NIM : 1041739



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI

BANGKA BELITUNG

2021

**PENGARUH KEKERASAN BAJA ST.60 DALAM  
PROSES *CARBURIZING* DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU  
YANG DI IKUTI PENDINGINAN CEPAT**

*Impact of steel st 60 deep carburizing process with addition carbon powder,  
anthrax, a chartreuse follow the rapid cooling*

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

Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Deden Arafah

NIM : 1041739



POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI BANGKA

BELITUNG

2021

PENGARUH KEKERASAN BAJA ST 60 DALAM  
PROSES *CARBURIZING* DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU  
YANG DI IKUTI PENDINGINAN CEPAT

Diajukan oleh :

Deden Arafah

NIM: 1041739

Penguji :

1. Ketua : Somawardi, S.S.T, M.T

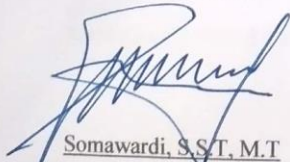
2. Anggota : Zaldy S Suzen, S.S.T., M.T.,

3. Anggota : Juanda, S.S.T., M.T

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 23 Februari 2021

Dan disahkan sesuai dengan ketentuan

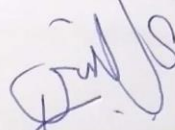
Pembimbing Utama,



Somawardi, S.S.T, M.T

NIP : 197504212015041001

Pembimbing Redamping,



Muhammad Yunus, S.S.T., M.T.,

NIP : 198501202014041001

Ketua Jurusan



Pristiansyah S.S.T., M.Eng.

NIP : 198801242019031008

## ABSTRAK

Proses carburizing dan quenching sangat mempengaruhi untuk meningkatkan nilai kekerasan pada baja. Maka hal ini saya melakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana perbandingan pengaruh kekerasan Baja ST.60 dalam proses carburizing dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, arang kayu dan variasi pendinginan cepat. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan yang dibutuhkan akibat dari proses perlakuan panas dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu yang diikuti pendinginan cepat dan meneliti pengaruh pendinginan cepat dengan variasi pendingin dan penambahan serbuk karbon, arang kayu, dan antrasit. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja ST.60 yang berbentuk selinder. Proses pembuatan spesimen dilakukan pemotongan beberapa bagian, pemotongan dilakukan untuk memudahkan di dalam meletakkan spesimen di dalam kotak karburisasi, kemudian media antrasit, arang kayu dan serbuk karbon ditimbang sesuai dengan komposisi yang diinginkan. Spesimen dilakukan perlakuan panas dengan temperature 600°C - 900°C dengan waktu penahanan 30 menit-90 menit. Kemudian dilakukan quenching dengan media pendingin air garam, air biasa, air es dan oli. Setelah itu dilakukan uji kekerasan pada permukaan spesimen uji sebanyak tiga titik dan pengujian dilakukan dengan alat uji kekerasan Hardness Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom). Dan metode yang dilakukan adalah Rancangan Acak Lengkap, dimana hasil pengujian kekerasan dirata-ratakan dan menghasilkan nilai rata-rata kekerasan pada setiap baja. Dari hasil pengujian dilakukan didapatkan nilai kekerasan yang tinggi yaitu pada media karbon aktif 63,06 HRC dengan menggunakan media pendingin air es dan diikuti dengan arang kayu dengan nilai kekerasan 54,33 HRC dengan media pendingin air laut sedangkan media antrasit nilai kekerasan 52,76 HRC dengan media pendingin air garam.

**Kata Kunci :** Serbuk karbon, Baja ST. 60, Kekerasan, Pendingin

## ABSTRACT

*Carburizing and quenching processes greatly increase the hardness value of steel. So, I did research to find out how the comparison of the hardness effect of ST.60 Steel in the carburizing process with the addition of carbon powder, anthracite, wood charcoal and variations of fast cooling. This study aims to obtain the required hardness value due to the heat treatment process with the addition of carbon powder, anthracite, and wood charcoal followed by rapid cooling and to examine the effect of rapid cooling with cooling variations and the addition of carbon powder, wood charcoal, and anthracite. The material used in this research is steel ST.60 which is cylindrical shape. The process of making specimens is cut in several parts, cutting is done to make it easier to place the specimen in the carburizing box, then the anthracite media, wood charcoal and carbon powder are weighed according to the desired composition. The specimens were subjected to heat treatment with a temperature of 600 ° C - 900 ° C with a holding time of 30 minutes-90 minutes. Then the quenching was carried out using a cooling medium of brine, plain water, ice water and oil. After that, the hardness test was carried out on the surface of the test specimen as many as three points and the test was carried out with the Hardness Testing Machines Limited hardness testing instrument with Type 8150 LK (United Kingdom). And the method used is a completely randomized design, where the hardness test results are averaged and produce the average hardness value for each steel. From the test results, a high hardness value was obtained, namely on the active carbon media 63.06 HRC using ice water cooling media and followed by wood charcoal with a hardness value of 54.33 HRC with sea water cooling media while the anthracite medium had a hardness value of 52.76 HRC. with brine cooling medium.*

***Keywords: carbon powder, Steel ST. 60, Hardness, Coolant***

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah- Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul“PENGARUH KEKERASAN BAJA ST.60 DALAM PROSES *CARBURIZING* DENGAN PENAMBAHAN SERBUK KARBON, ANTRASIT, ARANG KAYU YANG DI IKUTI PENDINGINAN CEPAT”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung. Selama proses penelitian dan penulisan laporan skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan bimbingan dan pengarahan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan semangat, dukungan baik moral maupun materi serta do'a yang tiada hentinya kepada penulis.
2. Segenap keluarga serta teman-teman yang selalu memberikan semangat, dukungan serta do'a tiada henti kepada penulis.
3. Bapak Somawardi, S.S.T, M.Tselaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan saran serta bimbingan dan motivasi kepada penulis dengan sabar dan penuh perhatian, sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan baik dan lancar.
4. Muhammad Yunus S.S.T.,M.T., selaku dosen pembimbing 2 yang memberi semangat serta saran dan motivasi kepada penulis untuk menulis sebaik mungkin, sehingga penulisan sekripsi ini berjalan dengan baik dan lancar.
5. Bapak Pristiansyah S.S.T., M.Eng selaku Ketua Prodi Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
7. Seluruh dosen, staf pengajar dan teknisi di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah memberikan ilmu dan wawasan kepada penulis

8. Seluruh pegawai Politeknik Negeri Bangka Belitung serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebut satu-persatu yang telah memberi motivasi dan dukungan dalam kelancaran penyusunan skripsi ini.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa khususnya dan pembaca umumnya

Sungailiat, februari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>I-1</b>
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Batasan Masalah.....	I-3
1.3 Rumusan Masalah .....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>II-4</b>
2.1 Definisi Baja.....	II-4
2.1.1 Baja karbon .....	II-4
2.1.2 Baja Paduan (alloy steel) .....	II-5
2.3 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja .....	II-6
2.4 Diagram Fase Fe-Fe <sub>3</sub> C.....	II-7
2.5 Media Pendingin Baja .....	II-8
2.6 Uji Kekerasan .....	II-10
2.7 Desain Eksperimen.....	II-11
2.8 Metode Rancangan Acak Lengkap.....	II-11
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>III-12</b>
3.1. Studi Literatur.....	III-13



