

PENGARUH PROSES CARBONITRIDING TERHADAP MATERIAL DASAR BEARING SUJ2

Sumiyanto¹, Abdunnaser²

Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional, Jakarta Selatan, Indonesia^{1 2}
email¹ : sumiyantoistn@yahoo.com

Abstract

Bearing is a prayer one part of the holding machine elements because Important role of bearing namely functions to review rivet a shaft so that the shaft can be spun without experiencing excessive friction. Bearing generally used to review round prop shaft where at occurred many friction. From then that on bearing component materials had made of strong enough for a review allows the shaft well as other machine elements working good and optimal.

Research singer aims to review determine mechanical properties of components bearing material with carbon steel high (high carbon steel) SUJ 2 the treated Heat Carbonitriding with Temperature of 850 ° C, Hardening 830 ° C with cooling oil during a 15 minute shower taxable income next using the water conditioning on hold for 15 minutes bath Tempering 185 ° C and cooled with room temperature for 120 minutes. Testing results chemical composition is known that the basic ingredients of the basic SUJ 2 has a Fe content of 98.23%, C 0.93% and 0.10% Cr content that can be classified as high carbon steel crhoom.

Observations showed metalografi the homogeneous microstructure with more Subtle form of austenite grains, martensite and carbides, carbide where the surface surrounding the bearing component. Results hardnes test components vickers bearing SUJ 2 has a value to keep pace with the heat treatment of non-taxable income 199.8 HV experience heat treatment 1 process being 910 HV, on process heat treatment 2 being 810 HV.

Keywords: carbonitriding, chemical composition, microstructure, hardness, SUJ2

PENDAHULUAN

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. *Bearing* adalah alat yang memungkinkan terjadinya pergerakan relatif antara dua bagian dari alat atau mesin, biasanya gerakan angular atau linear. Dengan adanya *bearing*, gesekan antara dua bagian tersebut menjadi sangat minim di bandingkan tanpa bearing.

Bearing juga berfungsi untuk mengurangi gesekan pada mesin atau komponen-komponen yang bergerak rotasi dan saling menekan antara satu dan yang lainnya. Bila gerakan dua permukaan yang saling berhubungan terhambat, maka akan menimbulkan panas, hambatan ini dikenal sebagai gesekan (*friction*). Gesekan yang terus menerus akan menyebabkan panas yang

makin lama semakin meningkat dan menyebabkan keausan

pada komponen tersebut. Gesekan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan pada komponen, alat atau mesin tidak dapat bekerja dengan optimal.

Bearing juga digunakan untuk menahan beban *shaft* dan *machine* serta menahan *radial load* dan *thrust load*. Bearing umumnya dipakai untuk menyangga putaran pada *shaft*, di mana terjadi banyak gesekan. Maka dari itu komponen pada bearing harus terbuat dari *material* yang cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik dan optimal.

Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi paduan tetapi juga bergantung pada struktur mikronya. Struktur mikro bergantung pada pengerjaan yang dialami, terutama proses laku panas yang di terima selama proses pengerjaan. Proses laku panas merupakan

kombinasi dari pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang diberikan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat untuk memperoleh sifat-sifat tertentu

Material bearing terbuat dari baja karbon tinggi (*high carbon steel*) SUJ 2 dengan kandungan karbon sekitar 0,93% untuk meningkatkan ketangguhan dan keuletan yang diinginkan perlu dilakukan pelakuan khusus dengan cara *heat treatment* pada komponen bearing terutama pada bagian permukaannya proses perlakuan panas yang tepat untuk komponen bearing adalah *hardening* dan *tempering* di sertai dengan proses carbonitriding yaitu pengerasan permukaan material baja.

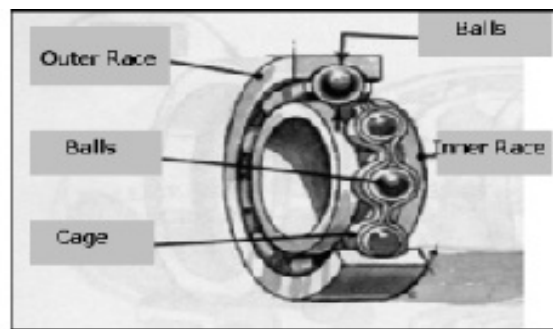
TINJAUAN PUSTAKA

Bearing

Bearing (bantalan) adalah sebuah elemen mesin yang berfungsi untuk membatasi gerak relatif antara dua atau lebih komponen mesin agar selalu bergerak pada arah yang diinginkan. *Bearing* menjaga poros (*shaft*) agar selalu berputar terhadap sumbu porosnya, atau juga menjaga suatu komponen yang bergerak linier agar selalu berada pada jalurnya. *Bearing* yang baik harus terbuat dari bahan yang cukup kuat, untuk memungkinkan poros dan elemen mesin lainnya bekerja dengan baik jika *bearing* tidak berfungsi dengan baik maka prestasi seluruh sistem tidak dapat bekerja secara semestinya. Pelumasan pada bearing sangat penting untuk menghambat keausan. Kemampuan bearing dalam menurunkan gesekan tergantung dari beberapa faktor yaitu kehalusan dari *metal balls* atau *roller*, kehalusan dari *inner surface* dan *outer surface* ketika *balls* atau *roller* tersebut berputar. *Balls* dan *roller* ini berfungsi menerima beban yang diterima contohnya beban pada *shaft*.

Bearing dapat diklasifikasikan berdasarkan gerakan yang diijinkan oleh desain *bearing* itu sendiri, berdasarkan prinsip kerjanya, dan juga berdasarkan gaya atau jenis beban yang dapat di tahan. Berikut adalah salah satu bearing dilihat berdasarkan aspek gesekan yang terjadi pada bearing. *Anti-friction bearing* : yaitu bearing yang tidak akan menimbulkan gesekan. Contoh: *roller* dan *ball bearing*

Anti-friction bearing : yaitu bearing yang tidak akan menimbulkan gesekan. