

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Dalam melakukan penelitian, observasi sangat dibutuhkan sebagai referensi untuk mencari sumber yang berkaitan dengan judul yang diambil, dan dalam penelitian tentang suhu pada proses *carburizing* dan *hardening* sudah banyak dilakukannya oleh peneliti. Ada banyak tinjauan pustaka yang melandasi gagasan untuk meneliti judul yang ditulis dikarenakan adanya dorongan untuk mencari metode baru sehingga mempermudah dalam penyusunan proposal ini. Dan ada banyak jurnal yang mengangkat materi tentang judul yang disajikan.

Penelitian dilakukan oleh (Iqbal dkk, 2007) Proses pack *carburizing* merupakan salah satu proses pengerasan permukaan baja karbon rendah dengan metode difusi atom karbon. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh proses pack *carburizing* dengan media arang tempurung kelapa dan barium karbonat terhadap keausan dan kekerasan mikro pada baja karbon AISI 1020. Barium karbonat digunakan sebagai media penambah unsur karbon dengan komposisi 0, 15, 20, dan 25% berat, sedangkan substrat baja karbon AISI 1020 berdimensi 20mm x 30mm x 3 mm. Variasi temperatur pemanasan yang diberikan pada proses pack *carburizing* sebesar 850°C, 900°C dan 950°C dengan waktu penahanan selama 2 jam. Pengerasan permukaan dilakukan dengan memanaskan kembali substrat pada suhu 840°C selama 20 menit dan di *quenching* pada media air. Pengujian kekerasan dilakukan dengan *micro hardness* tester sesuai standar ASTM E-92 dan pengujian keausan dilakukan dengan mesin uji keausan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan barium karbonat 20% berat memberikan kekerasan permukaan tertinggi. Untuk temperatur *carburizing* 850°C, 900°C dan 950°C dengan proses pengerasan memberikan kekerasan sebesar 699 kg/mm², 819 kg/mm² dan 828 kg/mm² dengan peningkatan kekerasan dibandingkan dengan raw material sebesar 559%, 655% dan 662%. Keausan spesifik terendah untuk temperatur *carburizing* 850°C, 900°C dan 950°C berturut-turut adalah 3,1341. 10⁻⁷ mm²/kg, 2,6050. 10⁻⁷ mm²/kg dan 1,9611. 10⁻⁷

mm²/kg atau ketahanan terhadap keausan meningkat sebesar 599%,720% dan 908%.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prihanto Trihutomo, 2015) Proses *quenching* adalah pendinginan secara cepat berupa pencelupan baja yang telah berada pada temperatur pengerasannya pada udara, air, air garam, dan oli sebagai media pendingin. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, semakin cepat logam didinginkan maka akan semakin keras sifat logam tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kekerasan pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil proses *hardening* dengan media pendingin yang berbeda, agar didapatkan spesimen yang memiliki tingkat kekerasan yang cukup tinggi tetapi tidak getas.

Penelitian yang dilakukan oleh (Bahtiar, 2006) pada baja karbon rendah atau baja karbon sedang biasanya menggunakan air, sedangkan baja karbon tinggi menggunakan oli. *Quenching* merupakan proses pemindahan panas pendinginan dengan sangat cepat dari fasa austenit pada umumnya suhu antara 815°C – 870°C untuk material baja. Media pendingin yang biasa digunakan untuk proses *quenching* yaitu air, oli, larutan garam, dan udara.

Penelitian yang dilakukan oleh (Muhammad fakhri,2012) pengaruh media pendingin oli mesran SAE 40 dengan garam dapur (NaCl). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara baja yang mengalami proses *quenching* dengan media pendingin oli mesran SAE 40 dan garam dapur dengan baja yang mengalami proses *temper-quenching* dan didinginkan diudara bebas. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen yang di *quenching* garam dapur memiliki kekerasan paling tinggi yaitu sebesar 408,73 HV atau mengalami peningkatan sebesar 81,53% dari *raw materials*, sedangkan pada spesimen *quenching* garam dapur yang di *temper* pada suhu 600C mengalami penurunan sebesar 30,61% atau 250,9 HV.untuk spesimen yang di *quenching* dengan oli mesran SAE 40 mengalami peningkatan sebesar 280,3 HV atau 24,80% dari *raw materials* serta mengalami penurunan sebesar 25,41% setelah di *temper* pada suhu 600⁰C.