3.2. Bahan dan Peralatan .....	III-13
3.2.1 Bahan Penelitian .....	III-13
3.2.2 Alat Penelitian.....	III-14
3.3 Perlakuan panas (Heat treatment).....	III-15
3.4 Kekerasan .....	III-15
3.5 Analisa.....	III-15
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>IV-17</b>
4.1 Persiapan Bahan .....	IV-17
4.1.1 Bahan Penelitian .....	IV-17
4.1.2 Alat Penelitian.....	IV-21
4.2Proses Pemanasan Suhu 900°C dan Pendinginan Cepat .....	IV-24
4.3 Proses Pengujian Bahan .....	IV-25
4.3.1 Pengujian Kekerasan Awal.....	IV-25
4.3.2 Pengujian Kekerasan Akhir .....	IV-26
4.4 Hasil Data Pengujian Kekerasan .....	IV-27
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>V-32</b>
5.1 Kesimpulan.....	V-32
5.2 Saran.....	V-32
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>V-33</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram fe-fe <sub>3</sub> c.....	9
Gambar 2.2 Penetrasi Rockwell.....	10
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	12
Gambar 3.2 Mesin Testing Machines Limited.....	14
Gambar 3.3 Posisi Titik Pengukuran Kekerasan .....	14
Gambar 4.1 Ukuran Material .....	18
Gambar 4.2 Proses Pemotongan Material Baja.....	18
Gambar 4.3 Media Antrasit.....	19
Gambar 4.4 Media Arang Kayu .....	19
Gambar 4.5 Media Karbon Aktif .....	20
Gambar 4.6 Media Pendingin Air Laut, Air Es, Oli .....	21
Gambar 4.7 Media pendingin Air Biasa .....	21
Gambar 4.8 Tungku Pemanas .....	22
Gambar 4.9 Mesin Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK .....	22
Gambar 4.10 Alat Kikir.....	23
Gambar 4.11 Alat Amplas.....	24
Gambar 4.12 Diagram Proses Perlakuan Panas .....	25
Gambar 4.13 Proses Pengujian Awal.....	26
Gambar 4.14 Pengujian Kekerasan .....	26
Gambar 4.15 Pengujian Kekerasan Dengan Media Antrasit .....	28
Gambar 4.16 Pengujian kekerasan dengan media Arang Kayu.....	29
Gambar 4.17 Pengujian Kekerasan Dengan Media Karbon Aktif.....	30

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi logam merupakan bahan dasar vital untuk industri. Semua segmen kehidupan, mulai dari peralatan rumah, transportasi, generator pembangkit listrik, kerangka gedung, jembatan hingga peralatan tempur. Akibat dari pemakaian, menyebabkan struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tegangan-tegangan gesek sehingga menimbulkan deformasi atau perubahan bentuk. Usaha menjaga agar logam lebih tahan gesekan atau tekanan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja (Fariadhie, 2012)

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) pada baja telah ada sejak jaman sebelum Masehi. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan beragam sifat mekanik yang dibutuhkan dengan mengatur parameter yang terjadi selama proses perlakuan panas. Karburisasi (*carburizing*) adalah suatu proses penambahan kandungan unsur karbon pada permukaan baja. Baja yang dikarburisasi adalah baja karbon rendah dengan kandungan karbon kurang dari 2%. Baja dan zat penambahan karbon dipanaskan sampai suhu austenit. Bila cukup waktu, atom karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi kebagian-bagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung dari waktu dan suhu yang digunakan berdasarkan media yang diberikan karbon, secara umum dapat dibagi menjadi tiga yaitu karburisasi padat (*solid carburizing*), karburisasi cair (*liquid carburizing*), karburisasi gas (*gas carburizing*). Penyejukan (*quenching*) merupakan salah satu proses perlakuan panas yang cukup penting dan banyak dilakukan dalam proses *manufakturing* di industri logam (J, 2009).

Tujuan utama *quenching* adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan kunci utama dalam proses *quenching* adalah pengaturan laju pendinginan pada logam. Jika laju pendinginan terlalu cepat, maka akan terjadi *distorsi* dan retak pada logam. Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Oleh karena itu perlu dilakukan proses lagi yaitu proses

*hardening*. Dengan melakukan *hardening* maka akan didapatkan sifat kekerasan yang lebih tinggi (Daryono, 2010).

Melakukan penelitian untuk melihat pengaruh karburisasi dengan serbuk batu bara semi antrasit pada baja karbon medium yang di *quenching* dengan minyak oli SAE 140, minyak sawit mentah dan air terhadap kekerasan dan ketangguhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan baja karbon medium meningkat setelah di karburisasi. Kekerasan karbon medium tanpa perlakuan 26,6 HRC, pada baja karbon medium yang dikarburisasi dengan media batu bara pada temperatur 900°C dengan waktu penahanan 45, 75, 105 menit, kemudian di *quenching* media pelumas SAE 140 adalah 32,7 HRC, CPO 46,9 HRC dengan media air 59,1 HRC. Maka peningkatan kekerasan baja karbon medium yang paling rendah adalah pada spesimen yang di *quenching* dengan pelumas SAE 140 yaitu 32,79 HRC. Kemudian peningkatan kekerasan yang tinggi pada spesimen yang di *quenching* dengan media air yaitu 59,1 HRC (Nukman, 2011).

Melakukan penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variasi temperatur terhadap perubahan sifat mekanis dalam proses pengarbonan pada baja AISI 1030. Waktu tahan yang digunakan selama proses pengarbonan, sumber karbon adalah serbuk arang tempurung kelapa dan di campur 25%  $BaCO_3$  (*Barium Carbonat*) sebagai katalisnya yang memiliki fungsi untuk mempercepat laju reaksi kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur 950°C memberikan kekerasan tertinggi ( $883 \text{ kg/mm}^2$ ) (Iqbal, 2008)

Berdasarkan penelitian-penelitian diatas pengaruh karburisasi dengan serbuk batu bara semi antrasit, nilai kekerasan yang tinggi pada spesimen yang di *quenching* dengan media air yaitu 59,1 HRC. Jika dilakukan menggunakan media serbukarang tempurung kelapa maka nilai kekerasannya sebesar  $883 \text{ kg/mm}^2$  atau 25.5 HRC.

Dari penelitian yang saya temui proses carburizing banyak digunakan oleh penelitian-penelitian orang lain yang tujuannya untuk meningkatkan nilai kekerasan pada material, tetapi jumlah bahan pengarbonan hanya menggunakan satu ataupun dua media pengarbonan yaitu media Antrasit dan Arang Kayu. Makahal tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa media karburisasi sangat

berpengaruh terhadap kekerasan material dan saya berencana melakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana perbandingan pengaruh kekerasan baja ST.60 dalam proses *carburizing* dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, arang kayu dan variasi pendinginan cepat.

## 1.2 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian difokuskan pada nilai kekerasan pada Baja ST. 60 dalam proses *carburizing* dengan antrasit, arang kayu dan karbon aktif dan di *quenching* dengan Air Laut, Air Biasa, Oli SAE 140 dan Air Es. Proses pengujian kekerasan menggunakan alat uji Mesin Testing Machines Limited Dengan Type 8150 LK (United Kingdom)
2. Suhu pemanasan yang digunakan 900°C dalam proses *carburizing* dengan penambahan antrasit, arang kayu dan karbon aktif dan di *quenching* dengan Air Laut, Air Biasa, Oli SAE 140 dan Air Es.

## 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah berdasarkan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana nilai kekerasan yang dibutuhkan akibat dari proses perlakuan panas dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu yang di ikuti pendinginan cepat?
2. Bagaimana pengaruh pendinginan cepat dengan variasi pendingin dan penambahan serbuk karbon, arang kayu, dan antrasit?

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai kekerasan yang yang dibutuhkan akibat dari proses perlakuan panas dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu yang di ikuti pendinginan cepat.
2. Meneliti pengaruh pendinginan cepat dengan variasi pendingin dan penambahan serbuk karbon, arang kayu, dan antrasit.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Baja**

Sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2-2,1% wt. Fungsi karbon Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) dalam baja adalah sebagai unsur penguat pada kisi kristal atom besi, selain karbon sebagai unsur paduan utama pada baja, terdapat unsur-unsur lain seperti titanium, krom, nikel, vanadium, kobalt, dan tungsten. Unsur lain pada baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja (Mulyadi, et al, 2009). Persentase komposisi karbon pada baja berkisar antara 0,05-1,5% dengan komposisi tersebut dapat menentukan klasifikasi baja. Persentase unsur karbon pada baja memiliki pengaruh langsung terhadap kekerasan baja (Copper, 1992). Baja yang digunakan sebagai bahan baku untuk industri otomotif, manufaktur, konstruksi, *furniture*, listrik dan sektor elektronik yang kinerjanya menentukan tingkat pembangunan ekonomi di setiap Negara (Daryano, 2010).

#### **2.1.1 Baja karbon**

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Karbon merupakan unsur penguat besi yang efektif. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan persentase kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi ke dalam empat jenis, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi diantara karbon yang lain, mudah di *machining* 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 (Jan-jazreel, 2010).

2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%C-0,6%C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lainlain.

Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% C- 1,7%C dan memiliki tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji, dan sebagainya.

Baja St.60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan presentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59 % C dengan titik didih 1550°C dan titik lebur 2900°C, disebut juga baja keras, banyak sekali digunakan untuk tangki, perkapalan, jembatan dan dalam permesinan. Baja karbon sedang, kekuatannya lebih tinggi dari pada baja karbonrendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong.

