

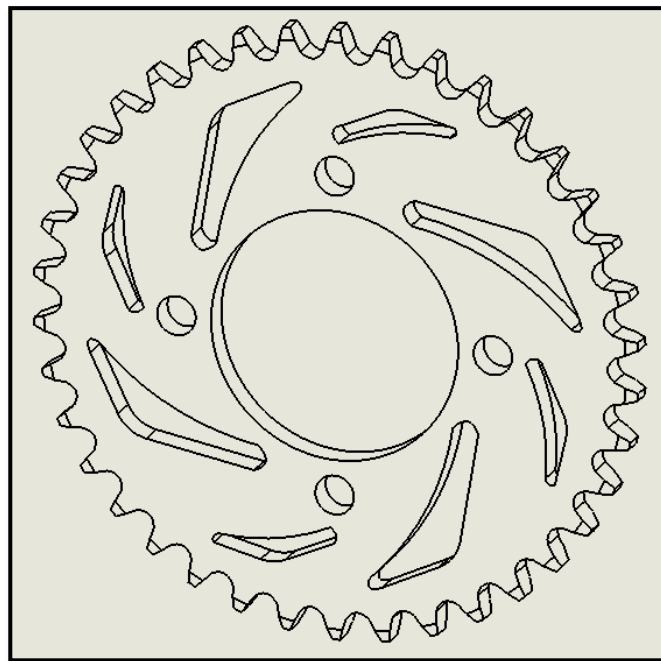
BAB II

STUDI LITERATUR

2.1 *Sprocket*

Sproket adalah salah satu komponen dari sepeda motor yang berpasangan dengan rantai yang digunakan untuk mentransmisikan gaya putar dari *engin* ke roda belakang.

Pada sepeda bermotor, pembakaran pada mesin menghasilkan putaran yang diteruskan oleh kopleng dari poros penggerak ke poros penerus. Poros penerus ini dihubungkan langsung dengan *sprocket* depan, dan putaran tersebut langsung dipindahkan *sprocket* depan melalui rantai ke *sprocket* belakang sehingga roda belakang bergerak. Jadi *sprocket* depan berfungsi sebagai pemindah putaran dari mesin ke roda belakang, yang seterusnya digunakan untuk menggerakkan sepeda motor tersebut. Pada pemindahan daya dan putaran yang terjadi pada sepeda motor *sprocket* depan maupun *sprocket* belakang memiliki peran yang sangat penting sehingga material *sprocket* haruslah memiliki sifat-sifat tertentu seperti tahan terhadap gesekan (aus) dan memiliki ketangguhan yang cukup tinggi.[1]



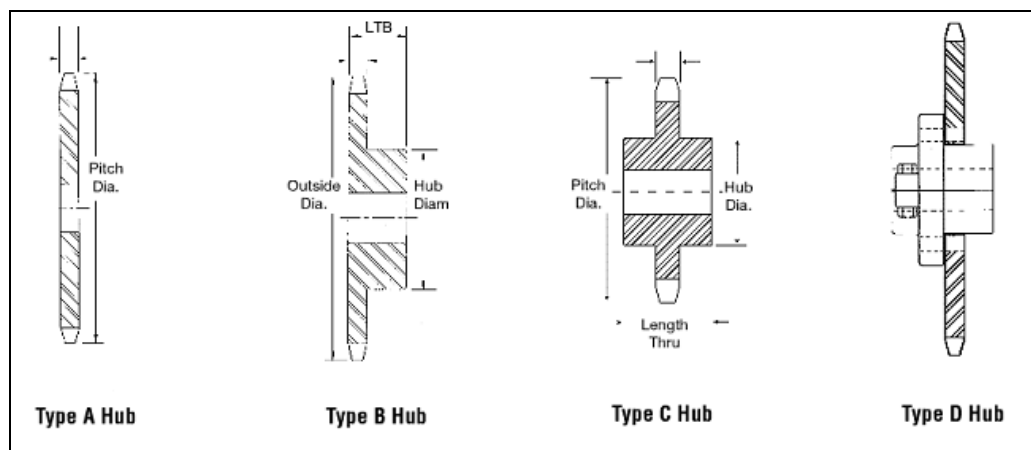
Gambar 2.1 Skematis Sprocket [1]

Karakterisasi Material Sprocket

2.1.1 Klasifikasi *Sprocket*

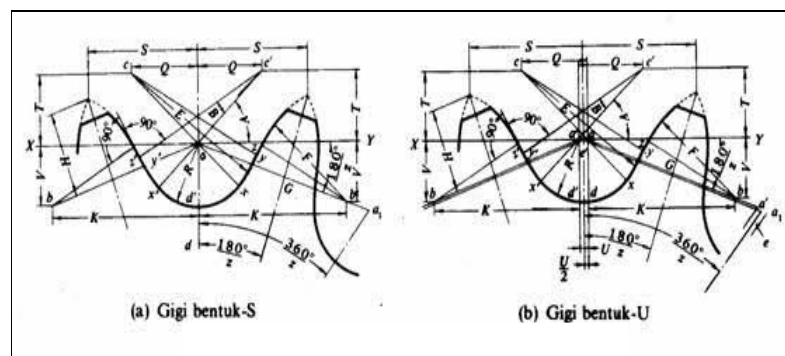
Dilihat dari bentuk dan desainnya sprocket dibagi menjadi beberapa type yang antara lainnya:

- A. *Sprocket* yang merupakan plat lembaran murni (plan plate).
- B. *Sprocket* yang memiliki Hub disalah satu sisinya.
- C. *Sprocket* yang memiliki Hub dikedua sisinya.
- D. *Sprocket* yang berbentuk *detachable* Hub juga menggunakan pin geser dan slip *clutch sprocket* untuk mencegah kerusakan pada penggerak atau pada komponen lain yang disebabkan oleh beban berlebih.



Gambar 2.2 Tipe sprocket dilihat dari segi bentuk dan desainnya [2]

- *Sprocket* bentuk S dan U, bahan material adalah baja karbon
- Jumlah gigi min. 13 dan max. 10/1
- Sudut kontak rantai dan sprocket $>120^\circ$



Gambar 2.3 Profil gigi dari sprocket rantai rol [2]

a. Aplikasi

Sprocket banyak digunakan pada sepeda, sepeda motor, mobil, kendaraan roda rantai dan mesin lainnya digunakan untuk mentransmisikan gaya putar antara 2 poros.