Penelitian yang dilakukan (Syarifudin Yurianto, 2015) pengaruh media pendingin pada proses *hardening* material baja S45C. penelitian ini bertujuan

untuk mengetahui sifat mekanik baja yang didinginkan dengan media pendingin air garam, oli, air, dan udara dalam media pendinginan terhadap tingkat kekerasan pada baja S45C setelah dikeraskan dalam proses *hardening* dan stuktur mikro. Hasil yang di peroleh uji kekerasan air garam memiliki nilai rata-rata kekersan 95 BHN, nilai rata – rata kekerasan udara 87 BHN,dan nilai kekerasan tanpa di *hardening* 88 BHN. Uji *impact* pada udara memiliki nilai rata-rata 1,175 J/mm², nilai rata – rata *impact* air garam 0,257 J/mm², nilai rata – rata *impact* air 0,369 J/mm², nilai rata – rata *impact* oli 1,128 J/mm² dan nilai rata – rata *impact* tanpa di *hardening* 0,955 J/mm².

Penelitian yang dilakukan (Noor Setyo, 2016) pengaruh media pendingin dalam proses quenching terhadap tingkat kekerasan permukaan baja paduan ST 60 yang memiliki komposisi 0,45%C, 0,33%Si; 0,43%Mn. Sedang sebagai varisi media pendingin secara berurutan digunakan oli SAE 20; SAE 40; dan SAE 60. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan secara *linier* antara tingkat kekerasan dengan tingkat kenceran media pendingin oli. Kekerasan permukaan material meningkat dengan semakin bertambahnya tingkat kekentalan media pendingin. Secara berurutan besar kekerasan permukaan pada keenceran oli SAE 10; SAE 40; dan SAE 80 diperoleh 175VHN_{0,015}; 179 VHN_{0,15}; dan 195VHN_{0,015}. Struktur mikro cenderung mengalami perubahan dari perlit menjadi sementit dengan semakin tinggi tingkat keenceran media pendingin.

Penelitian yang dilakukan oleh (Irvan Sanggara,,2016) Analisis struktur mikro dan kekerasan baja karbon sedang pada proses *hardening* menggunakan media pendingin air, oli SAE 30 dan campuran air – oli SAE 30 Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen. Spesimen yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja S45C dengan diameter 25 mm dan tebal 20 mm. Jumlah spesimen yang diujikan berjumlah 36 spesimen. Spesimen akan diberikan perlakuan panas *hardening* dengan variasi temperatur sebesar 920°C, 950°C, 980°C dengan *holding time* 35 menit, disusul pendinginan cepat dengan menggunakan air, oli sae 30 dan campuran air-oli sae 30. Setelah itu spesimen akan diuji kekerasan dengan menggunakan standar *Hardness Rockwell Cone* (HRC). Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa perbandingan nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi diperoleh pada media pendingin air pada temperatur 920°C dengan rata-rata nilai kekerasan

tertinggi 57,1 HRC. Selanjutnya nilai kekerasan *Rockwell* tertinggi menggunakan media pendingin campuran air dan oli terjadi pada temperatur 920°C dengan rata-rata nilai kekerasan tertinggi 40,5 HRC. Sedangkan nilai kekerasan *Rockwell* terendah terjadi pada media pendingin oli pada temperatur 920°C dengan rata-rata nilai kekerasan tertinggi 38,9 HRC. Hasil uji struktur mikro menunjukkan bahwa martensit lebih banyak terbentuk pada proses *hardening* dengan media pendingin air dan campuran air-oli. Sedangkan pada media pendingin oli jumlah ferrit dan perlit meningkat. Kesimpulannya Terdapat perbedaan nilai kekerasan secara signifikan pada hasil proses *Hardening* pada baja karbon sedang dengan media pendingin air, oli sae 30 dan campuran air-oli sae 30. Nilai kekerasan hasil proses *Hardening* dengan media pendingin campuran air-oli berada diantara nilai kekerasan media pendingin air dan oli pada setiap temperatur pemanasan. *Hardening* dengan media pendingin campuran air-oli berada diantara nilai kekerasan media pendingin air dan oli pada setiap temperatur pemanasan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ibnu Karuniawan P, 2007) Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai kekerasan kekerasan pada proses double hardening dengan media pendingin air dan oli SAE 20 pada baja karbon rendah. Hasil penelitian menunjukkan komposisi material yang telah *dicarburizing* didapat karbon sebesar >4,584%C. Nilai kekerasan *Vickers raw materials* dari tepi spesimen berjarak 0,3mm menuju inti dengan kelipatan 0,3 mm berturut-turut sebesar 149; 145,9; 138,4; 139,2; 138,8; 138,2; 136,9; 136,5; 135,5; 134,6 kgf/mm² atau relatif sama. Spesimen *carburizing* berturut-turut 289,7; 276,4; 246,9; 177,7; 157,6; 136,9; 125,7; 123,2; 121,9; 118,9 kgf/mm² atau mengalami penurunan kekerasan dari tepi menuju inti. Spesimen *double hardening* berpendingin air pada suhu 900°C berturut-turut 582,1; 525,5; 480,3; 443,4; 323,3; 229,1; 192; 171,3; 160,4; 156,6 kgf/mm² , pada suhu 760°C berturut-turut sebesar 263; 250,3; 238,3; 232,5; 188,7; 166,2; 155; 147,6; 139; 132,9 kgf/mm² . Spesimen *double hardening* berpendingin oli SAE 20 pada suhu 900°C berturut-turut 397,6; 349; 296,8; 272,3; 254,4; 216,8; 192; 149,9; 142,3; 136,2 kgf/mm² dan pada suhu 760°C berturut-turut sebesar 225,9; 206; 193; 182,8; 175,6; 165,3; 153,9; 147,9; 137,8; 133,3 kgf/mm² atau mengalami penurunan kekerasan dari tepi menuju inti. Penelitian ini dapat disimpulkan

