

**PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES  
*QUENCHING* TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKUR  
MIKRO BAJA AISI 1045**

( skripsi )

Oleh

**FAKHRIZAL YUSMAN**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG**

2018

**EFFECT OF COOLING MEDIA IN QUENCHING PROCESS ON HARDNESS  
AND MICRO STRUCTURE OF AISI 1045 STEEL**

**BY**

**FAKHRIZAL YUSMAN**

**ABSTRACT**

AISI 1045 steel is a steel classified as medium carbon steel. The characteristics of the steel sometimes not like we want, need other treatments to change the characteristic and structure of the AISI 1045 steel. Characteristics of steel can be changed by doing heat treatment, one of them is by quenching method. Quenching with certain cooling media may affect the hardness and microstructure of the AISI 1045 steel. The quenching process in this study used 850°C temperature held for 25 minutes then cooled rapidly with various cooling media. The cooling media used in this research was water, oil and brine. After quenching process, AISI steel is tested by hardness and micro structure. The result of hardness test on AISI 1045 steel with brine medium has the biggest hardness value that is 90,06 HRB, then with water media have hardness value 85,77 HRB and with oil media have hardness value 73,66 HRB. The microstructure resulting from the AISI 1045 steel quenching is a martensitic structure.

**Keyword** : AISI 1045 steel, quenching, cooling media, hardness test, structure  
micro.

**PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES *QUENCHING*  
TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045**

**Oleh**

**FAKHRIZAL YUSMAN**

**ABSTRAK**

Baja AISI 1045 merupakan baja yang tergolong sebagai baja karbon sedang. Karakteristik dari baja tersebut terkadang tidak sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan, sehingga memerlukan adanya perlakuan lain untuk merubah sifat dan struktur dari baja AISI 1045 itu sendiri. Karakteristik baja dapat diubah dengan melakukan perlakuan panas, salah satunya adalah dengan metode *quenching*. *Quenching* dengan media pendingin tertentu dapat mempengaruhi sifat kekerasan dan struktur mikro dari baja AISI 1045 tersebut. Proses *quenching* pada penelitian ini menggunakan suhu 850°C ditahan selama 25 menit kemudian didinginkan secara cepat dengan berbagai media pendingin, Media pendingin yang digunakan dalam penelitian ini adalah air, oli dan air garam. Setelah dilakukan proses *quenching*, baja AISI dilakukan uji kekerasan dan struktur mikro. Hasil dari uji kekerasan pada baja AISI 1045 dengan media air garam memiliki nilai kekerasan terbesar yaitu sebesar 90,06 HRB, kemudian dengan media air memiliki nilai kekerasan sebesar 85,77 HRB dan dengan media oli memiliki nilai kekerasan sebesar 73,66 HRB. Struktur mikro yang dihasilkan dari *quenching* baja AISI 1045 adalah struktur martensit.

Kata kunci : baja AISI 1045, *quenching*, media pendingin, uji kekerasan, struktur mikro.

**PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES QUENCHING  
TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO BAJA AISI 1045.**

**Oleh**

**FAKHRIZAL YUSMAN**

**Skripsi**

**Sebagai satu syarat untuk mencapai gelar  
SARJANA TEKNIK**

**Pada**

**Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2018**

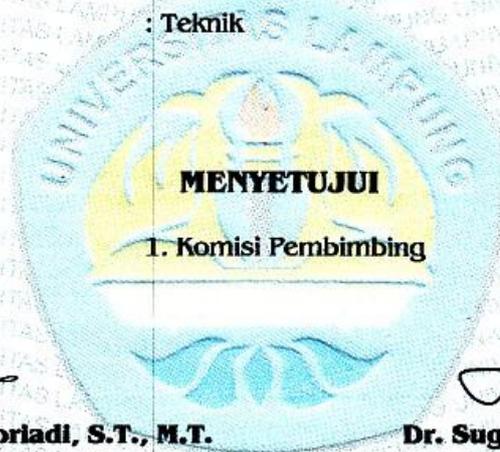
**Judul Skripsi : PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA  
PROSES QUENCHING TERHADAP  
KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO  
BAJA AISI 1045**

**Nama Mahasiswa : Fakhrizal Yusman**

**Nomor Pokok Mahasiswa : 1215021036**

**Jurusan : Teknik Mesin**

**Fakultas : Teknik**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

**Harnowo Supriadi, S.T., M.T.**  
NIP 19690909 199703 1 002

**Dr. Suglyanto, M.T.**  
NIP 19570411 198610 1 001

**2. Ketua Jurusan Teknik Mesin**

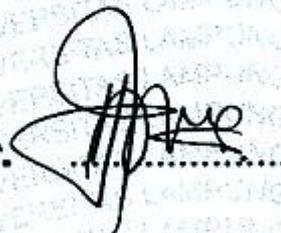
**Ahmad Su'udi, S.T., M.T.**  
NIP 19740816 200012 1 001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

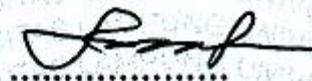
**Ketua**

**: Harnowo Supriadi, S.T., M.T.**



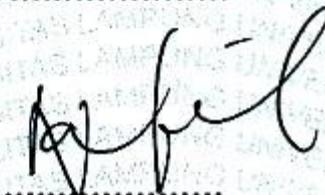
**Anggota Penguji**

**: Dr. Sugiyanto, M.T.**



**Penguji Utama**

**: Nafrizal, S.T., M.T.**



**Dekan Fakultas Teknik**



**Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.**

**NIP 19620717 198703 1 002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Februari 2018**

## PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fakhrizal Yusman  
NPM : 1215021036  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas Teknik : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang telah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka. Hal tersebut berdasarkan dalam pasal 27 Peraturan Akademik Universitas Lampung dengan Surat Keputusan Rektor No. 3187/H26/DT/2010.

Apabila dikemudian hari pernyataan ini tidak benar saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai aturan yang berlaku.

Bandar Lampung, Februari 2018  
Yang Menyatakan



Fakhrizal Yusman  
NPM. 1215021036

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotabumi Kelurahan Tanjung Harapan Kecamatan Kotabumi Selatan, Lampung Utara pada tanggal 26 September 1994. Sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan H. Ikhsan Manan dan Hj. Farida Zuzani.

Pendidikan yang pernah ditempuh penulis di Sekolah Dasar Islam Ibumurusyid Kotabumi pada tahun 2000, Sekolah Menengah Pertama Negeri 7 Kotabumi pada tahun 2006, Sekolah Menengah Akhir Negeri 5 Bandar Lampung pada tahun 2009, dan pada tahun 2012 penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur Ujian Mandiri Perguruan Tinggi Negeri dan menamatkan program studi Strata Satu pada bulan Februari 2018.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) periode 2014/2015 sebagai anggota bidang Organisasi dan Kepemimpinan divisi Kaderisasi.

Pengalaman akademik penulis diantaranya, pernah melakukan Kerja Praktek di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bandung pada tahun 2015 dan Mengambil tugas akhir mengenai **PENGARUH MEDIA PENDINGIN PADA PROSES *QUENCHING* TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKUR MIKRO BAJA AISI 1045.**

## **PERSEMBAHAN**

Sujud syukur sebagai hamba yang lemah kepada Allah SWT

Atas semua nikmat dan karunia-Nya.

Sebagai wujud ungkapan rasa cinta, kasih dan sayang serta bakti yang tulus.

Kupersembahkan karya kecil ini

Teruntuk:

### **Kedua orang tuaku tercinta**

Yang selalu memberikan dukungan moral maupun moril dengan tulus tanpa mengharapkan balasan dan senantiasa mendoakan tanpa henti untuk kebaikan anak-anaknya.

### **Abang, atu dan ayuk**

Yang telah memberikan semangat serta dukungan tanpa henti.

### **Teman-teman angkatan 2012 Teknik Mesin Universitas Lampung**

Dan

### **Lulu kamila sakinah**

Yang selalu memberikan semangat dan selalu hadir disaat penulis membutuhkan

## **MOTTO**

*" you never know if you never learn, but only learn is not enough. You must try it "*

**( penulis )**

## SANWACANA

Asalamu'alaikumWr.Wb,

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa mencurahkan nikmat, rahmat dan karunia-Nya. Sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Hal yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu syarat menyelesaikan Pendidikan S1 Jurusan Teknik Mesin di Universitas Lampung, adalah untuk membentuk pribadi yang mampu menerapkan pengetahuan, keterampilan dan kedisiplinan di bidang teknik, khususnya teknik mesin serta diabdikan kepada masyarakat. Juga merupakan keingintahuan penulis yang sangat besar terhadap dunia industri yang sesungguhnya memadukan antara teori yang diperoleh di bangku perkuliahan dengan yang terjadi di dunia kerja sesungguhnya. Sehingga penulis mendapatkan gambaran nyata tentang permesinan di dunia industri.

