

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Dalam penulisan tugas akhir dibutuhkan beberapa studi literatur terlebih dahulu, yang diharapkan dapat menghasilkan teori ataupun rumus sehingga tujuan dan manfaat dapat tercapai. Berikut adalah beberapa referensi yang diambil dalam penelitian ini, yaitu :

Tabel 2.1 Sumber Referensi

No.	Judul	Peneliti (Tahun)	Sumber	Kesimpulan
1.	Analisa kekerasan pada pisau berbahan baja karbon menengah hasil proses <i>hardening</i> dengan media pendingin yang berbeda	Prihanto Trihutomo (2015)	Jurnal teknik mesin, tahun 23, no. 1, april 2015	Rerata kekerasan pisau yang didinginkan dengan media pendingin yang berbedabeda adalah sebagai berikut. Air sumur memiliki rerata nilai kekerasan 652,64 HV, air garam memiliki rerata nilai kekerasan 836,56 HV, oli memiliki rerata nilai kekerasan 600 HV, udara memiliki rerata nilai kekerasan 335,44 HV.
2.	Pengaruh <i>quenching</i> dan tempering terhadap kekerasan dan kekuatan tarik serta struktur mikro baja karbon sedang untuk mata pisau pemanen sawi	Arief Murtiono (2012)	Jurnal e-Dinamis, Volume II, No.2 September 2012 ISSN 2338-1035	Sifat mekanis bahan baja karbon sedang dengan perlakuan <i>Heat Treatment</i> yang didapatkan dari hasil pengujian: Hasil uji kekerasan maksimum adalah 825.6 BHN setelah proses <i>hardening</i> 830°C <i>quenching</i> air es. Dan untuk proses tempering adalah 333 BHN pada suhu 550°C selama 1 jam setelah di- <i>quenching</i> air es.

3.	Pengaruh karburisasi yang dilanjutkan dengan proses <i>quenching</i> dalam media air terhadap kekerasan baja s45c	Erlanka Heling dan Dody Prayitno (2019)	Jurnal Penelitian dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti Vol. 4, No. 2, Juli 2019, ISSN (p): 0853-7720, ISSN (e): 2541-4275	1. Kekerasan baja S45C non-karburisasi 254,31 HV. Kekerasan baja S45C setelah dilakukan proses karburisasi pada suhu 900°C selama 2 jam dan dilanjutkan <i>quenching</i> media air adalah 792,82 HV. Kekerasan baja S45C setelah dilakukan proses karburisasi pada suhu 900°C selama 4 jam yang dilanjutkan dengan <i>quenching</i> dalam media air adalah 891,87 HV. 2. Proses karburisasi yang dilanjutkan dengan <i>quenching</i> dalam media air akan meningkatkan kekerasan baja S45C. 3. Proses penambahan waktu Holding Time dari 2 jam menjadi 4 jam akan meningkatkan kekerasan baja S45C.
4.	Peningkatan kualitas dodos dengan variasi temperatur austenisasi dan media <i>quenching</i>	Martin Doloksaribu dan Eva Afrilinda (2014)	METAL INDONESIA A Vol. 36 No.1 Juni 2014	1. Parameter optimum untuk meningkatkan kekerasan dodos adalah pada temperatur austenisasi 900oC dan media <i>quenching</i> larutan garam dimana menghasilkan nilai kekerasan sebesar 701,1 HV (nilai kekerasan dodos impor dari penelitian lain yaitu 670 HV). Perlu bervariasi perbandingan air dan garam pada larutan air garam untuk mengetahui pengaruhnya

				terhadap kekerasan optimum.
5.	<i>Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Material Baja S45c</i>	Syaifudin Yuri, Sofyan Djamil dan M. Sobrom Yamin Lubis (2016)	Poros, Volume 14 Nomor 2	Hasil yang diperoleh uji kekerasan air garam memiliki nilai rata-rata kekerasan 95 BHN, nilai rata-rata kekerasan oli 89 BHN, nilai rata-rata kekerasan air 94 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/mm <sup>2</sup> , nilai rata-rata impact air garam 0,257 J/mm <sup>2</sup> , nilai rata-rata impact air 0,369 J/mm <sup>2</sup> , nilai rata-rata impact oli 1,128 J/mm <sup>2</sup> dan nilai rata-rata impact tanpa dihardening 0,955 J/mm <sup>2</sup> .
6	Pengaruh <i>hardening</i> terhadap kekerasan material baja JIS SNCM 447 pada as Roda Mobil	M. Arief Ridho Aulia (2019)	Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya 2019	Nilai kekerasan hasil <i>thermal hardening</i> dengan media <i>quenching</i> oli bekas terbukti menambah kekerasan baja JIS SNCN 447, Didapatkan kekerasan tertinggi 47,04 HRC pada suhu pemanasan 845°C
7	Uji Kekerasan Pada Pegas Daun Mobil Pick-up. Suhu Pemanasan 800°C Di Quenching Air Laut	Erizal (2017)	Majalah Teknis Simes Vol. 11 No. 1	Berdasarkan pengujian, spesimen yang tidak mengalami perlakuan nilai kekerasannya rendah (HRC) 38.38, sedangkan spesimen yang mendapatkan perlakuan panas dan di dinginkan dengan air laut, mempunyai nilai kekerasan yang lebih tinggi (HRC) 61.02. 2. Hal ini dikarenakan

				setiap baja karbon yang mengalami perlakuan panas nilai kekerasannya akan meningkat.
8	Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Air Garam dan Oli Terhadap Struktur Mikro dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun AISI 6135	<i>Anggun Mersilia, Pulung Karo, Yayat Iman Supriyatna (2016)</i>	Jurnal Teori Dan Aplikasi Fisika Vol.4 No. 2	Hasil uji komposisi kimia menunjukkan baja pegas daun termasuk baja karbon sedang (C = 0,343%) dan chromium-vanadium steel (AISI 6135). Hasil uji kekerasan raw material sebesar 42,27 HRc, pada media quenching 100% air garam sebesar 34,27% HRc. Sementara pada media quenching campuran 50% air garam : 50% oli sebesar 38,27 HRc. Hasil struktur mikro pada sampel raw material menunjukkan fasa ferit dan perlit. Sementara Quench-temper campuran 50% air garam : 50% oli terbentuk fasa ferit, austenit sisa dan martensit temper yang lebih rapat dan menyebar merata dibandingkan 100% air garam.
9	Uji Eksperimen Tingkat Kekerasan Dan Ketangguhan Baja Pegas Jis Sup 9 Dengan Metode Laku Panas Hardening Dan Tempering	Ahmad Dzulfikri Halimi (2017)	JTM Volume 05 Nomor 03	Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada spesimen dengan temperatur hardening 860°C tempering 400°C. Nilai kekerasan rata-rata 49,1 HRC atau meningkat 40% dari spesimen raw material. Pada nilai ketangguhan peningkatan tertinggi pada temperatur 920°C temper 500°C dengan rata-rata 42,81 joule atau

				227%, pada struktur mikro yang terbentuk pada raw material berupa ferrite dan pearlit, sedangkan hasil pengaruh laku panas mengakibatkan munculnya struktur martensite temper, carbida dan austenit sisa.
10	Pengaruh Variasi Temperatur Pada Proses Heat Baja S45c Dengan Beberapa Media Pendingin Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Treatment	Agung (2017)	Jurnal Teknik Mesin UBL, Vol.5 No. 1	Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada baja yang menggunakan temperatur 750 °C , 950 °C dengan media pendingin udara dan temperatur 950 °C dengan media pendingin solar mengalami penurunan Nilai kekerasan, tetapi pada temperatur 750 °C dengan media pendingin solar mengalami peningkatan.

(Sumber : Telah diolah )

## 2.2 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 digunakan 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).

Tabel 2.2 Klasifikasi Baja Karbon

Baja Karbon		
Rendah	Sedang	Tinggi
$\leq 0,25 \%$	$0,25\% - 0,55\%$	$\geq 0,55\%$
(C)	(C)	(C)

(Sumber : Wardoyo, J.T. 2005. Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja Fasa Ganda. *TEKNOIN*. Volume 10 No 3)

### 2.3 Karakteristik Baja JIS SUP 9 Atau Baja Karbon Medium

Komposisi kimia dari jis baja pegas datar bar SUP9 , musim semi baja Sup 9 harus sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.3 Komposisi Baja JIS SUP 9 Atau Baja Karbon Medium