bahwa nilai kekerasan spesimen *double hardening* 1 (*diquench* air) lebih tinggi dari spesimen *double hardening* 1 (*diquench* oli SAE 20) lebih tinggi dari spesimen *double hardening* 2 (*diquench* air) lebih tinggi dari spesimen *double hardening* 2 (*diquench* oli SAE 20) lebih tinggi dari spesimen *carburizing* lebih tinggi dari spesimen *raw materials*.

2.2 Landasan teori

2.2.1 Sprocket gear

Gear Sproket adalah roda bergerigi yang berpasangan dengan rantai, track, atau benda panjang yang bergerigi lainnya. Faktor penyebab aus nya gear pada motor di sebab kan dia menarik beban besar secara terus menerus namun pelicin *sporcket* dan *gear* tidak ada atau kurang. (Koos sardjono, 2007).

Sprocket sepeda motor juga mempunyai kekuatan yang berbeda-beda misalnya *sprocket* original adalah salah satu produk yang teruji dan berstandart dari segi bahan, kualitas dan tingkat kekerasan. *Sprocket* imitasi adalah salah satu produk yang masih diragukan dari segi bahan kualitas dan tingkat kekerasan yang rendah.



Gambar 2.1 *Sprocket gear*
(Sumber : amrut.industries)

2.2.2 Baja Karbon

Baja karbon adalah paduan besi karbon dimana unsur karbon sangat menentukan sifat – sifatnya, sedangkan unsur – unsur paduan lainnya yang biasa terkandung didalamnya terjadi karena proses pembuatannya. Sifat baja karbon biasa ditentukan oleh *presentase* karbon dan mikrostruktur, Baja karbon (*carbon steel*). (Hima.TI-PPNS,2015). Karbon juga merupakan unsur peneras besi yang efektif. Oleh karena itu, pada umumnya sebagian besar baja hanya mengandung karbon dengan sedikit unsur paduan lainnya. Perbedaan *persentase* kandungan karbon dalam campuran logam baja menjadi salah satu pengklasifikasian baja. Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi ke dalam tiga jenis, yaitu:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) Baja karbon rendah adalah baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3%C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi diantara karbon yang lain, mudah di machining dan dilas, serta keuletan dan ketangguhannya sangat tinggi tetapi kekerasannya rendah dan tahan aus. Sehingga pada penggunaannya, baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan 8 baku untuk pembuatan komponen *body* mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar, dan lain-lain (Amanto, 1999).

2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) Baja karbon menengah adalah baja yang mengandung karbon 0,3%C-0,6%C. Baja karbon menengah memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan baja karbon rendah yaitu kekerasannya lebih tinggi daripada baja karbon rendah, kekuatan tarik dan batas regang yang tinggi, tidak mudah dibentuk oleh mesin, lebih sulit dilakukan untuk pengelasan, dan dapat dikeraskan dengan baik. Baja karbon menengah banyak digunakan untuk poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut, komponen mesin yang membutuhkan kekuatan tinggi, dan lainlain (Amanto, 1999).