Sprocket berfungsi sebagai pemindah daya (daya putar dari mesin ke roda belakang), sehingga motor dapat bekerja secara optimal. *Sprocket* pada sepeda motor harus memenuhi syarat keunggulan produk sehingga dapat bekerja secara maksimal. Karena banyak *sprocket* yang beredar dipasaran memiliki kualitas yang kurang baik sehingga berdampak pada kerusakan part-part lain yang berhubungan dengan *sprocket* itu sendiri, seperti misalnya adalah rantai.[2]

2.1.2 Material Sprocket

Sprocket dapat dibuat dengan berbagai jenis material, untuk sprocket yang berukuran besar biasanya menggunakan besi cor sebagai materialnya khususnya digunakan untuk pemindahan daya dengan ratio kecepatannya yang besar. Dan untuk *sprocket* yang berukuran kecil biasanya terbuat dari baja dengan menggunakan proses perlakuan panas pada bagian permukaan untuk menghasilkan ketangguhan yang dapat menahan getaran selain itu permukaan gigi dapat dikeraskan untuk mendapatkan ketahanan aus.[3]

2.2 Baja

2.2.1 Definisi Baja

- Baja adalah paduan besi dengan karbon sampai sekitar 1,7 %. Baja Perkakas adalah kelompok baja yang pada umumnya mempunyai kandungan Karbon dan juga paduan yang tinggi. Baja adalah logam paduan dengan besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Fungsi karbon dalam baja adalah sebagai unsur penguat dengan mencegah dislokasi bergeser pada kisi kristal (*crystal lattice*) atom besi. Unsur paduan lain yang biasa ditambahkan selain karbon adalah mangan (manganese), krom (chromium), vanadium, dan tungsten. 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*).[4]

2.2.2 Standarisasi baja dengan sistem AISI dan SAE

Standarisasi dengan sistem AISI dan SAE merupakan tipe standarisasi berdasarkan pada susunan atau komposisi kimia yang ada dalam suatu baja. AISI (*American Iron Steel Institute*) memakai *standard* dengan sistem penomoran yang sama dengan SAE, namun menambahkan huruf untuk menunjukkan proses pembuatan baja. Sebagai contoh prefix “C” untuk *open hearth furnace, basic oxygen furnace* (BOF) dan “E” untuk *electric arc furnace*.

Ada beberapa ketentuan dalam standarisasi baja berdasarkan AISI atau SAE, yaitu :
Dinyatakan dengan 4 atau 5 angka :

1. Angka pertama menunjukkan jenis baja
2. Angka kedua menunjukkan
 - a. Kadar unsur paduan untuk baja paduan seerhana
 - b. Modifikasi jenis baja paduan untuk baja paduan yang kompleks
3. Dua angka atau tiga angka terakhir menunjukkan kadar karbon perseratus persen
4. Bila terdapat huruf di depan angka maka huruf tersebut menunjukkan proses pembuatan bajanya.

Contoh : AISI 1045, berarti :

Angka 1 : Baja Karbon (carbon steel)

Angka 0 : Persentase bahan *alloy* (0= plain tidak ditambahkan sulfur dan phosphor)

Angka 45 : Kadar Karbon (kadar karbon rata-rata 0,45%).[5]

Karakterisasi Material Sprocket

Berikut adalah tipe baja menurut standar SAE dan AISI :

Tabel 2.1 klasifikasi baja paduan menurut SAE /AISI [5]

Angka Pertama (Tipe Steel)	AISI/SAE	Angka Kedua (Komposisi)
Carbon Steel	10XX	Plain carbon, Mn 1.00% max
	11XX	Resulfurized free machining
	12XX	Resulfurized/rephosphorized free machining
	15XX	Plain carbon, Mn 1.00-1.65%
Manganese steel	13XX	Mn 1.75%
Nickel steel	23XX	Ni 3.50%
	25XX	Ni 5.00%
Nickel-Chromium steel	31XX	Ni 1.25%, Cr .65-.80%
	32XX	Ni 1.75%, Cr 1.07%
	33XX	Ni 3.50%, Cr 1.50-1.57%
	34XX	Ni 3.00%, Cr .77%
Molibdenum steel	40XX	Mo .20-.25%
	44XX	Mo .40-.52%
Chromium-Molybdenum steel	41XX	Cr .50-.95%, Mo .12-.30%
Nickel-chromium-molybdenum steel	43XX	Ni 1.82%, Cr .50-.80%, Mo .25%
	47XX	Ni 1.05%, Cr .45%, Mo .20-.35%
Nickel-Molybdenum steel	46XX	Ni .85-1.82%, Mo .20-.25%
	48XX	Ni 3.50%, Mo .25%
Chromium steel	50XX	Cr .27-.65%
	51XX	Cr .80-1.05%
	50XXX	Cr .50%, C 1.00% min
	51XXX	Cr 1.02%, C 1.00% min
	52XXX	Cr 1.45%, C 1.00% min
Chromium-vanadium steel	61XX	Cr .60-.95%, V .10-.15%
Tungsten-chromium steel	72XX	W 1.75%, Cr .75%
	81XX	Ni .30%, Cr .40%, Mo .12%

Karakterisasi Material Sprocket

Nickel-chromium-molybdenum steel	86XX	Ni .55%, Cr .50%, Mo .20%
	87XX	Ni .55%, Cr .50%, Mo .25%
	88XX	Ni .55%, Cr .50%, Mo .35%
Silicon-manganese steel	92XX	Si 1.40-2.00%, Mn .65-.85%, Cr 0-.65%
Nickel-chromium-molybdenum steel	93XX	Ni 3.25%, Cr 1.20%, Mo .12%
	94XX	Ni .45%, Cr .40%, Mo .12%
	97XX	Ni .55%, Cr .20%, Mo .20%
	98XX	Ni 1.00%, Cr .80%, Mo .25%