### **2.1.2 Baja Paduan (alloy steel)**

Baja paduan adalah baja cor yang ditambah unsur-unsur paduan. Tujuan dari pemberian unsur-unsur paduan seperti mangan, nikel atau molibden, khrom untuk memberikan sifat-sifat ketahanan aus, ketahanan asam dan korosi atau menambah ketangguhan/*thougness* . Baja paduan terdiri dari:

1. Baja Paduan Rendah ( *Low Alloy Steel* ) Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.
2. Baja Paduan Menengah ( *Medium Alloy Steel* ) Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya 2,5%- 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.
3. Baja Paduan Tinggi ( *High Alloy Steel* ) Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt, misalnya unsur Cr, Mn, Ni, S, Si, P dan lain-lain.

### 2.3 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja

Baja yang hanya mengandung unsur karbon tidak akan memiliki sifat seperti yang diinginkan. Penambahan unsur-unsur paduan lain seperti Si, Mn, Ni, Cr, V, W dan lain sebagainya dapat menghasilkan sifat-sifat baja yang diinginkan. Pengaruh penambahan beberapa unsur paduan terhadap sifat baja adalah:

- Silikon (Si) Unsur silikon mempunyai pengaruh menaikkan tegangan tarik dan menurunkan kecepatan pendinginan kritis (laju pendinginan minimal yang dapat menghasilkan 100% martensit). Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0,4% wt.
- Mangan (Mn) Unsur mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai *deoxidizer* (pengikat O<sub>2</sub>) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Kadar Mn yang rendah dapat menurunkan pendinginan kritis.
- Nikel (Ni) Unsur nikel memberikan pengaruh sama dengan Mn, yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan kritis. Ni membuat struktur butiran menjadi halus dan menambah keuletan.
- Khrom (Cr) Unsur krom meningkatkan kekuatan tarik dan keplastisan, menambah mampu keras, meningkatkan daya tahan terhadap korosi dan tahan suhu tinggi.
- Vanadium (V) dan Wolfram (W) Unsur vanadium dan wolfram membentuk karbidat yang sangat keras dan menyebabkan baja memiliki kekerasan yang



tinggi. Kekerasan dan tahan panas yang cukup tinggi pada baja sangat diperlukan untuk mesin pemotong dengan kecepatan tinggi (Kurniawan, 2007).

#### 2.4 Diagram Fase Fe-Fe<sub>3</sub>C

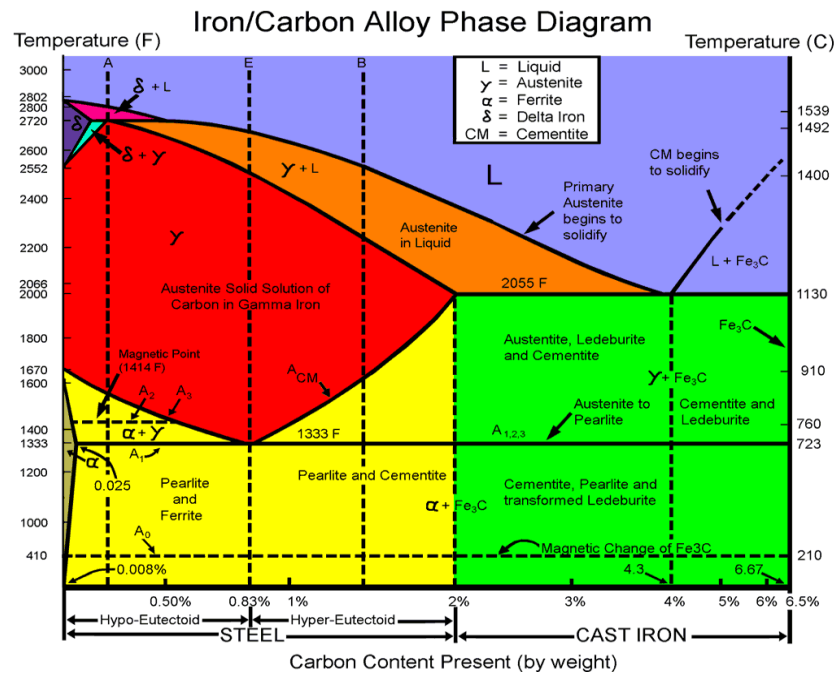
Dalam besi cair karbon dapat larut, tetapi dalam keadaan padat kelarutan karbon dalam besi akan terbatas. Selain sebagai larutan padat, besi dan karbon juga dapat membentuk senyawa interstisial (interstitial compound), eutektik dan juga eutektoid, atau mungkin juga karbon akan terpisah (sebagai grafit). Karena itu diagram fase besi-karbon ada 2 macam, diagram fase besi –karbida besi dan diagram fase besi –grafit. Diagram keseimbangan besi –karbon cukup kompleks, tetapi hanya sebagian saja yang penting bagi dunia teknik, yaitu bagian antara besi murni sampai senyawa interstisial-nya, karbida besi Fe<sub>3</sub>C, yang mengandung 6,67 %C. dan diagram fase yang banyak digunakan adalah diagram fase besi –karbida besi, diagram Fe –Fe<sub>3</sub>C.

Pada keadaan yang betul –betul ekuilibrium karbon akan berupa karbon bebas (grafit), sehingga akan diperoleh diagram kesetimbangan besi -grafit. Perubahan –perubahan dalam keadaan ekuilibrium berlangsung terlalu lama. Seharusnya karbida besi akan terjadi pada temperatur kamar (pada temperatur sekitar 700°C pun perubahan ini akan makan waktu bertahun –tahun). Dalam hal ini karbida besi dikatakan sebagai suatu struktur yang metastabil. Diagram fase besi karbida dapat dilihat pada.

Dari Gambar di bawah ini tampak bahwa diagram fase ini memiliki tiga garis mendatar yang menandakan adanya reaksi yang berlangsung secara isothermal, yaitu :

- Pada 1496°C, kadar karbon antara 0.10 –0.50 %, terbentuk dari besi gamma yang mengalami perubahan struktur dari FCC (Face Centered Cubic) ke struktur BCC (Body Centered Cubic) akibat peningkatan temperatur berlangsung reaksi peritektik.  $L + \delta \rightarrow \gamma$  -Pada 1130°C, kadar karbon antara 2,0 –6,67 %, merupakan daerah besi gamma ( $\gamma$ -Fe) atau austenite, pada kondisi ini biasanya austenite memiliki struktur Kristal FCC (Face Centered Cubic) bersifat stabil, lunak, ulet, dan mudah

dibentukberlangsung reaksi eutektik.  $L \rightarrow \gamma + \text{Fe}_3\text{C}$  - Pada  $723^\circ\text{C}$ , kadar karbon antara 0.025 –6.67 %, terjadi transformasi fasa austenite menjadi fasa perlit. Transformasi fasa ini dikenal sebagai reaksi eutectoid.  $L \rightarrow \alpha + \text{Fe}$ .



Gambar 2.1 Diagram Fe-Fe<sub>3</sub>c

## 2.5 Media Pendingin Baja

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan media pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain:

1. Air. Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H<sub>2</sub>O. Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku  $0^\circ\text{C}$  dan titik didih  $100^\circ\text{C}$  (Halliday dan Resnick, 1985). Pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan oli(minyak) karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak. Sehingga dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja.

2. Minyak. Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah yang dapat memberikan lapisan karbon pada kulit (permukaan) benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendinginan pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan minyak bakar atau oli. Viskositas oli dan bahan dasar oli sangat berpengaruh dalam proses pendinginan sampel. Oli yang mempunyai viskositas lebih rendah memiliki kemampuan penyerapan panas lebih baik dibandingkan dengan oli yang mempunyai viskositas lebih tinggi karena penyerapan panas akan lebih lambat (Soedjono, 1978)
3. Udara Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendinginan dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara (Soedjono, 1978).
4. Garam. Garam dipakai sebagai bahan pendinginan disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan mengikat zat arang (Soedjono, 1978). Cairan garam merupakan larutan garam dan air, titik didih larutan akan lebih tinggi daripada pelarut murninya. Besarnya kenaikan titik didih larutan dalam persamaan dinyatakan dengan:

$$\Delta T_d = K_d \times m \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

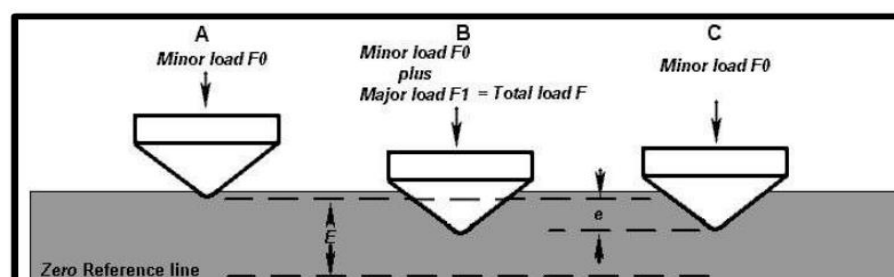
$K_d$  = tetapan kesetaraan titik didih molal yang teergantung pada jenis pelarut, untuk air sebesar  $0,52^\circ\text{C m}^{-1}$

$m$  = molalitas larutan

Keuntungan menggunakan air garam sebagai media pendingin adalah pada proses pendinginan suhunya merata pada semua bagian permukaan, tidak ada bahaya oksidasi, karburasi atau dekarburasi (Gary, 2011).