No	Elemen	Kadar (%)	Metode
1	C	0,544	Spark-OSS Spectromaxx
2	Si	0,238	Spark-OSS Spectromaxx
3	Mn	0,820	Spark-OSS Spectromaxx
4	P	0,0146	Spark-OSS Spectromaxx
5	S	0,0030	Spark-OSS Spectromaxx
6	Cr	0,754	Spark-OSS Spectromaxx
7	Mo	0,0102	Spark-OSS Spectromaxx
8	Ni	0,00665	Spark-OSS Spectromaxx
9	Al	0,0390	Spark-OSS Spectromaxx
10	Co	0,0095	Spark-OSS Spectromaxx
11	Cu	0,0156	Spark-OSS Spectromaxx
12	Ti	0,0142	Spark-OSS Spectromaxx
13	Sn	0,0011	Spark-OSS Spectromaxx
14	As	0,0022	Spark-OSS Spectromaxx
15	Zr	0,0039	Spark-OSS Spectromaxx
16	Ce	0,0036	Spark-OSS Spectromaxx
17	Se	0.0022	Spark-OSS Spectromaxx
18	Te	0,0047	Spark-OSS Spectromaxx
19	Ta	0,0402	Spark-OSS Spectromaxx
20	B	0.00021	Spark-OSS Spectromaxx
21	Zn	0,0012	Spark-OSS Spectromaxx
22	La	0,00053	Spark-OSS Spectromaxx
23	Fe	97,4	Spark-OSS Spectromaxx

(Sumber : Hasil uji komposisi di Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung.)

