

**ANALISA PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP STRUKTUR
MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADA BAJA ST 60**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Strata Satu (S-1)

Pada Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik

Universitas HKBP Nommensen Medan

Oleh:

WANY CHYTRA MANURUNG

19320025



Disetujui oleh,

Pembimbing I,

[Signature]
Dr.Parullian Siagian, ST.MT

NIDN : 020096805

Pembimbing II,

[Signature]
Wilson Sabastian Nababan, ST.MT

NIDN : 0116099104

Penguji I,

[Signature]
Dr.Richard A.M Napitupulu, ST.MT

NIDN : 0126087301

Penguji II,

[Signature]
Ir. Suriady Sihombing, MT

NIDN : 0130016401

Fakultas Teknik

Medan,

[Signature]
Yetty Riris Rotoi Saragi, ST.MT.IPU

NIDN : 0103017501

Program Studi TeknikMesin

Kotua,

[Signature]
Ir. Suriady Sihombing, MT

NIDN : 0130016401

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bidang industri yang memproduksi berbagai macam kebutuhan manusia sedang berkembang pesat. Permintaan pasar yang sangat tinggi mendorong bidang industri untuk meningkatkan produktifitas perusahaan. Komponen mesin produksi berbahan dasar logam besi dipilih untuk menunjang produktifitas. Dalam industri besar komponen mesin diambil dari bahan yang memiliki kualitas yang baik dan tersertifikasi sehingga terjamin kualitas dan ketahanannya. Dalam industri kecil biasanya menggunakan proses perlakuan panas (*heat treatment*) untuk meningkatkan kekuatan, kualitas, dan ketahanan masa pakai komponen mesin tersebut. Perlakuan panas adalah suatu perlakuan yang diberikan pada suatu bahan dengan tujuan agar diperoleh sifat sifat yang diinginkan.

Pada penelitian ini baja yang digunakan adalah baja ST 60, baja ini tergolong baja karbon sedang yang mempunyai kandungan karbon 0,48%. Karena kandungan karbonnya yang sedang, baja ini memiliki kemudahan untuk dikerjakan dengan menggunakan bermacam macam peralatan pemesian ataupun menggunakan perkakas yang mampu untuk dibentuk sesuai keinginan dan kebutuhan. Berkaitan dengan pemilihan material, baja ST 60 adalah baja yang sering digunakan pada *as propeller*, transmisi gardan pada mobil dan kontruksi bangunan kapal, karena memiliki sifat pengerjaan dan kekuatan yang baik. Pada baja tersebut sering juga terjadi kegagalan mekanis salah satunya yaitu beban kejut. Faktor yang menyebabkan beban kejut tersebut adalah pemakaian yang dilakukan terus menerus sehingga terjadi patahan. Untuk meminimalkan kegagalan tersebut maka diperlukan proses *heat treatment* pada baja tersebut. Pada proses tersebut dilakukan untuk merubah struktur menjadi sifat yang diinginkan, dengan memanaskan baja tersebut hingga suhu austenit dan ditahan dengan jangka waktu yang ditentukan kemudian dilakukan proses *quenching*, pada proses ini struktur baja bisa membentuk sturktur yang diinginkan seperti terbentuknya fasa martensit yang sifatnya keras tapi getas, fasa ferit yang memiliki sifat lunak tapi ulet, fasa perlit yang memiliki sifat ketahanan yang baik

walaupun tidak seulet ferit dan tidak sekeras martensit (Untuk membentuk fasa maka diperlukan proses quenching (Abdillah halim, 2021). Proses *quenching* adalah proses pendinginan cepat, yaitu dilakukan dengan cara mencelupkan baja pada media pendingin. Media pendingin yang digunakan adalah pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50% dan *long life coolant* Prestone. Dengan melakukan variasi media pendingin diharapkan dapat memperoleh perbandingan nilai kekerasan pada masing-masing variasi pada material baja ST 60.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah mengetahui pengaruh media pendingin pada proses *heat treatment* baja ST 60 terhadap struktur mikro dan sifat mekanik.

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis membatasi masalah pada

1. Material yang digunakan adalah Baja ST 60.
2. Material dipanaskan pada temperatur 980° dan waktu penahanan selama 25 menit.
3. Media pendingin pada penelitian ini menggunakan pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50%, dan *long life coolant* Prestone.
4. Identifikasi perubahan dan perbandingan sifat fisis berupa struktur mikro sedangkan mekanis nilai kekerasan dari spesimen yang diambil dari masing-masing media pendingin.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui nilai kekerasan spesimen baja ST 60 setelah *heat treatment* dengan media pendingin pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50%, dan *long life coolant* Prestone.

2. Mengetahui struktur mikro dari spesimen baja ST 60 sebelum dilakukan *heat treatment* dan setelah *heat treatment* dengan media pendingin pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50%, dan *long life coolant* Prestone.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai referensi mata kuliah Metalurgi Fisik di Prodi Teknik Mesin Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Hasil penelitian ini diharapkan juga dapat menjadi bahan penelitian untuk penelitian lanjutan mengenai permasalahan yang sejenis.

1.6 Metode Penelitian

Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Menggunakan metode *quenching* yang terdiri dari 2 tahap yaitu proses pemanasan dan proses pendinginan.
2. Metode uji kekerasan untuk mendapatkan nilai kekerasan spesimennya.

1.7 Sistem Penulisan

Sistematika penulisan ini dibagi menjadi beberapa bab dengan garis besar tiap mulai dari:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas secara umum tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematik penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisikan teori-teori mengenai baja, *heat treatment* dan jenisnya, *quenching*, media pendingin, sifat mekanik dan struktur mikro yang berkaitan dengan pokok permasalahan dan metode yang digunakan untuk menganalisa penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Berisi metode penelitian yang digunakan dalam penelitian, waktu dan tempat penelitian, alat dan spesimen penelitian dan prosedur penelitian.

BAB IV ANALISIS DATA

Membahas tentang analisis data dari hasil penelitian sehingga didapatkan suatu kesimpulan dari hasil penelitian.

BAB V PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan yang akan didapat dari analisis data hasil pengujian tersebut.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja merupakan salah satu bahan konstruksi yang paling penting. Sifat-sifatnya yang paling penting dalam penggunaan konstruksi adalah kekuatan, ketangguhan dan keuletan yang baik dibandingkan terhadap bahan-bahan lain yang tersedia. Pertimbangan-pertimbangan lainnya dalam penggunaan baja termasuk kemudahan penyediaannya secara luas dan daya tahannya (*durability*).

2.1.1 Pengertian Baja

Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0.2% hingga 2.1% berat sesuai tingkatannya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (*manganese*), krom (*chromium*), vanadium, dan nikel. Dengan memvariasikan kandungan karbon dan unsur paduan lainnya berbagai jenis kualitas baja bisa didapatkan. Penambahan kandungan karbon pada baja dapat meningkatkan kekerasan (*hardness*) dan kekuatan tariknya (*tensile strength*), namun di sisi lain membuatnya menjadi getas (*brittle*) serta menurunkan keuletannya (*ductility*). Pengaruh utama dari kandungan karbon dalam baja adalah pada kekuatan, kekerasan, dan sifat mudah dibentuk. Kandungan karbon yang besar dalam baja mengakibatkan meningkatnya kekerasan tetapi baja tersebut akan rapuh dan tidak mudah dibentuk [Davis, 1982].

2.1.2 Klasifikasi Baja

Menurut ASM *handbook* vol.1:329 (1993), baja dapat diklasifikasikan berdasarkan komposisi kimianya seperti kadar karbon dan paduan yang digunakan. Adapun klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimianya adalah sebagai berikut:

2.1.2.1 Baja karbon

Baja karbon adalah paduan antara besi dan karbon dengan sedikit Si, Mn, P, S, dan Cu. Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon, bila kadar karbon naik maka kekuatan dan kekerasan juga akan bertambah tinggi. Karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya [Wiryosumarto, 2004].

a. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah memiliki kandungan karbon dibawah 0,3%. Baja karbon rendah sering disebut dengan baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas. Jenis baja yang umum dan banyak digunakan adalah jenis *cold roll steel* dengan kandungan karbon 0,08% – 0,30% yang biasa digunakan untuk body kendaraan. [Sack, 1997]

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,30% - 0,60%. Baja karbon sedang mempunyai kekuatan yang lebih dari baja karbon rendah dan mempunyai kualitas perlakuan panas yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan (*diquenching*) dengan baik. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lain-lain.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi memiliki kandungan karbon paling tinggi jika dibandingkan dengan baja karbon yang lain yakni 0,60% - 1,7% C dan memiliki tahanan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dan kabel baja.