## 2.6 Uji Kekerasan

Pada umumnya kekerasan diartikan sebagai ketahanan terhadap deformasi, sedangkan nilai kekerasan pada logam adalah ukuran ketahanan logam terhadap deformasi permanen atau plastis. Ada tiga tipe umum pengukuran kekerasan tergantung bagaimana pengujian tersebut dilakukan, yaitu *scratch Hardness* adalah pengukuran yang didasarkan pada kemampuan logam terhadap goresan. Pengukuran ini didasarkan skala mohs. *Indentation Hardness* adalah pengukuran didasarkan pada kedalaman atau lebar goresan yang dibuat oleh suatu identor pada permukaan logam dengan beban tertentu. Pada saat teknik pengukuran dengan indantasi merupakan teknik pengukuran yang banyak dilakukan karena mudah untuk dilakukan dan tidak merusak spesimen secara berlebihan. Adapun beberapa teknik pengukuran kekerasan dengan indentasi yang banyak dilakukan adalah pengujian kekerasan *Rockwell* sesuai dengan yang ditetapkan oleh ASTM Standar E-18, pengujian kekerasan *Brinell* sesuai dengan ASTM Standar E-10, dan Pengujian kekerasan *Vickers* sesuai dengan ASTM Standar E-29. Pada uji kekerasan dengan metode *Rockwell* benda uji ditekan dengan penetrator (bola baja dan intan, dll). Harga kekerasan diperoleh dari perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Beban minor merupakan beban awal yang diberikan untuk pengujian *Rockwell* yang sudah ditentukan. Nilai kekerasan berdasarkan kedalaman penekanan identor dan hasilnya dapat langsung dibaca pada jarum penunjuk indikator di mesin Rockwell. Ilustrasi pengujian kekerasan dapat dilihat pada (Gambar 2.2)



Gambar 2.2 Penetrasi Rockwell,  $F_0$  = beban awal (preliminary minor load in kgf),  $F_1$  = beban tambahan (additional major load in kgf),  $F$  = beban total (total load in kgf) (Higinss, 1999).

## 2.7 Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan salah satu metode statistik yang digunakan sebagai salah satu alat untuk meningkatkan dan melakukan perbaikan kualitas. Perubahan-perubahan terhadap variabel suatu proses atau sistem diharapkan akan memberikan hasil (respons) yang optimal dan cukup memuaskan. Desain dapat didefinisikan sebagai suatu uji atau rentetan uji dengan mengubah-ubah variabel *input* (faktor) suatu proses sehingga bisa diketahui penyebab perubahan *output* (respons) (Iriawan, et al., 2006).

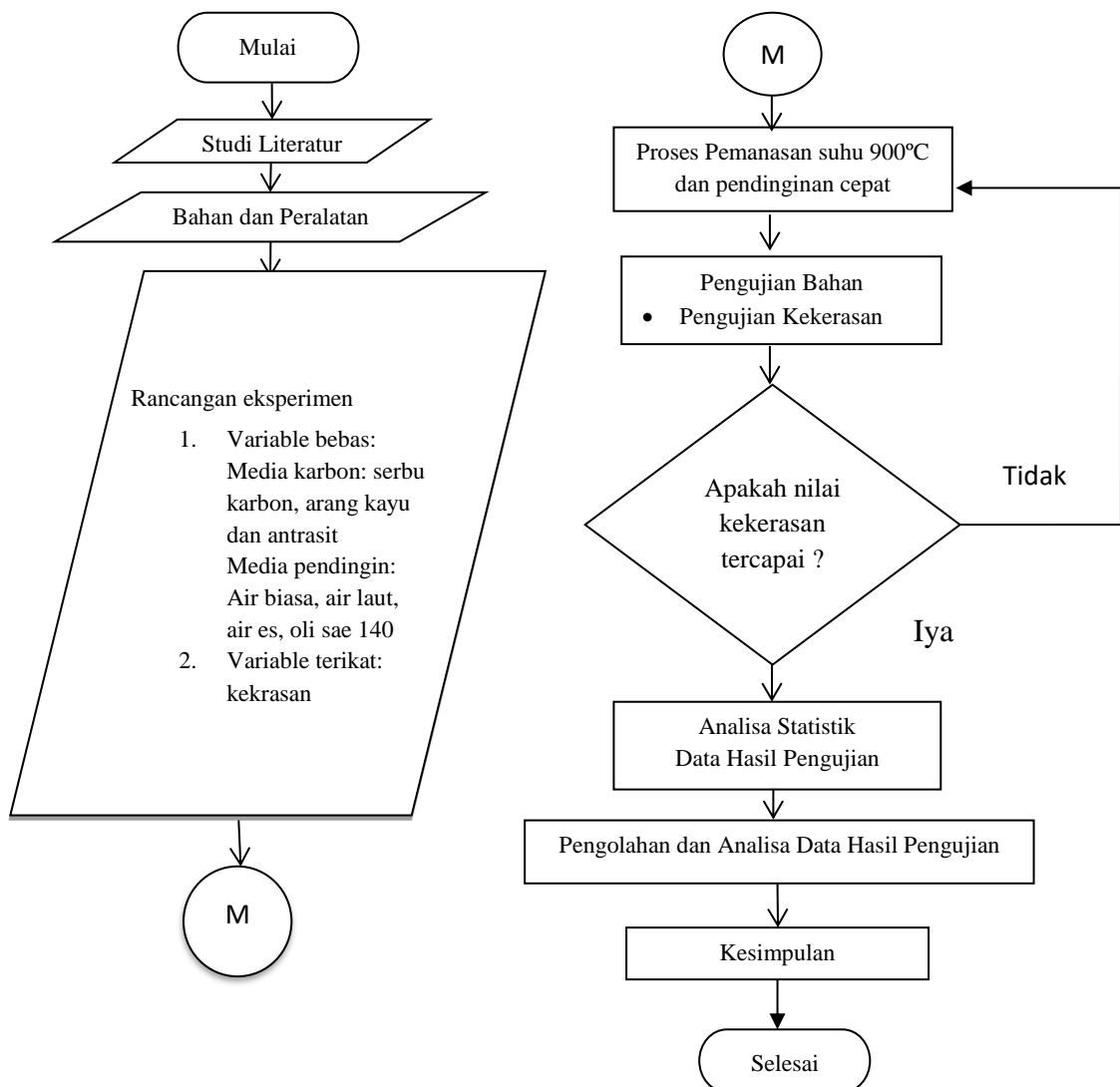
## 2.8 Metode Rancangan Acak Lengkap

Rancangan acak lengkap (RAL) RAL merupakan rancangan paling sederhana diantara rancangan-rancangan percobaan baku. Jika kita ingin mempelajari  $t$  perlakuan dengan  $r$  satuan percobaan untuk setiap perlakuan (menggunakan  $rt$  satuan percobaan), maka RAL mengalokasikan  $t$  perlakuan secara acak pada  $r$  satuan percobaan. Pola ini disebut dengan pengacakan lengkap. Penggunaan RAL akan tepat dalam kasus: bahan percobaan homogen atau relative homogen dan jumlah perlakuan terbatas.

- a. Keuntungan RAL adalah denah perancangan percobaan lebih mudah analisis statistika terhadap subject, sangat sederhana fleksibel dalam penggunaan jumlah perlakuan dan ulangan kehilangan informasi sedikit, dalam data hilang kehilangan informasi relatif sedikit, dalam hal data hilang dibanding rancangan lain.
- b. Kekurangan RAL rancangan hanya dapat digunakan dengan beberapa perlakuan (yang tidak banyak) serta untuk unit percobaan yang relatif homogen. Apabila harus melibatkan cukup banyak unit percobaan, maka variabilitas seluruh unit percobaan akan cukup besar. Sehingga tidak disarankan menggunakan RAL karena tidak efisien.