3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kandungan karbon 0,6% C1,7%C dan memiliki tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya lebih rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kuat tarik paling tinggi dan banyak digunakan untuk material perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat

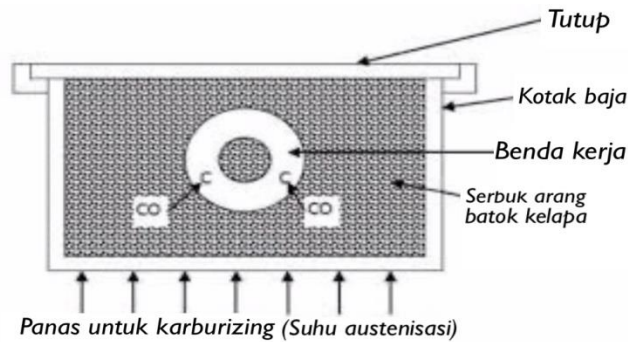
baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung di dalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji atau pahat potong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain seperti pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji, dan sebagainya (Amanto, 1999).

2.2.3 Definisi *Carburizing*

Penambahan karbon yang disebut *carburizing* atau karburasi, dilakukan dengan cara memanaskan pada temperatur yang cukup tinggi yaitu pada temperature *austenite* dalam lingkungan yang mengandung atom karbon aktif, sehingga atom karbon aktif tersebut akan berdifusi masuk ke dalam permukaan baja dan mencapai kedalaman tertentu. Setelah proses difusi, diikuti perlakuan pendinginan cepat (*quenching*), sehingga diperoleh permukaan yang lebih keras, tetapi liat dan tangguh bagian tengahnya. Difusi adalah gerak spontan dari atom atau molekul di dalam bahan yang cenderung membentuk komposisi yang seragam. Hukum pertama Fick's menyatakan bahwa difusi dari sebuah elemen dalam suatu bahan substrat merupakan fungsi koefisien difusi dan gradien konsentrasi. Gradien konsentrasi adalah jumlah atom yang terdapat disekitar substrat dibandingkan dengan jumlah atom yang terdapat di dalam substrat. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kecepatan difusi yaitu, temperatur, komposisi dan waktu. (Smallman, Bishop, 2000).

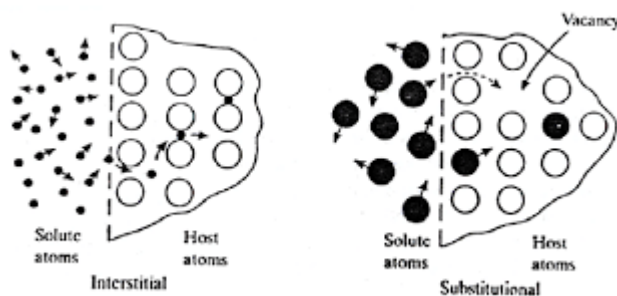
Material dasar (raw materials) yang umumnya digunakan dalam pembuatan roda gigi adalah baja karbon sedang atau baja karbon tinggi. Jenis baja ini mempunyai kemampuan untuk dikeraskan secara langsung karena kandungan karbonnya yang tinggi, namun baja ini memiliki kelemahan yaitu harganya lebih mahal dan lebih sulit dimachining dibandingkan baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki kelebihan lebih mudah dimachining tetapi tidak bisa dikeraskan secara langsung karena kandungan karbonnya yang kurang dari 0,3%. Untuk dapat dikeraskan ke dalam baja karbon rendah harus ditambahkan unsur karbon terlebih dahulu. Pack *carburizing* merupakan salah satu metode yang sering dilakukan untuk keperluan tersebut yaitu penambahan unsur karbon secara difusi sehingga karbon dari media karburasi akan masuk ke permukaan baja dan

meningkatkan kadar karbon pada permukaan baja tersebut. Dengan meningkatnya kadar karbon pada permukaan maka kekerasan permukaan baja pun akan meningkat.



