

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KARBON,  
ANTRASIT, DAN ARANG KAYU TERHADAP  
KEKERASAN BAJA AMUTIT DALAM PROSES  
PERLAKUAN PANAS DENGAN MEDIA PENDINGIN  
AIR, AIR LAUT, AIR ES DAN OLI**

*THE EFFECT OF THE ADDITION OF CARBON POWDER, ANTHRACITE, AND  
WOOD CHARCOAL TO THE HARDNESS OF AMUTITE STEEL IN THE HEAT  
TREATMENT PROCESS WITH WATER COOLING MEDIA, SEA WATER, ICE  
WATER, AND OIL*

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Study Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Anggi Leonardo

NIM : 1041733



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG**

2021

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KARBON,  
ANTRASIT, DAN ARANG KAYU TERHADAP  
KEKERASAN BAJA AMUTIT DALAM PROSES  
PERLAKUAN PANAS DENGAN MEDIA PENDINGIN  
AIR, AIR LAUT, AIR ES DAN OLI**

*THE EFFECT OF THE ADDITION OF CARBON POWDER, ANTHRACITE,  
AND WOOD CHARCOAL TO THE HARDNESS OF AMUTITE STEEL IN THE  
HEAT TREATMENT PROCESS WITH WATER COOLING MEDIA, SEA WATER,  
ICE WATER, AND OIL*

Laporan ini disusun untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan  
Diploma IV Program Study Teknik Mesin dan Manufaktur  
Di Jurusan Teknik Mesin

Oleh :

Anggi Leonardo

NIM : 1041733



**POLITEKNIK MANUFAKTUR NEGERI  
BANGKA BELITUNG**

**2021**

**PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK KARBON,  
ANTRASIT, DAN ARANG KAYU TERHADAP  
KEKERASAN BAJA AMUTIT DALAM PROSES  
PERLAKUAN PANAS DENGAN MEDIA PENDINGIN  
AIR, AIR LAUT, AIR ES, DAN OLI**

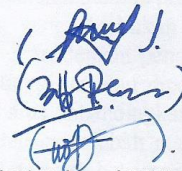
Penulis :

Anggi Leonardo

NIM : 1041733

Penguji :

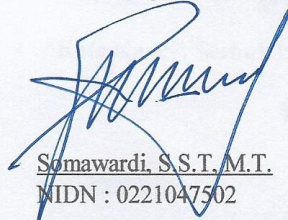
1. Ketua : Somawardi, S.S.T., M.T
2. Anggota : Boy Rollastin, S.Tr., M.T
3. Anggota : Juanda, S.S.T., M.T



Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 24 Februari 2021

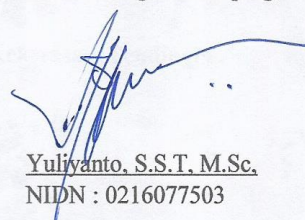
Dan disahkan sesuai dengan ketentuan.

Pembimbing Utama,



Somawardi, S.S.T., M.T.  
NIDN : 0221047502

Pembimbing Pendamping,



Yuliyanto, S.S.T., M.Sc.  
NIDN : 0216077503

Ketua Jurusan,



Pristiansyah, S.S.T., M.Eng.  
NIDN : 0024018802

## ABSTRAK

Didalam dunia industri memiliki banyak permasalahan yang kompleks tentang logam, maka dari itu perlu adanya berbagai variasi perlakuan panas pada logam agar didapatkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang pengaruh perlakuan panas terhadap nilai kekerasan baja Amutit dan pengaruh proses hardening dengan tiga jenis media penambah yaitu serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu dengan empat variasi media pendinginan yaitu Air Biasa, Air Laut, Air Es dan Oli. Dengan penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang industri manufaktur. Tujuan penelitian adalah Mendapatkan nilai kekerasan yang optimum akibat dari proses perlakuan panas dan pendinginan cepat. Material baja amutit K-460/ AISI 01 termasuk dalam klasifikasi tool steel yang digunakan pada industri manufaktur untuk membantu proses produksi seperti alat pemotongan dan sebagai bahan cetakan untuk bahan plastik. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Baja amutit atau AISI 01 memiliki kekerasan 16.3 HRC tanpa perlakuan. Kekerasan baja amutit ini mampu ditingkatkan melalui perlakuan panas dengan pendinginan cepat. Perlakuan panas yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif lebih keras di bandingkan dengan penambahan media Antrasit dan Media Arang kayu. Kekerasan tertinggi tersebut dipengaruhi oleh bentuk atau dimensi karbon aktif yang lebih halus dibandingkan media lainnya, dimana semakin halus atau kecil dimensi bahan penambah maka akan semakin cepat proses berdifusi terjadi. Dimana Rata-rata kekerasan untuk penambahan media karbon aktif adalah Air Laut (64,13), Air Biasa (63,46), Oli (63,83), dan Air Es (66,2) dengan satuan HRC, sedangkan untuk media Antrasit yaitu Air Laut (58,26), Air Biasa (54,76), Oli (51,8), dan Air Es (55,8) dengan satuan HRC dan media Arang Kayu sebesar Air Laut (58,33), Air Biasa (51,83), Oli (45,8), dan Air Es (58,8) dengan satuan HRC.

**Kata Kunci : Serbuk karbon, Baja Amutit, Kekerasan, Pendingin**

## **Abstract**

*In the industrial world has many complex problems about metals, therefore there needs to be a variety of heat treatment on metals in order to obtain the desired product. Therefore, in this study was conducted to obtain data on the effect of heat treatment on the hardness value and micro structure of Amutit steel and the influence of hardening process with three types of enhancing media namely carbon powder, anthracite, and wood charcoal with four variations of cooling media namely Ordinary Water, Sea Water, Ice Water and Oil. With this research is also expected to be useful in the manufacturing industry. The purpose of the study was to obtain optimum hardness due to the process of heat treatment and rapid cooling. Steel material amutit K-460 / AISI 01 is included in the classification of steel tools used in the manufacturing industry to help the production process such as cutting tools and as a mold material for plastic materials. Based on the results of the research that has been done, it can be concluded that Baja amutit or AISI 01 has a hardness of 16.3 HRC without treatment. The hardness of this amutit steel is able to be increased through heat treatment with rapid cooling. Heat treatment done with the addition of activated carbon media is harder in comparison with the addition of Anthracite media and wood charcoal media. The highest hardness is influenced by the form or dimension of activated carbon that is smoother than other media, where the smoother or smaller the dimensions of the enhancer material, the faster the diffusion process occurs. Where the average hardness for the addition of activated carbon media is Sea Water (64.13), Plain Water (63.46), Oil (63.83), and Ice Water (66.2) with HRC units, As for anthracite media, namely Sea Water (58.26), Plain Water (54.76), Oil (51.8), and Ice Water (55.8) with units of HRC and Wood Charcoal media of Sea Water (58.33), Plain Water (51.83), Oil (45.8), and Ice Water (58.8) with units of HRC.*

**Keywords: Carbon Powder, Amutit Steel, Hardness, Coolant**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan makalah ini yang berjudul. **“Pengaruh penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu terhadap kekerasan baja amutit dalam proses perlakuan panas dengan media pendingin air, air laut, air es, dan oli”**.