Selama melaksanakan kerja praktek ini penulis banyak menerima bantuan, baik berupa moril maupun materil dan bimbingan serta arahan dari semua pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
2. Keluarga tercinta, terutama untuk kedua terbaik dan tersegala-galanya bagi saya, mama H. Farida Zuzani dan bapak H. Ikhsan Manan, serta juga abang jaka, atu dian dan ayuk ayi yang selalu memberikan dukungan moril dan materil serta yang selalu mendoakan yang terbaik untuk penulis.
3. Bapak Ahmad Su'udi, S.T., M.T., sebagai Ketua Jurusan Teknik Mesin Unila.
4. Bapak Harnowo Supriadi, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir, atas kesediaan dan keikhlasannya untuk berbagi ilmu, member dukungan, membimbing, memberi kritik maupun saran yang membangun sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya.

5. Bapak Dr. Sugiyanto, M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Nafrizal, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing pendamping atas kesediaannya membimbing dan memberi masukan dan kritik yang membangun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Mesin yang banyak memberikan ilmu selama penulis melaksanakan studi, baik berupa materi perkuliahan maupun teladan dan motivasi.
8. Teman-teman seperjuangan bima regi kusuma, imam rosyid, cristian aritonang, anggung nadya wisastra, wafda nadhira, alfian tri eka kurniawan, dio rional, m. irfan, bagas subekti, khabod alef, febi iswanto, ryan hermawan, neris handoko, faisal Muhammad, purnadi sri kuncoro, rido aswari, faisal anwar, untung zenianto, aprizal arif, charly saputra, satria yudha, doni romanda, ahmad ferdian dan lain-lain yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu, yang selalu membantu dan memberikan motivasi .
9. Untuk teman-teman Teknik Mesin 2012 yang telah berjuang bersama dari awal hingga akhir perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung.
10. Untuk Kekasih tercinta dan terbaik, Lulu Kamila Sakinah, S.H., yang tak henti-henti memberikan semangat moril maupun materil dan motivasi serta doa yang tak pernah usai selama penulis menyelesaikan perkuliahan di Teknik Mesin Universitas Lampung
11. Seluruh jajaran staf laboratorium teknik mesin, khususnya laboratorium material teknik yang selalu membantu dan memberikan arahan dalam menyelesaikan tugas akhir.
12. Dan semua pihak yang telah memberikan doa, bantuan serta motivasi yang mendukung penyelesaian dari Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan serta kesalahan, sehingga penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Semoga laporan kerja praktek ini dapat

bermanfaat bagi penulis khususnya, pembaca, dan juga untuk masyarakat luas umumnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Bandar Lampung, Februari 2018  
Penulis,

**FAKHRIZAL YUSMAN**

## DAFTAR ISI

**ABSTRACT**

**ABSTRAK**

**HALAMAN JUDUL**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PERNYATAAN PENULIS**

**PERSEMBAHAN**

**MOTTO**

**SANWACANA**

**DAFTAR ISI**.....i

**DAFTAR GAMBAR**.....ii

**DAFTAR TABEL**.....iii

### **I. PENDAHULUAN**

- A. Latar Belakang ..... 1
- B. Tujuan Kerja Praktek ..... 3
- C. Batasan Masalah ..... 3
- D. Sistematika Penulisan Laporan ..... 4

### **II. TINJAUAN PUSTAKA**

- A. Baja karbon..... 5
  - 1. Sejarah baja .....5
  - 2. Klasifikasi baja karbon .....6
- B. Baja AISI 1045 ..... 7
- C. Heat Treatment ..... 9
- D. Quenching..... 11
- E. Kekerasan .....15
- F. Kekerasan Rockwell.....16
- G. Faktor yang Mempengaruhi Kekerasan .....17
- H. Hardenability .....19
- I. Struktur Mikro .....20

J. Perubahan fasa austenite ke martensit .....	21
--	----

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

A. Tempat dan Waktu.....	24
B. Alat dan Bahan .....	24
C. Prosedur Penelitian .....	33
D. Diagram Alur Pengambilan Data .....	37

### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Hasil .....	38
B. Pembahasan .....	41

### **V. PENUTUP**

A. Kesimpulan .....	46
B. Saran .....	47

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Diagram Fasa Fe-C .....	10
Gambar 2. Diagram CCT/TTT .....	11
Gambar 3. Hubungan antara kadar karbon dengan persentase martensit terhadap Kekerasan .....	20
Gambar 4. Struktur Mikro .....	23
Gambar 5. Baja AISI 1045 .....	24
Gambar 6. Furnace .....	26
Gambar 7. Oli .....	26
Gambar 8. Air .....	27
Gambar 9. Air Garam .....	28
Gambar 10. Universal Hardness Tester .....	28
Gambar 11. Mikroskop Optik .....	29
Gambar 12. Mesin Potong Logam .....	30
Gambar 13. Polisher Grindding Machine .....	30
Gambar 14. Amplas .....	31
Gambar 15. Autosol .....	32
Gambar 16. Larutan Etsa .....	32
Gambar 17. Struktur Mikro Tanpa Perlakuan .....	40
Gambar 18. Struktur Mikro media Air .....	40
Gambar 19. Struktur Mikro media Air Garam .....	41
Gambar 20. Struktur Mikro media Oli .....	41
Gambar 21. Hasil Struktur Mikro tanpa perlakuan .....	44
Gambar 22. Hasil Struktur Mikro media Air .....	44
Gambar 23. Hasil Struktur Mikro media Air Garam .....	45
Gambar 24. Hasil Struktur Mikro media Oli .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Sifat-sifat mekanik baja AISI 1045.....	8
Tabel 2. Standar komposisi baja AISI 1045 .....	8
Tabel 3. Skala Kekerasan Rockwell .....	17

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon kelas menengah dengan kandungan karbon yang terdapat pada baja berkisar 0,43% sampai 0,50%. Pada penggunaannya Baja AISI 1045 biasanya digunakan untuk komponen-komponen otomotif seperti komponen roda gigi pada berbagai kendaraan bermotor yang pada penggunaannya sering mengalami gesekan dan tekanan sehingga ketahanan aus dan kekuatan kekerasan baja sangat diperlukan untuk memperpanjang umur baja. Untuk meningkatkan kekuatan dari baja AISI 1045 maka perlu dilakukannya perlakuan panas terhadap baja tersebut.

Perlakuan panas atau *heat treatment* merupakan suatu proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan suatu logam untuk menghasilkan sifat-sifat tertentu dari logam tersebut. Perlakuan panas dengan metode *Quenching* yaitu suatu proses pemanasan suatu logam atau baja sampai pada temperatur austenit kemudian didinginkan secara cepat sehingga akan menghasilkan kekerasan yang lebih tinggi. Pada proses *Quenching* telah terjadi suatu perpindahan panas dari baja yang dipanaskan ke fluida pendingin yang digunakan, dengan kecepatan dan temperatur tertentu akan menghasilkan sifat mekanik pada logam tersebut.

Proses *Quenching* pada baja AISI 1045 dapat menghasilkan sifat mekanik yang lebih tangguh dari sebelumnya, hal tersebut disebabkan oleh berubahnya struktur baja AISI 1045 dari struktur austenite ke martensit, dimana austenite merupakan fasa tidak stabil suatu logam dan memerlukan suatu perlakuan lain

untuk menghasilkan sifat mekanik yang lebih baik, sedangkan martensit adalah fasa yang terbentuk dari suatu logam yang mengalami perlakuan panas yang memiliki sifat kekerasan pada logam tersebut.

Penelitian mengenai pengaruh media *Quenching* terhadap sifat mekanik baja AISI 1045 telah dilakukan beberapa peneliti salah satunya, pada tahun 2011 seorang peneliti dari Universitas Sultan Agung tirtayasa telah melakukan penelitian tentang Karakteristik Mekanik Proses Hardening Baja AISI 1045 Media *Quenching*. Pada penelitian yang dilakukan baja AISI 1045 dengan dimensi baja berdiameter 35mm dan variasi ketebalan 10mm, 15mm, 20mm dan 25mm, Temperatur yang digunakan 840°C, media *Quenching* yang digunakan adalah air dengan variasi volume 10L, 15L, 20L. dan 25L, serta metode pengujian kekerasan yang dilakukan adalah metode *Rockwell*. Pada setiap baja dilakukan 4 titik pengujian kekerasan dan didapatkan hasil rata-rata dari 10 liter air adalah 59,62 HRC, 15 liter air adalah 58,56 HRC, 20 liter air adalah 57,62 HRC dan pada 25 liter air adalah 58,37 HRC Purnomo (2011: 32-38).