(Gambar 2.2 Proses *pack carburizing*)

(Sumber : digilib.unila.ac.id)



(Gambar 2.3 Pemodelan terjadinya proses difusi)

(Sumber : docplayer.info)

Pada penelitian ini diteliti sifat mekanis baja karbon rendah khususnya kekerasan dan kekuatan tarik setelah di *pack carburizing* dengan menggunakan media karburasi (*carburizer*) campuran 80% arang bamboo dan 20% BaCO_3 sebagai *energizer*. *Pack carburizing* merupakan proses penambahan unsur karbon ke dalam baja yang dilakukan dengan menggunakan media karbon aktif dalam bentuk padat. Skematik proses *pack carburizing* ditunjukkan pada gambar 2.2 Pada proses *pack carburizing* spesimen ditempatkan ke dalam wadah yang berisi media karburasi, kemudian dipanaskan pada suhu *austenite*. Proses ini didasarkan pada prinsip termokimia dengan sistem difusi, yaitu suatu cara untuk mengubah sifat-sifat permukaan substrat dengan menambahkan bahan tambahan dari luar

dan bahan tambahan tersebut akan terdifusi ke permukaan substrat yang dilakukan pada temperatur tinggi (850°C - 950°C). Untuk memperoleh hasil yang baik maka arang media karburasi ditambahkan dengan zat pengaktif karbon (*energizer*) antara lain berupa barium *carbonate* (BaCO_3), calcium *carbonate* (CaCO_3) dan natrium *carbonate* (Na_2CO_3) dengan penambahan mencapai 10-40% berat media karburasi.

Proses *carburizing* terdiri dari dua tahap utama.

1. Tahap pertama, di awal proses terjadi penyerapan karbon secara cepat pada permukaan baja karena adanya perbedaan kandungan karbon yang besar antara permukaan baja dan potensi karbon pada lingkungan media karburasi.
2. Pada tahap kedua, karbon pada permukaan berdifusi ke dalam selubung/case. Di awal, difusi berlangsung lambat karena kecilnya gradien karbon antara permukaan dan inti.

Konsentrasi gradien karbon meningkat seiring semakin banyaknya karbon bebas diserap oleh permukaan. Selanjutnya, kedalaman karburasi tergantung pada laju difusi karbon dari permukaan ke inti.

Model difusi pada bahan padat diperlihatkan pada gambar 2.3 Pada saat suhu wadah (kotak baja) mencapai suhu austenisasi akan terjadi proses reaksi sebagai berikut ; barium *carbonate* (BaCO_3) terurai akibat energi panas dan karbon dioksida hasil penguraian tersebut bereaksi dengan karbon dalam arang membentuk *carbon monoxide* (CO). Begitu pula yang terjadi pada CaCO_3 yang berubah menjadi gas CO . *Carbon monoxide* akan bereaksi dengan Fe. Selanjutnya terjadi proses difusi karbon dengan besi (Fe). Gas CO_2 sisa hasil reaksi difusi akan segera bereaksi kembali dengan C dari arang dan kembali membentuk CO . Proses reaksi ini berlangsung terus menerus.

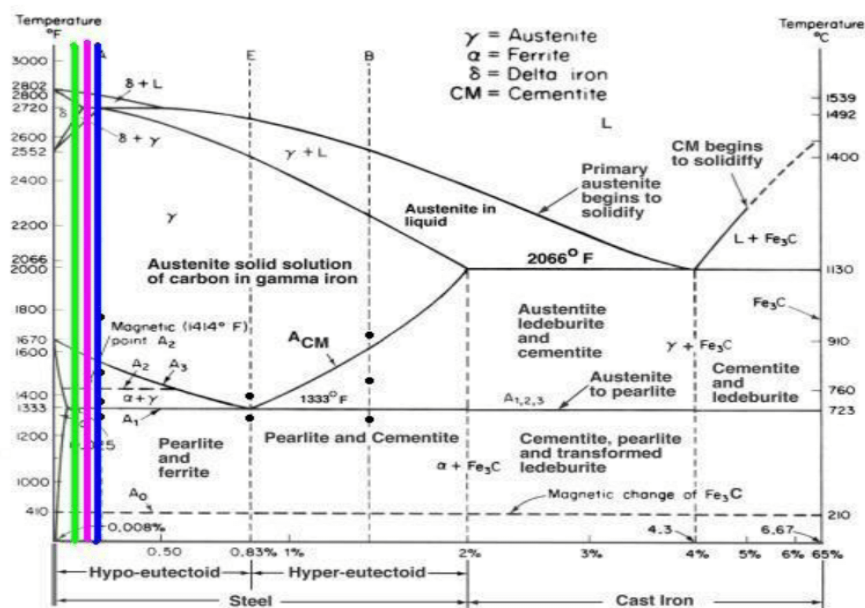
2.2.4 Definisi *Hardening*

Hardening adalah proses pemanasan logam sampai temperatur di atas titik kritis (daerah austenit), ditahan sejenak sesuai dengan waktu tahan yang dibutuhkan agar seluruh benda kerja memiliki struktur austenit dan kemudian didinginkan secara mendadak. Tujuan proses ini adalah untuk mendapatkan

struktur kristal martensit. Martensit adalah struktur yang harus dimiliki baja agar memperoleh kenaikan kekerasan yang sangat besar. Martensit berstruktur jarum karena jaringan atomnya berbentuk tetragonal. (Yopi Handoyo,2015).