2.2.3 Klasifikasi Baja

1. Baja Karbon

Baja Karbon merupakan baja dengan paduan utamanya adalah karbon. Baja ini diklasifikasikan berdasarkan jumlah karbonnya yaitu:

a. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Baja ini memiliki kandungan karbon kurang dari 0,25%C. Sifatnya mudah ditempa, mudah dimesin (*machining*) dan dilas. Baja karbon rendah memiliki keuletan dan ketangguhan yang baik tetapi kekerasan dan keausannya rendah. Baja karbon rendah biasa digunakan untuk komponen bodi mobil, struktur bangunan, jembatab dan lain-lain.

b. Baja karbon sedang (*medium carbon steel*)

Baja ini memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Sifatnya sulit untuk dibengkokkan, dilas, dipotong. Baja karbon sedang mengandung kadar karbon 0,25%C-0,5%C. Penggunaan dengan kandungan 0,30 % - 0,40 % C digunakan pada *connecting rods, crank pins, and axles*, kandungan 0,40 % - 0,50 % C digunakan untuk *car axles, crankshafts, rails, boilers, auger bits, and screwdrivers*.

c. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi adalah baja yang mengandung kadar karbon 0,5%C-1,7%C. Memiliki sifat tahan panas yang tinggi, kekerasan tinggi, namun keuletannya rendah. Baja karbon tinggi mempunyai kekuatan tarik yang tinggi dan banyak digunakan untuk material *tools*. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung

Karakterisasi Material Sprocket

didalam baja maka baja karbon ini banyak digunakan dalam pembuatan pegas dan alat-alat perkakas.

Untuk lebih mengetahui persentasi kadar karbon beserta fungsinya dapat dilihat pada table di bawah ini.

Tabel 2.2 Kadar karbon beserta fungsi / sifat [6]

Kadar karbon (% C)	Fungsi / Sifat
0,01% - 0,1%	1. Mampu bentuk (proses deep drawing) 2. Baja-baja yang dimagnetisasikan 3. Baja-baja untuk proses case Hardening
0,15% - 0,35%	1. Untuk baja-baja kontruksi 2. Untuk baja-baja free machining
0,4% - 0,8%	1. Untuk kontruksi kekuatan baja 2. Untuk baja-baja perkakas (Heatthreat able steel, Hot work steel, Spring steel)
0,8% - 1,4%	1. Tool steels 2. Baja-baja tahan aus (wear resistance steels)
1,4% - 1,7%	1. Untuk baja-baja pada proses pengerjaan dingin 2. High Speed Steel (HSS)

2. Baja Paduan

Tujuan dilakukan penambahan unsur yaitu:

- Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, keliatan, kekuatan tarik dan sebagainya)
- Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah
- Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (oksidasi dan reduksi)
- Untuk membuat sifat-sifat spesial

❖ Berdasarkan persentasi paduannya

A. Baja paduan rendah

Karakterisasi Material Sprocket

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih kecil dari 8% (menurut Degarmo. Sumber lain, misalnya Smith dan Hashemi menyebutkan 4%), misalnya : suatu baja terdiri atas 1,35%C; 0,35%Si; 0,5%Mn; 0,03%P; 0,03%S; 0,75%Cr; 4,5%W; (Dalam hal ini $6,06% < 8%$).

B. Baja paduan tinggi

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih dari atau sama dengan 8% (atau 4% menurut Smith dan Hashemi), misalnya : baja HSS (High Speed Steel) atau SKH 53 (JIS) atau M3-1 (AISI) mempunyai kandungan unsur : 1,25%C; 4,5%Cr; 6,2%Mo; 6,7%W; 3,3%V.

Sumber lain menyebutkan:

- Low alloy steel (baja paduan rendah), jika elemen paduannya $\leq 2,5%$
- Medium alloy steel (Baja paduan sedang), jika elemen paduannya 2,5-10%
- High alloy steel (baja paduan tinggi), jika elemen paduannya $> 10%$

❖ Berdasarkan jumlah komponennya:

A. Baja tiga komponen

Terdiri satu unsur padu dalam penambahan Fe dan C.

B. Baja empat komponen atau lebih

Terdiri dari dua unsur atau lebih padu dalam penambahan Fe dan

C. Sebagai contoh baja paduan yang terdiri 0,35%C, 1%Cr, 3%Ni dan 1%Mo.

❖ Berdasarkan strukturnya:

A. Baja pearlit (sorbit dan troostit)

Unsur-unsur paduan relative kecil maximum 5% Baja ini mampu dimesin, sifat mekaniknya meningkat oleh heat treatment (hardening dan tempering).

B. Baja martensit

Unsur pepadunya lebih dari 5%, sangat keras dan sukar dimesin.

C. Baja austenit

Terdiri dari 10-30% unsur padu tertentu (Ni, Mn atau CO) Misalnya: Baja tahan karat (Stainless steel), nonmagnetic dan baja tahan panas (Heat resistant steel).

D. Baja ferrit

Karakterisasi Material Sprocket

Terdiri dari sejumlah besar unsur padu (Cr,W atau Si) tetapi karbonnya rendah. Tidak dapat dikeraskan.

E. Karbid atau ledeburit

Terdiri sejumlah karbon dan unsur-unsur pembentuk karbid (Cr,W,Mn,Ti,Zr).

❖ Berdasarkan penggunaan dan sifat-sifatnya

A. Baja konstruksi (structural steel)

Dibedakan lagi menjadi tiga golongan tergantung persentase unsur paduannya, yaitu baja paduan rendah (maksimum 2%), baja paduan menengah (2-5%), baja paduan tinggi (lebih dari 5%). Sesudah di-heat treatment baja jenis ini sifat-sifat mekaniknya lebih baik dari pada baja karbon biasa.

B. Baja perkakas (tool steel)

Dipakai untuk alat-alat potong, komposisinya tergantung bahan dan tebal benda yang dipotong/disayat, kecepatan potong, suhu kerja. Baja paduan jenis ini dibedakan lagi menjadi dua golongan, yaitu baja perkakas paduan rendah (kekerasannya tak berubah hingga pada suhu 250 °C) dan baja perkakas paduan tinggi (kekerasannya tak berubah hingga pada suhu 600 °C). Biasanya terdiri dari 0,8% C, 18%W, 4%Cr, dan 1%V, atau terdiri dari 0,9W, 4%Cr dan 2-2%V.