Penelitian *Quenching* juga pernah dilakukan oleh mahasiswa Universitas Muhammadiyah Jakarta pada tahun 2012 penelitian tentang Pengaruh Proses *Tempering* Pada Baja Karbon Medium Setelah *Quenching* terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. Penelitian tersebut menggunakan baja SC45 yang dipanaskan sampai temperatur 850°C kemudian pada temperatur 600°C dilakukan tempering selama 45 menit. Setelah dipanaskan baja SC45 kemudian dilakukan proses *Quenching* dengan media Oli dan Air garam dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, kekerasan dan metallografi. Pengujian yang dilakukan mendapatkan hasil yaitu pada media oli didapatkan kekuatan tarik sebesar 837,73 N/mm<sup>2</sup>, pada pengujian kekerasan didapatkan kekuatan kekerasan sebesar 29,5 HRC dan dengan struktur mikro ferrit dan sementite. Pada media Air Garam didapatkan kekuatan tarik sebesar 855,05 N/mm<sup>2</sup>, pada kekuatan kekerasan sebesar 30,9 HRC dan memiliki struktur mikro yaitu Kristal ferrit dan fasa sementite yang halus Aziz (2012: 36-47).

Penelitian lainnya yaitu dilakukan oleh mahasiswa politeknik Manufaktur Ceper Klaten. Dengan menggunakan baja karbon sedang dengan dimensi dari spesimen yaitu berdiameter 25mm dan panjang 20mm, dimana baja karbon dilakukan proses *Quenching* pada temperatur 850°C dan media yang digunakan adalah air garam dengan variasi air garam berbanding dengan air sebesar 0% ; 2,5% ; 5% ; 7,5% ; 10% ; 12,5% ; 15% ; 17,5% ; 20% ; 22,5% ; 25% ; 27,5% ; 30%. Pengujian yang dilakukan adalah uji kekerasan dengan metode brinell dan didapatkan kekuatan kekerasan rata-rata dari setiap variasi air garam adalah 179 ; 171 ; 178 ; 175 ; 186 ; 183 ; 187 ; 186 ; 183 ; 187 ; 186 ; 187 ; 194 ; 192 ; 165 ; dan 189 Sutiyoko (2014: 25-28).

Dengan media-media tertentu seperti media air, air garam dengan kadar tertentu dan oli pada proses *Quenching* diharapkan dapat menghasilkan nilai kekerasan yang lebih baik dari pada kekerasan sebelumnya sehingga akan dapat bermanfaat pada dunia industri dan berbagai macam aspek yang menggunakan bahan baja.

## **B. Tujuan**

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui pengaruh media pendingin ( oli, air dan air garam ) pada proses *Quenching* pada kekerasan BAJA AISI 1045
2. Untuk mengetahui pengaruh media pendingin ( oli, air dan air garam ) pada proses *Quenching* pada struktur mikro BAJA AISI 1045

## **C. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah yang diberikan dari penelitian ini adalah

1. Spesimen yang digunakan adalah BAJA AISI 1045
2. Metode Heat Treatment yang digunakan adalah metode *Quenching*
3. Media *Quenching* yang digunakan adalah air, air garam dan oli

4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan metode *Rockwell* dan Struktur Mikro dengan metode OM.

#### **D. Sistematika penulisan**

Sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

1. BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan, batasan masalah dan sistematika penulisan yang digunakan.

2. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang landasan teori dan teori – teori dasar yang berhubungan dengan penelitian ini.

3. BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penjelasan metode yang digunakan dalam pengambilan data, alat dan bahan apa saja yang digunakan serta diagram alur pengambilan data.

4. BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil yang didapatkan setelah pengambilan data dan pembahasan tentang data tersebut serta menganalisa dan membandingkan dari data – data yang didapatkan.

5. BAB V. SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini dan memberikan saran dan masukan untuk penelitian ini agar lebih baik lagi jika dilanjutkan.

6. DAFTAR PUSTAKA

Bab ini berisi tentang sumber dari referensidan teori – teori yang digunakan dalam penelitian ini.

7. LAMPIRAN

Bab ini berisi tentang lampiran – lampiran yang terkait dengan penelitian ini.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **A. Baja Karbon**

Baja adalah logam campuran dari beberapa komposisi logam namun kandungan terbesar dari campuran tersebut adalah kandungan besi (Fe) dan Karbon (c). Dalam kandungan baja juga terdapat beberapa senyawa lain yang dapat berupa aluminium (Al), seng (Zn), tembaga (Cu), silicon (Si), Krom (Cr), dan Titanium (Ti) serta beberapa campurn lainnya. Kandungan karbon (c) yang terdapat pada baja menentukan tingkatan dari baja itu sendiri, kandungan karbon (c) yang terkandung didalam baja berkisaran 0,2 % sampai 2,1 % dari berat baja itu sendiri.

#### **1. Sejarah baja**

Besi digunakan pertama kali sekitar 1500 SM tetapi selama 400 tahun dirahasiakan oleh bangsa Hittites mengenai cara pembuatan besi dan dikuasai oleh bangsa asia barat, namun pada tahun 1100 SM proses peleburan besi telah diketahui secara universal. Pada tahun 400 sampai 500 SM baja berhasil ditemukan dan telah digunakan oleh bangsa Eropa namun belum mengetahui cara pembuatan baja itu sendiri, sekitar tahun 250 SM bangsa India berhasil dan dapat menemukan cara pembuatan baja. Kemudian pada tahun 1000 M baja dengan campuran unsur lain berhasil ditemukan pada zaman kekaisaran Fatim yang disebut dengan baja damaskus namun pada tahun 1300 M rahasia dari pembuatan baja damaskus menghilang (Ahadi, 2011).

## 2. Klasifikasi Baja Karbon

Menurut salah seorang peneliti yang bernama Awal Anggi baja karbon memiliki klasifikasi yang mengacu berdasarkan tingkatan kandungan karbon (C) itu terhadap berat besi (Fe) pada baja tersebut. Adapun klasifikasi dari baja karbon adalah :

### a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah adalah baja yang memiliki kandungan karbon terhadap berat besi berkisaran antara 0 % sampai dengan 0,25 % . Baja karbon rendah cenderung memiliki sifat keuletan yang baik namun untuk sifat mekanik lainnya seperti kekerasan cenderung buruk disebabkan karena kecil atau sedikitnya kandungan karbon yang terkandung dalam baja karbon rendah sehingga tidak dapat menghasilkan fasa martensit pada proses perlakuan panas. Baja karbon rendah sendiri biasanya digunakan untuk bahan-bahan manufaktur karena sifatnya yang mampu tempa dan dapat dibentuk karena sifat keuletannya yang tinggi.

### b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan baja karbon menengah dimana kandungan karbon pada baja tersebut berkisaran antara 0,25 % sampai 0,6 % . Baja karbon sedang memiliki kekuatan mekanik yang baik serta memiliki keuletan dan kekuatan kekerasan yang baik, karena baja karbon sedang dapat ditingkatkan sifat mekaniknya karena baja karbon sedang memiliki kadar karbon yang cukup untuk dilakukan perlakuan panas. Sifat mekanik dari baja karbon sedang dapat ditingkatkan dengan beberapa cara yaitu austenitizing, *quenching* dan tempering yang dapat menghasilkan struktur martensit pada baja tersebut. Baja karbon sedang biasanya digunakan sebagai bahan baku dari pembuatan

alat-alat perkakas, komponen-komponen mesin seperti poros, roda gigi, pegas dan lain lain.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi merupakan baja karbon yang kandungan karbonnya berkisar pada 0,6 % sampai 1,4 % dibandingkan berat besi yang diunakan pada baja tersebut. Baja karbon tinggi memiliki tingkat kekerasan yang tinggi namun keuletan dari baja karbon tinggi sangat kecil. Baja karbon tinggi biasanya digunakan untuk alat-alat yang memerlukan tingkat ketahanan yang tinggi terhadap gesekan dan defleksi serta beberapa alat seperti bearing, mata bor, mata pahat dan lain lain (Anggi, 2012).

## **B. Baja AISI 1045**

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon kelas menengah. AISI sendiri merupakan standarisasi baja American Iron and Steel Institute dengan kode 1045, 1045 menunjukkan bahwa 45 adalah kandungan atau kadar karbon pada baja tersebut yaitu 0,45 %. Sifat mekanik dari baja AISI 1045 sangat baik dimana baja AISI 1045 memiliki karakter sifat mekanik yang mampu las, mesin, serta tingkat kekerasan dan ketahanan aus yang baik.

Dalam penggunaannya baja AISI 1045 biasanya dapat digunakan untuk pembuatan komponen-komponen mesin serta alat-alat perkakas. Pengaplikasian baja AISI 1045 cenderung untuk pembuatan komponen atau alat yang harus memiliki ketahanan aus yang baik dikarenakan fungsi dari benda yang dibuat agar dapat menahan abrasi terhadap pengurangan dimensi akibat terjadinya gesekan pada benda tersebut.