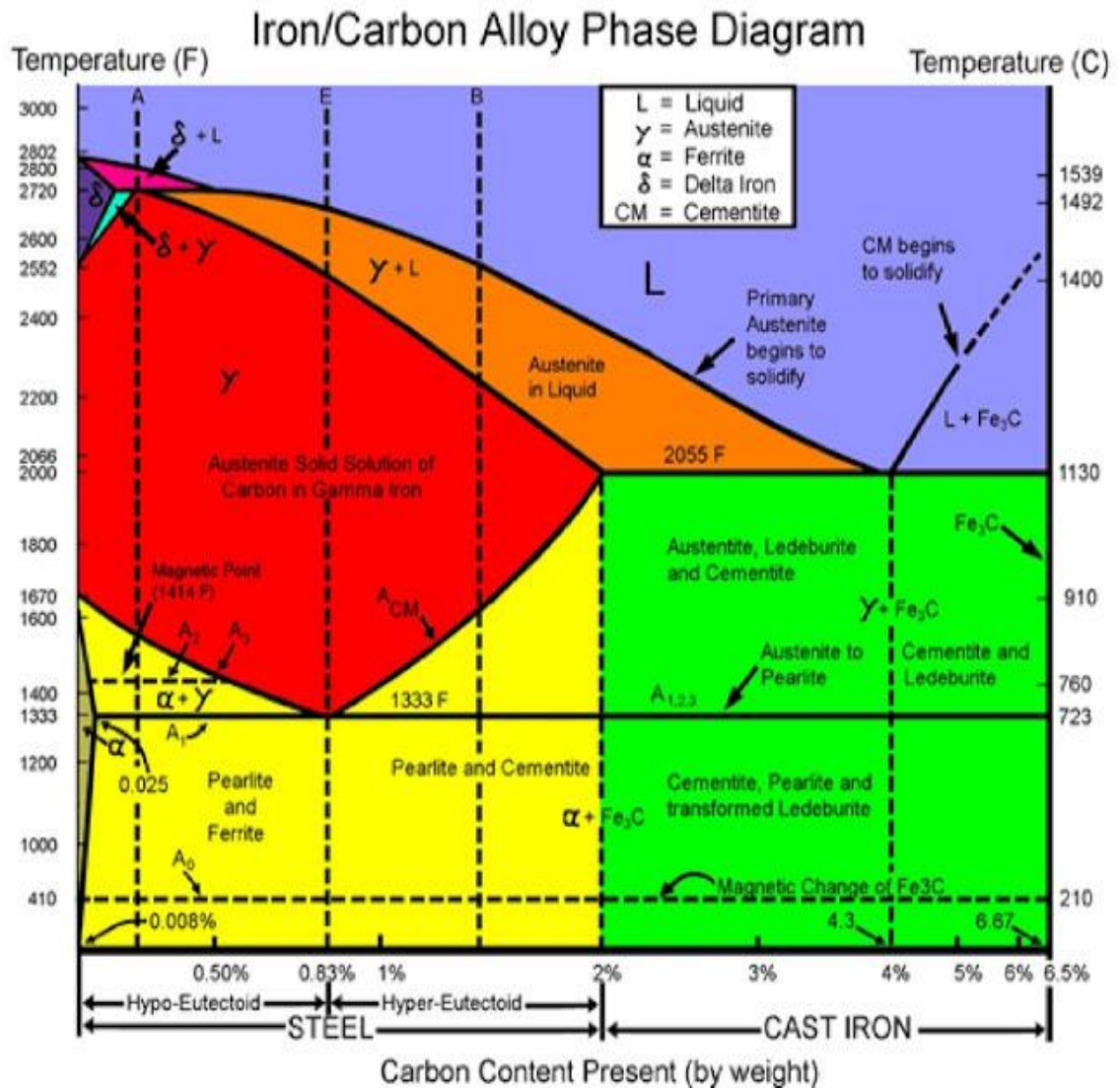
## 2.4 Sifat Mekanis Pada Baja

Sifat mekanis pada suatu bahan adalah kemampuan bahan untuk menahan beban-beban yang dikenakan padanya. Beban-beban tersebut dapat berupa beban tarik, teka, bengkok, geser, atau beban kombinasi. Sifat-sifat mekanis yang perlu kita ketahui adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan (*strength*) menyatakan bahwa kemampuan bahan untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan bahan menjadi patah. Kekuatan ini ada beberapa macam, tergantung pada jenis beban yang bekerja antara lain dapat dilihat dari kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan puntir, dan kekuatan bengkok.
2. Kekerasan (*Hardness*), yaitu ketahanan baja terhadap besarnya gaya yang dapat menembus permukaan baja. Cara ujinya dengan kekerasan *Brinell*, *Rockwell*, *ultrasonic*, dll
3. 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.
4. Keretakan (*creep*) merupakan kecenderungan suatu logam mengalami deformasi plastis yang besarnya merupakan fungsi waktu, pada saat bahan tersebut menerima beban yang besarnya relatif tetap.
5. Keuletan (*Ductility*), yaitu kemampuan baja untuk berdeformasi sebelum menjadi putus. Keuletan ini berhubungan dengan besarnya regangan/*strain* yang permanen sebelum baja putus. Keuletan ini juga berhubungan dengan sifat yang dapat dikerjakan pada baja. Cara ujinya berupa uji tarik.
6. Kekenyalan (*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



## 2.5 Diagram Fasa Fe-C



Gambar 2.1 Diagram Fase / Fe-Fe 3c  
(Sumber : Szienna,2013)

Diagram fasa Fe-C atau biasa disebut diagram kesetimbangan besi karbon merupakan diagram yang menjadi parameter untuk mengetahui segala jenis fasa yang terjadi di dalam baja dengan segala perlakuannya. Konsep dasar dari diagram fasa adalah mempelajari bagaimana hubungan antara besi dan paduannya dalam keadaan setimbang. Hubungan ini dinyatakan dalam suhu dan komposisi, setiap perubahan komposisi dan perubahan suhu akan mempengaruhi struktur mikro.

Pada diagram fasa Fe-C yang ditampilkan muncul larutan padat ( $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ ) atau disebut besi delta ( $\delta$ ), austenit ( $\gamma$ ) dan ferit ( $\alpha$ ). Ferit mempunyai struktur kristal BCC (*Body Centered Cubic*) dan austenit mempunyai struktur kristal FCC (*Face Centered Cubic*) sedangkan besi delta ( $\delta$ ) mempunyai struktur kristal FCC pada suhu tinggi. Apabila kandungan karbon melebihi batas daya larut, maka akan membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi atau sementit. Karbida besi mempunyai komposisi kimia Fe<sub>3</sub>C yang sifatnya keras dan getas. Peningkatan kadar karbon pada baja karbon akan meningkatkan sifat mekanik baja tersebut, terutama kekerasan karena sifat yang dimiliki oleh endapan sementit yang keras. (Indah, 2016)

Beberapa fasa yang sering ditemukan dalam baja karbon:

1. Austenit adalah campuran Fe(besi) dan C(karbon), bersifat lunak dengan keliatan tinggi dan karbon maksimum sebesar 2.14% (Yogantoro,2010).
2. Ferit ( $\alpha$ ) mempunyai ruang antar atom kecil dan rapat sehingga sedikit menampung atom karbon. Kadar maksimum karbon sebesar 0.025% pada suhu 723 °C (Yogantoro, 2010).
3. Perlit merupakan campuran mekanisme yang terdiri dari dua fase, yaitu ferit dengan karbon 0.025% dan sementit dalam bentuk lamellar (lapisan) dengan karbon 6,67% (Yogantoro, 2010).
4. Bainit adalah struktur mikro dari reaksi eutektoid ( $\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C}$ ) non-lamellar (tidak berupa lapisan). Bainit merupakan struktur mikro campuran fasa ferit dan sementit (Fe<sub>3</sub>C) (Yogantoro,2010).
5. Martensit merupakan fasa ferit dan sementit bercampur, tetapi bukan dalam lamellar, melainkan jarum-jarum sementit (yogantoro, 2010)
6. Sementit merupakan paduan logam besi melebihi batas daya larut membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi (sementit) (Yogantoro,2010).