### BAB III METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahap yang digunakan untuk pedoman penelitian, langkah awal dimulai dari studi-studi literatur yang didapat dari jurnal ilmiah internet, *handbook*, *text book*, *manual book*. Selanjutnya data-data studi literature dipelajari dan dijadikan referensi untuk melakukan penelitian. Uraian langkah-langkah tersebut tertuang pada diagram alir Gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

### 3.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari tahu tentang proses perlakuan panas pada baja ST 60 dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu dan diikuti pendinginan cepat yang sudah pernah dibuat orang lain buat untuk mendukung tugas penelitian ini. Proses yang dilakukan pada tahap ini yaitu dengan mencari berbagai referensi baik dari jurnal ilmiah internet, *handbook*, *text book*, *manual book* dan juga konsultasi dengan dosen pembimbing.

### 3.2. Bahan dan Peralatan

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan bahan dan peralatan. Adapun bahan dan peralatan yang perlu disiapkan antara lain:

#### 3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

➤ BajaST 60

Baja ST 60 digunakan sebagai material Utama untuk proses pemanasan dengan nilai kekerasan sebelum perlakuan yaitu 12,63 HRC

➤ Kawat Baja

Kawat Baja digunakan untuk pengikatan yang nantinya sebagai alat bantu untuk pengangkatan dalam proses pendinginan.

➤ Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan permukaan material.

➤ Antrasit, Arang kayu dan serbuk Karbon

Ini adalah media untuk proses penambahan karbon.

➤ Air dan Oli

Air digunakan sebagai pendingin setelah proses Hardening pada suhu 900°C. Air dalam hal ini terbagi menjadi 4 yaitu :

1. Air biasa
2. Air Laut
3. Air Es
4. Oli

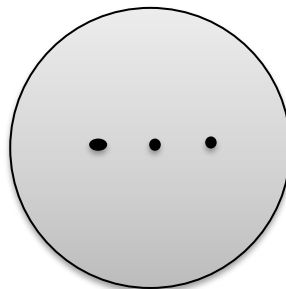
### 3.2.2 Alat Penelitian

Mesin Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom). Kegunaan mesin ini dengan cara menekan permukaan spesimen dengan suatu indenter ke dalam benda uji dilakukan dengan menerapkan beban pendahuluan (beban minor), kemudian ditambah beban pendahuluan (beban mayor)



Gambar 3.2 Mesin Testing Machines Limited Dengan Type 8150 LK (United Kingdom)

Pengukuran ini akan dilakukan pada permukaan spesimen yang terkena kontak langsung dengan elektroda. Berikut adalah penempatan titik uji pada material gambar 3.3



Gambar 3.3 Posisi Titik Pengukuran Kekerasan Permukaan



### 3.3 Perlakuan panas (Heat treatment)

Perlakuan panas dilakukan setelah preparasi sampel selesai. Perlakuan panas yang diterapkan dalam penelitian ini adalah perlakuan panas pengerasan yang dilakukan dengan tahapan berikut:

1. *Preheating* Sebelum dilakukan pemanasan hingga temperatur austenisasi dilakukan pemanasan awal untuk menghindari terjadinya keretakan pada sampel akibat adanya *shock temperature*. Proses pemanasan ini dilakukan pada temperatur 600°C dengan waktu tahan 30 menit.
2. Austenisasi Setelah proses pemanasan awal, pemanasan dilanjutkan sampai temperatur austenisasi 900°C dengan waktu tahan 90 menit.
3. *Quenching* Proses pendinginan cepat (*quenching*) dilakukan setelah mencapai temperatur austenisasi dan waktu tahan yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin air dan campuran air dan oli.

### 3.4 Kekerasan

Pada penelitian ini, analisis kekerasan dilakukan menggunakan metode *Rockwell*. Analisis kekerasan pada sampel dengan dan tanpa pemberian *heat-treatment* bertujuan mengetahui tingkat kekerasan baja akibat suhu pemanasan dan variasi campuran media pendingin sehingga dapat diketahui distribusi kekerasan serta kekerasan rata-rata dari semua benda uji. Langkah-langkah untuk mengamati nilai kekerasan pada penelitian ini:

- a. Melakukan pengampelasan pada sampel dengan memakai amplas, dengan nomor kekerasan atau tingkat kehalusan amplas dari ukuran 250, 1000 dan 2000.
- b. Melakukan analisis nilai kekerasan dengan menggunakan alat uji Mesin Testing Machines Limited Dengan Type 8150 LK (United Kingdom)

### 3.5 Analisa

Analisa dilakukan dengan menggunakan Metode Desain Eksperimen, diimana akan dilihat pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material Baja ST.60 dengan pemanasan 900°C. Proses perendaman dilakukan dengan media air biasa, air laut, air es, oli. Dari hasil proses perlakuan panas tersebut akan dilihat nilai kekerasan yang dibutuhkan. Dari data tersebut akan

diketahui brapakah nilai optimum dari pendinginan yang dilakukan dengan 4 variasi pendinginan cepat sehingga menghasilkan data yang valid dan benar agar penelitian selanjutnya lebih terarah dan mengena.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Persiapan Bahan**

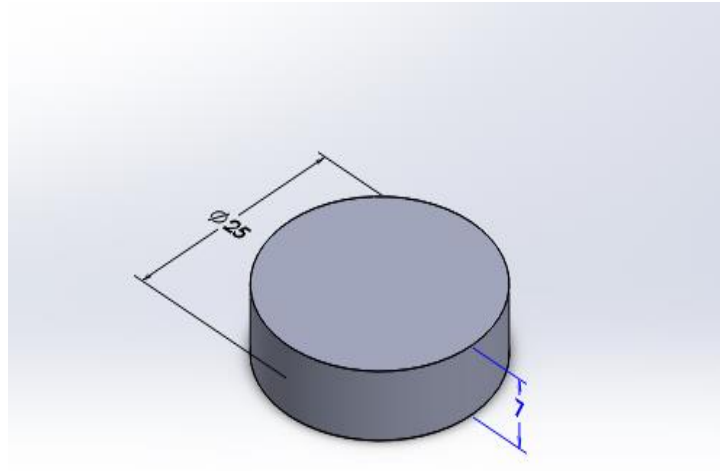
Dalam melakukan penelitian ini dibutuhkan material dan peralatan-pralatan sebagai penunjang terlaksananya proses penelitian. Persiapan yang dilakukan dimulai dari pemilihan material, persiapan untuk proses carburizing serta persiapan untuk melakukan pengujian.

##### **4.1.1 Bahan Penelitian**

Penelitian ini membutuhkan alat untuk mendukung proses carburizing dan pengaplikasian spesimen uji guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Bahan yang digunakan antara lain:

##### **1. Material ST.60**

Dari penelitian-penelitian sebelumnya berjudul Analisa Sifat Mekanik Baja ST.60 Setelah *Carburizing* Menggunakan Batok Katalis  $BaCO_3$  Dan *Quenching* Dengan Oli Dan Air Garam menggunakan ukuran material tebal 20 diameter 20 (Ahmad Fhadillah, 2019). Maka dari penelitian ini Pemotongan material dilakukan dengan mesin gergaji di Bengkel Polman Negeri Bangka Belitung. Sampel penelitian adalah Baja ST.60 berbentuk bulat berdiameter 25 mm dengan tebal 7 mm Gambar 4.1. Baja ST.60 dijelaskan secara umum merupakan baja karbon sedang dengan presentase kandungan karbon pada besi sebesar 0,3% C – 0,59 % C dengan titik didih  $1550^{\circ}C$  dan titik lebur  $2900^{\circ}C$ , disebut juga baja keras.