Langkah – langkah proses *hardening* adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pemanasan bertujuan untuk mendapatkan struktur *Austenite*, yang sifat *Austenite* adalah tidak stabilnya pada suhu dibawah $A_c - 1$, sehingga dapat menemukan struktur yang diinginkan.



(Gambar 2.4 Diagram Fe-Fe₃C)

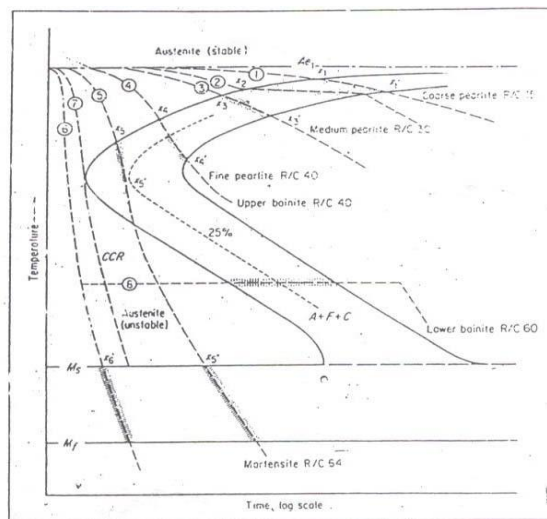
(Sumber : Szienna,2013)

2. Penahanan suhu (*holding*), *Holding time* dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan proses *hardening* dengan menahan pada temperature pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur *austenitnya* homogen atau terjadi kelarutan karbida kedalam *austinit* dan *diffuse* karbon dan unsur paduannya. Menurut M.Iqbal Haqi (2006: 5) baja karbon memiliki waktu tahan yang berbeda tergantung dari jumlah kadar karbonnya maka *holding time* yang dimiliki baja karbon adalah :

- Baja konstruksi dari baja *carbon* dan baja paduan rendah yang mengandung karbida yang mudah larut, diperlukan *holding time* yang

singkat, 5 – 15 menit setelah mencapai temperatur pemanasnya dianggap sudah memadai.

- Baja konstruksi dari baja paduan *carbon* menengah dianjurkan menggunakan *holding time* 15-25 menit, tidak tergantung ukuran benda kerja.
3. Pendinginan. Untuk proses *hardening* kita melakukan pendinginan secara cepat dengan menggunakan media air. Tujuannya adalah untuk martensite yang terbentuk juga akan semakin banyak. Karena *martensite* terbentuk dari fase *Austenite* yang didinginkan secara cepat. Hal ini disebabkan karena atom karbon tidak sempat berdifusi keluar dan terjebak dalam struktur Kristal dan membentuk struktur tetragonal yang ruang kosong antar atomnya kecil, sehingga kekerasan meningkat.



(Gambar 2.5 Diagram kurva pendinginan pada diagram TTT)
(*time – temperature – transformation*)
(Sumber : Szienza,2013)

2.2.5 Quenching

Quenching adalah suatu proses pengerasan baja dengan cara baja dipanaskan hingga mencapai batas *austenite* dan kemudian diikuti dengan proses pendinginan cepat melalui media pendingin air, oli, atau air garam, sehingga fasa *austenite* bertransformasi secara parsial membentuk struktur martensit. Tujuan utama dari proses *quenching* ini adalah untuk menghasilkan baja dengan sifat kekerasan tinggi. (Yopi Handoyo,2015)