Berikut adalah sifat mekanik yang terdapat pada baja AISI 1045 :

Table 1. sifat – sifat mekanik baja AISI 1045

SIFAT MEKANIK	BAJA AISI 1045
Berat Spesifik	7.7 – 8.03 ( x1000kg/m <sup>3</sup> )
Modulus Elastisitas	190 – 210 Gpa
Kekuatan geser	505 Mpa
Kekuatan Tarik	585 Mpa
Kekerasan	179.8
Elongation	12 %

Table 2. Dan berikut adalah standar komposisi kimia dari baja AISI 1045

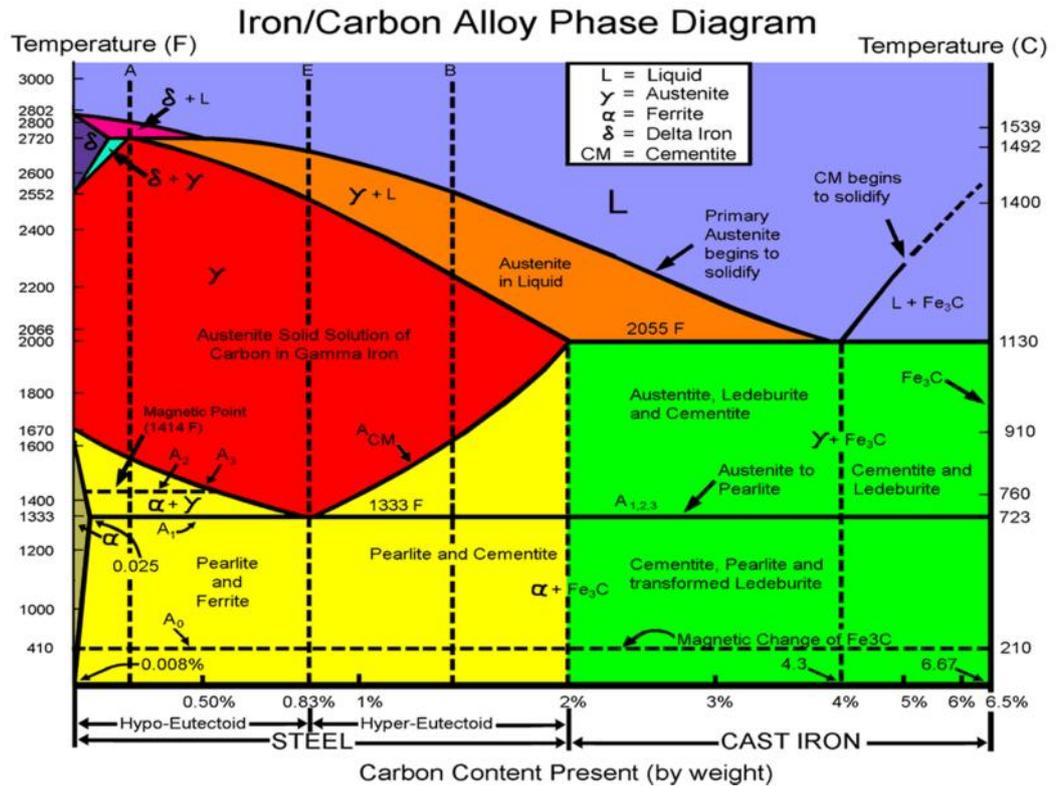
UNSUR	PERSENTASE
C	0,43 – 0,50
Si	0,10 – 0,30
Mn	0,60 – 0,90
P	0,04 max
S	0,05 max
Mo	0,025

### C. Heat Treatment

Heat treatment atau perlakuan panas bertujuan sebagai proses untuk menghasilkan tingkat keuletan yang tinggi, menghilangkan tegangan internal, dapat juga menghaluskan butir logam dan dapat meningkatkan kekerasan serta kekuatan tarik dari logam. Perlakuan panas sendiri adalah penggabungan atau kombinasi dari proses pemanasan dan proses pendinginan pada suatu bahan material seperti logam dan baja. Faktor yang mempengaruhi dari proses perlakuan panas adalah suhu pemanasan atau temperatur yang digunakan, waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu yang diinginkan, kecepatan pendinginan pada saat logam telah mencapai suhu atau temperatur yang diinginkan dan atmosfer dari lingkungan itu sendiri.

Pendapat lain mengenai Heat Treatment atau perlakuan panas adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada elektrik terance atau tungku pada temperature rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikro logam disamping komposisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan strukturnya Purwanto (2011: 36-40).

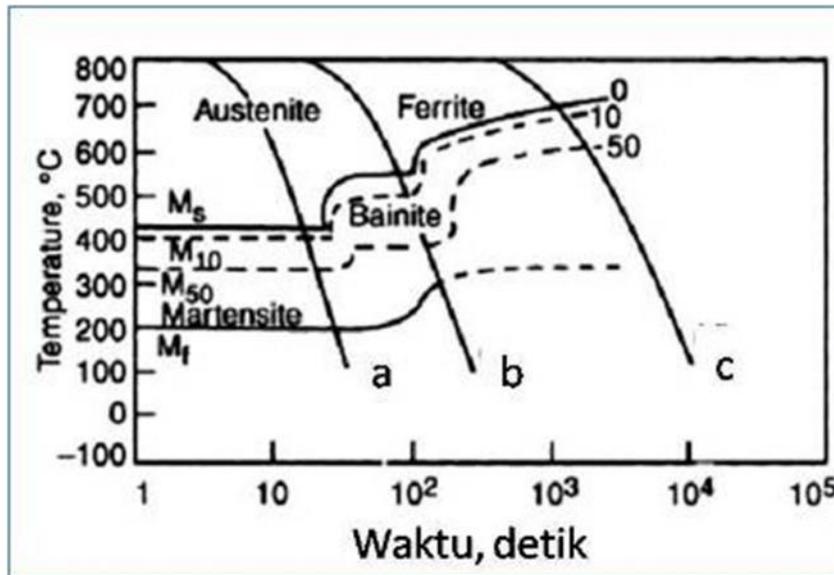
Untuk menentukan temperatur pemanasan dari suatu pengujian dan dapat menentukan perlakuan panas maka dapat menggunakan suatu diagram, dimana diagram tersebut dapat memudahkan menentukan temperatur pemanasan, diagram tersebut disebut dengan Diagram Fasa Fe – C. Diagram Fasa merupakan diagram yang menampilkan hubungan perubahan fasa yang terjadi selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon Murtiono (2012: 42-45).



Gambar 1. Diagram Fasa Fe – C

( www. <https://novadany11.files.wordpress.com/2015/06/fec-phasediagramwallpaper1.gif> )

Diagram Continuous Cooling Transformation atau CCT adalah diagram yang menggambarkan hubungan antara laju pendinginan kontinyu dengan fasa atau struktur yang terbentuk setelah terjadinya transformasi fasa. Kurva pendinginan kontinyu dengan laju pendinginan yang berbeda akan menghasilkan fasa atau struktur baja yang berbeda. Setiap kurva pendinginan yaitu kurva (a), (b), dan (c) memperlihatkan permulaan dan akhir dari dekomposisi austenite menjadi fasa atau struktur baja akhir.



Gambar 2. Diagram CCT/TTT

(<http://ardra.biz/wp-content/uploads/2012/06/Diagram-CCT.jpg>)

Diagram Time Transformation Temperatur atau diagram TTT merupakan diagram yang menggambarkan hubungan antara fasa atau struktur yang terbentuk setelah terjadinya transformasi fasa akibat perubahan temperatur dan waktu. Diagram TTT juga biasa disebut dengan isothermal transformation diagram, dimana isothermal menunjukkan temperatur yang tetap. Jadi perubahan yang terjadi pada temperatur yang konstan.

#### D. Quenching

Proses *quenching* atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam sehingga mencapai batas austenit yang homogen. Untuk mendapatkan kehomogenan ini maka austenit perlu waktu pemanasan yang cukup. Selanjutnya secara cepat baja tersebut dicelupkan ke dalam media pendingin, tergantung pada kecepatan pendingin yang kita inginkan untuk mencapai kekerasan baja.

Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase martensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon. Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat. Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (preheating) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperatur pengerasan (austenitizing) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (holding time) kemudian didinginkan cepat. Pada dasarnya baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan. Melalui temper, kekerasan, dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun, sedang keuletan dan ketangguhan akan meningkat. Pada saat tempering proses difusi dapat terjadi yaitu karbon dapat melepaskan diri dari martensit berarti keuletan (ductility) dari baja naik, akan tetapi kekuatan tarik, dan kekerasan menurun. Sifat-sifat mekanik baja yang telah dicelup, dan di-temper dapat diubah dengan cara mengubah temperatur tempering.

Pada proses *quenching* media pendinginan sangat berpengaruh pada struktur logam serta kemampuan mekanik yang dapat dicapai oleh logam tersebut, berikut adalah beberapa media pendingin yang sering digunakan :

#### 1. Air Garam

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

Penelitian quenching dengan menggunakan air garam pernah dilakukan oleh seorang peneliti asal klaten, dengan menggunakan volume air sebesar

5 liter dengan variasi kandungan garam sebesar 0 sampai 30 %, menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan garam maka semakin tinggi juga tingkat kekerasan Sutiyoko (2014: 25-28).