C. Baja dengan sifat fisik khusus

Dibedakan lagi menjadi tiga golongan, yaitu baja tahan karat (mengandung 0,1-0,45%C dan 12-14%Cr), baja tahan panas (yang mengandung 12-14%Cr tahan hingga suhu 750-800°C, sementara yang mengandung 15-17%Cr tahan hingga suhu 850-1000°C), dan baja tahan pakai pada suhu tinggi (ada yang terdiri dari 23-27%Cr, 18-21Ni, 2-3%Si, ada yang terdiri dari 13-15%Cr, 13-15%Ni, yang lainnya terdiri dari 2-2,7%W, 0,25-0,4%Mo, 0,4-0,5%C)

D. Baja paduan istimewa

Baja paduan istimewa lainnya terdiri 35-44% Ni dan 0,35% C, memiliki koefisien muai yang rendah yaitu :

- Invar : memiliki koefisien muai sama dengan nol pada suhu 0 – 100 °C, digunakan untuk alat ukur presisi.

Karakterisasi Material Sprocket

- Platinite : memiliki koefisien muai seperti glass, sebagai pengganti platina.
- Elinvar : memiliki modulus elastisitet tak berubah pada suhu 50°C sampai 100°C. Digunakan untuk pegas arloji dan berbagai alat ukur fisika.

E. Baja Paduan dengan Sifat Khusus

- Baja Tahan Karat (Stainless Steel)

Sifatnya antara lain:

- Memiliki daya tahan yang baik terhadap panas, karat dan goresan/gesekan
 - Tahan temperature rendah maupun tinggi
 - Memiliki kekuatan besar dengan massa yang kecil
 - Keras, liat, densitasnya besar dan permukaannya tahan aus
 - Tahan terhadap oksidasi
 - Kuat dan dapat ditempa
 - Mudah dibersihkan
 - Mengkilat dan tampak menarik
- High Strength Low Alloy Steel (HSLA)

Sifat dari HSLA adalah memiliki tensile strength yang tinggi, anti bocor, tahan terhadap abrasi, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, ulet, sifat mampu mesin yang baik dan sifat mampu las yang tinggi (weldability). Untuk mendapatkan sifat-sifat di atas maka baja ini diproses secara khusus dengan menambahkan unsur-unsur seperti: tembaga (Cu), nikel (Ni), Chromium (Cr), Molybdenum (Mo), Vanadium (Va) dan Columbium.

- Baja Perkakas (Tool Steel)

Sifat-sifat yang harus dimiliki oleh baja perkakas adalah tahan pakai, tajam atau mudah diasah, tahan panas, kuat dan ulet. Kelompok dari tool steel berdasarkan unsur paduan dan proses pengerjaan panas yang diberikan antara lain:

- Later hardening atau carbon tool steel (ditandai dengan tipe W oleh AISI), Shock resisting (Tipe S), memiliki sifat kuat dan ulet dan tahan terhadap beban kejut dan repeat loading. Banyak dipakai untuk pahat, palu dan pisau.

Karakterisasi Material Sprocket

- Cool work tool steel, diperoleh dengan proses hardening dengan pendinginan yang berbeda-beda. Tipe O dijelaskan dengan mendinginkan pada minyak sedangkan tipe A dan D didinginkan di udara.
- Hot Work Steel (tipe H), mula-mula dipanaskan hingga (300 – 500) °C dan didinginkan perlahan-lahan, karena baja ini banyak mengandung tungsten dan molybdenum sehingga sifatnya keras.
- High speed steel (tipe T dan M), merupakan hasil paduan baja dengan tungsten dan molybdenum tanpa dilunakkan. Dengan sifatnya yang tidak mudah tumpul dan tahan panas tetapi tidak tahan kejut.
- Campuran carbon-tungsten (tipe F), sifatnya adalah keras tapi tidak tahan aus dan tidak cocok untuk beban dinamis serta untuk pemakaian pada temperatur tinggi.

Baja paduan yang diklasifikasikan menurut kadar karbonnya dibagi menjadi:

- *Low alloy steel*, jika elemen paduannya $\leq 2,5$ %
- *Medium alloy steel*, jika elemen paduannya 2,5 – 10 %
- *High alloy steel*, jika elemen paduannya > 10 %

Baja paduan juga dibagi menjadi dua golongan yaitu baja campuran khusus (*special alloy steel*) & *high speed steel*.

2.2.4 Pengaruh Unsur Paduan Dalam Baja

Pengaruh unsur paduan pada baja tersebut yaitu:

A. Carbon (C)

Karbon (C) adalah unsur penguat yang utama pada baja, jika berkombinasi dengan besi akan membentuk sementit yang sifatnya keras. Penambahan lebih lanjut akan meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik baja diiringi dengan penurunan harga impaknya.

B. Mangan (Mn)

Unsur ini senantiasa ada pada seluruh jenis baja komersil, mempunyai sifat yang tahan terhadap gesekan dan tahan tekanan (*impact load*) selain itu berperan dalam meningkatkan kekuatan dan kekerasan, menurunkan laju pendinginan kritis sehingga mampu keras baja dapat ditingkatkan dan juga meningkatkan ketahanan terhadap abrasi.

C. Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada setiap baja dengan kandungan lebih dari 0,4% yang mempunyai pengaruh untuk menaikkan tegangan tarik dan

Karakterisasi Material Sprocket

menurunkan pendinginan kritis. Silikon dalam baja dapat meningkatkan kekuatan, kekerasan, ketahanan aus, mampu alir dan tahan terhadap panas.

D. Chorm (Cr)

Chrom (Cr) merupakan unsur paduan penting setelah C, dapat membentuk karbida (tergantung pada jenis perlakuan panas yang diterapkan dan kadarnya). Selain itu Cr dapat meningkatkan ketahanan korosi karena dapat membentuk lapisan oksida Cr dipermukaan baja terutama digunakan untuk meningkatkan mampu keras baja, kekuatan tarik, ketangguhan dan ketahanan abrasi.

E. Molibdenum (Mo)

Molibdenum (Mo) sangat besar sekali pengaruhnya terhadap mampu keras dibanding dengan unsur paduan lainnya. Molibdenum (Mo) ini dapat membentuk karbida sehingga dapat meningkatkan ketahanan terhadap keausan, meningkatkan ketangguhan dan kekuatan pada temperatur tinggi. Mo ini jika berkombinasi dengan unsur paduan lainnya akan meningkatkan ketangguhan dan ketahanan mulur serta dapat meningkatkan ketahanan baja pada temperatur tinggi.