## **2.6 Heat Treatment**

perlakuan panas atau *Heat Treatment* mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (*internal stress*), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer. Perlakuan panas adalah kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperature sangat menentukan.

(Aulia 2019)

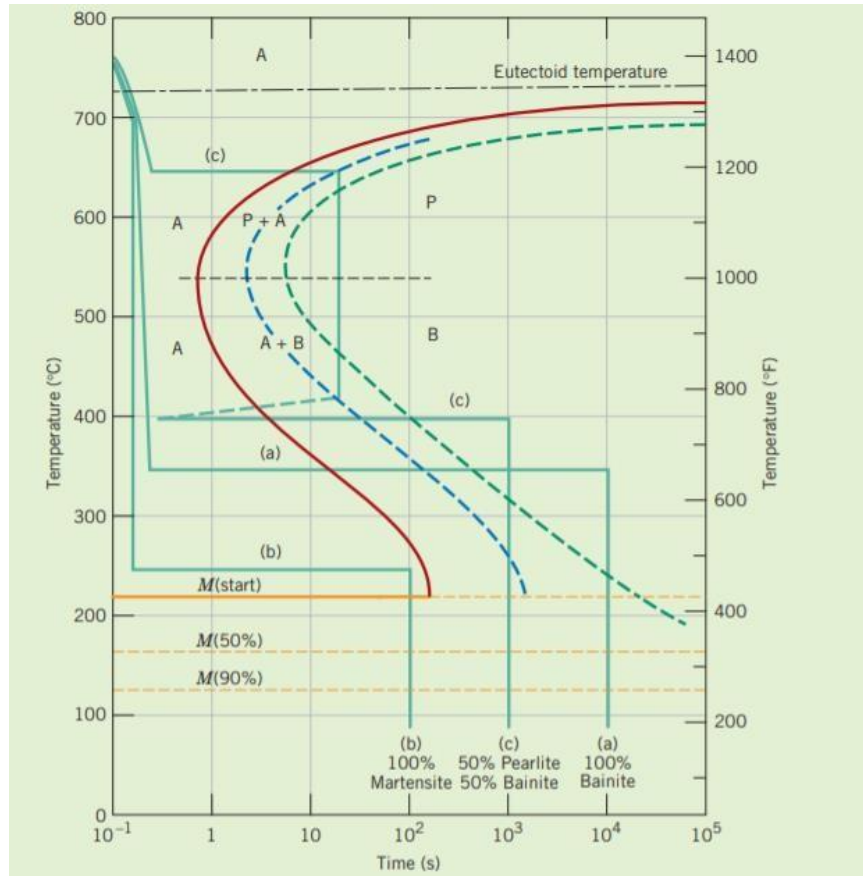
## **2.7 Hardening**

*Hardening* adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan benda kerja dalam *furnace* (tungku) pada temperatur yang ditentukan selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan secara cepat dengan media pendingin seperti air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Perlakuan panas *hardening* adalah proses kombinasi antara proses pemanasan dan pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu (Prihanto, 2015).

## **2.8 Quenching**

*Quenching* adalah sebuah upaya pendinginan secara cepat setelah baja mengalami sebuah perlakuan pemanasan. Pada perlakuan *quenching* terjadi percepatan pendinginan dari temperatur akhir perlakuan dan mengalami perubahan dari austenit menjadi ferrit dan martensit untuk menghasilkan kekuatan dan kekerasan yang tinggi. Perkerasan maksimum yang dapat dicapai baja yang di *quenching* hampir sepenuhnya ditentukan oleh konsentrasi karbon dan kecepatan pendinginan yang sama atau lebih tinggi dengan kecepatan pendinginan kritis untuk paduan tersebut.

Tujuan utama *quenching* adalah meningkatkan kekerasan logam, sedangkan faktor utama dalam proses *quenching* adalah pengaturan laju pendinginan pada logam. Jika laju pendinginan terlalu lambat, logam menjadi lebih getas dan kekerasan akan berkurang. Jika laju pendinginan terlalu cepat, maka akan terjadi distorsi dan retak pada logam. ( Yunaidi, 2016)



Gambar 2.2 kurva pendinginan pada diagram TTT ( *time - temperature – transformation* )  
(Sumber : callister, 2007)

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

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 (yusman,2016).