Penelitian lainnya mengenai quenching menggunakan air garam. Penelitian tersebut menggunakan baja SC45 yang dipanaskan sampai temperatur 850°C kemudian pada temperatur 600°C dilakukan tempering selama 45 menit. Setelah dipanaskan baja SC45 kemudian dilakukan proses quenching Air garam dan pengujian yang dilakukan adalah pengujian tarik, kekerasan dan metallografi. . Pada media Air Garam didapatkan kekuatan tarik sebesar 855,05 N/mm<sup>2</sup>, pada kekuatan kekerasan sebesar 30,9 HRC dan memiliki struktur mikro yaitu Kristal ferrit dan fasa sementite yang halus. Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini yaitu semakin besar kandungan garam pada media pendingin maka akan semakin besar nilai kekerasan yang dihasilkan Kirono (2012: 36-47).

Kemudian penelitian selanjutnya dilakukan dengan menggunakan kandungan larutan garam 0-25% dari volume air yang digunakan, menggunakan baja SC45 dengan pengujian kekerasan metode Vickers. Didapatkan hasil kekerasan tertinggi pada kandungan garam sebesar 25% sebesar 665,5 VHN dan hasil terendah pada kandungan garam 1% sebesar 365,88 VHN bahkan lebih rendah dari hasil tanpa menggunakan kandungan garam. Yunaidi (2016: 34-42).

## 2. Air

Air memiliki massa jenis yang besar tapi lebih kecil dari air garam, kekentalannya rendah sama dengan air garam. Laju pendinginannya lebih lambat dari air garam. Air menghasilkan tingkat pendinginan mendekati tingkat maksimum. Keunggulan air sebagai media pendingin adalah murah, mudah tersedia, mudah dibuang dengan minimal polusi atau

bahaya kesehatan. Air juga efektif dalam menghilangkan *scaling* dari permukaan bagian baja yang di-*quenching*.

Oleh karena itu air sering digunakan sebagai media *quenching* karena tidak mengakibatkan distorsi berlebihan atau retak. Air banyak digunakan untuk pendinginan logam nonferrous, baja tahan karat austenitik, dan logam lainnya yang telah diperlakukan panas. Air sebagai media pendingin memiliki dua kelemahan. Kelemahan pertama yaitu tingkat pendinginan yang cepat pada suhu yang lebih rendah dimana distorsi dan retak lebih mungkin terjadi sehingga pendinginan air biasanya terbatas pada pendinginan sederhana. Kelemahan kedua menggunakan air biasa adalah menimbulkan lapisan/selimut uap sehingga dapat menyebabkan jebakan uap yang dapat menghasilkan kekerasan yang tidak rata dan distribusi tegangan yang tidak menguntungkan, menyebabkan distorsi atau bintik lembut. Pendinginan dengan air pada produk baja juga dapat menyebabkan karat sehingga penanganan harus cepat.

Umumnya, air akan memberikan kecepatan pendinginan seragam jika dipertahankan pada suhu 15 sampai 25°C (55-75°F) dan menghasilkan kecepatan lebih besar dari 0,25 m/s (50 ft/min).

Penelitian mengenai *quenching* air juga pernah dilakukan oleh seorang peneliti dari Lampung dimana hasil yang dihasilkan jika dibandingkan dengan raw material maka tingkat kekerasan logam yang telah mengalami proses *quenching* dengan media air mengalami peningkatan yang signifikan yaitu dari 43.06 HRC menjadi 59.45 HRC Restia (2013: 45-56).

Penelitian lainnya dengan menggunakan baja karbon rendah, baja dilakukan proses *quenching* dengan menggunakan variasi penahanan temperatur 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam. Maka didapatkan hasil pengujian kekerasan menggunakan metode Brinell sebesar 120,375 HRB

meningkat dari raw materialnya yaitu sebesar 77,6 HRB. Dapat disimpulkan bahwa quenching dapat meningkatkan kekuatan mekanis dari baja karbon rendah. Berhita (2014: 54-67).

### 3. Oli

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

Mengenai quenching dengan media oli juga sudah dilakukan salah satu penelitian yang dilakukan oleh seorang peneliti asal Palu dimana pada pendinginan media oli kekerasan logam mengalami peningkatan dari raw material yang memiliki nilai kekerasan 62,3 HRC setelah dilakukan pendinginan dengan media oli menjadi 63,7 HRC Bahtiar (2014: 455-463).

Penelitian lainnya dilakukan dengan menggunakan baja karbon sedang SNCM 447, dimana baja dipanaskan sampai suhu 900°C lalu dilakukan quenching dengan menggunakan media oli. Pengujian yang dilakukan adalah kekerasan dengan menggunakan metode Vickers dan didapatkan hasil nilai kekerasan dari baja SNCM 447 sebesar 504 VHN mengalami peningkatan yang signifikan dari raw material sebesar 216 VHN. Sehingga dapat disimpulkan pengaruh media oli dapat meningkatkan kekerasan baja SNCM 447 Sumiyanto (2012: 87-92).

## **E. Kekerasan**

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*), dalam hal ini bidang keilmuan yang berperan

penting mempelajarinya adalah Ilmu Bahan Teknik (*Metallurgy Engineering*). Kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan). Kekerasan merupakan ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi tekan. Deformasi yang terjadi dapat berupa kombinasi perilaku elastis dan plastis. Pada permukaan dari dua komponen yang saling bersinggungan dan bergerak satu terhadap lainnya akan terjadi deformasi elastis maupun plastis. Deformasi elastis kemungkinan terjadi pada permukaan yang keras, sedangkan deformasi plastis terjadi pada permukaan yang lebih lunak. Pengaruh deformasi bergantung pada kekerasan permukaan bahan (logam). Nilai kekerasan berkaitan dengan kekuatan luluh atau tarik logam, karena selama indentasi (penjejakan) logam mengalami deformasi sehingga terjadi regangan dengan persentase tertentu. Nilai kekerasan *Vickers* didefinisikan sama dengan beban dibagi luas jejak piramida (indentor) dalam  $\text{kg/mm}^2$  dan besarnya kurang lebih tiga kali besar tegangan luluh untuk logam-logam yang tidak mengalami pengerjaan pengerasan cukup berarti. Keras-lunak permukaan bahan logam di setiap lokasi penjejakan akan berbeda-beda karena faktor kehalusan permukaan, porositas, jenis perlakuan maupun perbedaan unsur-unsur paduan.

#### **F. Kekerasan Rockwell**

Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Rockwell merupakan suatu pengujian untuk mengetahui kekuatan kekerasan suatu logam dengan menggunakan indentor bola baja ataupun kerucut intan. Metode Rockwell adalah metode yang banyak digunakan di Amerika Serikat, hal ini dikarenakan karena sifat dari metode Rockwell yang memiliki sifat cepat, bebas dari kesalahan yang disebabkan oleh operator, dapat membedakan kekerasan yang kecil pada baja yang dilakukan proses pengerasan dan memiliki titik relative kecil sehingga tidak akan merusak logam.

Tabel 3. Skala Kekerasan Rockwell

<i>Scale</i>	<i>Indentor</i>	F0 (kgf)	F1 (kgf)	F (kgf)	E	Jenis Material Uji
A	<i>Diamond cone</i>	10	50	60	100	<i>Extremely hard materials, tugsen carbides dll</i>
B	<i>1/16" steel ball</i>	10	90	100	130	<i>Medium hard materials, low dan medium carbon steels, kuningan, perunggu dll</i>
C	<i>Diamond cone</i>	10	140	150	100	<i>Hardened steels, hardened and tempered alloys</i>
D	<i>Diamond cone</i>	10	90	100	100	<i>Annealed kuningan dan tembaga</i>
E	<i>1/8" steel ball</i>	10	90	100	130	<i>Beryllium copper, phosphor bronze dll</i>
F	<i>1/16" steel ball</i>	10	50	60	130	<i>Aluminium sheet</i>
G	<i>1/16" steel ball</i>	10	140	150	130	<i>Cast iron, aluminium alloys</i>
H	<i>1/8" steel ball</i>	10	50	60	130	<i>Plastik dan soft metals seperti timah</i>
K	<i>1/8" steel ball</i>	10	140	150	130	Sama dengan H scale
L	<i>1/4" steel ball</i>	10	50	60	130	Sama dengan H scale
M	<i>1/4" steel ball</i>	10	90	100	130	Sama dengan H scale
P	<i>1/4" steel ball</i>	10	140	150	130	Sama dengan H scale
R	<i>1/2" steel ball</i>	10	50	60	130	Sama dengan H scale
S	<i>1/2" steel ball</i>	10	90	100	130	Sama dengan H scale
V	<i>1/2" steel ball</i>	10	140	150	130	Sama dengan H scale

### G. Faktor yang Mempengaruhi Kekerasan

Adapun faktor yang mempengaruhi kekerasan adalah :

1. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan suatu bahan

Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang dimiliki baja. Penambahan kadar karbon sangat

mempengaruhi kekerasan, dimana dengan meningkatnya kadar karbon maka kekerasannya semakin meningkat pula.