Penulisan makala ini bertujuan unntuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh kelulusan di Jurusan Teknik Mesin Dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini antara lain kepada :

1. Keluarga tercinta, khususnya Ayah dan Ibu yang selalu memberikan semangat, dukungan moral ataupun materil, motivasi dan doanya sehingga skripsi ini terselesaikan dengan baik dan tepat waktu.
2. Bapak Somawardi, S.S.T, M.T selaku pelaku pembimbing utama yang dengan sabar dan penuh pengertian telah memberikan banyak bantuan dalam penelitian dan penulisan skripsi ini.
3. Bapak Yuliyanto, S.S.T., M.T., selaku pembimbing pendamping atas bimbingan dan arahnya dalam pembuatan skripsi ini.
4. Bapak pristiansyah S.S.T., M.Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
5. Bapak Boy Rollastin, S.Tr., MT. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin dan Manufaktur Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
6. Seluruh dosen dan staf pengajar dan teknisi pada Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, kususnya pada program Teknik Mesin dan Manufaktur yang telah membuka pikiran dan wawasan keilmuan kami.
7. Seluruh pegawai Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
8. Dan semua pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, atas segala bantuannya dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan makalah ini masih terdapat banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun. Semoga makalah ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Sungailiat, 3 Febuari 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	V
<b>DAFTAR ISI</b> .....	VI
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	VIII
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	I-1
1.1 Latar Belakang .....	I-1
1.2 Rumusan Masalah .....	I-4
1.3 Batasan Masalah.....	I-5
1.4 Tujuan Penelitian .....	I-5
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	II-1
2.1 Definisi Baja .....	II-1
2.2 Baja Amutit .....	II-1
2.3 <i>Park Carburizing</i> .....	II-1
2.4 Klasifikasi Baja .....	II-2
2.5 Pengaruh Unsur Paduan Terhadap Baja .....	II-4
2.6 Media Pendingin .....	II-5
2.7 Kemampuan Kekerasan .....	II-7
2.8 Uji Kekerasan.....	II-7
2.9 Metode RAL (Rancangan Acak Lengkap) .....	II-9
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....	III-1
3.1 Persiapan .....	III-2
3.2 <i>Study Literatur</i> .....	III-2
3.3 Bahan dan Peralatan .....	III-2
3.4 Rancangan Eksperimen .....	III-3
3.5 Proses Perlakuan Panas .....	III-4
3.6 Pengujian Kekerasan .....	III-5
3.7 Analisa .....	III-5
3.8 Pengolahan Data .....	III-5
3.9 Kesimpulan .....	III-6

<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	IV-1
4.1 Bahan dan Peralatan .....	IV-1
4.2 Proses Pemotongan Material .....	IV-4
4.3 Proses Pengolahan Material .....	IV-5
4.4 Pengujian Kekerasan Awal .....	IV-6
4.5 Proses <i>Heat Treatment</i> .....	IV-7
4.6 Proses Pengujian Kekerasan Akhir .....	IV-8
4.7 Hasil Pengujian Kekerasan .....	IV-9
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	V-1
5.1 Kesimpulan .....	V-1
5.2 Saran .....	V-1
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	32



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Hubungan kekerasan dengan meningkatnya kandungan karbon ....	II-7
Gambar 2.2 Penetrasi <i>Rockwell</i> .....	II-8
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian .....	III-1
Gambar 3.2 Alat ukur kekerasan <i>Hardness Testing Machines Limited</i> .....	III-3
Gambar 3.3 Posisi Titik Pengukuran Kekerasan Permukaan .....	III-3
Gambar 3.4 Diagram Fasa (Fe <sub>3</sub> C) .....	III-4
Gambar 4.1 Antrasit .....	IV-1
Gambar 4.2 Arang Kayu .....	IV-2
Gambar 4.3 Serbuk Karbon .....	IV-2
Gambar 4.4 Media Pendingin Air biasa, Air Es, Air Laut, dan Oli .....	IV-2
Gambar 4.7 Oven <i>Heat Treatment</i> .....	IV-4
Gambar 4.8 Material Uji (Baja Amutit) .....	IV-5
Gambar 4.9 Proses Pengampelasan .....	IV-6
Gambar 4.10 Proses Pengujian Kekerasan Awal .....	IV-6
Gambar 4.11 Diagram Proses Perlakuan Panas .....	IV-7
Gambar 4.12 Proses Perlakuan Panas .....	IV-8
Gambar 4.13 Pengujian Kekerasan .....	IV-8
Gambar 4.14 Pengujian Kekerasan dengan Media Antrasit .....	IV-10
Gambar 4.15 Pengujian Kekerasan dengan Media Arang Kayu .....	IV-10
Gambar 4.16 Pengujian Kekerasan dengan Media Karbon Aktif .....	IV-11

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, penggunaan logam sebagai bahan utama operasional atau sebagai bahan baku produksi industri semakin besar. Baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen-komponen otomotif dan kebutuhan rumah tangga. 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).

Didalam dunia industri yang memiliki permasalahan yang kompleks perlu adanya berbagai variasi perlakuan panas pada logam agar didapatkan produk yang sesuai dengan yang diinginkan. Perlakuan Panas adalah suatu proses mengubah sifat mekanis logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa merubah komposisi kimia logam yang bersangkutan. Tujuan proses perlakuan panas untuk menghasilkan sifat-sifat logam yang diinginkan (Asiri, 2010).

Baja merupakan salah satu jenis logam yang banyak digunakan oleh manusia untuk berbagai keperluan. Adakalanya baja yang akan diproses tidak mempunyai kekerasan yang cukup. Oleh karena itu perlu dilakukan proses lagi yaitu proses *hardening*. Dengan melakukan *Hardening* maka akan didapatkan sifat kekerasan yang lebih tinggi. Semakin tinggi angka kekerasan maka sifat keuletan akan menjadi rendah dan baja akan menjadi getas. Baja yang demikian tidak cukup baik untuk berbagai pemakaian. Oleh karena itu biasanya selalu setelah dilakukan proses pengerasan kemudian segera diikuti dengan *Tempering* (Daryono, 2010).

Akibat proses perlakuan panas ini adalah akan terjadi perubahan mikrostruktur pada logam. *Quenching* pada baja merupakan salah satu dari beberapa proses *hardening* yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan baja dengan cara memanaskan logam tersebut pada temperatur tertentu,

biasanya antara 845°-870°C, kemudian didinginkan secara cepat pada media pendingin untuk mendapatkan struktur martensit. *Quenching* dilakukan untuk mencegah terjadinya pembentukan struktur perlit serta untuk memudahkan pembentukan struktur bainit atau martensit (Afendi, 2009).

Tujuan utama *quenching* adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan kunci utama dalam proses *quenching* adalah pengaturan laju pendinginan pada logam. Jika laju pendinginan terlalu lambat, logam menjadi lebih getas dan kekerasan akan berkurang. Jika laju pendinginan terlalu cepat, maka akan terjadi distorsi dan retak pada logam. Oleh karena itu, yang menarik dari metode *quenching* adalah bagaimana memilih media pendingin dan tahapan proses yang dilakukan sehingga akan meminimalkan beragam tegangan yang timbul yang dapat mengurangi terjadinya retak dan distorsi serta pada saat yang sama mampu menyediakan laju perpindahan panas yang cukup untuk mendapatkan sifat akhir hasil *quenching* seperti kekerasan (Fedare, 2011).

Terdapat beragam media pendingin yang digunakan dalam dunia industri antara lain : air, larutan/air garam, minyak/oli, polimer encer, dan bak garam. Air dan oli merupakan media pendingin yang paling banyak dipakai untuk mengeraskan baja karena mudah dalam proses pencelupannya. Oli/minyak mempunyai kelebihan diantaranya dapat digunakan pada berbagai temperatur secara efektif. Secara umum, oli/ minyak mempunyai laju pendinginan yang lebih lambat dibandingkan dengan air atau air garam. Oleh karena itu, media pendingin ini dapat memberikan hasil *quenching* dengan distorsi dan retak yang lebih kecil (Asiri, 2010).

Beberapa penelitian telah melakukan penelitian mengenai proses *hardening* dengan pendinginan cepat. (Fitri, 2012) melakukan penelitian tentang komposisi kimia, struktur mikro, *holding time* dan sifat ketangguhan baja karbon medium pada suhu 780°C. Baja diberikan perlakuan panas *pre heating* 600°C dengan waktu tahan 30 menit, *hardening* 780°C diberi waktu tahan 20 dan 40 menit kemudian dilakukan pendinginan cepat dengan menggunakan air. Kesimpulan yang diperoleh laju pendinginan cepat (*quenching*) menghasilkan ukuran dan struktur butir yang halus.