2.2.6 Oli Bekas

Senyawa hidro karbon minyak oli bekas kendaraan merupakan suatu limbah buangan berbahaya dan beracun yang merupakan dampak dari penggunaan kendaraan bermotor. Oli merupakan zat kimia yang digunakan pada kendaraan bermotor yang berguna untuk mengurangi keausan pada mesin. Penggunaan utama oli yaitu terdapat pada oli mesin. Umumnya oli terdiri dari 90% minyak dasar (base oil) dan 10% zat tambahan. Pada sistem penggerakannya ketika mesin dihidupkan mesin yang bergerak akan terjadi gesekan pada logam yang akan menyebabkan pelepasan partikel dari peristiwa tersebut.(Surtikanti,dkk.2004). Berdasarkan kriteria limbah yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup, oli bekas termasuk kategori limbah B3. Meski oli bekas masih bisa dimanfaatkan, bila tidak dikelola dengan benar, ia bisa membahayakan lingkungan. Sejalan dengan perkembangan kota dan daerah, volume oli bekas terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah kendaraan bermotor dan mesin – mesin bermotor. Di daerah pedesaan sekalipun, sudah bisa ditemukan bengkel – bengkel kecil, yang salah satu limbahnya adalah oli bekas. Dengan kata lain, penyebaran oli bekas sudah sangat luas dari kota besar sampai ke wilayah pedesaan diseluruh Indonesia.(Winoto,dkk.2004). Menurut penelitian (Hendi Saputra, 2014) diperoleh hasil bahwa dengan menggunakan media pendingin air garam didapatkan rata-rata nilai kekuatan kekerasannya yakni 52.396 kg/mm^2 , dengan menggunakan media pendingin air kelapa didapatkan nilai rata-rata kekuatan kekerasannya yaitu 49.764 kg/mm^2 , sedangkan untuk media pendingin oli bekas didapatkan nilai rata-rata kekuatan kekerasannya yaitu 53.158 kg/mm^2 .

2.2.7 Metode *Rockwell*

Metode *Rockwell* merupakan salah satu pengujian kekerasan bahan yang banyak digunakan pada saat ini, hal ini dikarenakan pengujian kekerasan *Rockwell* yang sederhana, cepat, tidak memerlukan mikroskop untuk mengukur jejak, dan uji kekerasannya dengan pembacaan langsung (*directreading*).

Metode ini banyak sekali dipakai di dunia industri kerana pengujiannya sederhana. Metode yang paling umum dipakai adalah *Rockwell B* dengan referensi ASTM E 18 memakai indentor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kg

dan *Rockwell* memakai indenter intan dengan beban 150 kg. Sedangkan untuk bahan lunak menggunakan penetrator yang digunakan adalah bola baja (*Ball*) yang kemudian dikenal dengan Skala B dan untuk bahan yang keras penetrator yang digunakan adalah kerucut intan (*cone*) dengan sudut puncak 120° . Pengujian kekerasan *Rockwell* didasarkan pada kedalaman masuknya penekan benda uji. (Calister,2007).

Nilai kekerasan dapat langsung dibaca setelah beban utamanya dihilangkan kemudian untuk menghitung nilai kekerasan *Rockwell* dapat dihitung dengan rumus dibawah ini :

$$HR = E - e$$

Dimana : HR = nilai kekerasan *Rockwell*

E = konstanta tergantung pada bentuk indenter

e = perbedaan antara dalamnya penembusan

Tabel dibawah ini menunjukkan Skala kekerasan *Rockwell* yang memperlihatkan skala yang digunakan untuk tipe – tipe material tertentu.

Tabel 2.1 Skala kekerasan *Rockwell*

Skala	Beban Mayor (kg)	Tipe Indenter	Tipe Material Uji
A	60	1/16" bola intan kerucut	Sangat keras, tungsten karbida
B	100	1/16" bola	Kekerasan sedang, baja karbon rendah dan sedang, kuningan, perunggu
C	150	intan kerucut	Baja keras, panduan yang dikeraskan, baja hasil tempering
D	100	1/8" bola	Besi cor, pandu aluminium, magnesium yang dianealing
E	100	intan kerucut	Baja kawakan
F	60	1/16" bola	Kuningan yang dianealing dan tembaga
G	150	1/8" bola	Tembaga, berilium, fosfor, perunggu

H	60	1/8" bola	Pelat aluminium, timah
K	150	1/4" bola	Besi cor, panduan aluminium, timah
L	60	1/4" bola	Plastik, logam lunak
M	100	1/4" bola	Plastik, logam lunak
R	60	1/4" bola	Plastik, logam lunak
S	100	1/2" bola	Plastik, logam lunak
V	150	1/2" bola	Plastik, logam lunak

(Sumber : Calister,2007)