## 2. Unsur Paduan

Unsur paduan logam juga berpengaruh dalam sifat kekerasan logam, beberapa jenis unsur dalam paduan logam adalah sebagai berikut:

### a. Karbon (C)

Pada baja karbon biasanya kekerasan dan kekuatannya meningkat sebanding dengan kekuatan karbonnya, tetapi keuletannya menurun dengan naiknya kadar karbon. Persentase kandungan karbon akan memberikan sifat lain pada baja karbon.

### b. *Mangan* (Mn)

*Mangan* berfungsi untuk memperbaiki kekuatan tariknya dan ketahanan ausnya. Unsur ini memberikan pengerjaan yang lebih mengkilap atau bersih dan menambah kekuatan dan ketahanan panas.

### c. *Silikon* (Si)

*Silikon* untuk memperbaiki homogenitas pada baja. Selain itu, dapat menaikkan tegangan tarik dan menurunkan kecepatan pendinginan kritis sehingga baja karbon lebih elastis dan cocok dijadikan sebagai bahan pembuat pegas.

### d. *Posfor* (P)

*Posfor* dalam baja dibutuhkan dalam persentase kecil yaitu maksimum 0,04 % yang berfungsi untuk mempertinggi kualitas serta daya tahan material terhadap korosi. Penambahan *posfor* dimaksudkan pula untuk memperoleh serpihan kecil-kecil pada saat permesinan.

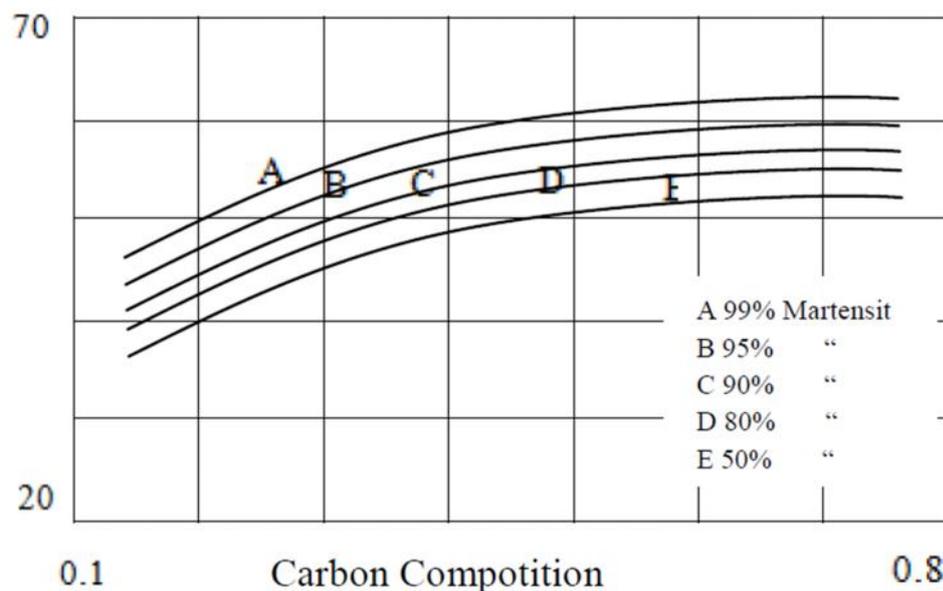
- e. Belerang (S)  
*Sulfur* dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat mampu mesin. Keuntungan sulfur pada temperatur biasa dapat memberikan ketahanan pada gesekan tinggi.
- f. *Khrom* (Cr)  
*Khrom* dengan karbon membentuk karbida dapat menambah ketahanan, menaikkan daya tahan korosi dan daya tahan terhadap keausan yang tinggi, keuletan berkurang.
- g. *Nikel* (Ni)  
Sebagai unsur paduan dalam baja konstruksi dan baja mesin, *nikel* memperbaiki kekuatan tarik, sifat tahan panas dan sifat magnetnya.
- h. *Molibden* (Mo)  
*Molibden* mengurangi kerapuhan pada baja karbon tinggi, menstabilkan karbida, serta memperbaiki kekuatan baja.
- i. *Titanium* (Ti)  
*Titanium* adalah logam yang lunak tetapi bila dipadukan dengan nikel dan karbon akan lebih kuat, tahan aus dan tahan korosi.
- j. *Wolfram/Tungsten* (W/T)  
Paduan ini dapat membentuk karbida yang stabil yang sangat keras, menahan suhu pelumasan dan mengembalikan perubahan bentuk/struktur secara perlahan-lahan (Husni, 2009).

## ***H. Hardenability***

Hardenability merupakan sifat suatu baja yang menggambarkan mudah tidaknya suatu baja untuk dikeraskan sehingga terjadi pembentukan martensit, agar mencapai kekerasan tertentu dengan keadaan tertentu. Kekerasan ini akan

dapat dicapai jika baja yang dikeraskan mencapai jumlah martensit tertentu yang dipengaruhi oleh laju pendinginan tertentu.

Dalam melakukan pengerasan yang bertujuan untuk membentuk martensit, hal yang harus diperlukan adalah pada saat pendinginan tercapai laju pendinginan kritis (CCR) maka kekerasan yang dapat terjadi pada dasarnya akan tergantung pada kadar karbon, unsur paduan dan ukuran butir pada baja tersebut. Jika laju pendinginan yang terjadi pada baja lebih lambat dari laju pendinginan kritis maka jumlah martensit yang terbentuk akan berkurang.



Gambar 3. Hubungan antara kadar karbon dengan persentase martensit terhadap kekerasan.

## I. Struktur Mikro

Struktur mikro merupakan butiran-butiran suatu benda logam yang sangat kecil dan tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga perlu menggunakan mikroskop optik atau mikroskop elektron untuk pemeriksaan butiran-butiran logam tersebut. Struktur material berkaitan dengan komposisi,

sifat ,sejarah dan kinerja pengolahan, sehingga dengan mempelajari struktur mikro akan memberikan informasi yang menghubungkan komposisi dan pengolahan sifat serta kinerjanya.

Analisis struktur mikro digunakan untuk menentukan apakah parameter struktur berada dalam spesifikasi tertentu dan didalam penelitian digunakan untuk menentukan perubahan-perubahan struktur mikro yang terjadi sebagai akibat komposisi atau perlakuan panas. Metalografi merupakan disiplin ilmu yang mempelajari karakteristik mikrostruktur suatu logam dan paduannya serta hubungannya dengan sifat-sifat logam dan paduannya tersebut. Ada beberapa metode yang dipakai yaitu: mikroskop (optik maupun elektron), difraksi ( sinar-X, elektron dan neutron), analisis (X-ray fluorensence, elektron mikroprobe) dan juga stereometric metalografi.

Analisa mikro adalah suatu analisa mengenai struktur logam melalui pembesaran dengan menggunakan mikroskop khusus metalografi. Dengan analisa mikro struktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisis sangat dipengaruhi oleh mikro struktur logam dan paduannya, disamping komposisi kimianya. Struktur mikro dari logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas ataupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji (USU Institutional Repository, 2011).

## **J. Perubahan fasa dari Austenite ke Martensite**

Pada laju pendingan yang sangat cepat dari temperature *austenite* ke temperature ruang, akan menyebabkan terjadinya transformasi fasa dari fasa austenite menjadi fasa martensite. Transformasi pembentukan martensit ini akan berakhir pada temperature di bawah nol celcius. Sehingga bila baja didinginkan dengan cepat sampai temperature ruang, masih terdapat sisa

austenite. Hal ini menyebabkan pengerasan baja menjadi tidak optimal. Austenit sisa tergantung pada kandungan karbon. Semakin tinggi kandungan karbon semakin besar pula kemungkinan terdapatnya *austenite* sisa.

Untuk dapat menghilangkan austenite sisa ini, maka dilakukan perlakuan yang disebut dengan *subzero treatment* yaitu pendinginan lanjut dibawah nol celcius. Dengan perlakuan ini semua austenite sisa dapat bertransformasi menjadi marenisit. Cara lain adalah dengan perlakuan panas *tempering* atau penemperan.

Pada pendinginan cepat tidak cukup waktu bagi karbon untuk berdifusi keluar dari larutan padat austenite, sehingga tranformasi terjadi dengan pergeseran atom-atom dari kisi kubus *pemusatan sisi, Face Centered Cubic, FCT*, menjadi *tetragonal pemusatan ruang yang lewat jenuh, Body Centered Tetragonal, BCT*. Transformasi geser atom ini menyebabkan kisi Kristal mengalami distorsi. Dua dimensi dari unit sel BCT mempunyai ukuran yang sama, sedangkan dimensi yang ketiga lebih besar.

Selama pergeseran, atom karbon yang tidak sempat berdifusi ini terperangkap pada posisi octahedral, sehingga parameter kisi c mengalami ekspansi lebih besar dibanding kisi a.

Austenit akan bertransformasi menjadi martensit pada temperatur di bawah temperature kristis  $M_s$ , Martensite Star. Temperatur  $M_s$  dipengaruhi oleh kandungan paduan yang terdapat dalam baja.