(Feriadie, 2012) melakukan penelitian mengenai pengaruh temperatur *hardening* peningkatan sifat mekanis dan struktur mikro *leafspring* Hijet 1000. Sampel diberikan temperatur *hardening* 950°C, 1050°C dan 1100°C dengan waktu tahan 30 menit dan dilakukan pendinginan dengan menggunakan media pendingin air. Hasilnya spesimen dengan pemanasan 950°C dan pendinginan menggunakan air sudah cukup untuk menaikkan kekerasan *leafspring*. Hal ini dikarenakan specimen hasil pemanasan 1050°C dan pendinginan menggunakan air. Hanya mengalami kenaikan 2% dari hasil pemanasan 950°C dan pendinginan menggunakan air. 4 Spesimen hasil pemanasan 1100°C hanya mengalami kenaikan 4% dari specimen hasil pemanasan 950°C dan pendingin air.

(Mizhar, 2012) mempelajari tentang pengaruh proses *hardening* dan *tempering* terhadap kekerasan dan struktur mikro pada baja karbon sedang jenis SNCM 447. Penelitian ini menggunakan *pre-heating* 500°C dengan waktu tahan 60 menit, dipanasi kembali 900°C dengan waktu tahan 120 menit dan didinginkan dengan oli sae 40 serta air. Proses selanjutnya *tempering* 300°C, 400°C, 500°C selama 60 menit. Struktur mikro yang terbentuk dari media pendinginan air terlihat lebih kasar sedangkan pada media pendinginan oli struktur mikro yang terbentuk lebih halus. Struktur yang terbentuk pada media pendinginan air dan oli hampir sama hanya pada pendinginan air lebih banyak struktur austenit sisa yang tidak sempat berubah menjadi martensit.

(Karmin dan Mughtar Ginting, 2012) melakukan penelitian berjudul analisis peningkatan kekerasan baja amutit menggunakan media pendingin dromus. Baja amutit atau baja berkarbon sedang diberikan temperatur *hardening* 800°C dengan waktu tahan 40 menit selanjutnya *quenching* air+dromus oil (10/1, 20/1 dan 30/1), kemudian dilakukan pemanasan kembali atau *tempering* 200°C dengan waktu tahan 60 menit. Kesimpulan hasil penelitian yakni persentase campuran terbaik terhadap peningkatan kekerasan yaitu menggunakan media emulsi dengan rasio 1 bagian dromus oli dengan 30 bagian air.

(Motogi dan Bhosle, 2010) melakukan penelitian tentang *effect of heat treatment on microstructures and mechanical properties of spring steel*. Penelitian ini menggunakan temperatur *hardening* 870°C, *quenching* air dan oli selanjutnya 5

*Tempering* 400-550°C (variasi waktu tahan yaitu 1, 2, 3 jam). Struktur mikro menunjukkan austenit sisa yang lebih banyak terbentuk dari *quenching* oli daripada air. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, peneliti akan menggunakan sampel baja pegas daun yang dipanaskan dengan temperatur 800°C dengan waktu tahan 60 menit kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan persentase media pendingin air murni dan campuran 50% air dan 50% oli. Hasil *heat treatment* dianalisis menggunakan *Optical Emission Spectroscopy* (OES) untuk mengetahui komposisi kimia dan uji menggunakan *Rockwell* untuk mengetahui kekerasan baja pegas daun. Perubahan fasa pada struktur baja, dapat diketahui melalui uji struktur mikro menggunakan mikroskop optik.

Dari penelitian-penelitian yang saya temui seperti yang di atas proses perlakuan panas dengan penambahan media karbon dan diikuti dengan pendingin cepat banyak dilakukan oleh peneliti untuk meningkatkan nilai kekerasan pada material dikarenakan bahan penambah dan media pendingin sangat berpengaruh pada peningkatan kekerasan material, tetapi sejauh ini para peneliti hanya menggunakan satu atau dua media pengkarbonan dan media pendingin. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan data tentang pengaruh perlakuan panas terhadap nilai kekerasan baja Amutit dan pengaruh proses hardening dengan tiga jenis media penambah yaitu serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu dengan empat variasi media pendinginan yaitu Air Biasa, Air Laut, Air Es dan Oli. Dengan penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang industri manufaktur.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka permasalahan yang perlu dikaji lebih jauh pengaruh kekerasan permukaan terhadap kekerasan dari baja Amutit dengan proses perlakuan panas menggunakan kombinasi menggunakan Serbuk karbon, Antrasit dan arang kayu dengan proses pendinginan air biasa (air Mineral), Air Laut, Oli dan Air Es.

### **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian difokuskan pada nilai kekerasan
2. Suhu pemanasan 900°C.

### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian berdasarkan perumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan nilai kekerasan yang optimum akibat dari proses perlakuan panas dan pendinginan cepat.
2. Meneliti pengaruh pendinginan cepat dengan variasi pendingin dan penambahan karbon, antrasit, arang kayu dengan pendinginan air biasa, air laut, oli dan air es.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Definisi Baja**

Baja adalah logam paduan dengan besi (Fe) sebagai unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,2-2,1% wt. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur peneras pada kisi kristal atom besi, selain karbon sebagai unsur paduan utama pada baja, terdapat unsur-unsur lain seperti titanium, krom, nikel, vanadium, cobalt, dan tungsten. Unsur lain pada baja sangat mempengaruhi sifat mekanis dari baja (Mulyadi, dkk, 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 (Daryanto, 2010).

#### **2.2 Baja Amutit**

Material baja amutit K-460 termasuk dalam klasifikasi tool steel yang digunakan pada industri manufaktur untuk membantu proses produksi seperti alat pemotongan dan sebagai bahan cetakan untuk bahan plastik. Baja amutit K-460 mampu mencapai nilai kekerasan hingga 65 HRC setelah melalui proses variasi temperature temper rendah, sedang dan tinggi (Hestiawan 2014). Baja amutit termasuk pada baja paduan yang setara dengan standar DIN 100Mn Cr W4; AISI O1; JIS SKS 3 yang mempunyai komposisi unsurnya; C: 0,95%, Mn: 1,1%, Cr: 0,5%, V: 0,12%, W: 0,55%, Si: 0,3% (Karmin, Muchtar Ginting 2012.)

#### **2.3 Park Carburizing**

*Pack Carburizing* adalah proses karburisasi atau penambahan karbon pada permukaan benda kerja dengan menggunakan karbon yang didapat dari bubuk arang. Bahan karburisasi ini biasanya adalah arang tempurung kelapa, arang kokas, arang kayu, arang kulit atau arang tulang. Benda kerja yang akan dikarburising

dimasukkan ke dalam kotak karburisasi yang sebelumnya sudah diisi media karburisasi. Selanjutnya benda kerja ditimbuni dengan bahan karburisasi dan benda kerja lain diletakkan di atasnya demikian selanjutnya (Wahid Suherman, 1998:150). Kandungan karbon dari setiap jenis arang adalah berbeda-beda. Semakin tinggi kandungan karbon dalam arang, maka penetrasi karbon ke permukaan baja akan semakin baik pula. Bahan karbonat ditambahkan pada arang untuk mempercepat proses karburisasi. Bahan tersebut adalah barium karbonat ( $\text{BaCO}_3$ ) dan soda abu ( $\text{NaCO}_3$ ) yang ditambahkan bersama-sama dalam 10 – 40 % dari berat arang (Y. Lakhtin, 1975: 255).

Pada penelitian yang dilakukan (Eko J.A, 2006) mengenai pengaruh media karburisasi dan bahan kimia aktif terhadap kekerasan cangkul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media karburisasi yang menghasilkan kekerasan yang lebih baik adalah dengan menggunakan arang tempurung kelapa. Sedangkan bahan kimia aktif yang menghasilkan kekerasan tertinggi adalah  $\text{BaCO}_3$ .

## **2.4 Klasifikasi Baja**

Berdasarkan komposisi kimia, baja dapat di bagi menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon bukan berarti baja yang sama sekali tidak mengandung unsur lain (selain besi dan karbon). Baja karbon masih mengandung sejumlah unsur tetapi masih dalam batas-batas tertentu yang tidak banyak berpengaruh pada sifat dasar baja. Unsur-unsur ini biasanya merupakan ikatan yang berasal dari proses pembuatan besi atau baja seperti mangan, silikon, dan beberapa unsur pengotor seperti belerang, posfor, oksigen, nitrogen dan lain-lain yang biasanya ditekan sampai kadar yang sangat kecil (Copper, 1992).