Gambar 4.1 Ukuran Material

## 2. Proses Pemotongan Material

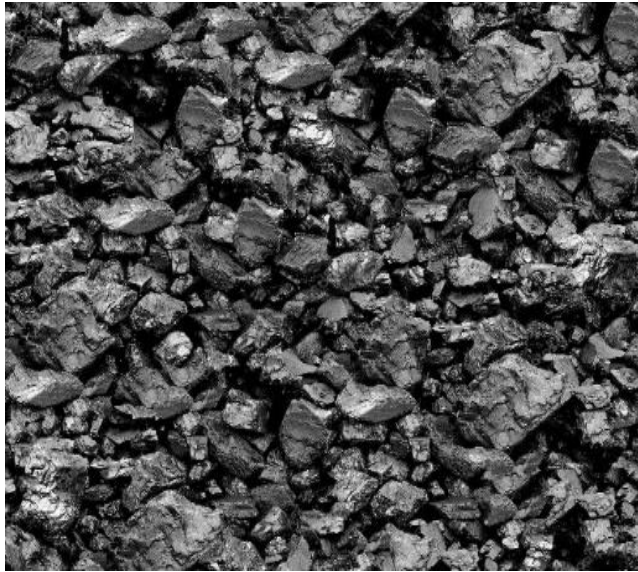
Proses pemotongan dilakukan di Bengkel Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung menggunakan mesin pemotong material seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Proses Pemotongan Material Baja

## 3. Antrasit

Antrasit adalah batu bara dengan kandungan karbon yang tinggi 80%-98% dan kadar air rendah 8%, biasanya antrasit berwarna hitam mengkilap dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Media Antrasit

4. Arang kayu

Arang kayu adalah arang yang terbuat dari bahan dasar kayu yang berisi karbon tidak murni. Arang kayu banyak digunakan untuk keperluan memasak dan pemjernih air. Unsur karbon dalam arang kayu adalah 85%-98%. Dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Media Arang Kayu

#### 5. Karbon Aktif

Karbon aktif adalah bubuk hitam halus yang terbuat dari bahan-bahan seperti arang tulang , tempurung kelapa, biji zaitun dengan unsur karbon 85%-95% seperti pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Media Karbon Aktif

#### 6. Pendinginan Cepat

Air Laut, Air Biasa, Air Es dan Oli merupakan sebagai media pendingin yang dilakukan sesudah proses perlakuan panas pada Baja ST.60. Dan dari keempat Media pendingin tersebut dimasukan ke wadah yang berukuran berdiameter 19 cm. dari keempat media pendinginan banyak digunakan oleh penelitian-penelitian lain dikarenakan dapat meningkatkan nilai kekerasan pada material tersebut. Media pending dapat dilihat pada gambar 4.6 dan gambar 4.7.

- a. Air Laut ( $\rho = 1028 \text{ kg/m}^3$ )
- b. Oli SAE 140
- c. Air Biasa ( $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ )
- d. Air Es dengan suhu  $1.5^\circ\text{C}$



Gambar 4.6 Media Pendingin Air Laut, Air Es, Oli



Gambar 4.7 Media pendingin Air Biasa

#### 4.1.2 Alat Penelitian

Penelitian ini membutuhkan alat untuk mendukung proses carburizing dan pengaplikasian spesimen uji guna mendapatkan hasil yang diinginkan. Peralatan yang digunakan antara lain:

##### 1. Tungku Pemanas

Tungku pemanas adalah alat untuk meleburkan atau memanaskan bahan baku seperti Besi, Tembaga, Aluminium dan lain-lain. Dan menggunakan bahan bakar fosil dan non fosil. Dimana bahan bakar tersebut dapat memanaskan ruang bakar

sehingga bahan baku yang ada didalam ruang pembakaran dapat teraliri panas sesuai yang diinginkan seperti pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Tungku Pemanas

2. Mesin Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom).  
Yaitu mesin uji kekerasan yang indenter berbentuk diamond (kerucut) dengan sudut 120 derajat untuk menguji kekerasan material logam. Angka kekerasannya adalah HRC artinya pada skala Rockwell seperti pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Mesin Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom).



### 3. Kikir

Pegikiran adalah proses untuk menghilangkan sisi-sisi tajam pada material yang setelah mengalami proses pemotongan pada mesin pemotongan dan untuk meratakan dasar permukaan material. Dapat dilihat pada gambar 4.10.



Gambar 4.10 Alat Kikir

### 4. Amplas

Pengamplasan Untuk meratakan dan menghaluskan permukaan sampel dengan cara menggosokkan sampel pada kain abrasi/amplas. Sampel yang baru saja dipotong, atau sampel yang telah terkorosi memiliki permukaan yang kasar. Permukaan yang kasar ini harus diratakan agar proses pengujian kekerasan bisa dilakukan dengan sempurna dan hasil yang didapat lebih akurat. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas dengan mesh terbesar (150 mesh) ke mesh yang terkecil (2000 mesh) seperti pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Alat Amplas

#### 4.2 Proses Pemanasan Suhu 900°C dan Pendinginan Cepat

Perlakuan panas dilakukan setelah preparasi sampel selesai. Perlakuan panas yang dilakukan dalam penelitian ini adalah memiliki tahapan-tahapan sebagai berikut:

a) *Preheating*

Preheating dilakukan sebagai pemanasan awal untuk menghindari terjadinya keretakan pada sampel akibat adanya *shocktemperature*. Proses pemanasan ini dilakukan pada temperatur 600°C dengan waktu 30 menit. Kemudian penahanan waktu pada suhu yang sama dengan waktu 60 menit.

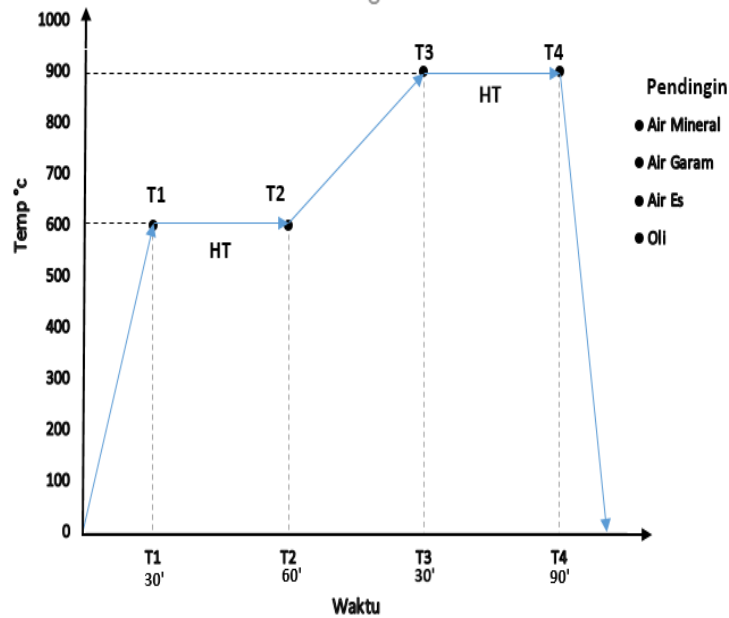
b) *Autenisasi*

Autenisasi adalah perubahan struktur baja menjadi austeniteseluruhnya sesuai diagram fasa fe-fe<sub>3</sub>c. Autensisasi dilakukan pada temperature 900°C dengan waktu 60 menit. Kemudian penahanan waktu pada suhu yang sama 90 menit.

c) *Quenching*

Quenching adalah media yang dilakukan untuk proses pendinginan cepat yang dilakukan setelah mencapai temeperatur *austenisasi* dan

waktu tahan yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin air, air es, air garam, oli.



Gambar 4.12 Diagram Proses Perlakuan Panas

### 4.3 Proses Pengujian Bahan

#### 4.3.1 Pengujian Kekerasan Awal

Proses ini dilakukan untuk mengetahui beberapa kekerasan awal sebelum dilakukan proses Hardening. Hal ini agar diketahui beberapa kenaikan atau penurunan kekerasan yang terjadi setelah proses Hardening tersebut. Pengujian ini menggunakan mesin uji kekerasan Hardness Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom). Berikut proses pengujian kekerasan awal ditunjukkan pada gambar 4.13



Gambar 4 .13 Proses pengujian kekerasan awal

#### 4.3.2 Pengujian Kekerasan Akhir

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah Hardness Testing Machines Limited dengan Type 8150 LK (United Kingdom). Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kekerasan dari hasil proses perlakuan panas dengan 4 proses pendingin. Pengukuran ini dilakukan pada permukaan specimen yang terkena kontak langsung dengan panas pada Oven. Berikut adalah pengujian kekerasan pada material gambar 4.14