## 2. Minyak atau Oli

Oli mengandung lapisan-lapisan halus untuk mencegah terjadinya benturan antar logam seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Penggunaan pelumas sebagai media pendingin dalam proses perlakuan akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang akan mempengaruhi sifat mekanis spesimen (Palupi,2016).

## 3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal-kristal dan kemungkinan mengikat unsur-unsur lain dari udara (Ardiansyah, 2016).

## 4. Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendingin yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan juga garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi tambah keras (Ardiansyah, 2016).

## **2.9 Uji Kekeraan Metode *Rockwell* (HR/HRN)**

Pengujian *Rockwell* mirip dengan pengujian Brinell, yakni angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi derajat indentasi. Beban dan indenter yang digunakan bervariasi tergantung pada kondisi pengujian. Berbeda dengan pengujian *Brinell*, indenter dan beban yang digunakan lebih kecil sehingga menghasilkan indentasi yang lebih kecil dan lebih

halus. Pengujian *Rockwell* banyak digunakan di industri karena prosedurnya lebih cepat (Davis, Troxell dan Wiskocil, 1955).

Indentor dapat berupa bola baja atau kerucut intan dengan ujung yang agak membulat (biasa disebut "*brale*"). Diameter bola baja umumnya 1/16 inci, tetapi terdapat juga indentor dengan diameter lebih besar, yaitu 1/8, 1/4, atau 1/2 inci untuk bahan-bahan yang lunak. Pengujian dilakukan dengan terlebih dahulu memberikan beban minor 10 kg, dan kemudian beban mayor diaplikasikan. Beban mayor biasanya 60 atau 100 kg untuk indentor bola baja dan 150 kg untuk indentor *brale*. Meskipun demikian, dapat digunakan beban dan indentor sesuai kondisi pengujian. Pada pengujian *Rockwell*, angka kekerasan yang ditunjukkan merupakan kombinasi antara beban dan indentor yang dipakai, maka perlu diberikan awalan huruf pada angka kekerasan yang menunjukkan kombinasi beban dan penumbuk tertentu untuk skala beban yang digunakan.

Dial pada mesin terdiri atas warna merah dan hitam yang didesain untuk mengakomodir pengujian skala B dan C yang seringkali dipakai. Skala kekerasan B digunakan untuk pengujian dengan kekerasan medium seperti baja karbon rendah dan baja karbon sedang. Skala kekerasannya dari 0–100. Bila indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan yang kekerasannya melebihi B 100, indentor dapat terdeformasi dan berubah bentuk. Tetapi jika indentor bola baja dipakai untuk menguji bahan yang lebih lunak dari B0, dapat mengakibatkan pemegang indentor mengenai benda uji, sehingga hasil pengujian tidak benar dan pemegang indentor dapat rusak. Untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$HR = E - e$$

Keterangan:

HR = nilai kekerasan *Rockwell* (HR)

E = jarak antara penekan saat diberi beban minor dengan garis acuan nol (*zero reference line*) untuk tiap jenis penekan.

- e = perbedaan kedalaman penembusan dalam material uji sebelum dan sesudah penambahan beban utama dan beban awal
- F0 = beban minor (kg)
- F1 = beban mayor (kg)
- F = total beban (Kg)

Dalam pengujian kekerasan Rockwell diperlukan keterangan mengenai kombinasi huruf pada angka kekerasan yang digunakan. Hal ini untuk menunjukkan kombinasi beban, jenis material uji, jarak penekan serta skala beban pada saat melakukan uji kekerasan metode Rockwell. Uji kekerasan Rockwell mampu melakukan uji pembebanan tekan hingga 150 kg.

Kekerasan diartikan sebagai ketahanan terhadap deformasi, sedangkan nilai kekerasan pada logam adalah ukuran ketahanan logam terhadap deformasi permanen ataupun deformasi plastis. Pengukuran kekerasan tergantung pada pengujian yang dilakukan. *Scratch Hardness* adalah pengukuran yang berdasarkan pada kemampuan logam terhadap goresan. *Indentation Hardness* adalah pengukuran yang berdasarkan pada kedalaman yang dibuat oleh suatu indentor pada permukaan logam dengan beban tertentu. Teknik indentasi merupakan pengukuran yang banyak dilakukan karena mudah dan tidak merusak spesimen secara berlebihan.