2.1.2.2 Baja paduan

Menurut [Amanto, 1999], baja paduan didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, molibdenum, kromium, vanadium dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan

keuletannya. Paduan dari beberapa unsur yang berbeda memberikan sifat khas dari baja. Misalnya baja yang dipadu dengan Ni dan Cr akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan ulet. Berdasarkan kadar paduannya baja paduan dibagi menjadi tiga macam yaitu:

a. 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. Memiliki kadar karbon sama seperti baja karbon, tetapi ada sedikit unsur paduan. Dengan penambahan unsur paduan, kekuatan dapat dinaikkan tanpa mengurangi keuletannya, kekuatan fatik, daya tahan terhadap korosi, aus dan panas. Aplikasinya banyak digunakan pada kapal, jembatan, roda kereta api, ketel uap, tangki gas, pipa gas dan sebagainya.

b. 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.

c. 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. Contohnya baja tahan karat, baja perkakas dan baja mangan. Aplikasinya digunakan pada bearing, bejana tekan, baja pegas, *cutting tools*, *frog* rel kereta api dan lain sebagainya.

Pada umumnya, baja paduan mempunyai sifat yang unggul dibandingkan dengan baja karbon biasa diantaranya:

1. Keuletan yang tinggi tanpa pengurangan kekuatan tarik.
2. Tahan terhadap korosi dan keausan yang tergantung pada jenis paduannya
3. Tahan terhadap perubahan suhu, ini berarti bahwa sifat fisisnya tidak banyak berubah.
4. Memiliki butiran yang halus dan homogen.

Pengaruh unsur unsur paduan dalam baja adalah sebagai berikut:

1. Unsur karbon (C)

Karbon merupakan unsur terpenting yang dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1% - 1,7%, sedangkan unsur lainnya dibatasi sesuai dengan kegunaan baja. Unsur paduan yang bercampur di dalam lapisan baja adalah untuk membuat baja bereaksi terhadap pengerjaan panas dan menghasilkan sifat-sifat yang khusus. Karbon dalam baja dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasan tetapi jika berlebihan akan menurunkan ketangguhan.

2. Unsur Mangan (Mn)

Semua baja mengandung mangan karena sangat dibutuhkan dalam proses pembuatan baja. Kandungan mangan kurang lebih 0,6% tidak mempengaruhi sifat baja, dengan kata lain mangan tidak memberikan pengaruh besar pada struktur baja dalam jumlah yang rendah. Penambahan unsur mangan dalam baja dapat menaikkan kuat tarik tanpa mengurangi atau sedikit mengurangi regangan, sehingga baja dengan penambahan mangan memiliki sifat kuat dan ulet.

3. Unsur Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan kandungan lebih dari 0,4% yang mempunyai pengaruh untuk menaikkan tegangan tarik dan menurunkan laju pendinginan kritis. Silikon dalam baja dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, kekenyalan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap panas dan karat. Unsur silikon menyebabkan sementit tidak stabil, sehingga memisahkan dan membentuk grafit. Unsur silikon juga merupakan pembentuk ferit, tetapi bukan pembentuk karbida, silikon juga cenderung membentuk partikel oksida sehingga memperbanyak pengintian kristal dan mengurangi pertumbuhan akibatnya struktur butir semakin halus.

4. Unsur Nikel (Ni)

Nikel mempunyai pengaruh yang sama seperti mangan, yaitu memperbaiki kekuatan tarik dan menaikkan sifat ulet, tahan panas, jika pada baja paduan terdapat unsur nikel sekitar 25% maka baja dapat tahan terhadap korosi. Unsur nikel yang bertindak sebagai tahan karat (korosi) disebabkan nikel bertindak sebagai lapisan penghalang yang melindungi permukaan baja.

5. Unsur Kromium (Cr)

Sifat unsur kromium dapat menurunkan laju pendinginan kritis. Penambahan kromium pada baja menghasilkan struktur yang lebih halus dan membuat sifat baja dikeraskan lebih baik karena kromium dan karbon dapat membentuk karbida. Kromium dapat menambah kekuatan tarik dan keplastisan serta berguna juga dalam membentuk lapisan pasif untuk melindungi baja dari korosi serta tahan terhadap suhu tinggi.

2.2 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

2.2.1 Pengertian Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) adalah suatu proses mengubah sifat logam dengan cara mengubah struktur mikro melalui proses pemanasan dan pengaturan kecepatan pendinginan dengan atau tanpa menambah unsur paduan pada logam yang bersangkutan. Perubahan sifat logam akibat proses perlakuan panas dapat mencakup keseluruhan bagian dari logam atau hanya sebagian dari logam.

Perlakuan panas merupakan proses pemanasan yang dilakukan dengan cara menaikkan temperatur logam di atas temperatur kritisnya yaitu dimana mulai terjadinya transformasi struktur dari fasa ferit (α) menjadi fasa austenit (γ). Kemudian logam ditahan pada temperatur tersebut untuk waktu tertentu dan dilanjutkan dengan media pendinginan tertentu, semua rangkaian perlakuan panas dilakukan secara terkontrol.

2.2.2 Klasifikasi Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas pada baja diklasifikasikan menjadi:

1. Perlakuan Panas Termal (*Thermal Treatment*).
2. Perlakuan Panas Termokimia (*Thermochemical Treatment*).
3. Perlakuan Panas Termomekanik (*Thermomechanical Treatment*).
4. Perlakuan Inovatif Permukaan (*Innovative Surface Treatment*).

2.2.3 Tujuan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Proses pengerjaan yang dilakukan bertujuan untuk merubah sifat dan struktur logam menjadi sifat yang diinginkan, seperti:

1. Homogenisasi (*homogenizing*)
2. Normalisasi (*normalizing*)
3. Penganilan (*annealing*)
4. Pengerasan (*Hardening*)
5. Karburisasi (*Carburizing*)
6. Temper (*tempering*)

2.2.4 Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Didalam proses *heat treatment* ada beberapa faktor yang menentukan berhasil atau tidaknya hasil yang diharapkan dalam pelaksanaan proses tersebut antara lain:

1. Temperatur pemanasan.
2. Laju pemanasan.
3. Laju pendinginan.
4. Waktu penahanan (*holding time*).
5. Media pendinginan yang digunakan.

Faktor-faktor tersebut diatas telah diterapkan dalam spesifikasi sehingga untuk material yang berbeda jenis maupun karakteristik yang diharapkan terdapat perbedaan melalui masing-masing tahap tersebut.

2.2.5 Jenis-jenis Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Ada beberapa proses *heat treatment* yang dapat dilakukan, Masing-masing bertujuan untuk mendapatkan sifat-sifat mekanis logam yang diharapkan. Jenis-jenis proses *heat treatment* adalah sebagai berikut:

2.2.5.1 Proses Annealing

Merupakan proses pemanasan sampai diatas suhu transformasi (723°C), kemudian didinginkan secara bertahap. Proses ini menghasilkan ferit dan perlit yang lunak sehingga logam menjadi lunak. *Annealing* dilakukan pada bahan-bahan yang telah mengalami *cold working* dan *hot working*, pada baja karbon rendah atau kabel-kabel baja untuk menghilangkan tegangan dalam dan perlunakan bahan. Lamanya pemanasan dalam proses *annealing* atau *holding time* sangat berpengaruh terhadap hasil akhir dari proses tersebut semakin lama waktu tahan yang dilakukan maka perubahan-perubahan yang terjadi pada struktur-struktur logam akan lebih merata diseluruh bagian.

Tujuan dari annealing ialah untuk:

1. Memperbaiki keuletan.
2. Memperhalus ukuran butir.
3. Menghilangkan tegangan dalam.
4. Menyiapkan struktur baja untuk proses perlakuan panas.

2.2.5.2 Proses *Normalizing* (Normalisasi)

Normalizing adalah proses perlakuan panas terhadap baja dengan tujuan mendapatkan struktur, butiran yang halus dan seragam untuk menghilangkan tegangan dalam akibat pengerjaan dengan mesin.