Gambar 4.14 Pengujian Kekerasan

#### 4.4 Hasil Data Pengujian Kekerasan

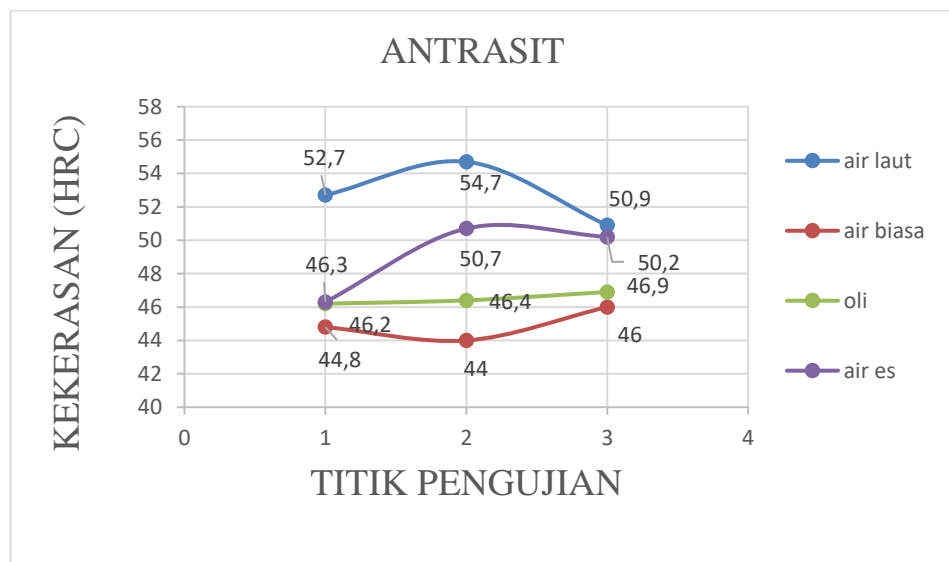
Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material baja St.60 dengan pemanasan 900°C dan diikuti pendinginan cepat dengan menggunakan dengan media air biasa, air garam, air es dan oli. Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Data Pengujian Kekerasan

No.	Material	Hasil Kekerasan (HRC)					
		Tanpa Perlakuan HRC	Temperatur	Pendingin	Perlakuan Panas		
					Antrasit HRC	Arang Kayu HRC	Karbon Aktif HRC
1				air laut	52,76	54,33	58,6
2	Baja st.60	12,63	900°C	air biasa	44,93	45,63	60,46
3				oli	46,5	33,4	60,06
4				air es	49,06	42,33	63,06

Berdasarkan data diatas bahwa perlakuan panas yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif lebih keras dibandingkan dengan penambahan media Antrasit dan Media Arang Kayu. Nilai kekerasan untuk penambahan media karbon aktif adalah 63,06 HRC dengan menggunakan media pendingin air es, sedangkan untuk media arang kayu sebesar 54,33HRC dengan menggunakan pendingin air laut. Dan media antrasi yaitu sebesar 52,76HRC dengan menggunakan media pendingin air laut. Dari hasil penelitian pengujian kekerasan baja ST 60 dengan media karbon aktif memiliki nilai kekerasan tertinggi disebabkan oleh dimensi serbuk karbon aktif yang lebih kecil dibandingkan dengan media karbon lainnya, dan ketika proses pemanasan serbuk karbon aktif lebih mudah berdifusi di antara celah-celah atom fe atau baja.

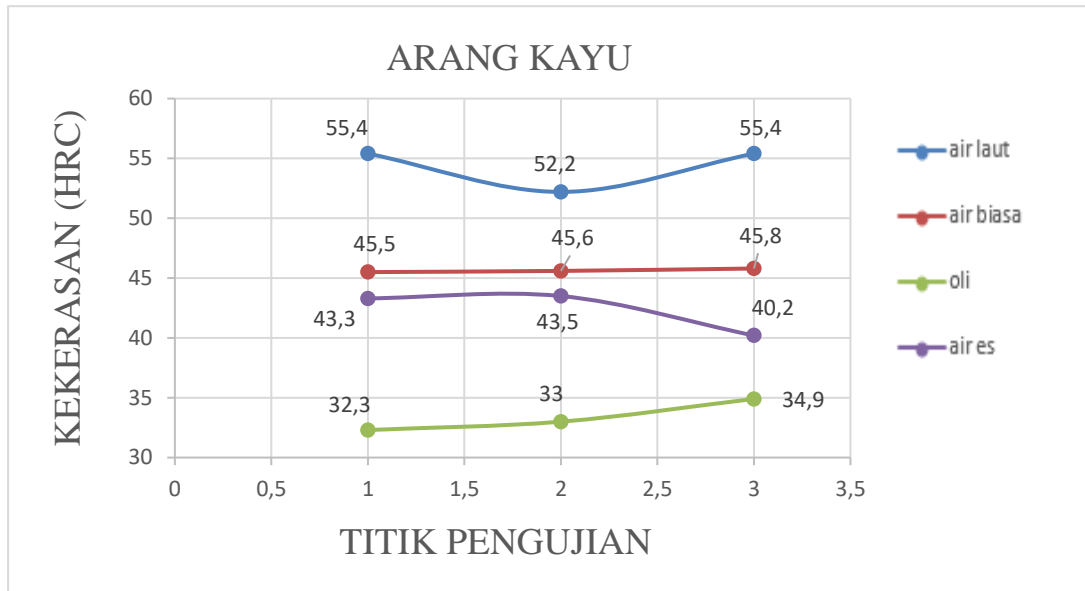
Berdasarkan pendinginan cepat yang dilakukan dari keempat media tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi. Untuk pendingin yang paling baik untuk seluruh media adalah air es.



Gambar 4.15 Pengujian Kekerasan Dengan Media Antrasit

Pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada Air laut lebih keras yaitu sebesar 54,7 HRC/52,7 HRC/50,9 dengan hasil rerata 52,76 HRC dan diikuti Air Es 50,7 HRC/50,2HRC/46,3HRC dengan hasil rerata 49,06 HIRC dan oli 46,9HRC/46,4HRC/46,2HRC dengan hasil rerata 46,5HRC, sedangkan media pendingin air biasa yaitu 44,8HRC/46HRC/44HRC dengan hasil rerata 44,9 HRC. Dari pengujian kekerasan baja ST 60 terdapat perbedaan nilai rata-rata antara pendinginan menggunakan media air laut, air biasa, oli, air es. Media air garam lebih besar nilai kekerasannya dibandingkan dengan media pendingin yang lainnya karena laju pendinginan lebih cepat dari media pendingin yang lain.

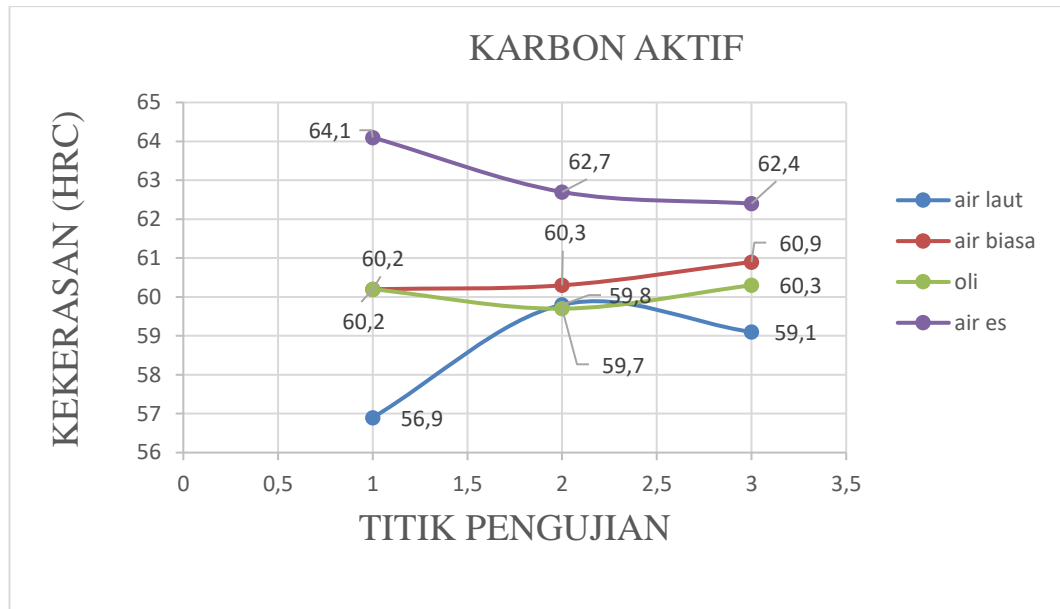
Hal ini disebabkan karena massa jenisnya yang lebih besar atau rapat dan butiran Kristal menghasilkan *martensit*, dibandingkan dengan media yang lainnya yang massa jenisnya kecil sehingga menghasilkan *ferit* dan *perlit*.