F. Vanadium (V)

Pada baja-baja konstruksi, Vanadium dapat menaikkan kekuatan tarik dan batas mulur serta memperbaiki rasio diantara kekuatan tarik dan mulur. V merupakan unsur pembentuk karbida yang kuat dan karbida yang terbentuk sifatnya sangat stabil. Dengan penambahan sekitar 0,04 – 0,05 % mampu keras baja karbon medium dapat ditingkatkan. Diatas harga tersebut, mampu kerasnya turun karena adana pembentukan karbida yang tidak larut.

G. 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.

H. Sulfur (S)

Saat ditambahkan dalam jumlah kecil sulfur dapat memperbaiki mampu mesin tapi tidak menyebabkan hot shortness. Hot shortness merupakan fenomena getas pada kondisi suhu tinggi yang disebabkan oleh sulfur.

Karakterisasi Material Sprocket

I. Posfor (P)

Unsur posfor biasanya ditambahkan dengan sulfur (S) untuk memperbaiki mampu mesin di baja paduan rendah. Dengan penambahan sedikit unsur posfor dapat membantu meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi. Penambahan posfor juga dapat meningkatkan kerentangan terhadap crack saat pengelasan.

J. Tembaga (Cu)

Dapat meningkatkan ketahanan baja terhadap atmosfer (tahan korosi), meningkatkan kekuatan dengan sedikit mengorbankan keuletannya.

K. Titanium (Ti)

Dapat meningkatkan kemampuan untuk diperkeras, mengoksidasi baja.

L. Wolfram (W)

Penambahan unsur ini memberikan pengaruh yang sama seperti penambahan melibdenum dan biasanya juga dicampur dengan unsur Ni dan Cr.

M. Timah (Sn)

Dapat meningkatkan kemampuan untuk diproses permesinan.

N. Timbal (Pb)

Merupakan logam yang lunak, sehingga dapat dipotong dengan menggunakan pisau atau tangan dan dapat dibentuk dengan mudah. Tahan terhadap korosi atau karat, sehingga logam timbal sering digunakan sebagai *coating* titik lebur rendah hanya 327,5 °C. Mempunyai kerapatan yang lebih besar dibandingkan dengan logam-logam biasa.

O. Niobium (Nb)

Memberikan ukuran butir yang terbaik, dan meningkatkan kekuatan, serta ketangguhan terhadap beban impak dan kemampuan untuk diperkeras.

P. Zirkonium (Zr)

Mengontrol bentuk dari inklusi dan meningkatkan ketangguhan pada baja karbon rendah, serta meng-deoksidasi baja.

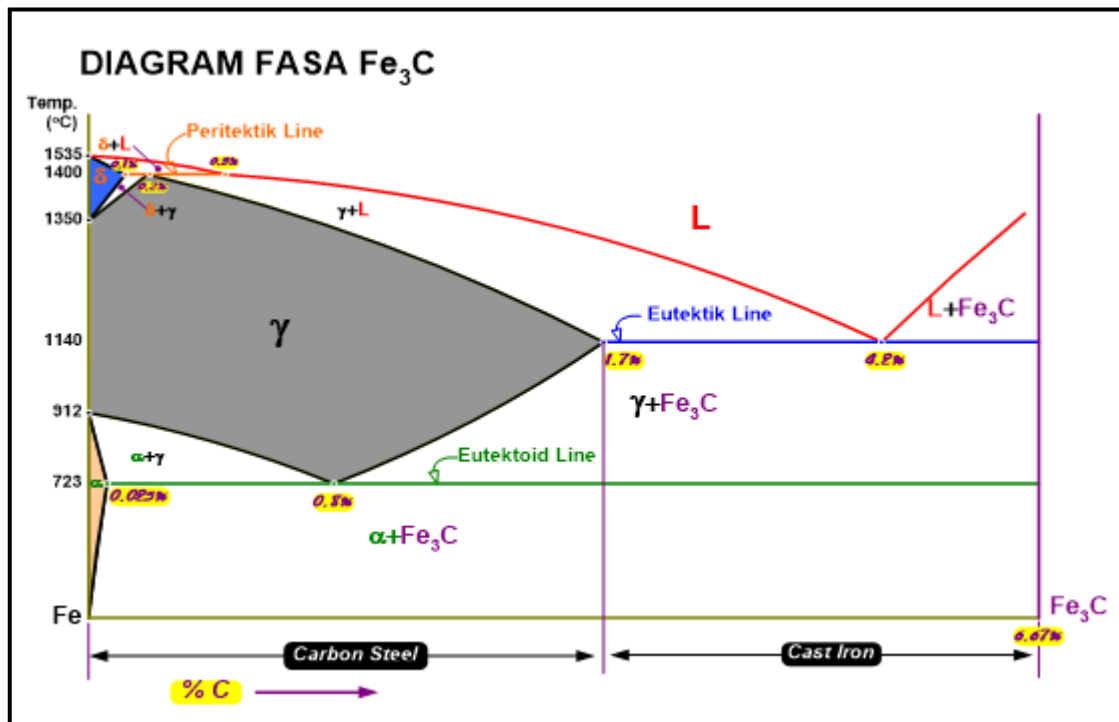
Q. Zink (Zn)

Unsur seng sangat kuat dan dapat dibentuk dengan menggunakan panas. Dapat menghasilkan permukaan produk yang halus. Biaya rendah dan hanya sejumlah kecil seng digunakan dalam paduan, ia membawa kekuatan tambahan untuk campuran. Hal ini juga membuat logam tahan creep atau mampu mempertahankan kekuatannya di bawah beban yang berat, sementara disuhu

Karakterisasi Material Sprocket

tinggi hal ini juga meningkatkan kemampuan paduan untuk menjadi tahan terhadap getaran dan kebisingan.[6]

2.3 Diagram Fasa Kesetimbangan Besi dan Karbon (Fe – C)



Gambar 2.4 Diagram Fasa Fe – C [7]

Pada diagram fasa Fe dan C, unsur Fe (besi) mengalami perubahan sel satuan selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat, yaitu pada temperature kamar sampai 910 °C (1670 °F) mempunyai sel satuan BCC atau dikenal dengan besi alfa (α) dengan %C yang dapat larut maksimum 0,025. Pada temperature diatas 910 °C (1670 °F) sampai 1400 °C (2552 °F) mempunyai sel satuan FCC atau dikenal dengan besi gamma (γ) atau austenite dengan %C yang dapat larut maksimum 1,7. Pada temperature diatas 1400 °C (2552 °F) sampai 1535 °C (2795 °F) mempunyai sel satuan BCC atau dikenal dengan besi delta (δ) dengan %C yang dapat larut maksimum 0,1. Struktur baja karbon tergantung pada kadar karbonnya, jika didinginkan dengan lambat pada temperature kamar akan terdiri dari :

- Untuk 0,008 - 0,025 %C, ferit.
- Untuk 0,025 – 0,8 %C, ferit dan perlit.