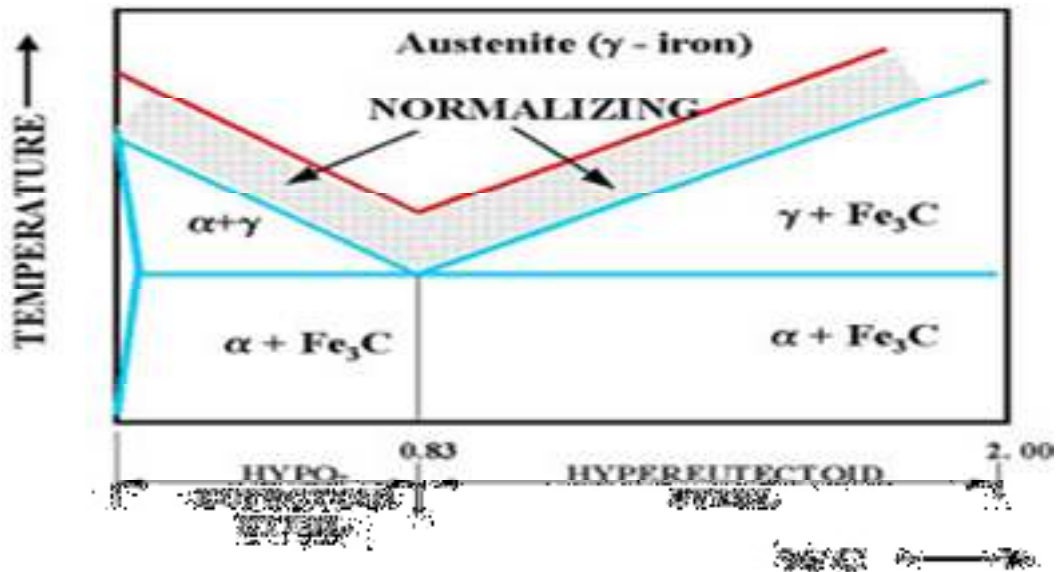
Tujuan dari normalizing adalah:

1. Untuk memperhalus butir.
2. Memperbaiki mampu mesin.
3. Menghilangkan tegangan sisa.
4. Memperbaiki sifat mekanik baja karbon structural dan baja-baja paduan rendah.

Manfaat dari proses *normalizing* antara lain;

1. Menghilangkan struktur yang berbutir kasar yang diperoleh dari proses pengerjaan yang sebelumnya di alami oleh baja.
2. Mengeliminasi struktur yang kasar yang diperoleh dari akibat pendinginan yang lambat pada proses *annealing*.

3. Menghaluskan ukuran ferit dan perlit.
4. Memodifikasi dan menghaluskan struktur *cor dendritic*.
5. Penormalan dapat mencegah distorsi dan memperbaiki mampu mesin mesin baja paduan yang dikarbonasi karena temperature penormalan lebih tinggi dari temperature pengkarbonan.
6. Penormalan dapat memperbaiki sifat-sifat mekanik.

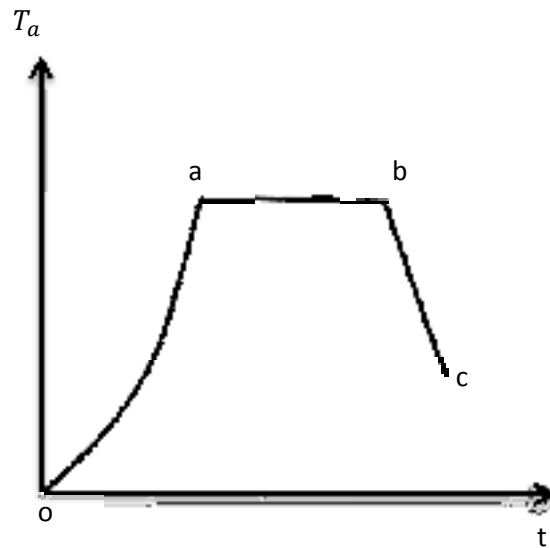


Gambar 2.1 Temperatur *normalizing* untuk besi *hypoeutectoid* dan *hypereutectoid*.

2.2.5.3 Proses *Hardening* (Pengerasan)

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami logam dengan cara merubah fasanya, pada prosesnya ada beberapa hal yang harus diperhatikan yaitu: temperature *austenite*, *holding time*, dan media pendingin. Kekerasan yang didapat dari proses *hardening* bergantung pada persentase kandungan karbon, temperatur *austenite* dan jenis media pendingin. Persentase karbon mempengaruhi kekerasan dari logam, temperatur *austenite* mempengaruhi banyaknya karbida yang dilarutkan untuk menghasilkan struktur akhir yang lebih keras dan *holding time* untuk memastikan bahwa seluruh bagian logam yang diberi perlakuan panas sudah mencapai

temperature *austenite* (homogen). Proses *tempering* bertujuan untuk mengurangi konsentrasi tekanan tinggi yang disebabkan oleh pembentukan martensit.



Gambar 2.2 Diagram suhu waktu untuk proses *hardening*.

Dimana:

o-a = Pemanasan

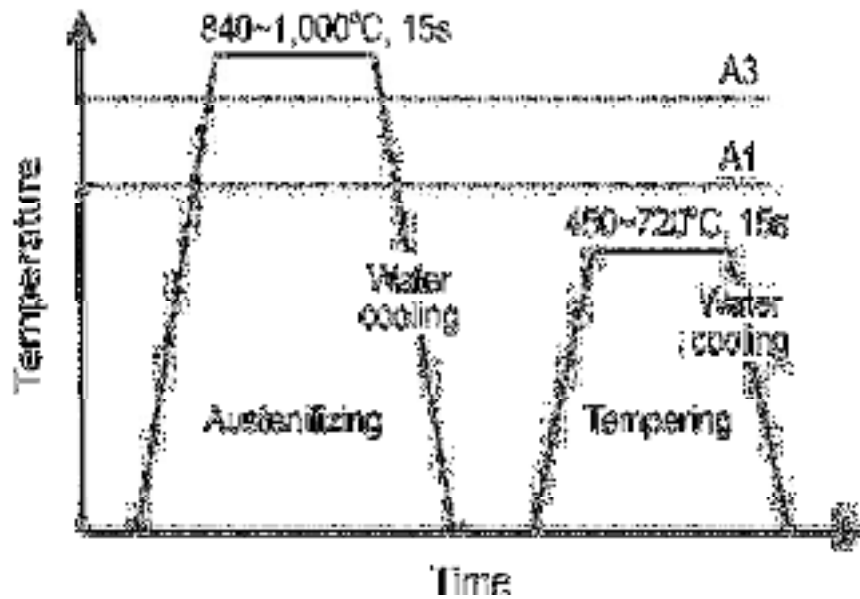
T_a = Temperatur pemanasan

a-b = Holding time

b-c = Pendinginan

2.2.5.4 Proses Tempering

Tempering adalah suatu perlakuan untuk menghilangkan tegangan dalam menguatkan logam dari kerapuhan. *Tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur *tempering* atau dibawah suhu kritis, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Logam yang telah dikeraskan memiliki sifat yang rapuh, melalui proses *tempering* kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan dan kekuatan Tarik akan turun sedangkan keuletan dan ketangguhan logam akan meningkat. *Tempering* bertujuan untuk meningkatkan ketangguhan serta menurunkan kekerasan serta mempertinggi keuletan.



Gambar 2.3 Diagram *Tempering*

Menurut tujuannya proses tempering dibedakan sebagai berikut:

1. *Tempering* suhu rendah ($100^{\circ}\text{C} - 200^{\circ}\text{C}$)

Tempering ini hanya bertujuan untuk mengurangi tegangan-tegangan dalam baja akibat pendinginan cepat. Proses ini digunakan untuk alat-alat kerja yang tidak mengalami beban berat, seperti: alat-alat potong, mata bor yang dipakai untuk kaca dan lain-lain.

2. *Tempering* suhu menengah ($200^{\circ}\text{C} - 450^{\circ}\text{C}$)

Tempering pada suhu sedang bertujuan untuk meningkatkan keuletan dan menurunkan sedikit kekerasannya. Biasa digunakan pada alat-alat kerja yang menerima beban berat, seperti: palu, pahat, pegas dan lain-lain.

3. *Tempering* suhu tinggi ($450^{\circ}\text{C} - 650^{\circ}\text{C}$)

Tempering suhu tinggi bertujuan memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasannya menjadi agak rendah misalnya pada roda gigi, poros batang penggerak dan sebagainya.

2.2.5.5 Proses Carburizing

Carburizing atau dapat disebut karburisasi adalah cara pengerasan permukaan dengan memanaskan logam (baja) di atas suhu kritis dalam lingkungan yang mengandung karbon. Baja pada suhu sekitar suhu kritis mempunyai afinitas terhadap karbon. Karbon berdifusi ke dalam logam membentuk senyawa Fe_3C (*cementit*) pada lapisan luar memiliki kadar karbon yang tinggi. Bila cukup waktu, atom karbon akan mempunyai kesempatan untuk berdifusi ke bagian-bagian sebelah dalam. Tebal lapisan tergantung dari waktu dan suhu yang digunakan. Berdasarkan media yang memberikan karbon, menurut [Doan, G.E. (1952)]

Secara umum ada tiga macam metode dalam proses *carburizing* yaitu:

1. karburisasi padat (*solid carburizing*) adalah adalah suatu cara karburisasi yang menggunakan bahan karbon berbentuk padat.
2. karburisasi cair (*liquid carburizing*), adalah suatu cara karburisasi dengan menggunakan bahan karbon berbentuk cair.
3. karburisasi gas (*gas carburizing*) adalah suatu cara karburisasi dengan menggunakan bahan karbon berbentuk gas.

2.2.5.6 Proses *Holding time* (waktu penahanan)

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur austenitnya homogen atau terjadi kelarutan karbida kedalam austenit dan diffusi karbon dan unsur paduannya (Koswara,1999:134).