### **2.4.1 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 tiga 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 lain-lain (Copper, 1992).
3. 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 (Copper, 1992).

### 2.4.2 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* (Surdia dan Chijiwa, 1999). 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 (Amanto, 1999).

### 2.5 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).

## 2.6 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°C dan titik didih 100°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 (Soedjono, 1978). Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak (Gary, 2011).

### 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 27 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:

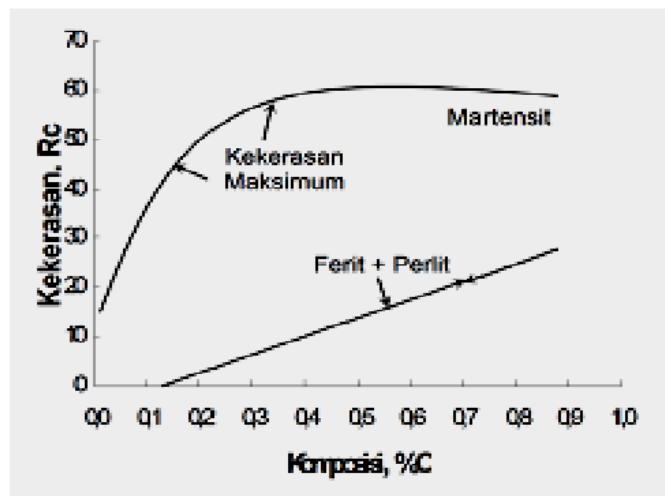
$K_d$  = tetapan kesetaraan titik didih molal yang teergantung pada jenis pelarut, untuk air sebesar  $0,52^\circ\text{C m}^{-1}$

$m$  = 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). Kemampuan suatu media dalam mendinginkan sampel berbeda-beda yang dipengaruhi oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahar dasar pendingin (Soedjono, 1978).

## 2.7 Kemampuan Kekerasan

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan suatu material terhadap daya tembus dari bahan lain yang lebih keras. Kemampuan kekerasan merupakan kemampuan bahan untuk dikeraskan. Kekerasan maksimum dapat tercapai bila martensit 100%. Baja yang dengan cepat bertransformasi dari austenit menjadi ferit dan karbida mempunyai kemampuan kekerasan yang rendah, karena dengan terjadinya transformasi pada suhu tinggi martensit tidak terbentuk. Sebaliknya baja dengan transformasi yang lambat dari austenit ke ferit dan karbida mempunyai kemampuan kekerasan yang lebih besar. Kekerasan mendekati maksimum dapat dicapai pada baja dengan kemampuan kekerasan yang tinggi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 tentang hubungan antara kekerasan dengan meningkatnya kandungan karbon dalam baja (Karmin dan Ginting, 2012).



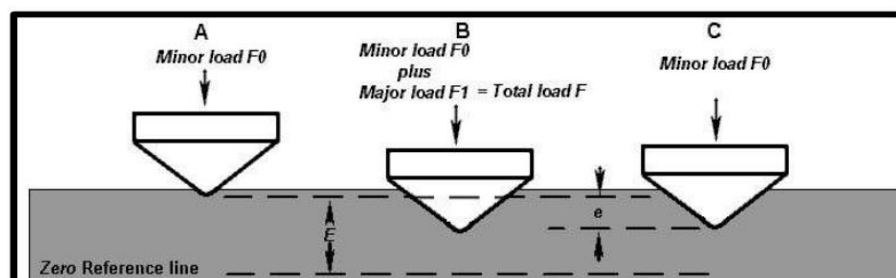
Gambar 2.1 Hubungan kekerasan dengan meningkatnya kandungan karbon (Karmin dan Ginting, 2012).

## 2.8 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, sedangkan beban mayor merupakan beban minor ditambah dengan beban tambahan yang diberikan saat 38 pengujian kekerasan. 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).

## 2.9 Metode RAL (Rancangan Acak Lengkap)

Rancangan acak lengkap (RAL) merupakan jenis rancangan percobaan yang paling sederhana. Pada umumnya, rancangan ini biasa digunakan untuk percobaan yang memiliki media atau lingkungan percobaan yang seragam atau homogen (Mattjik & Sumertajaya, 2000: 53).

### 1. Pengertian

Rancangan acak lengkap merupakan jenis rancangan percobaan dimana perlakuan diberikan secara acak kepada seluruh unit percobaan. Hal ini dapat dilakukan karena lingkungan tempat percobaan diadakan relatif homogen sehingga media atau tempat percobaan tidak memberikan pengaruh berarti pada respon yang diamati. Adapun model rancangan acak lengkap adalah sebagai berikut (Sastrosupadi, 2000: 53).

$$Y_{ij} = \mu + \tau R_i + \epsilon R_{ij}$$

Dengan :  $i = 1, 2, \dots, t$  dan  $j = 1, 2, \dots, r$

$Y_{ij}$  = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke- $i$  dan ulangan ke- $i$ .

$\mu$  = rata-rata umum.

$\tau R_i$  = pengaruh perlakuan ke- $i$ .

$\epsilon R_{ij}$  = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke- $i$  dan ulangan ke- $j$ .

Asumsi yang digunakan agar dapat dilakukan pengujian secara statistika adalah:

- a.  $\mu$  dan  $\tau R_i$  bernilai tetap.
- b.  $\mu$ ,  $\tau R_i$ , dan  $\epsilon R_{ij}$  saling adikrif.
- c.  $\epsilon R_{ij} \approx N(0, \sigma^2)$  artinya  $\epsilon R_{ij}$  menyebar secara normal dengan nilai rata-rata = 0 dan ragam sebesar  $\sigma^2$ .
- d.  $\epsilon R_{ij}$  bebas satu ama lain.

### 2. Karakteristik

Karakteristik yang perlu diketahui jika melakukan percobaan dengan model rancangan acak lengkap yaitu keragaman atau variasi hanya disebabkan oleh perlakuan yang diujicobakan pada unit percobaan dan

perlakuan tersebut merupakan level-level dari suatu faktor tertentu. Sementara itu faktor-faktor di luar perlakuan (faktor lingkungan) pada unit percobaan sedapat mungkin dikondisikan serba sama (homogen) sedangkan penempatan perlakuan pada unit percobaan dilakukan secara acak (Harjosuwono dkk, 2011: 6).

Berdasar karakteristik yang telah disebutkan di atas, penggunaan rancangan acak lengkap ini memang relatif terbatas, yaitu hanya pada percobaan-percobaan yang faktor lingkungannya dapat dijaga atau dikendalikan.

### 3. Keuntungan dan kerugian

Menurut Pratisto (2004: 170), terdapat beberapa keuntungan menggunakan rancangan acak lengkap , yaitu:

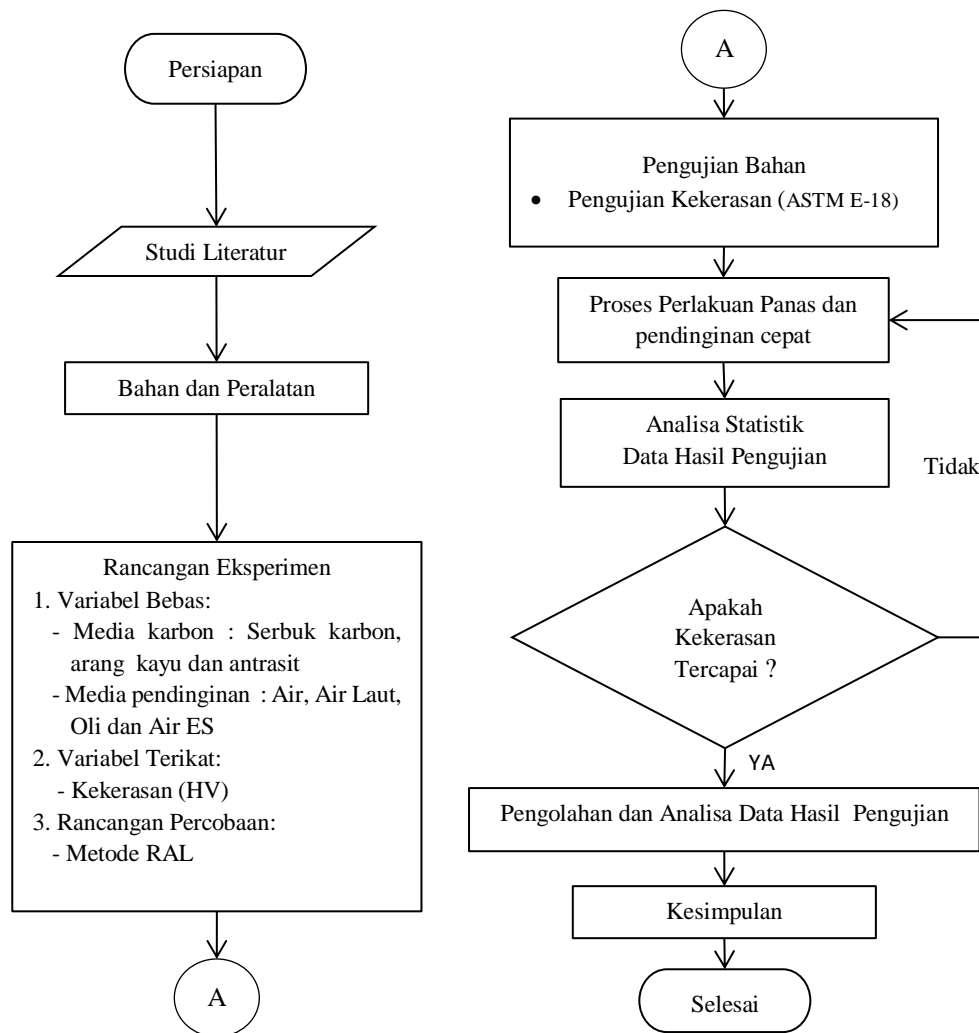
- a. Denah perancangan percobaan mudah dibuat.
- b. Analisis statistik terhadap unit percobaan sederhana.
- c. Sangat fleksibel dalam hal jumlah penggunaan, perlakuan, serta pengulangan.

Selain itu rancangan acak lengkap ini juga memiliki sisi lemah apabila digunakan dalam kasus yang kurang tepat. Menurut Sastrosupadi (2000: 54), kerugian yang mungkin timbul dari penggunaan rancangan acak lengkap adalah semakin banyak perlakuan yang diuji coba, semakin sulit pula usaha untuk menyediakan unit percobaan yang homogen. Oleh karena itu rancangan model ini hanya cocok untuk rancangan dengan jumlah perlakuan dan pengulangan yang relatif sedikit.



### 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 *study literatur* dipelajari dan dijadikan referensi untuk melakukan penelitian. Uraian langkah-langkah tersebut tertuang pada diagram alir pada gambar 3.1



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

### **3.1 Persiapan**

Mengumpulkan data-data dan jurnal sebagai referensi yang dibutuhkan untuk memulai penelitian.

### **3.2 Studi Literatur**

Mempelajari dan memahami referensi yang telah didapatkan sehingga dapat menentukan metode dan cara penelitian yang tepat.

### **3.3 Bahan dan Peralatan**

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

#### **3.3.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Baja Amutit

Baja Amutit digunakan sebagai material Utama untuk proses pemanasan.

2. Kawat Baja

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

3. Antrasit, Arang kayu, dan serbuk Karbon

Ini adalah media untuk proses penambahan karbon.

4. Air dan Oli

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

- Air biasa
- Air Laut
- Air Es
- Oli

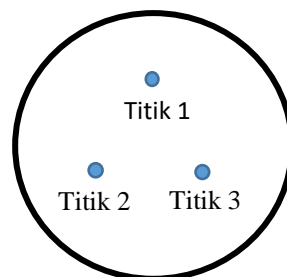
#### **3.3.2 Alat Penelitian**

Alat ukur kekerasan *Hardness Testing Machines Limited* dengan Type 8150 LK (*United Kingdom*). (Gambar 3.2). Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kekerasan dari hasil Pemanasan dan Pendinginan Cepat.



Gambar 3.2 Alat ukur kekerasan *Hardness Testing Machines Limited*

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

### 3.4 Rancangan Eksperimen

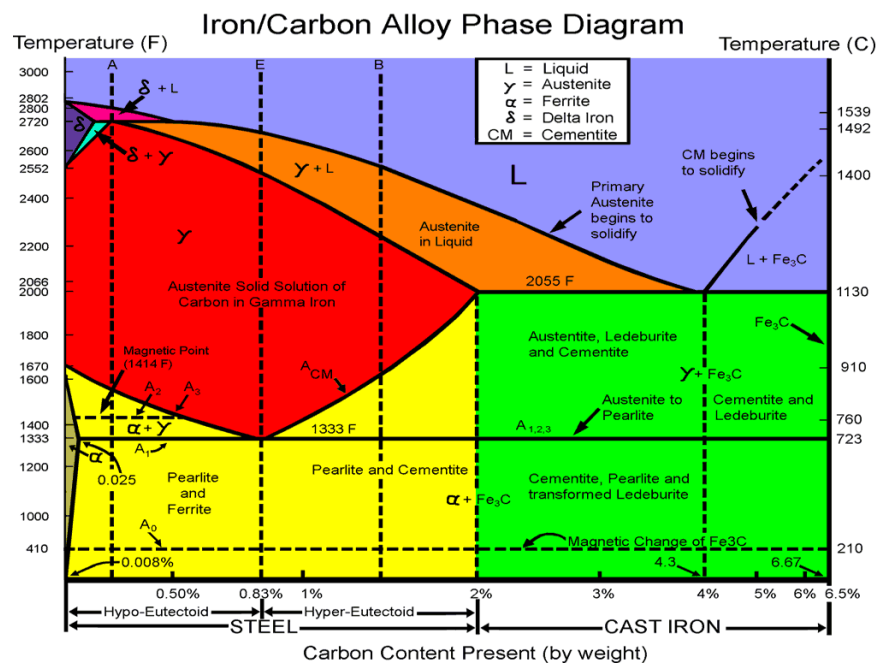
Dalam rancangan eksperimen ini dilakukan kajian mengenai penentuan kerangka dasar penelitian dalam pengumpulan informasi. Kajian itu sendiri terdiri dari :

1. Variable bebas
  - Media karbon : serbuk Karbon, arang kayu, dan antrasit.
  - Media pendingin : air, air laut, oil dan air es.
2. Varibel terkait :
  - Kekerasan ( HRC)
3. Rancangan percobaan :
  - Metode RAL

### 3.5 Proses 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, air laut, air es dan oli.



Gambar 3.4 Diagram Fasa (Fe<sub>3</sub>C)

Diagram diatas adalah referensi dan panduan dalam pengambilan suhu pada proses perlakuan panas dimana suhu yang diperlukan untuk mencapai suhu austenite pada baja amutit yang memiliki kandungan karbon 0,95% yaitu minimal pada suhu 760°C.

### **3.6 Pengujian 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 #250, #1000 dan #2000.
- b. Melakukan analisis nilai kekerasan dengan menggunakan alat uji *microhardness tester*.

### **3.7 Analisa**

Analisa dilakukan dengan menggunakan Metode Desain Eksperimen, dimana akan dilihat pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material baja Amutit dengan pemanasan 900°C. Proses Perendaman dilakukan dengan media air biasa, air garam, air es dan Oli. Dari hasil proses perlakuan panas tersebut akan dilihat nilai kekerasan optimum dan Karakteristik fisik menggunakan SEM. Dari data tersebut akan diketahui berapakah nilai Optimum dari pendinginan yang dilakukan dengan 4 variasi air sehingga menghasilkan data yang valid dan benar agar penelitian selanjutnya lebih terarah dan mengena.