- Untuk 0,8 – 1,7 %C, perlit dan sementit.
- Untuk 1,7 – 4,2 %C, perlit dan grafit.[7]

2.4 Heat Treatment

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) merupakan proses perubahan sifat suatu logam atau paduan dalam kondisi padat dengan cara memanaskan dan mengontrol laju pendinginan sehingga diperoleh sifat yang diinginkan sesuai dengan kemampuan logam yang bersangkutan.

Pada proses perlakuan panas terdapat tiga faktor yang menentukan yaitu :

- Temperatur dimana specimen akan dipanaskan.
- Waktu penahanan pada temperature yang ditentukan.
- Kecepatan atau laju pendinginan dari temperature tersebut.

2.4.1 Annealing

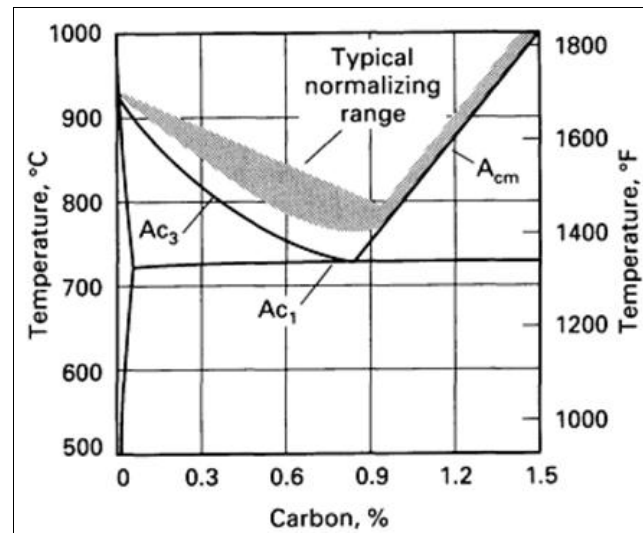
Proses annealing dilakukan dengan memanaskan baja sampai temperatur austenisasinya dan diikuti dengan pendinginan yang lambat di dalam tungku. Proses ini dilakukan untuk memperbaiki mampu mesin dan mampu bentuk, memperbaiki keuletan, menghilangkan atau menurunkan ketidak homogenan struktur, memperhalus ukuran butir dan menghilangkan tegangan dalam. Untuk baja hipoeutektoid dipanaskan sekitar 50°C diatas garis A_3 sedangkan untuk baja hipereutektoid dipanaskan sekitar 50°C diatas temperatur A_{cm} . Temperatur yang dipilih untuk austenisasi tergantung pada kadar karbon dari baja yang bersangkutan. Untuk produk cor yang besar, terutama yang terbuat dari baja paduan proses aneling akan memperbaiki mampu bentuk dan juga menaikkan kekuatan akibat butir-butirnya menjadi halus, proses aneling dapat dilaksanakan pada semua jenis tungku.

2.4.2 Normalizing

Normalizing merupakan proses perlakuan panas dimana proses pemanasan mencapai temperatur austenisasi (temperatur *eutectoid*), dan kemudian didinginkan perlahan pada udara (*still air* atau *slightly agitated air*). Pada umumnya, proses *normalizing* dilakukan pada temperatur 55°C diatas *upper critical line* pada diagram fasa Fe – Fe₃C, seperti pada gambar 2.9 dibawah. Untuk baja *hypoeutectoid* temperatur pemanasan dilakukan diatas garis A_{c3} sedangkan

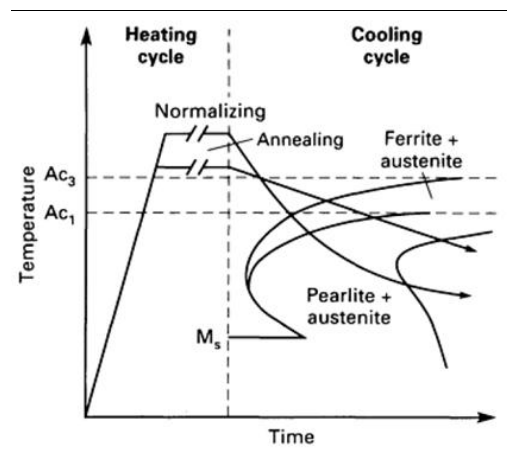
Karakterisasi Material Sprocket

untuk baja *Hypereutectoid* temperatur pemanasan dilakukan diatas garis A_{cm} . Proses pemanasan harus menghasilkan fasa austenit dengan stuktur kristal FCC secara homogen, dan dilanjutkan dengan proses pendinginan yang benar. Adapun contoh prosedur proses *normalizing* adalah seperti pada gambar 2.10 dibawah.



Gambar 2.5 Temperatur proses *normalizing*[8]

Tujuan dari proses *normalizing* sangat bervariasi. *Normalizing* dapat meningkatkan atau menurunkan kekuatan dan kekerasan dari pada baja, bergantung pada perlakuan panas dan sifat mekanik dari baja sebelum dilakukan proses *normalizing*. Tetapi secara umum tujuan dari proses *normalizing* adalah untuk meningkatkan mampu mesin (*machinability*), *grain-structure refinement*, homogenisasi, dan mengatur atau memodifikasi *residual stress* yang ada pada baja.