Gambar 4 .16 Pengujian kekerasan dengan media Arang Kayu

Pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada air laut lebih keras yaitu sebesar 55,4HRC/52,2 HRC/55,4HRC dengan hasil rerata yaitu 54,33 hrc, diikuti Air Biasa 45,5 HRC/45,6 HRC/45,8 HRC dengan hasil rerata 45,63 HRC, dan Air Es 43,3/43,5 HRC/40,2 HRC dan hasil nilai rerata 42,33 HRC, sedangkan Oli 32,3 HRC/ 33 HRC/34,9 HRC dengan hasil rerata 33,4. Dari hasil pengujian kekerasan pada baja ST.60 dengan menggunakan media pendingin air garam dan media pengkarbonan Arang Kayu mendapatkan nilai kekerasa yang tinggi dibandingkan dengan pendingin yang lainnya yaitu air biasa, air es dan oli.

Hal ini disebabkan karna massa jenisnya lebih besar dan Kristal menghasilkan *martensit*, dibandingkan dengan media pendingin lainnya yang massa jenisnya lebih kecil sehingga menghasilkan *ferit* dan *perlit*.



Gambar 4.17 Pengujian Kekerasan Dengan Media Karbon Aktif

Pada gambar 4.17 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada Air Es yaitu sebesar 64,1 HRC/ 62,7HRC/ 62,4 HRC dengan rerata 63,06 HRC, dan diikuti dengan Air biasa 62,2 HRC/ 60,3 HRC/ 60,9 HRC dengan hasil rerata 60,46 HRC dan Oli 60,2 HRC/ 59,7 HRC/ 60,3 dengan nilai rerata 60,3 HRC, sedangkan media pendingin Air laut 56,9 HRC/59,7 HRC/59,1 HRC dengan nilai rerata yaitu 63,06 HRC. Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pengujiankekerasan , maka dapat dilihat untuk nilai kekerasan yang tinggi adalah media pendingin Air Es. Dalam media pendingin ada hal yang sangat mempengaruhi dalam hasil kekerasan yaitu viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) dari media pendingin itu sendiri. Viskositas merupakan tingkat kekentalan yang dimiliki suatu fluida. Semakin tinggi tingkat angka viskositasnya, maka semakin lambat laju pendinginnya. Selain viskositas yang mempengaruhi laju pendingin ada juga densitas (massa jenis) yang dimiliki media pendingin (fluida). Semakin tinggi densitas yang dimiliki suatu pendingin maka semakin cepat laju pendinginan. Hal



ini akan berpengaruh terhadap sifat kekerasan logam, semakin cepat proses pendinginan maka semakin meningkat nilai kekerasan.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai kekerasan yang dibutuhkan akibat dari proses perlakuan panas dengan penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu yang di ikuti pendinginan cepat yaitu pada media serbuk Karbon Aktif dengan nilai kekerasan 63,03 HRC, disebabkan oleh dimensi serbuk karbon aktif yang lebih kecil dibandingkan dengan media karbon lainnya, dan ketika proses pemanasan serbuk karbon aktif lebih mudah berdifusi di antara celah-celah atom fe atau baja.
2. Pengaruh dari pendinginan pada air es yang mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi yaitu viskositas (kekentalan) dan densitas (massa jenis) pada media pendingin itu sendiri. Viskositas merupakan tingkat kekentalan yang dimiliki suatu fluida. Semakin tinggi tingkat angka viskositasnya, maka semakin lambat laju pendinginnya. Selain viskositas yang mempengaruhi laju pendingin ada juga densitas (massa jenis) yang dimiliki media pendingin (fluida). Semakin tinggi densitas yang dimiliki suatu pendingin maka semakin cepat laju pendinginan. Hal ini akan berpengaruh terhadap sifat kekerasan logam, semakin cepat proses pendinginan maka semakin meningkat nilai kekerasan. Selain media pendingin media pengkarbonan yang menggunakan serbuk karbon aktif mendapatkan nilai kekerasan yang tinggi dibandingkan dengan media pengkarbonan yang lainnya, yang disebabkan oleh dimensi serbuk karbon aktif yang lebih kecil dibandingkan dengan media karbon lainnya, dan ketika proses pemanasan serbuk karbon aktif lebih mudah berdifusi di antara celah-celah atom fe atau baja.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian Ini adalah perlu adanya penelitian lanjut akan upaya mengetahui perubahan microstruktur pada hasil pengujian dengan menggunakan alat uji Scanning Electron Microscop(SEM)

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad Fhadillah Untung Budiarto, Ari Wibawa Budi Analisa Sifat Mekanis Baja ST 60 Setelah Carburizing Menggunakan Arang Batok Katalis Baco3 Dan quenching Dengan Oli Dan Air Garam [Jurnal]. - ponegoro : *Teknik Perkapalan*, 2019. - 32 : Vol. vol. 7.
2. Bahri, S. (2018), Analisa Perlakuan Panas Terhadap Baja Karbon Ns 1045, *Jurnal UISU*, ISSN : 2598–3814 (Online), ISSN : 1410–4520
3. Daryono kelayakan pegas daun dalam penerimaan beban optimal [Jurnal] *jurnal teknik industri*. - 2010. - hal. 21-25.
4. Fariadhie pengaruh temper dengan quenching media pendingin oli mestran SAE 40 terhadap kekuatan tarik dan struktur baja ST 60 [Jurnal] // *politeknosains*. - 2012. - hal. 126-137.
5. Iqbal pengaruh temperatur terhadap sifat mekanis pada proses pengkarbonan padat baja karbon rendah [Jurnal] // *Jurnal SMARTEK* . - 2008. - hal. 111.
6. Iriawan Nur dan Astuti Puji Septin Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14 [Buku] / penyunt. Sudyarto Oktaviani Hastu. - Yogyakarta : C.V ANDI OFFSET, 2006. - Ed.1.
7. J Fariadhie pengaruh temper dengan quenching media pendingin oli mestran SAE 40 terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro baja ST. 60 [Jurnal] // *politeknosains* . - 2012. - hal. 126-137.
8. J Waluyo pengaruh suhu dan waktu tahan pada proses karburisasi cair terhadap kekerasan baja AISI 1025 media pendinginan air [Jurnal] // proses perlakuan pada baja . - 2009. - hal. 2.
9. Nukman pengaruh karburisasi dengan serbuk batu bara semi antrasit pada baja karbon medium yang di quenching dengan minyak oli SAE 140, minyak sawit mentah dan air terhadap kekerasan dan ketangguhan [Jurnal] // *Jurnal Rekayasa Sriwijaya*. - 2011. - hal. 47.
10. Prabowo B Andrea Evaluasi Sifat Mekanik Material Komposit Serat Nata De Coco/Resin Dengan Pemasukan Filler Nanosilika Menggunakan Metode

Post Modification [Laporan] / Universitas Indonesia. - Depok : Fakultas Teknik, 2011.

11. Phoumiphon N, Othman R, Ismail AB. (2016). Improvement in Mechanical Properties Plain Low Carbon Steel Via Cold Rolling and Intercritical Annealing, *Procedia Chemistry* Vol. 19, pp 822 – 827
12. Priono, K., Farit, M., dan Djuhana, (2016) Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja JIS S45C, *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, ISSN 2541-3546, Universitas Pamulang
13. Pramono, A.,(2011), Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprochet Rantai,*Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol. 5, No.1, pp32-38
14. Sardjono KP, Koos. 2009. Pengaruh Hardening pada Baja JIS G 4051 Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. Volume 11. Nomor 2. Halaman 95-100.
15. Sari, N.H. (2017). Perlakuan Panas Pada Baja Karbon: Efek Media Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro, *Jurnal Teknik Mesin*, Vol.06, No.04, pp. 263-267

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP****A. Biodata Pribadi**

1. Nama : DedenArafah
2. JenisKelamin : Laki-laki
3. TempatTanggalLahir : Sungailiat, 12 September 1997
4. Kebangsaan : Indonesia
5. Status : Belum menikah
6. Tinggi, BeratBadan : 175 cm, 70 kg
7. Agama : Islam
8. Alamat : Nelayan 2
9. No Hp : 082181891314
10. Email : efelinafriaami@gmail.com

**B. RiwayatPendidikan**

1. SD : SD NEGERI 6 Sungailiat 2006-2011
2. SMP : SMP NEGERI 5 Sungailiat 2011-2014
3. SMK : SMK NEGERI 2 PelayaranSungailiat  
2014-2017

**C. PengalamanOrganisasi**

1. POLTAR (PolisiTaruna) sebagaianggota

Saya yang bersangkutan

Deden arafah