Menurut (Djafrie, 1985) Pedoman untuk melakukan *holding time* dari berbagai jenis baja:

1. Baja konstruksi dari baja karbon dan baja paduan rendah Yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai temperature pemanasannya dianggap sudah memadai.

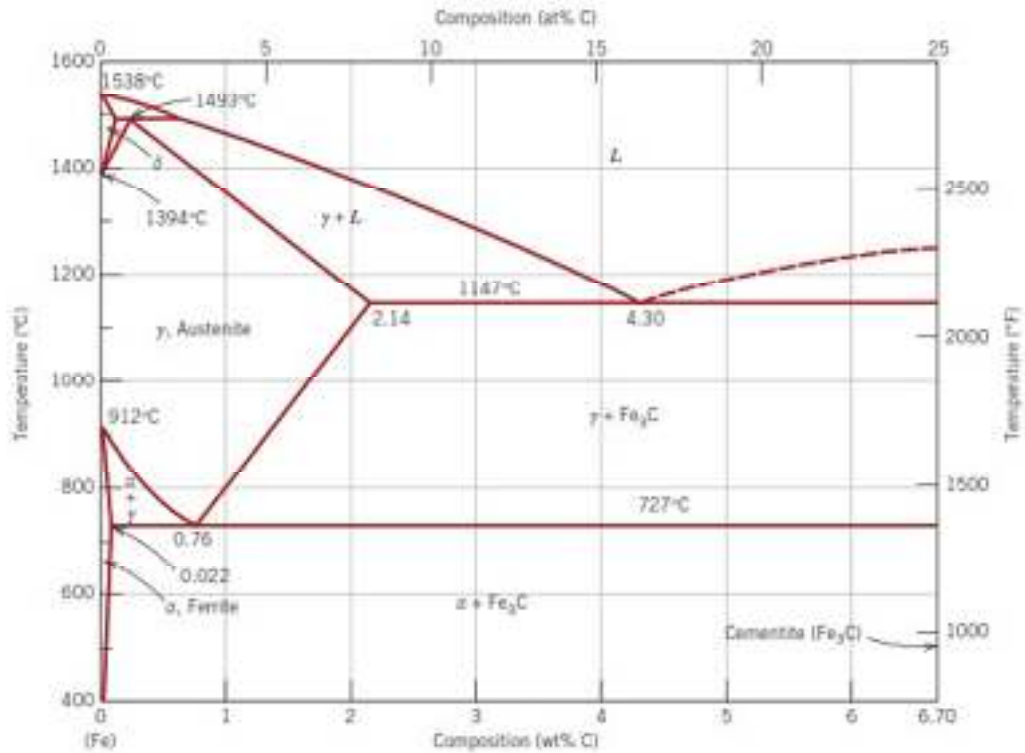
2. Baja konstruksi dari baja paduan menengah Dianjurkan menggunakan *holding time* 15 – 25 menit setelah mencapai temperature pemanasannya yang dianggap sudah memadai, tidak tergantung pada ukuran benda kerja.
3. Baja konstruksi dari baja paduan tinggi dianjurkan menggunakan *holding time* 25 – 35 menit setelah mencapai temperature pemanasannya yang dianggap sudah memadai, tidak tergantung pada ukuran benda kerja.

2.3 Quenching (Celup Cepat)

Metode *quenching* merupakan salah satu metode pendinginan dengan laju pendinginan cepat yang dilakukan dalam suatu media pendingin berbentuk cairan. Supaya memperoleh sifat mekanik yang lebih keras. Untuk baja karbon rendah dan baja karbon sedang biasanya dilakukan pencelupan dengan media pendingin air, sedangkan untuk baja karbon tinggi dan baja paduan digunakan minyak sebagai media pencelupan, dikarenakan minyak laju pendinginannya tidak secepat air.

2.3.1 Diagram fasa besi karbon

Menurut Edih Supardi (1999) dasar pengujian pengerasan pada bahan baja yaitu suatu proses pemanasan dan pendinginan untuk mendapatkan struktur keras yang disebut martensit. Martensit yaitu fasa larutan padat lewat jenuh dari karbon dalam sel satuan tetragonal pusat badan atau mempunyai bentuk kristal *Body Centered Tetragonal* (BCT).



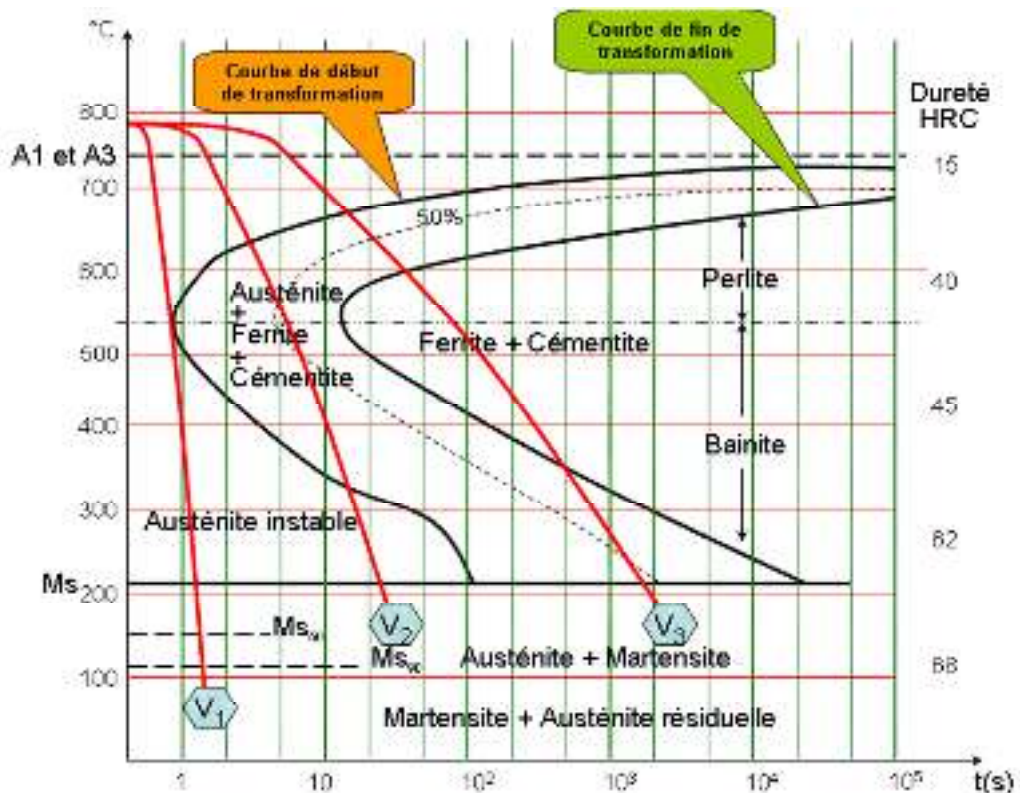
Gambar 2.4 Diagram Besi Karbon.

Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat. Pemanasan dilakukan secara bertahap untuk memperkecil deformasi. Setelah temperatur pengerasan tercapai, ditahan dalam waktu tertentu kemudian didinginkan dengan cepat. Baja panas dengan cara pendinginan lambat mempunyai struktur perlit dengan ferit bebas atau sementit bebas, hal ini tergantung pada kandungan karbon (Doan, G.E., 1952). Tahap pendinginan lambat pada baja mengakibatkan suatu keadaan yang relatif lunak atau plastis. Untuk menambah kekerasan baja, dapat dilakukan dengan pemanasan baja sampai suhu 830°C kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*).

Tujuan pengerjaan ini adalah mendinginkan atau melindungi suatu perubahan *austenitic* dari pada pendinginan lain sampai temperatur mendekati 790°C. Jika berhasil mendinginkan *austenitic* sampai 790°C akan berubah dengan cepat ke suatu struktur yang keras dan relatif rapuh yang dikenal martensit untuk itu pengerjaan kedua dalam pengerasan baja yaitu pendinginan cepat (*quenching*) dari *austenitic* yang menghasilkan struktur martensit.

2.3.2 Diagram TTT (Time Temperature Transformation)

Diagram TTT adalah suatu diagram yang menghubungkan transformasi austenit terhadap waktu dan temperatur. Proses perlakuan panas bertujuan untuk memperoleh struktur baja yang diinginkan agar cocok dengan penggunaan yang direncanakan. Struktur yang diperoleh merupakan hasil dari proses transformasi dari kondisi awal. Proses transformasi ini dapat dibaca dengan menggunakan diagram fasa namun untuk kondisi tidak setimbang diagram fasa tidak dapat digunakan, untuk kondisi seperti ini maka digunakan diagram TTT. Melalui diagram ini dapat dipelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas, diagram ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang *diquench* dari temperatur austenitisasinya kesuatu temperatur dibawah A1. Diagram di bawah ini menunjukkan dekomposisi austenit dan berlaku untuk macam baja tertentu. Baja yang mempunyai komposisi berlainan akan mempunyai diagram yang berlainan, selain itu besar butir austenit, adanya inklusi atau elemen lain yang terkandung juga mempunyai pengaruh yang sama.