Gambar 2.6 Contoh kurva prosedur proses *normalizing* dan *annealing*[8]

2.4.3 quenching

Karakterisasi Material Sprocket

Proses *quenching* pada dasarnya adalah proses pendinginan cepat yang dilakukan pada logam yang telah dipanaskan diatas temperatur kritisnya. Pada baja karbon sedang atau tinggi proses ini akan menghasilkan fasa yang disebut *martensit* yang sangat kuat dan getas.

2.4.4 tempering

Proses ini biasanya merupakan lanjutan dari proses *quenching* dan bertujuan untuk mengurangi kegetasan material hasil *quenching*. Proses ini dilakukan dengan memanaskan material yang sudah di-*quench* pada temperatur di bawah temperatur kritisnya selama rentang waktu tertentu dan kemudian didinginkan secara perlahan.

2.4.5 Proses Perlakuan permukaan (*Surface hardening*)

Dalam beberapa penggunaan material, sering diperlukan material yang tidak seragam sifatnya. Misalnya pada roda gigi dimana permukaannya diharapkan keras untuk mengurangi gesekan dan aus, sedangkan bagian dalamnya diharapkan ulet agar lebih tahan terhadap beban dinamik dan impak. Beberapa jenis perlakuan permukaan yang umum dilakukan adalah sebagai berikut :

Carburizing

Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja karbon rendah di dalam lingkungan gas monoksida, sehingga baja akan menyerap karbon dari gas CO.

Nitriding

Proses ini dilakukan dengan memanaskan baja karbon rendah di dalam lingkungan gas Nitrogen sehingga terbentuk lapisan besi nitrida yang keras pada permukaannya.

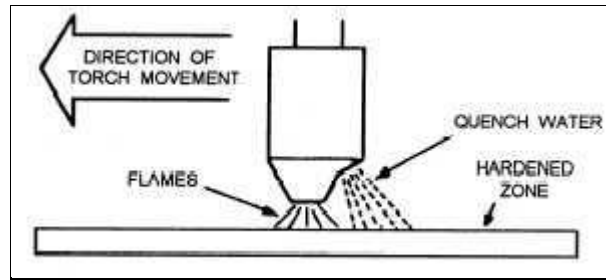
Cyaniding

Proses ini dilakukan dengan memanaskan komponen yang akan diproses, kedalam larutan garam sianida dengan temperatur sekitar 800°C sehingga baja karbon rendah akan membentuk lapisan karbida dan nitrida.

Flame hardening

Proses *flame hardening* dan *induction hardening* biasa dilakukan pada baja karbon sedang atau tinggi. *Flame hardening* dilakukan dengan memanaskan permukaan yang akan dikeraskan dengan nyala api *oxyacetylene* yang dilanjutkan dengan semprotan air untuk *quenching*. [8]

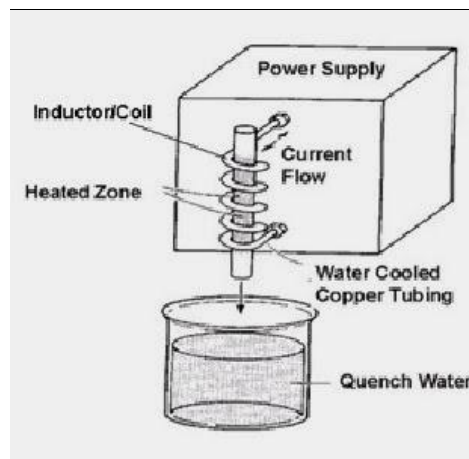
Karakterisasi Material Sprocket



Gambar 2.7 proses *flame hardening* [8]

Induction hardening

Proses ini prinsipnya sama dengan *flame hardening* tetapi pemanasannya tidak dilakukan dengan menggunakan nyala api tetapi dengan menggunakan kumparan listrik.



Gambar 2.8 proses *induction hardening* [8]

2.5 Kekerasan

Kekerasan adalah kemampuan suatu material terhadap beban dari luar. Prinsip dasar uji keras adalah ketahanan material terhadap deformasi plastis, misalnya ketahanan yang tinggi maka kekerasannya tinggi dan begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan cara pemberian beban, maka metode uji keras dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu :

1. Metode goresan

Yaitu dengan cara menggoreskan dua buah material dimana material yang tergores merupakan material yang lunak. Harga kekerasan dapat diukur dengan skala mohs atau dengan mengukur lebar / kedalaman goresannya.

2. Metode dinamik

Karakterisasi Material Sprocket

Yaitu dengan cara menjatuhkan bola baja pada permukaan material, tinggi pantulan bola baja menyatakan seberapa besar energi yang diserap oleh material.

3. Metode penekanan / tusuk

Yaitu dengan cara menusuk indenter pada permukaan material, besar atau dalam lubang hasil penusukan menyatakan kekerasan material. Uji keras yang termasuk dalam metoda ini adalah *Brinell*, *Vickers*, *knoop* dan *rockwel*.

2.5.1 Metoda *Brinell*

Harga kekerasan ditentukan dengan perbandingan beban penekanan dengan luas penampang bekas indenter. Indenter dibuat dari baja/karbida berbentuk bola yang mempunyai diameter 1mm, 5mm, 10mm. waktu pembebanan 15 menit. Perhitungan harga kekerasan menggunakan persamaan berikut :

$$BHN = \frac{P}{(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{P}{\pi D t}$$

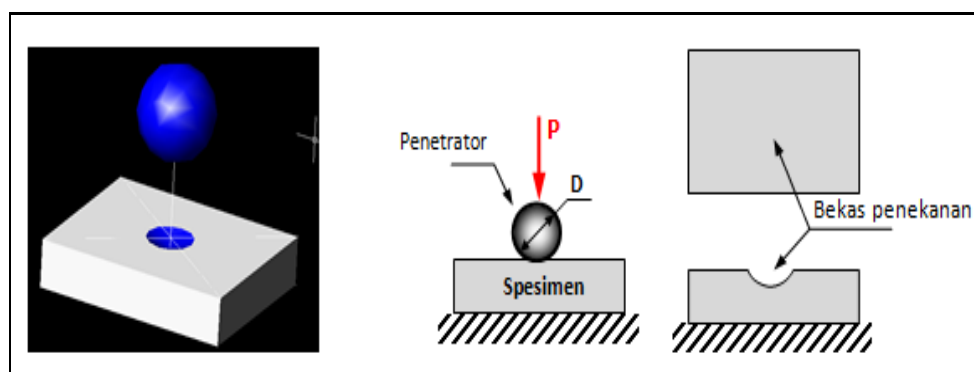
Dimana :