### **3.8 Pengolahan Data**

Proses pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft excel* dan dilanjutkan dengan anova untuk memastikan perbandingan yang didapatkan dari uji kekerasan yang dilakukan, adapun tabel pengolahan data yang akan digunakan sebagai berikut :

Tabel 3.1 Tabel pengolahan data

Pendingin	Bahan Tambah											
	Antrasit				Arang Kayu				Serbuk Karbon			
	1	2	3	rata <sup>2</sup>	1	2	3	rata <sup>2</sup>	1	2	3	rata <sup>2</sup>
Air Mineral												
Air Laut												
Air Es												
Oli												

### 3.9 Kesimpulan

Kesimpulan diambil berdasarkan dengan keluaran dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, dari kesimpulan ini pula kita dapat mengetahui pengaruh dan perbedaan kekerasan yang didapat dari penambahan serbuk karbon, antrasit, dan arang kayu dengan diikuti pendinginan cepat.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **4.1 Bahan dan Peralatan**

Dalam pelaksanaan penelitian ini diperlukan bahan dan peralatan.

Adapun bahan dan peralatan yang perlu disiapkan antara lain:

#### **4.1.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

##### **1. Baja Amutit**

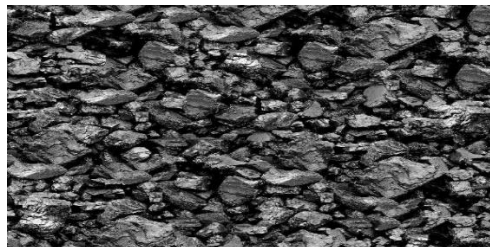
Baja Amutit digunakan sebagai material Utama untuk proses pemanasan. Material baja amutit K-460 termasuk dalam klasifikasi tool steel yang digunakan pada industri manufaktur untuk membantu proses produksi seperti alat pemotongan dan sebagai bahan cetakan untuk bahan plastik. Baja amutit K-460 mampu mencapai nilai kekerasan hingga 65 HRC setelah melalui proses variasi temperature temper rendah, sedang dan tinggi (Hestiawan 2014). Baja amutit termasuk pada baja paduan yang setara dengan standar DIN 100Mn Cr W4; AISI O1; JIS SKS 3 yang mempunyai komposisi unsurnya; C: 0,95%, Mn: 1,1%, Cr: 0,5%, V: 0,12%, W: 0,55%, Si: 0,3% (Karmin, Muchtar Ginting 2012.)

##### **2. Kawat Baja**

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

##### **3. Antransit, Arang kayu, dan serbuk Karbon**

Ini adalah media untuk proses penambahan karbon.



Gambar 4.1 Antrasit



Gambar 4.2 Arang Kayu



Gambar 4.3 Serbuk Karbon

#### 4. Media Pendingin

Media pendingin digunakan sebagai pendingin setelah proses Hardening pada suhu  $900^{\circ}\text{C}$ . Media pendingin dalam hal ini terbagi menjadi 4 yaitu : Air biasa, Air Laut, Air Es, dan Oli



Gambar 4.4 Media Pendingin Air Biasa, Air Es, Air Laut, dan Oli



#### 4.1.2 Alat Penelitian

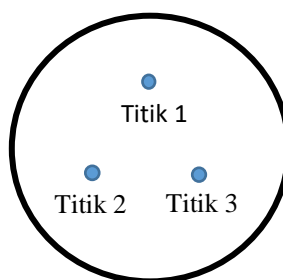
##### 1. Alat ukur *Microhardness Tester*

Alat ukur kekerasan *Hardness Testing Machines Limited* dengan Type 8150 LK (*United Kingdom*). (Gambar 4.5). Alat ini digunakan untuk mengukur nilai kekerasan dari hasil Pemanasan dan Pendinginan Cepat.



Gambar 4.5 Alat ukur kekerasan *Hardness Testing Machines Limited*

Pengukuran ini akan dilakukan pada permukaan spesimen yang terkena kontak langsung dengan elektroda. Berikut adalah penempatan titik uji pada material (Gambar 4.6).



Gambar 4.6 Posisi Titik Pengukuran Kekerasan Permukaan

##### 2. Alat Pemanggang (*Oven Heat Treatment*)

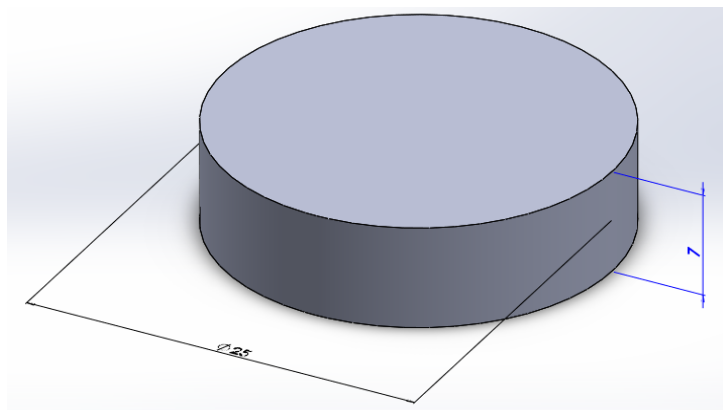
Alat ini digunakan dalam proses pemanasan dengan suhu tinggi.



Gambar 4.7 Oven *Heat Treatment*

#### 4.2 Proses Pemotongan Material

Pemotongan material dilakukan dengan mesin gergaji di polman babel. Ukuran material diameter 25mm x 7 mm dengan jumlah 12 Pcs. Adapun material yang sudah dipotong bisa dilihat pada gambar 4.8.





Gambar 4.8 Material Uji (Baja Amutit)

### **4.3 Proses Pengolahan Material**

#### **4.3.1 Proses Pengikiran**

Kikir adalah alat perkakas tangan yang berguna untuk pengikisan benda kerja. Kegunaan kikir pada pekerjaan penyayatan untuk meratakan dan menghaluskan suatu bidang, membuat rata dan menyiku antara bidang satu dengan bidang lainnya, membuat rata dan sejajar, membuat bidang-bidang berbentuk dan sebagainya. Proses pengikiran dilakukan untuk menghilangkan sisi-sisi tajam dari bekas pemotongan agar mudah dikerjakan pada proses pengamplasan.

#### **4.3.2 Proses Pengamplasan**

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 yang ukuran butir abrasifnya dinyatakan dengan mesh. Urutan pengamplasan harus dilakukan dari nomor mesh yang kasar (250 mash) ke nomor mesh yang halus (2000 mash).



Gambar 4.9 Proses Pengamplasan

#### 4.4 Pengujian Kekerasan Awal

Proses ini bertujuan untuk mengetahui berapa kekerasan awal sebelum dilakukan proses *Hardening*. Hal ini agar diketahui berapa 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 4.10.



Gambar 4.10 Proses Pengujian Kekerasan Awal

#### 4.5 Proses *Heat Treatment*

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

##### 1. *Preheating*

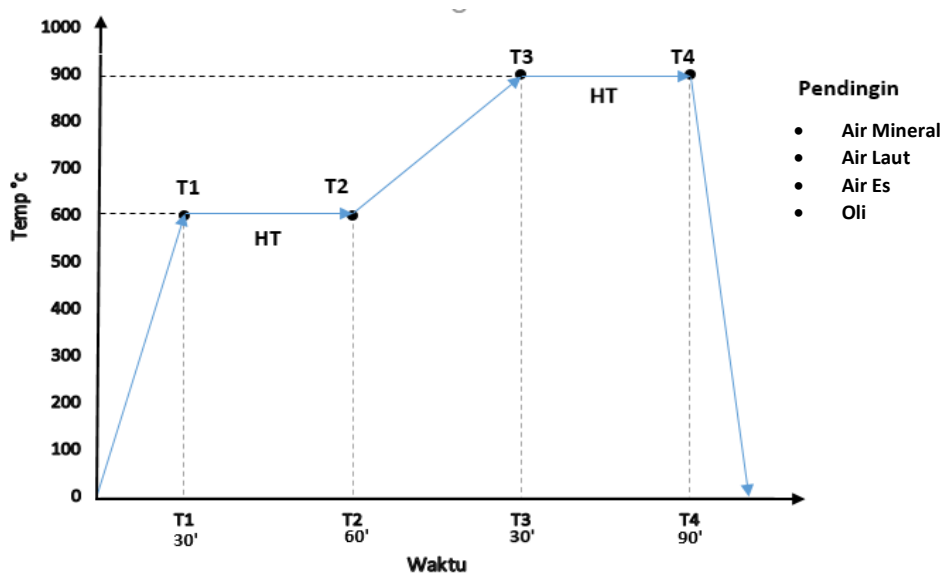
*Preheating* dilakukan sebagai pemanasan awal untuk menghindari terjadinya keretakan pada sampel akibat adanya *shock temperature*. Proses pemanasan ini dilakukan pada temperatur 600°C dengan waktu tahan 30 menit. Kemudian penahanan waktu pada suhu yang sama dengan waktu 60 menit.