Gambar 2.5 Diagram TTT (Time Temperature Transformation).

Berikut merupakan fungsi dari diagram TTT yaitu:

1. Dapat mempelajari kelakuan baja pada setiap tahap perlakuan panas
2. Digunakan untuk memperkirakan struktur dan sifat mekanik dari baja yang *diquench* dari temperatur austenitisasinya kesuatu temperatur yang diinginkan.
3. Dapat menunjukkan dekomposisi austenite dan berlaku untuk macam baja tertentu.
4. Digunakan untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada pendinginan *non-ekuilibriu*.
5. Digunakan untuk membedakan kapan proses mulai dan berakhir pada perlakuan panas dengan suhu konstan.

2.4 Media Pendinginan

Media pendingin yang dipakai dalam proses *heat treatment* mengakibatkan perubahan sifat fisis, sifat mekanis dan sifat kimia. Media pendingin pada proses *heat treatment* sangat penting dalam pembentukan stuktur logam. “Pendinginan adalah pemindahan panas dari suatu tempat ke tempat yang lain yang diikuti oleh adanya perubahan-perubahan pada tempat yang didinginkan (dari panas ke dingin)” Jensen (1989:24).

Pada penelitian ini media pendingin yang digunakan pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50%, dan *long life coolant* Prestone. Media pendingin ini dipilih karena memiliki kekentalan yang rendah sehingga menghasilkan laju pendinginan yang cepat, sehingga dengan laju pendinginan yang cepat menghasilkan nilai kekerasan yang tinggi.

Pelumas adalah minyak yang memiliki sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergesekan, sehingga mengurangi resiko keausan dan kenaikan suhu. Pelumas mengandung lapisan-lapisan halus untuk menangkal terjadinya benturan antar logam agar seminimal mungkin, meminimalisir goresan atau keausan. Pelumas dipilih sebagai media pendingin karena pelumas dapat menyerap panas dan apabila pelumas digunakan sebagai media pendingin, pelumas dapat mengendapkan karbon ketika pelumas terkena suhu tinggi akibat proses pencelupan material kerja yang sudah di *heat treatment*.

faktor inilah sebagai penyebab tertariknya peneliti untuk melakukan penelitian menggunakan media pelumas pada temperatur 900° C pada *heat treatment* baja ST 60. Pengaplikasian pelumas pada mesin membutuhkan kekentalan yang bisa mengatasi suhu panas yang ekstrim, dalam hal ini pelumas SAE 40 dianggap cocok untuk hal tersebut. Sebab kekentalan pelumas ini dapat menangani beban tinggi, namun tetap bisa melindungi bagian mesin ketika suhu naik dibandingkan dengan pelumas SAE 30 yang kekentalannya lebih rendah.

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H_2O . Air memiliki sifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Air memiliki titik beku 0°C dan titik didih 100°C. Pendinginan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat dibandingkan dengan pelumas karena air dapat dengan mudah menyerap panas yang dilewatinya dan panas yang terserap akan cepat menjadi dingin. Kemampuan panas yang dimiliki air besarnya 10 kali dari minyak. Sehingga akan dihasilkan kekerasan dan kekuatan yang baik pada baja. Pendinginan menggunakan air menyebabkan tegangan dalam, distorsi dan retak.

Radiator coolant merupakan cairan radiator pada motor bakar yang berfungsi untuk menaikkan titik didih air radiator mesin dan menjaga suhu kerja mesin supaya tetap ideal serta menghindari mesin dari overheating dan karat. Pada penelitian ini digunakan radiator coolant sebagai media pencelupan karena radiator coolant mengandung *ethylene glycol* (senyawa organik) dan *additive* yang berguna menaikkan titik didih dan mencegah terjadinya korosi sehingga diharapkan dapat memberikan laju pendinginan yang cepat dibanding air dan menghambat laju korosi yang terjadi pada logam tersebut.

2.5 Diagram Fasa Fe-C

Diagram Fe-C adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi perubahan fasa selama proses pendinginan lambat dan pemanasan lambat dengan berbagai kandungan karbon (%C).

Melalui diagram keseimbangan Fe-C secara garis besar baja dapat juga dikelompokkan sebagai berikut:

1. Baja *hypoeutectoid* dengan kandungan karbon 0,008% - 0,80%.
2. Baja *eutectoid* dengan kandungan karbon 0,8%.
3. Baja *hypereutectoid* dengan kandungan karbon 0,8% - 2%.

Diagram fasa Fe-C sangat penting dibidang metalurgi karena sangat bermanfaat dalam menggambarkan perubahan-perubahan fasa pada baja, dari diagram fasa tersebut dapat diperoleh informasi penting yaitu antara lain:

- a. Fasa yang terjadi pada komposisi dan temperatur yang berbeda dengan pendinginan lambat.
- b. Temperatur pembekuan dan daerah-daerah pembekuan paduan Fe-C bila dilakukan pendinginan lambat.
- c. Temperatur cair dari masing-masing paduan.
- d. Batas-batas kelarutan atau batas kesetimbangan dari unsur karbon fasa tertentu.
- e. Reaksi-reaksi metalurgis yang terjadi.

Struktur-struktur yang ada pada diagram fasa Fe-C:

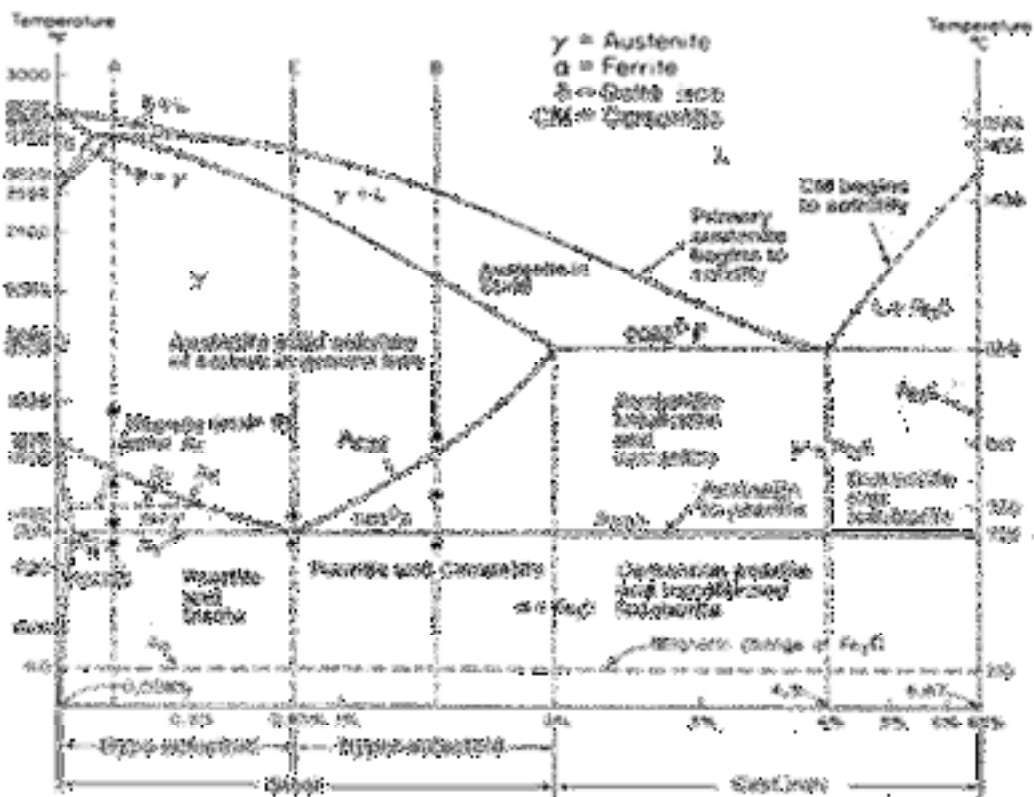
1. Ferrit (Besi α) adalah suatu komposisi logam yang mempunyai batas maksimum kelarutan *Carbon* 0,025%C pada temperature 723°C, struktur kristalnya BCC (*Body Center Cubic*) dan pada temperatur kamar mempunyai batas kelarutan *Carbon* 0,008%C.

Memiliki sifat sebagai berikut:

- Ketangguhan rendah.
 - Keuletan tinggi.
 - Kekerasan < 90 HRB.
 - Struktur paling lunak pada diagram Fe- C.
 - Ketahanan korosi medium.
2. Austenit (Besi γ) adalah suatu larutan padat yang mempunyai batas maksimum kelarutan *Carbon* 2,11%C pada temperature 1148°C, struktur kristalnya FCC (*Face Center Cubic*).