Beberapa teknik pengukuran dengan indentasi antara lain, pengujian kekerasan dengan metode Rockwell sesuai dengan standar ASTM E18, Metode Brinell dengan standar ASTM E10 dan pengujian kekerasan Vickers dengan standar pengujian ASTM E29.

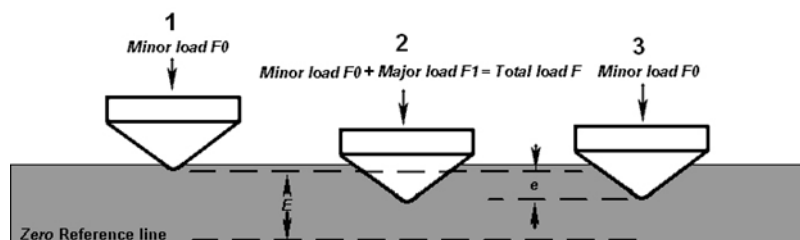
Pada pengujian kekerasan dengan metode Rockwell, benda uji ditekan dengan penetrator berupa bola baja atau kerucut intan. Harga kekerasan diperoleh dari perbedaan kedalaman dari beban mayor dan minor. Beban minor adalah beban awal yang diberikan untuk pengujian Rockwell yang sudah ditentukan, sedangkan beban mayor adalah beban minor yang ditambah dengan beban tambahan pada saat pengujian kekerasan. Nilai kekerasan berdasarkan kedalaman penetrasi indentor dan hasilnya dapat langsung dibaca pada jarum *dial gauge* di alat uji kekerasan.

( Qodri, 2019)

Tabel 2.4 Skala Kekerasan Rockwell

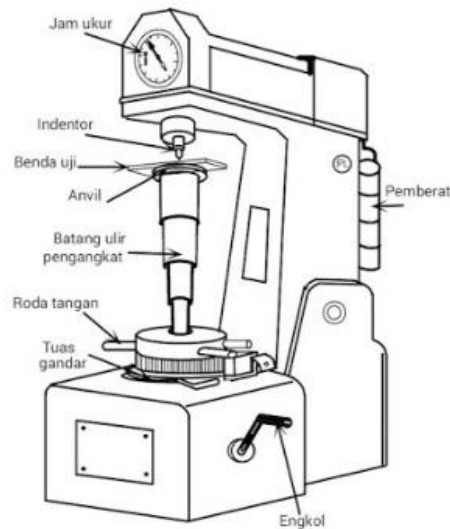
skala	Indentor	F0 (kg)	F1 (kg)	F (kg)	E	Jenis material uji
A	Intan	10	50	60	100	Material yang sangat keras seperti tungsten karbida
B	1/16" bola besi	10	90	100	130	Baja karbon sedang, baja karbon rendah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Baja paduan, besi tuang keras, titanium
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Baja tipis, tembaga, tembaga berilium
E	1/8" bola besi	10	90	100	130	Besi tuang, paduan aluminium, magnesium
F	1/16" bola besi	10	50	60	130	Lembaran aluminium
G	1/16" bola besi	10	140	150	130	Paduan aluminium, paduan tembaga
H	1/8" bola besi	10	50	60	130	Pelat aluminium, timah
K	1/8" bola besi	10	140	150	130	Besi cor, paduan aluminium

( Sumber : Yusman 2018)



Gambar 2.3 Prinsip Kerja Metode Uji Kekerasan *Rockwell*  
(Sumber: Ardiansyah, 2016)





Gambar 2.4 Mesin Uji Kekerasan *Rockwell*  
(Sumber: Fajar Ismail, 2012)

## 2.10 Analisa Hasil Pengujian Kekerasan

Analisa yang dilakukan secara berurutan dengan memperhatikan pengaruh variasi temperatur dan media pendingin terhadap kekerasan spesimen pisau sadap karet. Pengolahan data berupa statistik menggunakan metode *analysis of varians* (ANOVA).