Struktur martensit untuk paduan besi-karbon mempunyai dua bentuk yaitu: *lath martensite* dan *plate martensite*. Struktur *lath martensite* terbentuk pada baja karbon rendah sampai sedang, atau baja dengan kandungan karbon kurang daripada 0,6 persen. Sedangkan *plate martensit* terbentuk pada baja karbon tinggi, atau baja dengan kandungan karbon lebih daripada 0,6 persen.

Perbedaan struktur martensit di bawah pengamatan mikroskop optic dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar 4. Struktur Mikro Lath Dan Plate Martensite

(<https://ardra.biz/sain-teknologi/metalurgi/perlakuan-panas-logam/pembentukan-martensite/> )

Nilai kekerasan *lath martensite* lebih rendah daripada *plate martensite*. Namun dengan kandungan karbon yang tinggi, *plate martensit* cenderung lebih getas atau rapuh dari baja dengan struktur *lath martensite*. Baja dengan struktur *plate martensite* banyak digunakan untuk aplikasi teknik seperti baja perkakas dan struktur karburisasi.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

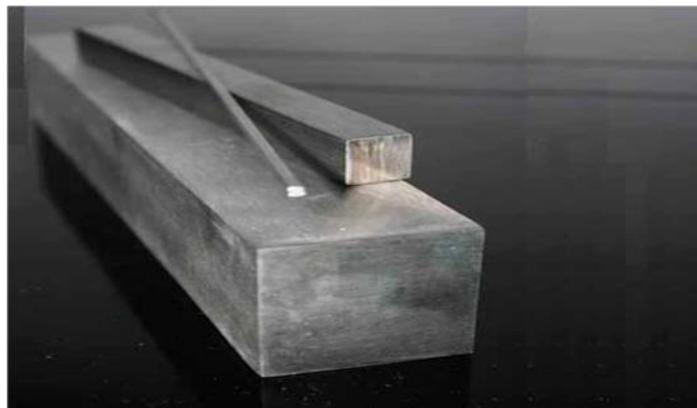
#### **A. Tempat dan Waktu**

Penelitian ini telah dilakukan di Laboratorium Material Teknik, Fakultas Teknik , Universitas Lampung dan dilaksanakan pada bulan juni 2017 dan di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

#### **B. Alat dan Bahan**

Adapun alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah

1. Baja AISI 1045



Gambar 5. Baja AISI 1045

Baja AISI 1045 merupakan baja karbon sedang. Baja AISI 1045 digunakan karena berdasarkan referensi dari penelitian sebelumnya dan baja ini juga pada penggunaannya sering digunakan untuk keperluan sehari-hari dan pada dunia industri baja ini digunakan untuk komponen dari alat – alat industri.

Adapun beberapa dimensi dari spesimen yang digunakan berupa

a. Dimensi spesimen uji kekerasan

Dimensi dari spesimen baja AISI 1045 yang digunakan adalah

- 1) Panjang = 3 cm
- 2) Lebar = 5 cm
- 3) Tinggi = 2 mm

b. Dimensi spesimen uji struktur mikro

Dimensi dari spesimen baja AISI 1045 yang digunakan adalah

- 1) Panjang = 1 cm
- 2) Lebar = 1 cm
- 3) Tinggi = 3 cm

## 2. Furnace



Gambar 6. Furnace

Furnace merupakan oven pemanas, pada penelitian ini digunakan untuk memanaskan spesimen baja AISI 1045 sampai temperatur  $850^{\circ}\text{C}$

## 3. Oli



Gambar 7. Oli

Oli digunakan sebagai media quenching. Volume Oli yang digunakan adalah sebesar 10 Liter.

#### 4. Air



Gambar 8. Air

Air digunakan sebagai variasi dari media quenching. Volume air yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 10 Liter.

## 5. Air Garam



Gambar 9. Air Garam

Air garam digunakan sebagai media pada proses quenching. Air garam yang digunakan memiliki kadar garam 25 % dari volume air yang dicampurkan.

## 6. Universal Hardness Tester



Gambar 10. Universal Hardness Tester

Universal Hardness tester merupakan alat uji kekerasan. Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell dimana dengan menggunakan diameter bola baja 1/16”.

#### 7. Alat uji Struktur Mikro



Gambar 11. Mikroskop Optik

Mikroskop optic digunakan untuk melihat struktur mikro pada baja AISI 1045. Pembesaran yang digunakan adalah 50x pembesaran.

## 8. Mesin Potong Logam



Gambar 12. Mesin Potong Logam

Mesin potong logam berfungsi untuk membentuk dimensi yang diinginkan dari bahan material yang digunakan.

## 9. Polisher Grindding machine



Gambar 13. Polisher Grindding Machine

Polisher Grindding Machine berfungsi sebagai mesing pengamplas atau digunakan untuk menghaluskan permukaan logam sebelum dilakukan pengujian kekerasan dan struktur mikro dari baja AISI 1045 yang digunakan.

#### 10. Amplas



Gambar 14. Amplas

Amplas berfungsi sebagai penghalus permukaan baja AISI 1045 agar permukaan menjadi halus dan bersih. Tingkatan amplas yang digunakan adalah 80, 120, 240, 320, 500, 1000 dan 1500.

## 11. Autosol



Gambar 15. Autosol

Autosol digunakan untuk mengkilapkan permukaan spesimen baja AISI 1045 sebelum dilakukan proses etsa

## 12. Etsa



Gambar 16. Larutan Etsa

Larutan etsa merupakan campuran antara ethanol dengan nitit acid dengan perbandingan 19 : 1. Berfungsi untuk membuka pori – pori baja AISI 1045 agar terlihat struktur mikro dari baja tersebut.

### **C. Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian memiliki beberapa tahapan dimana dimulai dari pembuatan spesimen uji, perlakuan terhadap spesimen, pengujian spesimen sampai pengambilan data pengujian. Adapun prosedur penelitian adalah

#### **1. Pembuatan Spesimen baja AISI 1045**

Adapun tahapan pembuatan dari spesimen baja AISI 1045 adalah

- a. Pemotongan bahan AISI 1045 dengan menggunakan mesin pemotong
- b. Potongan bahan harus sesuai dimensi yang diinginkan yaitu memiliki panjang 3cm , lebar 5cm, dan tinggi 2mm untuk pengujian kekerasan dan panjan 1 cm, lebar 1 cm dan tinggi 3 cm untuk pengujian Struktur Mikro.

#### **2. Perlakuan terhadap spesimen baja AISI 1045**

Adapun tahapan perlakuan adalah

- a. Menghidupkan furnace dan mengkalibrasi furnace dengan menggunakan termokopel agar tidak terjadi kesalahan temperatur.
- b. Baja AISI 1045 yang telah dipotong dipanaskan atau dimasukan kedalam furnace sampai suhu 850°C.
- c. Kemudian tahan baja pada suhu 850°C selama 25 menit.
- d. kemudian baja dilakukan proses quenching
- e. Masukan beberapa baja AISI 1045 ke media air

- f. Masukkan beberapa baja AISI 1045 ke media Oli
- g. Masukkan beberapa baja AISI 1045 ke media Air garam
- h. Angkat baja AISI 1045 lalu di keringkan

### 3. Pengujian Spesimen baja AISI 1045

Adapun tahapan pengujian adalah

- a. Pengujian Kekerasan metode Rockwell dengan Universal Hardness Tester

Adapun tahapan dari pengujian kekerasan adalah

- 1) Mengatur beban dari alat uji yaitu sebesar 980 N
- 2) Memasang indenter bola baja 1/16" pada alat uji, indenter bola baja 1/16" digunakan karena pengujian menggunakan skala merah
- 3) Meletakkan spesimen baja AISI 1045 pada meja uji dari alat
- 4) Kemudian mengatur handle alat uji hingga indenter menyentuh permukaan spesimen
- 5) Mengkalibrasi alat uji ke titik nol
- 6) Putar handle hingga jarum dari skala minor menunjukkan angka 3
- 7) Kemudian tarik tuas beban, tunggu hingga 10 detik
- 8) Tarik kembali tuas beban
- 9) Kemudian baca nilai kekerasan yang dihasilkan dan catat
- 10) Turunkan handle landasan hingga indenter tidak lagi menyentuh spesimen
- 11) Ulangi langkah dengan titik yang berbeda

b. Pengujian Struktur Mikro

Adapun tahapan pengujian Struktur Mikro adalah

- 1) Menyiapkan cetakan untuk proses mounting
- 2) Meletakkan spesimen baja AISI 1045 pada cetakan
- 3) Menuangkan cairan resin polyster yang telah dicampur dengan katalis pada cetakan spesimen, tunggu sampai kering dan mengeras sempurna
- 4) Mengeluarkan spesimen dari cetakan
- 5) Menghaluskan permukaan spesimen baja AISI 1045 dengan polisher grinding machine dengan tingkatan amplas 80, 120, 240, 320, 500, 1000 dan 1500.
- 6) Menggosok permukaan yang telah dihaluskan dengan autoshol sampai permukaan benar – benar mengkilap
- 7) Mencilupkan permukaan spesimen yang telah mengkilap ke larutan etsa ( ethanol dan nitrit acid dengan perbandingan 19 : 1 )
- 8) Mengamati struktur mikro dari permukaan spesimen baja AISI 1045 dengan menggunakan mikroskop optic.