##### 2. Austenisasi

Setelah proses pemanasan awal, pemanasan dilanjutkan sampai temperatur austenisasi yaitu dengan suhu 900°C dengan waktu tahan 30 menit. Kemudian penahanan waktu pada suhu yang sama pada waktu 90 menit.

##### 3. *Quenching*

Proses pendinginan cepat (*quenching*) dilakukan setelah mencapai temperatur austenisasi dan waktu tahan yang diinginkan dengan menggunakan media pendingin air, campuran air dan es, air laut, dan oli.



Gambar 4.11 Diagram Proses Perlakuan panas



Gambar 4.12 Proses Perlakuan panas

#### 4.6 Proses Pengujian Kekerasan Akhir

Pengujian kekerasan yang digunakan adalah mesin Uji kekerasan *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 pendinginan. Pengukuran ini akan dilakukan pada permukaan spesimen yang terkena kontak langsung dengan panas pada Oven. Berikut adalah pengujian kekerasan pada material (Gambar 4.13).



Gambar 4.13 Pengujian Kekerasan

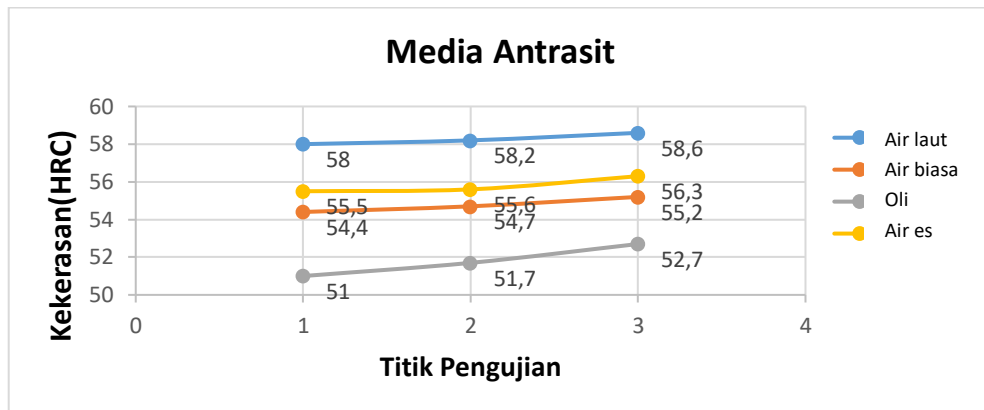
#### 4.7 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perbandingan proses pendinginan terhadap kekerasan material baja Amutit dengan pemanasan 900°C. Diikuti dengan pendinginan cepat dengan menggunakan media air biasa, air laut, air es dan oli. Data hasil pengujian selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Uji Kekerasan

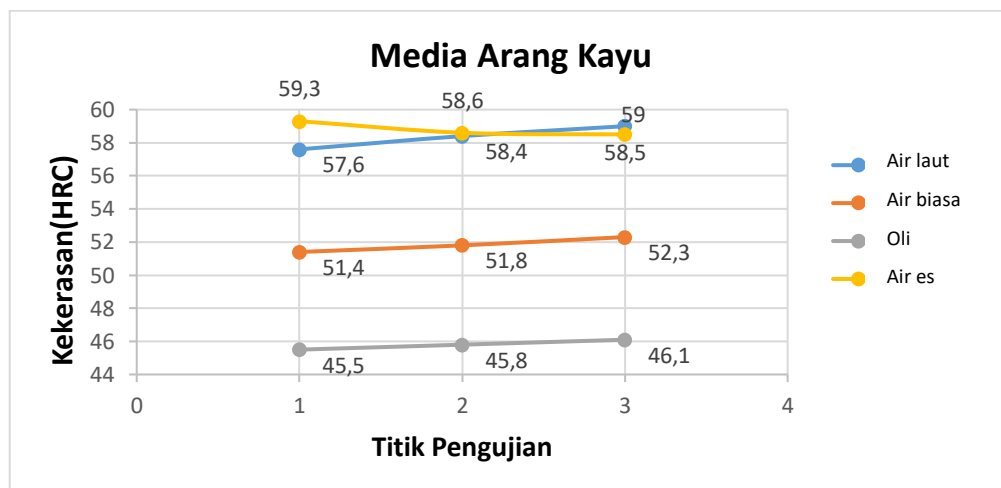
No.	Material	Hasil Kekerasan(HRC)					
		Tanpa Perlakuan HRC	Temperatur °C	Pendingin	Perlakuan Panas		
					Antrasit HRC	Arang Kayu HRC	Karbon Aktif HRC
1	Baja Amutit/ AISI 01	27,73	900	air laut	58,26	58,33	64,13
2				air biasa	54,76	51,83	63,46
3				oli	51,8	45,8	63,83
4				air es	55,8	58,8	66,2

Berdasarkan data diatas bahwa perlakuan panas yang dilakukan dengan penambahan media Karbon Aktif lebih keras dibandingkan dengan penambahan media Antrasit dan media Arang kayu. Rata-rata kekerasan untuk penambahan media karbon aktif adalah Air Laut (64,13), Air Biasa (63,46), Oli (63,83), dan Air Es (66,2) dengan satuan HRC, sedangkan untuk media Antrasit yaitu Air Laut (58,26), Air Biasa (54,76), Oli (51,8), dan Air Es (55,8) dengan satuan HRC dan media Arang Kayu sebesar Air Laut (58,33), Air Biasa (51,83), Oli (45,8), dan Air Es (58,8) dengan satuan HRC. Berdasarkan pendinginan cepat yang dilakukan dari keempat media tersebut menghasilkan tingkat kekerasan yang bervariasi dimana dimensi media penambahan juga berpengaruh dalam proses berdifusi untuk mencapai kekerasan yang maksimal, dimana semakin kecil dimensi bahan penambah maka akan semakin cepat proses berdifusi terjadi. Untuk Pendingin yang paling baik untuk seluruh media adalah Air Es.



Gambar 4.14 Pengujian Kekerasan dengan media Antrasit

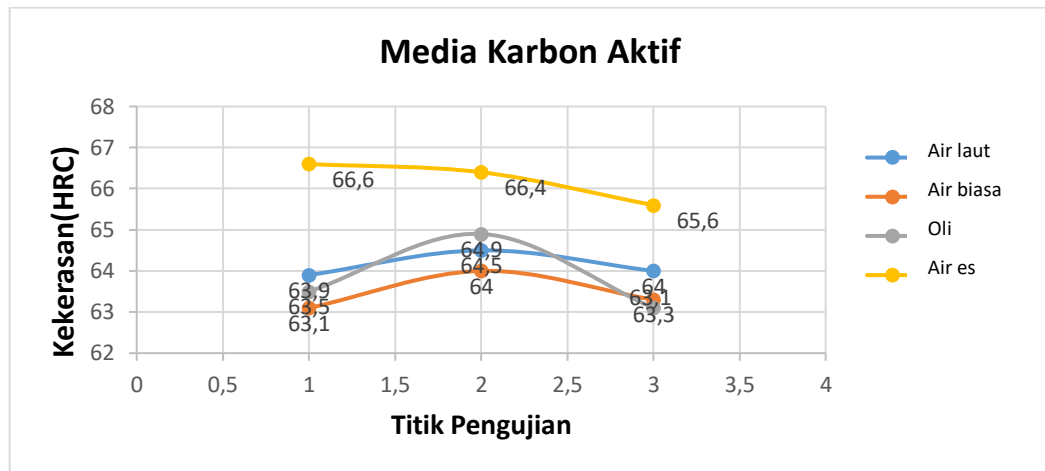
Pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada Air Laut lebih keras yaitu sebesar rata-rata 58,26 HRC, diikuti Air Es 55,8 HRC, Air Mineral 54,76 HRC dan Oli 51,8 HRC.