P = Beban penekanan (N, kgf)

D = Diameter penetrator (mm)

d = Diameter bekas penekanan (mm)

t = Kedalaman jejak penekanan



Gambar 2.9 metoda pengukuran kekerasan menurut brinell

Karakterisasi Material Sprocket

Skematik pengujian kekerasan *Brinell* diperlihatkan dalam gambar 2.8. Dalam gambar nampak penetrator bola baja yang sedang menekan permukaan benda kerja. Pengujian metoda *brinell* ini banyak digunakan untuk logam-logam yang mempunyai fasa banyak dan hasil coran seperti : besi cor, Aluminium cor, dan lain-lain. Jika benda kerja mengandung fasa keras dan fasa lunak maka dengan cara pengujian ini kedua fasa itu akan menerima beban penekanan. Harga kekerasan yang diperoleh mewakili harga kekerasan material yang diuji, tidak mewakili fasa-fasa tertentu.

2.5.2 Metoda *Vickers*

Metoda pengujian kekerasan *Vickers* pada prinsipnya hampir sama dengan metoda *Brinell* hanya, terjadi perbedaan pada bentuk indentor. Pengujian *Vickers* banyak digunakan untuk material yang keras atau homogen karena indentornya mempunyai jenis material intan dan berbentuk piramid. Penggunaan metoda ini ada yang berbentuk makro maupun mikro (yang paling banyak digunakan). Penetrator/penekanan bersudut 136° . Dimana beban 1-30 kg (untuk beban skala makro) dan maksimum 1 kg untuk mikro yang dapat digunakan untuk mengukur kekerasan fasa.

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

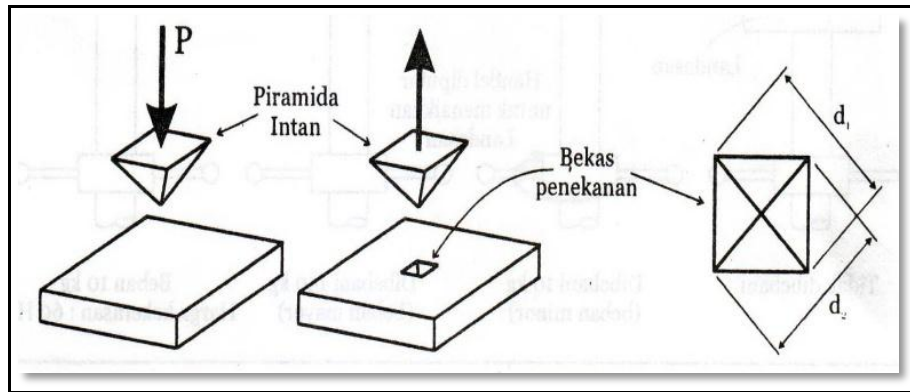
Dimana :

P = Beban penekanan

d = Diagonal rata-rata bekas penekanan

θ = Sudut antara permukaan intan yang berlawanan 136°

Pengujian *Vickers* hamper sama dengan pengujian kekerasan Knoop dimana pengujian ini menggunakan indentor berbentuk piramid tidak sama sisi. Pengujian ini banayak digunakan pengujian kekerasan fasa dan lapisan hasil pelapisan logam.



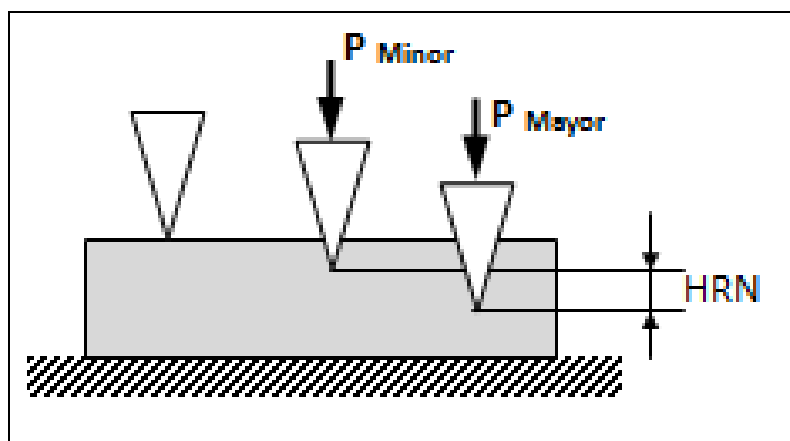
Gambar 2.10 Metoda pengukuran kekerasan menurut *Vickers* [9]

2.5.3 Metoda *Rockwell*

Pada uji keras *Rockwell* digunakan 2 jenis pembebanan :

1. Beban Minor (10 kg)
2. Beban Mayor (60 kg, 100 kg, 150 kg), tergantung pada skala *Rockwell* dan penetrator yang dipakai.

Pada prinsipnya kekerasan *Rockwell* adalah merupakan perbedaan kedalaman akibat pembebanan Mayor dan Minor.



Gambar 2.11 Metoda pengukuran kekerasan menurut *Rockwell* [9]

Pada uji keras *Rockwell* skala yang dipakai adalah skala:

Skala A (HR_A), Skala B (HR_B), Skala C (HR_C)Skala N (HR_N)

Dalam ilmu logam uji keras *Rockwell* banyak menggunakan skala A, B dan C.

Karakterisasi Material Sprocket

Skala A (HRN_A)

- Beban Minor : 10 kg
- Beban Mayor : 60 kg
- Penetrator : Kerucut Intan, sudut puncak 120°
- Penggunaan : Logam-logam yang keras

Skala B (HRN_B)

- Beban Minor : 10 kg
- Beban Mayor : 100 kg
- Penetrator : Bola Baja, diameter $D = \frac{1}{16}$ "
- Penggunaan : Logam-logam yang lunak

Skala C (HRN_C)

- Beban Minor : 10 kg
- Beban Mayor : 150 kg
- Penetrator : Kerucut Intan
- Penggunaan : Logam-logam yang keras hasil perlakuan panas[9]