#### 4. Pengambilan data

Adapun data yang diperlukan adalah

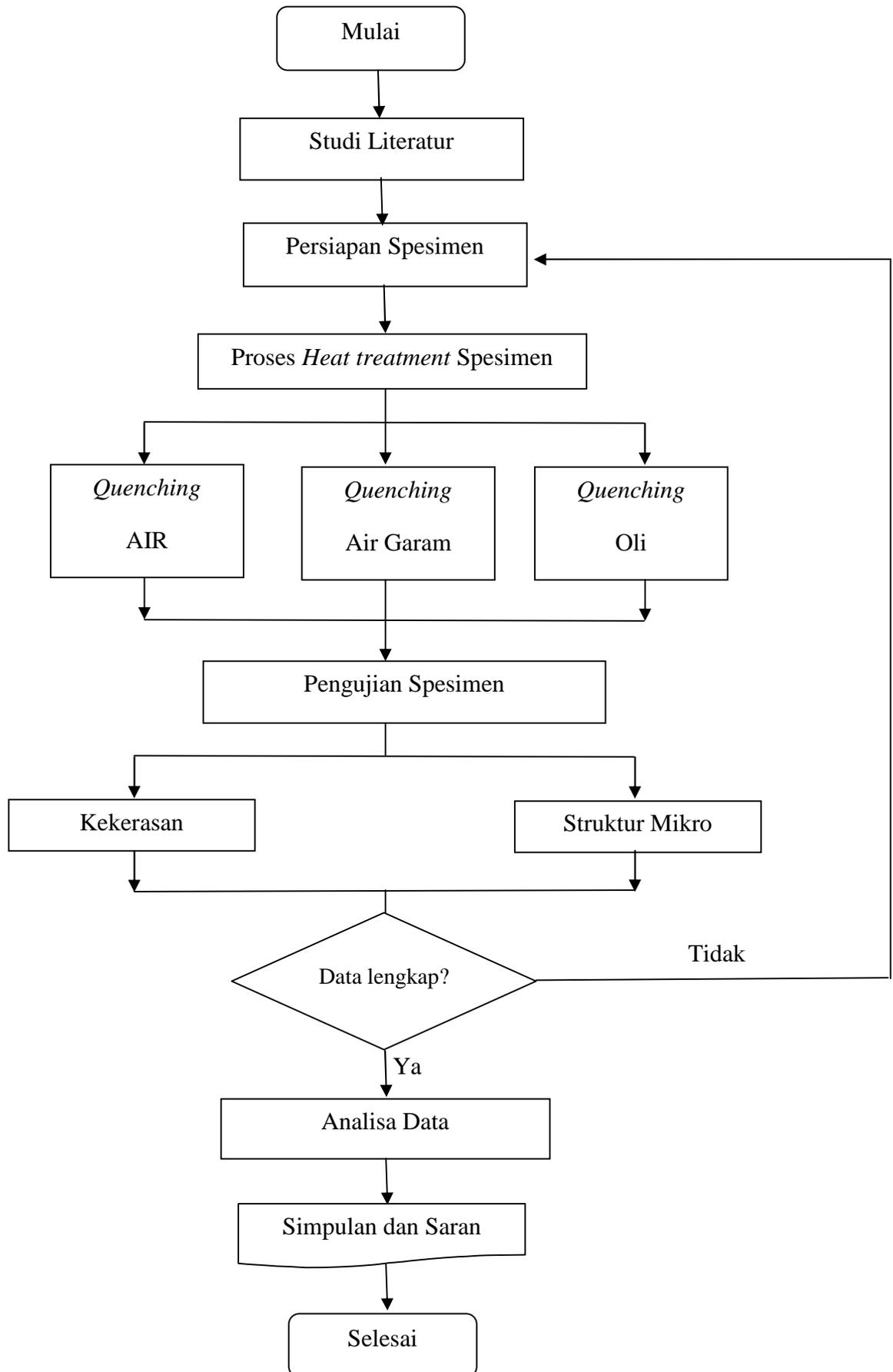
##### a. Data Hasil Uji Kekerasan

PENGUJIAN KEKERASAN									
JENIS MEDIA	SPESIMEN 1			SPESIMEN 2			SPESIMEN 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
AIR									
OLI									
AIR GARAM									

##### b. Data Hasil Uji Struktur Mikro

Jenis Media	StrukturMikro
Air	
Oli	
Air Garam	

#### D. Diagram Alur Pengambilan Data



## V. SIMPULAN DAN SARAN

### A. Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapat pada penelitian mengenai pengaruh media pendingin pada proses quenching terhadap kekerasan dan struktur mikro Baja AISI 1045 adalah

1. Proses *heat treatment quenching* dengan berbagai media pendingin dapat meningkatkan nilai kekerasan baja AISI 1045.
2. Terjadi peningkatan nilai kekerasan yang dihasilkan dari proses *quenching* dengan berbagai media pendingin jika dibandingkan dengan baja AISI 1045 tanpa perlakuan. Baja AISI 1045 tanpa perlakuan memiliki nilai sebesar 62,33 HRB. Baja AISI 1045 hasil Quenching media oli memiliki nilai kekerasan sebesar 73,66 HRB (meningkat 18% dibandingkan baja AISI 1045 tanpa perlakuan). baja AISI 1045 hasil Quenching media air memiliki nilai kekerasan 85,77 HRB (meningkat 37,6% dibandingkan baja AISI 1045 tanpa perlakuan). Dan Baja AISI 1045 hasil Quenching media Air Garam memiliki nilai kekerasan 90,06 HRB (meningkat 44,48% dibandingkan baja AISI 1045 tanpa perlakuan).
3. Laju pendinginan mempengaruhi kekerasan baja AISI 1045 karena semakin cepat laju pendinginan suatu baja maka martensite yang terbentuk juga berpotensi semakin banyak.

## B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan adalah

1. Proses *heat treatment* memerlukan kehati-hatian dan ketelitian yang tinggi untuk menghasilkan hasil yang maksimal agar kekuatan mekanik material dapat terbentuk secara sempurna.
2. Diperlukannya pengujian mekanik lain agar mengetahui nilai-nilai kekuatan mekanik lain dari baja AISI 1045 yang dilakukan proses *quenching* dengan berbagai media pendingin.
3. Sebelum melakukan proses *quenching* diharuskan melakukan pengujian komposisi untuk menentukan temperatur yang tepat pada saat proses *quenching*.
4. Pengujian kekerasan harus melihat table uji kekerasan untuk menentukan pengujian mana yang tepat berdasarkan baja atau logam yang digunakan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi. 2011. Sejarah Baja dan Baja Ringan. Dapat di akses pada <http://www.ilmusipil.com> diakses pada tanggal 20 januari 2017.
- Anggi, Awal. 2012. Proses Pembuatan Baja Karbon. Dapat diakses pada <http://tsffarmasiunsoed2012.wordpress.com> diakses pada tanggal 20 januari 2017.
- Aziz, Pistoni. 2012. SINTEK Vol. 5 No. 2. Hal 36–47. Jakarta
- Bahtiar. 2014. Jurnal Mekanikal Vol. 5 No. 1 : Januari 2014. Hal : 455-463. Palu.
- Berhitu, Pieter. 2014. Jurnal Ilmu-ilmu Teknik dan Sains. Vol. 11. No. 1. April 2014. Hal: 54-67. Ambon.
- Husni. 2009. Uji Kekerasan. Dapat di akses pada <http://belajarmetalurgi.blogspot.co.id> diakses pada tanggal 23 Januari 2017.
- Kirono, Sasi. 2012. SINTEK. Vol. 5. No. 1. Hal 36-47. Jakarta.
- Martiono, Arif. 2012. Jurnal e-Dinamis, Vol. 2, No. 2, September 2012. Hal: 42-45. Sumatra Utara.
- Purnomo, Agus. 2011. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin CakraM. Vol. 5. No. 1. April 2011. Hal 32–38. Banten.
- Purwanto, H. 2011. Momentum. Vol. 7. No. 1. April 2011. Hal 36–40. Semarang.
- Restia, Dina. 2014. Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika. Vol. 02, No. 01 Januari 2014. Hal: 45-56. Lampung.
- Sumiyanto. 2012. Naskah Jurnal UPN. Vol. 2. No. 1. Hal: 87-92. Jakarta.
- Sutiyoko. 2014. Jurnal Foundry. Vol. 4. No. 1. April 2014. Hal 25–28. Klaten.
- USU. 2011. Repository USU. Dapat di akses pada <http://repository.usu.ac.id> di akses pada tanggal 23 januari 2017.
- Yunaidi. 2016. Jurnal Mekanika dan Sistem Termal. Vol. 1. No. 3. Desember 2016. Yogyakarta.