Memiliki sifat sebagai berikut:

- Ketangguhan baik sekali.
 - Ketahanan korosi yang paling baik dari SS yang lain.
 - Non hardened heat treatment.
 - Mudah dibentuk.
 - Paling banyak dipakai dalam industri.
3. *Cementite* (Besi Karbida) adalah suatu senyawa yang terdiri dari unsur Fe dan C dengan perbandingan tertentu dan struktur kristalnya Orthohombic. Sifat-sifatnya adalah sangat keras dan bersifat getas.
 4. *Ledeburite* adalah campuran *Eutectic* antara besi gamma dengan sementit yang dibentuk pada temperature 1130°C dengan kandungan Carbon 4,3%C.
 5. *Pearlite* adalah *Eeutectoid mixture* dari *ferrite* dan *cementite* ($\alpha + \text{Fe-C}$), terjadi pada temperatur 723°C, mengandung 0,8% karbon.



Gambar 2.6 Diagram Fasa Fe-C.

Dari gambar di atas dapat diterangkan atau dibaca diantaranya:

1. Pada kandungan karbon mencapai 6,67% terbentuk struktur mikro dinamakan sementit Fe-C (dapat dilihat pada garis vertikal paling kanan). Sifat – sifat sementit diantaranya sangat keras dan sangat getas.
2. Pada sisi kiri diagram dimana pada kandungan karbon yang sangat rendah, pada suhu kamar terbentuk struktur mikro ferit.
3. Pada baja dengan kadar karbon 0,83%, struktur mikro yang terbentuk adalah Perlit, kondisi suhu dan kadar karbon ini dinamakan titik *eutectoid*.
4. Pada baja dengan kandungan karbon rendah sampai dengan titik *eutectoid*, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara ferit dan perlit.
5. Pada baja dengan kandungan titik *eutectoid* sampai dengan 6,67%, struktur mikro yang terbentuk adalah campuran antara perlit dan sementit.
6. Pada saat pendinginan dari suhu leleh baja dengan kadar karbon rendah, akan terbentuk struktur mikro ferit delta lalu menjadi struktur mikro austenit.
7. Pada baja dengan kadar karbon yang lebih tinggi, suhu leleh turun dengan naiknya kadar karbon, peralihan bentuk langsung dari leleh menjadi austenit.

Pada gambar tersebut ditampilkan diagram kesetimbangan Fe-C, fasa-fasa yang terdapat pada diagram di atas dapat dijelaskan seperti berikut:

A_1 adalah temperatur reaksi *eutectoid* yaitu perubahan fasa γ menjadi $\alpha + Fe_3C$ (perlit) untuk baja *hypoeutectoid*.

A_2 adalah titik *currie* (pada temperatur 769°C), dimana sifat magnetik besi berubah dari feromagnetik menjadi paramagnetik.

A_3 adalah temperatur transformasi dari fasa γ menjadi α (ferit) yang ditandai pula dengan naiknya batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur.

A_{cm} adalah temperatur transformasi dari fasa γ menjadi Fe_3C (sementit) yang ditandai pula dengan penurunan batas kelarutan karbon seiring dengan turunnya temperatur. Sedangkan pada $A_{1,2,3}$ adalah temperatur transformasi γ menjadi $\alpha + Fe-C$ (perlit) untuk baja *hypereutecoid*.

2.6 Sifat Mekanik Baja

Sifat mekanik suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, tekan, bengkok, geser, puntir, atau beban kombinasi (Murtiono, Arief. 2012: 59). Sifat-sifat mekanik yang terpenting antara lain:

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan tersebut menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, dan ini tergantung pada beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*hardness*) dapat didefinisikan sebagai kemampuan bahan untuk bertahan terhadap goresan, pengikisan (abrasi), penetrasi. Sifat ini berkaitan erat dengan sifat keausan (*wear resistance*). Dimana kekerasan ini juga mempunyai korelasi dengan kekuatan.
3. Elastisitas (*elasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk yang permanen setelah tegangan dihilangkan. Kekenyalan juga menyatakan seberapa banyak perubahan bentuk yang permanen mulai terjadi, dengan kata lain kekenyalan menyatakan kemampuan bahan untuk kembali ke bentuk dan ukuran semula setelah menerima beban yang menimbulkan deformasi.
4. Kekakuan (*stiffness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menerima tegangan/beban tanpa mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk deformasi atau defleksi. Dalam beberapa hal kekakuan ini lebih penting daripada kekuatan.
5. Plastisitas (*plasticity*) menyatakan kemampuan bahan untuk mengalami sejumlah deformasi plastis yang permanen tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Sifat ini sangat diperlukan bagi bahan yang akan diproses dengan berbagai proses pembentukan seperti *forging*, *rolling*, *extruding* dan sebagainya. Sifat ini sering juga disebut sebagai keuletan/kekenyalan (*ductility*).

6. Ketangguhan (*toughness*) menyatakan kemampuan bahan untuk menyerap sejumlah energi tanpa mengakibatkan terjadinya kerusakan. Juga dapat dikatakan sebagai ukuran banyaknya energi yang diperlukan untuk mematahkan suatu benda kerja, pada suatu kondisi tertentu. Sifat ini dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sifat ini sulit untuk diukur.
7. Kelelahan (*fatigue*) merupakan kecenderungan dari logam untuk patah apabila menerima tegangan berulang-ulang (*cyclic stress*) yang besarnya masih jauh di bawah batas kekuatan elastisitasnya. Sebagian besar dari kerusakan yang terjadi pada komponen mesin disebabkan oleh kelelahan. Karenanya kelelahan merupakan sifat yang sangat penting tetapi sifat ini juga sulit diukur karena sangat banyak faktor yang mempengaruhinya.
8. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.

2.7 Struktur Mikro

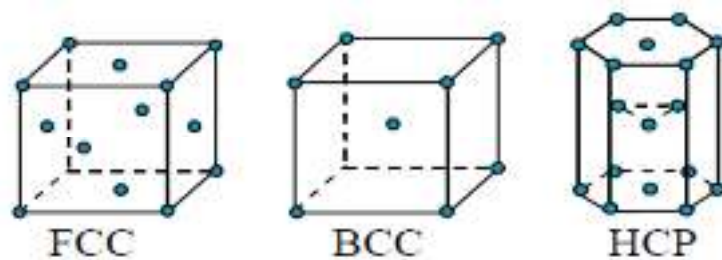
2.7.1 Struktur Logam

Struktur adalah bangun dalam dari suatu macam zat. Kebanyakan zat itu tersusun dari atom-atom atau molekul-molekul. “Logam terdiri dari atom-atom yang tersusun secara teratur dan membentuk sel-sel satuan kemudian membentuk kristal-kristal yang berbentuk butiran” (Arifin,1977:72).

Kristal yang timbul pada suatu logam akan membesar bersama-sama, karena kristal yang timbul membesar bersama-sama, maka kristal yang terjadi kecil-kecil dan bersambungan rapat antara satu dengan yang lain sehingga logam menjadi kuat dan kokoh. Kristal-kristal yang timbul pada suatu logam mempunyai 3 macam bentuk sebagai berikut:

- a. Kubus berpusat sisi (muka) atau *face centered cubic* yang disingkat FCC, pada setiap atom kristal dikelilingi oleh 12 atom lainnya.
- b. Kubus berpusat badan (dalam) atau *body centered cubic* yang disingkat BCC, pada setiap atom kristal dikelilingi oleh 8 atom lainnya.

- c. Hexagonal rapat atau *hexagonal close packet* yang disingkat dengan HCP, pada setiap atom kristal dikelilingi oleh 12 atom lainnya (Arifin,1977:75).



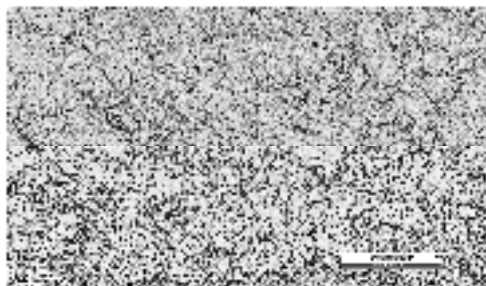
Gambar 2.7 Kristal logam

Struktur mikro adalah kumpulan dari fasa-fasa yang hanya bisa dilihat dengan menggunakan alat bantuan mikroskop optik dan mikroskop elektron dengan menggunakan teknik metalografi. Struktur mikro logam dapat dirubah dengan cara memanaskan logam untuk menghasilkan struktur mikro dan sifat yang diinginkan. Hasil yang diinginkan dicapai dengan pemanasan dan pendinginan pada suhu yang ditentukan. Jika spesimen logam di *heat treatment* dengan benar dan diperiksa dibawah mikroskop, akan ditemukan struktur yang berbeda, jenis struktur yang ada tergantung dari komposisi kimia logam dan perlakuan panas yang dilakukan.