Gambar 4.15 Pengujian Kekerasan dengan media Arang Kayu

Pada Gambar 4.15 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada Air Es lebih keras yaitu sebesar rata-rata 58,8 HRC, diikutin Air Laut 58,3 HRC, Air Mineral 51,83 HRC dan Oli 45,8 HRC.





Gambar 4.16 Pengujian Kekerasan dengan media Karbon Aktif

Pada Gambar 4.16 menunjukkan bahwa pendinginan cepat yang dilakukan pada Air Es lebih keras yaitu sebesar rata-rata 66,2 HRC, diikuti Air Laut 64,13 HRC, Air Mineral 63,46 HRC dan Oli 63,83 HRC.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa Baja amutit atau AISI 01 memiliki kekerasan 16.3 HRC tanpa perlakuan. Kekerasan baja amutit ini mampu ditingkatkan melalui perlakuan panas dengan pendinginan cepat. Perlakuan panas yang dilakukan dengan penambahan media karbon aktif lebih keras dibandingkan dengan penambahan media Antrasit dan Media Arang kayu. Kekerasan tertinggi tersebut dipengaruhi oleh bentuk atau dimensi karbon aktif yang lebih halus dibandingkan media lainnya, dimana semakin halus atau kecil dimensi bahan penambah maka akan semakin cepat proses berdifusi terjadi. Dimana rata-rata kekerasan untuk penambahan media karbon aktif adalah Air Laut (64,13), Air Biasa (63,46), Oli (63,83), dan Air Es (66,2) dengan satuan HRC, sedangkan untuk media Antrasit yaitu Air Laut (58,26), Air Biasa (54,76), Oli (51,8), dan Air Es (55,8) dengan satuan HRC dan media Arang Kayu sebesar Air Laut (58,33), Air Biasa (51,83), Oli (45,8), dan Air Es (58,8) dengan satuan HRC.
2. 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. Dimana hal ini juga disebabkan oleh *viskositas* dan *densitas* pendingin dimana makin rendah *viskositas* suatu pendingin maka akan semakin baik kekerasan baja yang dihasilkan, berbanding terbalik dengan *densitas* yaitu semakin tinggi densitas/massa jenis suatu pendingin maka akan semakin tinggi kekerasan baja yang dihasilkan.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat penulis berikan pada penelitian ini adalah perlu adanya penelitian lanjut akan upaya mengetahui perubahan mikrostruktur pada hasil pengujian dengan menggunakan alat uji *Scanning Electron Microscope (SEM)*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asiri, H. dan Amrullah. 2010. *Analisa Hubungan Besar Butir dengan sifat Mekanis Baja Karbon*. Majalah Ilmiah Al-Jibra. ISSN 14411-7797. Volume 11. Nomor 35.
- C.A. Cooper , R.J. Young, R. Elliott, 1992, “*Natural Metal Matrix Composite*”, UK Daryanto, 2010, “*proses pengolahan besi dan baja (ilmu metalurgi)*”,*Sarana Tutorial Nurani*, Bandung.
- Daryono. 2010. *Kelayakan Pegas Daun dalam Penerimaan Beban Optimal*. Jurnal Teknik Industri. Volume 11. Nomor 1. Halaman 21-25. Departemen Pendiidkan Nasional. 2005. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ketiga*. Balai Pustaka. Jakarta. Halaman 91.
- Effendi, S. 2009. *Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil Terhadap Kekerasan Logam*. Jurnal Austenit Teknik Mesin. Volume 1. Nomor 1. Halaman 39.
- Fadare, D. A, Fadara, T.G and Akanbi, O.Y. 2011. *Effect of Heat Treatment on Mechanical Properties and Microstructure of NST 37-2 Steel*. Journal of Minerals & Engineering. Volume 10. Nomor 3. Page 299-308.
- Fariadhie, J. 2012. *Pengaruh Temper dengan Quenching Media Pendingin Oli Mesran SAE 40 terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60*. Jurnal Politeknosains. Volume XI. Nomor 1. Halaman 126-137.
- Fauzan ( 2010 ) “*Pengujian Keras (Brinell, Vickers, Rockwell, Shore / Ekuotip)*”. Diakses 12 juni 2014.
- Fitri. 2012. *Komposiis Kimia, Struktur Mikro, Holding Time dan Sifat Ketangguhan Baja Karbon Medium pada Temperatur 780°C*. Skripsi. Jurusan Fisika Material Fakultas MIPA. Universitas Lampung, Bandar Lampung. Halaman 32-46.
- Jan-Jezreel F. Saceda, Rizalinda L. de Leon, 2010, “*Properties Of Silica From Rice Husk And Rice Husk Ash And Their Utilization For Zeolitey Synthesis*”, Philippines
- Mizhar, S dan Suherman. 2011. *Pengaruh Perbedaan Kondisi Tempering Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Dari Baja AISI 4140*. Jurnal Dinamis Jurusan Teknik Mesin. Volume 2. Nomor 8. Halaman 21-26.
- Motagi, B.S and Bhosle, R. 2012. *Effect of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Medium Carbon Steel*. International Journal Of Engineering Research and Development. Volume 2. Nomor 1. page 07-13.

- Mulyadi dan Sunitra, Eka. 2010. *Kajian Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Sebagai Akibat Proses dari Proses Karburisasi dan Proses Quenching pada Material Gigi Perontok Power Thresher*. Jurnal Teknik Mesin. Volume 7. Nomor 1. Halaman 33-49.
- 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.
- Hendri Hestiawan, Ahmad Fauzan Suryono. 2014. *PENGARUH PREHEAT DAN POST WELDING HEAT TREATMENT TERHADAP SIFAT MEKANIK SAMBUNGAN LAS SMAW PADA BAJA AMUTIT K-460*. Volume 5. Nomor 1. Halaman 422-426.
- Karmin , Muchtar Ginting. 2012. *ANALISIS PENINGKATAN KEKERASAN BAJA AMUTIT MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN DROMUS*. Volume 4. Nomor 1
- 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
- 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
- Bahri, S. (2018), *Analisa Perlakuan Panas Terhadap Baja Karbon Ns 1045*, Jurnal UISU, ISSN : 2598–3814 (Online), ISSN : 1410–4520
- 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
- Pramono, A.,(2011), *Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja Aisi 1045 Media Quenching Untuk Aplikasi Sprocket Rantai*,Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Vol. 5, No.1, pp32-38



**Lampiran I**  
**( Daftar Riwayat Hidup)**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Bahwa yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Anggi Leonardo  
Tempat, Tgl lahir : Sungailiat, 5 Agustus 1997  
Jenis kelamin : Laki-laki  
Status : Lajang  
Alamat : Jl. A. Yani GG. Seribu No. 451 RT/RW 001/003  
Kel/Desa Karya Makmur Kec. Pemali 33255  
Telepon : 082182033610  
Email : [ronaldoanggi456@gmail.com](mailto:ronaldoanggi456@gmail.com)

Menerangkan dengan sebenarnya,

### Pendidikan

2003 – 2011 SD Negeri 25 Sungailiat  
2011 – 2014 SMP NEGERI 1 Pemali  
2014 – 2017 SMK Muhammadiyah Sungailiat

Demikian Daftar Riwayat Hidup ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Saya yang bersangkutan,

( **Anggi Leonardo** )