*Two-Way ANOVA (analysis of variance)* pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perbedaan beberapa variabel bebas (faktor) dengan variabel terikat (respon) dan masing-masing variabel memiliki dua taraf (*level*) dengan bantuan *software design expert* dalam proses pengolahan data. Untuk mengetahui pengaruh variabel terhadap respon, maka pada ANOVA perlu dihitung jumlah-jumlah kuadrat. Adapun langkah-langkah menghitung dengan *Two-Way ANOVA*, yaitu: (Sudjana, 1994 dan Philip J. Ross, 1989)

- a) Asumsikan bahwa data masing-masing dipilih secara acak.
- b) Asumsikan bahwa data masing-masing berdistribusi normal.
- c) Menentukan hipotesis:

- $H_0 : b_1 = b_2 = b_3 = \dots = \mu_a$  (tidak ada efek terhadap perlakuan)
- $H_1 : b_1 \neq b_j$  (terdapat efek terhadap perlakuan)

d) Menentukan jumlah kuadrat total:

$$SS_T = [\sum_{i=1}^N y_i^2] - \frac{T^2}{N} \quad (2.1)$$

e) Menentukan jumlah kuadrat faktor A:

$$SS_A = [\sum_{i=1}^{k_A} (A_i^2)] - \frac{T^2}{N} \quad (2.2)$$

f) Menentukan Jumlah kuadrat faktor B:

$$SS_B = [\sum_{i=1}^{k_B} (B_i^2)] - \frac{T^2}{N} \quad (2.3)$$

g) Menentukan jumlah kuadrat interaksi faktor A dan B:

$$SS_{AxB} = \left[ \sum_{i=1}^b \left( \frac{(AxB)_i^2}{n_{AxB_i}} \right) \right] - \frac{T^2}{N} - SS_A - SS_B \quad (2.4)$$

h) Menentukan jumlah kuadrat kemungkinan kesalahan (*error*):

$$SS_e = SS_T - SS_A - SS_B - SS_{AxB} \quad (2.5)$$

i) Menentukan derajat kebebasan total:

$$v_T = N - 1 \quad (2.6)$$

j) Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) A:

$$v_A = k_A - 1 \quad (2.7)$$

k) Menentukan derajat kebebasan faktor (*main Effect*) B

$$v_B = k_B - 1 \quad (2.8)$$

l) Menentukan derajat kebebasan faktor interaksi A dan B:

$$v_{AxB} = (v_A)(v_B) \quad (2.9)$$

m) Menentukan derajat kebebasan kemungkinan kesalahan (*pure error*):

$$v_e = v_T - v_A - v_B - v_{AxB} \quad (2.10)$$

n) Melengkapi tabel hasil pengukuran dimensi untuk *analysis of variance* dari data yang didapat.

o) Menentukan taraf signifikan ( $\alpha$ ).

p) Jika  $F_{HITUNG} (F_0) < F_{TABEL}$ , maka hipotesis ( $H_0$ ) dapat diterima.

q) Menentukan persentase kontribusi faktor terhadap respon:

$$\% \text{ Kontribusi faktor} = \frac{(SS_a - SS_e)}{SS_T} \quad (2.11)$$

Tabel 2.5 ANOVA Table for Select Factorial Model

Source	Sum of Squares	Degrees of Freedom	Mean Square	F <sub>0</sub>
Overall model	SS <sub>model</sub>	(k <sub>A</sub> .k <sub>B</sub> )-1	SS <sub>model</sub> /(k <sub>A</sub> .k <sub>B</sub> )-1	MS <sub>model</sub> /MS <sub>E</sub>
Main Effect of A	SS <sub>A</sub>	v <sub>A</sub>	SS <sub>A</sub> / v <sub>A</sub>	MS <sub>A</sub> /MS <sub>E</sub>
Main Effect of B	SS <sub>B</sub>	v <sub>B</sub>	SS <sub>B</sub> / v <sub>B</sub>	MS <sub>B</sub> /MS <sub>E</sub>
A x B interaction	SS <sub>AB</sub>	v <sub>AxB</sub>	SS <sub>AB</sub> / v <sub>AxB</sub>	MS <sub>AB</sub> /MS <sub>E</sub>
Error	SS <sub>E</sub>	v <sub>e</sub>	SS <sub>E</sub> / v <sub>e</sub>	
Total	SS <sub>Total</sub>	v <sub>T</sub>		

## 2.11 Hipotesa

Berdasarkan variabel yang digunakan dalam penelitian ini, maka dapat dibuat hipotesa sebagai berikut :

H<sub>0</sub> = Tidak ada pengaruh variasi temperatur dan media *quenching* terhadap tingkat kekerasan pisau sadap karet. Jika F<sub>hitung</sub> < F<sub>tabel</sub> maka H<sub>1</sub> ditolak.

H<sub>1</sub> = Ada pengaruh variasi temperatur dan media *quenching* terhadap tingkat kekerasan pisau sadap karet. Jika F<sub>hitung</sub> > F<sub>tabel</sub> maka H<sub>0</sub> ditolak.