Struktur mikro pada logam antara lain adalah:

2.7.1.1 Austenite

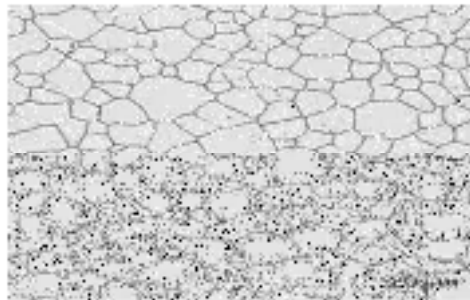
Austenite adalah campuran besi dan karbon yang terbentuk pada pembekuan, pada proses pendinginan selanjutnya austenite berubah menjadi ferit, perlit dan sementit. Sifat austenite adalah lunak, lentur dengan ketiatan tinggi. Kadar karbon maksimum sebesar 2,14%



Gambar 2.8 Struktur Mikro Austenit

2.7.1.2 Ferrite

Ferite ini disebut alpha (α), ruang antar atomnya kecil dan rapat sehingga hanya sedikit menampung atom karbon. Oleh sebab itu daya larut karbon dalam ferit rendah kurang dari 1 atom karbon per 1000 atom besi. Pada suhu ruang, kadar karbonnya 0,008% sehingga dapat dianggap besi murni. Kadar maksimum karbon sebesar 0,025%, pada suhu 723°C. Ferit bersifat magnetik sampai suhu 768°C. Ferit lunak dan liat, kekerasan dari ferit berkisar antara 140-180 HVN (*Hardness Vickers Number*).



Gambar 2.9 Struktur Mikro Ferrit.

2.7.1.3 Pearlite

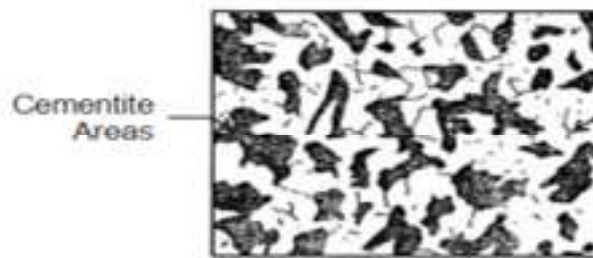
Pearlite merupakan campuran mekanis yang terdiri dari dua fasa, yaitu ferit dengan kadar karbon 0,025% dan sementit alam bentuk lamelar (lapisan) dengan kadar karbon 6,67% yang berselang-seling rapat terletak bersebelahan. Jadi perlit merupakan struktur mikro. Kekerasan dari perlit kurang lebih berkisar antara 180- 250 HVN.



Gambar 2.10 Struktur Mikro Perlit

2.7.1.4 Cementite

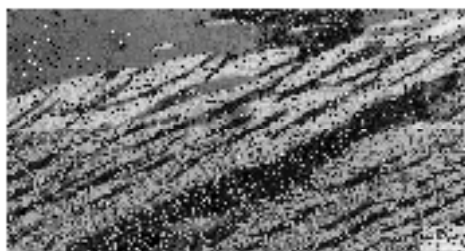
Cementite adalah senyawa besi dan karbon, yang dikenal secara kimiawi sebagai karbida besi yang memiliki rumus kimia Fe-C dengan persentase karbon 6,67%, ditandai oleh struktur kristal ortorombik. *Cementite* adalah senyawa keras dan rapuh yang memiliki nilai kekerasan 800 HVN, dapat ditemukan dalam bentuk bulat, baik dalam struktur hasil annealing atau struktur hasil *hardening*. Kehadiran karbida pada *hardened steels*, terutama pada *high speed steels* dan *cold work steels* dapat meningkatkan ketahanan aus yang baik.



Gambar 2.11 Struktur Mikro Sementit.

2.7.1.5 Bainit

Bainit merupakan fasa yang terjadi akibat transformasi pendinginan yang sangat cepat pada fasa austenite ke suhu antara 250°C- 550°C dan ditahan pada suhu tersebut (isothermal). Bainit adalah struktur mikro campuran fasa ferit dan sementit (Fe₃C). Kekerasan bainit kurang lebih berkisar antara 300-400 HVN (*Vicker Hardness Number*).



Gambar 2.12 Struktur Mikro Bainit.

2.7.1.6 Martensite

Martensite merupakan fasa dimana ferit dan sementit bercampur, tetapi bukan dalam lamellar, melainkan jarum-jarum sementit. Fasa ini terbentuk dari austenit stabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat. Terjadinya hanya presipitasi Fe_3C unsur paduan lainnya tetapi larut transformasi isothermal pada $260^{\circ}C$ untuk membentuk dispersi karbida yang halus dalam matriks ferit. Martensit bilah (*lath martensite*) terbentuk jika kadar karbon dalam baja sampai 0,6% sedangkan di atas 1% C akan terbentuk martensit pelat (*plate martensite*). Perubahan dari tipe bilah ke pelat terjadi pada interval 0,6% C-1,08%. Kekerasan dari martensit lebih dari 500 HVN.



Gambar 2.13 Struktur Mikro Martensit.

2.7.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan yang dilakukan setelah spesimen terlebih dahulu diampelas sampai sehalus mungkin. Spesimen yang telah dipoles dicelupkan ke larutan etsa selama beberapa detik. Pada pemeriksaan struktur mikro digunakan mikroskop optik dimana pada alat terdapat bagian-bagian penting yaitu:

1. Filter Cahaya

Filter cahaya berfungsi untuk menaikkan kontras dari batas butir maupun keadaan fasa tertentu dengan cara membedakan warna.

2. Lensa Kondensor

Lensa kondensor berfungsi sebagai alat pemantul sinar dan memperbaiki kontras bayangan.

3. Lensa Reflector

Lensa Reflector berfungsi untuk memantulkan cahaya dari cermin ke meja objek melalui lubang yang terdapat di meja objek dan menuju mata pengamat.

4. Lensa Objektif

Lensa objektif berfungsi untuk mengumpulkan sinar yang dipantulkan dari spesimen.

Dalam rumus ini :

$$NA = n \sin \alpha$$

dimana:

n = indeks media antara lensa objektif dengan permukaan spesimen

α = setengah sudut puncak sinar pantul spesimen ke lensa objektif

5. Lensa Okuler

lensa okuler berfungsi untuk meneruskan pantulan sinar spesimen sehingga dapat dilihat mata. Untuk pengukuran besar butir logam, lensa okuler dilengkapi dengan grid yang sesuai dengan standar ASTM.

$$\begin{aligned} M_{\text{tot}} &= M_0 \times M_f \\ &= M_{\text{ob}} \times M_{\text{ok}} \times F_C \end{aligned}$$

dimana :

M_0 = Perbesaran lensa objektif

M_f = Perbesaran sampai ke lensa film.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah Kerja Proses Penelitian

Melakukan proses penelitian kita harus menyusun rencana. Adapun proses penelitian dilakukan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan Bahan Spesimen

Plat baja spesifikasi ST 60 dipotong dengan ukuran 50 mm x 50 mm dengan ketebalan 10 mm. Spesimen dipotong menjadi 10 bagian untuk 3 spesimen x 3 variasi media pendingin dengan perlakuan panas dan 1 tanpa perlakuan panas, kemudia spesimen dibersihkan dari sisa sisa pemotongan.

2. Proses perlakuan panas (*heat treatment*)

Tungku atau dapur pemanas dinyalakan dan dipanaskan sampai pada temperatur 980°C setelah itu benda kerja dimasukkan ke dalam tungku atau dapur pemanas dengan penahanan waktu selama 25 menit.

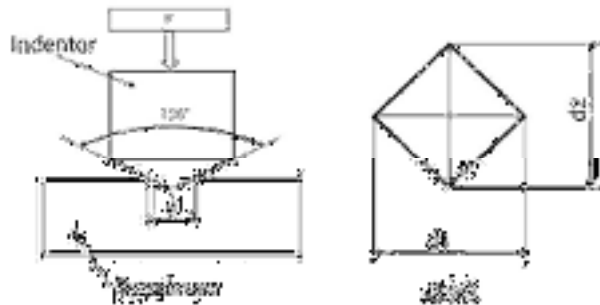
3. Pendinginan Cepat (*Quenching*)

Setelah waktu tahan selesai benda kerja di keluarkan dengan menggunakan alat penjepit dari dalam tungku dan dilakukan pencelupan cepat ke dalam media pendingin dengan 3 variasi yaitu pelumas Mesran SAE 40, pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50% dan *long life coolant* Prestone.

4. Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan dari suatu material, adapun pengujian kekerasan dari material baja karbon ST 60 dilakukan terhadap sampel setelah dilakukan proses *heat treatment* dan proses pendinginan. Kekerasan suatu logam perlu diketahui untuk mengetahui sifat mekanis dari logam tersebut. Dalam pengujian kekerasan ada beberapa metode kekerasan yaitu metode rockwell dan vickers. Metode vickers menitikberatkan pada perhitungan kekuatan bahan

terhadap setiap daya luas penampang bidang yang menerima pembebanan. Sedangkan metode rockwell menitikberatkan pada pengukuran kedalaman hasil penekanan pada benda uji. Dalam pengujian ini kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan *mikro Vickers* karena pengujian ini dilakukan untuk mendapatkan nilai kekuatan daripada sampel di teliti. Pengujian kekerasan *Vickers* dilaksanakan dengan cara menekan benda uji atau spesimen dengan indenter intan yang berbentuk piramida dengan alas segi empat dan besar sudut dari permukaan-permukaan yang berhadapan 136° . Penekanan oleh indenter akan menghasilkan suatu jejak atau lekukan pada permukaan benda uji.



Nilai kekerasan hasil pengujian metode *Vickers* disebut juga dengan kekerasan HV atau HVN (*Vickers Hardness Number*) yang besarnya:

$$\begin{aligned} \text{VHN} &= \frac{2 \sin \frac{\theta}{2} P}{d} \\ &= \frac{2 \sin \frac{136^\circ}{2} P}{d} \\ \text{VHN} &= \frac{1,8544 P}{d^2} \end{aligned}$$

Adapun langkah-langkah untuk melakukan pengujian kekerasan dengan metode mikro *vickers* ini adalah:

- a. Menghaluskan permukaan material dengan cara diamplas.
- b. Spesimen diletakkan pada dudukan.
- c. menentukan besar pembebanan yaitu 1 kgf.
- d. menekan tombol untuk menggerakkan indenter.
- e. mengukur bekas injakan indenter dengan mistar yang dilihat pada lensa.
- g. menentukan nilai kekerasan dari diameter bekas injakan.

5. Pengamatan struktur mikro

Pengamatan mikroskopis ini untuk mengamati tipe struktur mikro yang terbentuk setelah perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas. Sebelum pengamatan dilakukan terlebih dahulu spesimen di polish sampai halus dengan urutan amplas 320-400-600-800-1000-1200-1500 dan mengkilap dengan mengoleskan autosol. Spesimen kemudian dicelupkan pada larutan etsa 88 ml *Ethanol*, 10 ml HNO_3 , dan 5 ml *HCl* dalam waktu 2 menit 30 detik kemudian di keringkan setelah itu dilakukan foto struktur mikro pada permukaan yang telah di etsa.

6. Analisis data.

3.2. Alat Dan Bahan

3.2.1 Alat

3.2.1.1 Alat Pelindung Diri

Alat keselamatan kerja berfungsi untuk mengurangi resiko kecelakaan pada saat penelitian.



Gambar 3.1 Alat Pelindung Diri

3.2.1.2 Gergaji besi

Gergaji besi berfungsi untuk memotong spesimen penelitian.



Gambar 3.2 Gergaji Besi

3.2.1.3 Dapur pemanas (tungku) beserta kelengkapannya

Dapur pemanas berfungsi untuk melakukan heat treatment (proses pemanasan) pada spesimen penelitian.



Gambar 3.3 Tungku Pemanas.

3.2.1.4 Penjepit

Penjepit digunakan untuk menjepit benda kerja saat mengeluarkan benda kerja dari tungku pemanas.



Gambar 3.4 Penjepit.

3.2.1.5 Mesin polish

Mesin polish berfungsi untuk menghaluskan permukaan benda kerja sebelum dilakukan pengujian.



Gambar 3.5 Mesin Polish.

3.2.1.6 Alat uji kekerasan

Alat uji kekerasan berfungsi untuk menguji kekerasan benda kerja.



Gambar 3.6 Alat Uji Kekerasan.

3.2.1.7 Mikroskop Optik Metalografi

Mikroskop Optik Metalografi berfungsi untuk melihat struktur mikro benda uji.



Gambar 3.7 Mikroskop Optik Metalografi.

3.2.1.8 Wadah

Wadah berfungsi untuk media pendinginan.



Gambar 3.8 Wadah

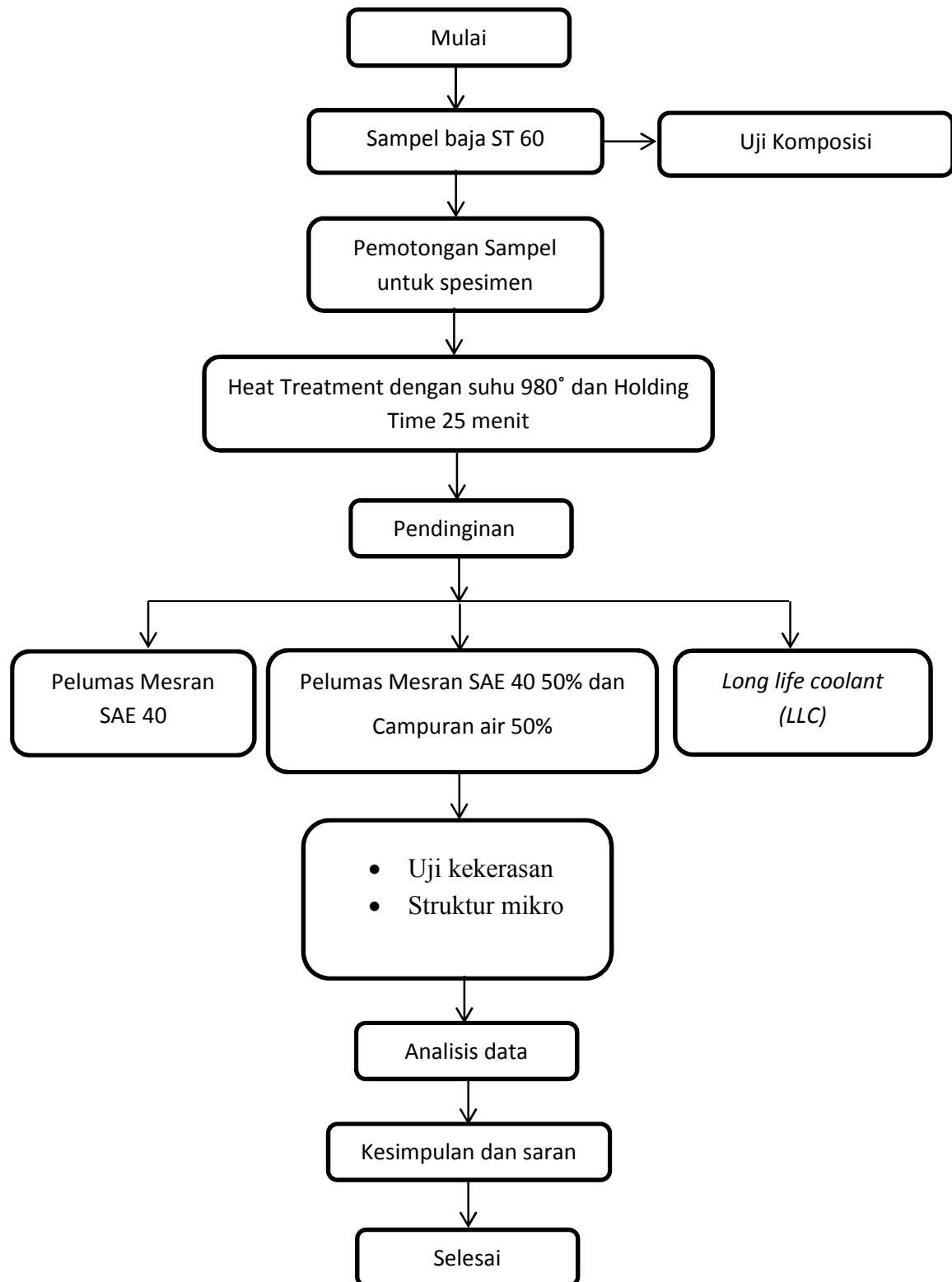
3.2.2 Bahan

1. Plat baja spesifikasi ST 60 dipotong dengan ukuran 50 mm x 50 mm dengan ketebalan 10 mm dengan jumlah 10 spesimen dimana satu spesimen tanpa perlakuan panas dan sembilan spesimen dengan perlakuan panas.

2. Media Pendingin

Pada penelitian ini media pendingin yang digunakan pelumas dengan Mesran SAE 40, Pelumas Mesran SAE 40 50% dengan campuran air 50%, dan *long life coolant* Prestone.

3.3 Diagram Alir



3.4 Schedule

3.1 Tabel Schedule Penelitian

Jenis Kegiatan	Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agust				Sept				Okt				Nov							
	Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Pengajuan Judul																																								
Bimbingan Bab I-III																																								
Pengajuan Sidang Proposal																																								
Revisi Hasil Proposal																																								
Persiapan Alat dan Bahan																																								
Penelitian																																								
Seminar Hasil																																								
Revisi Seminar Hasil																																								
Sidang																																								

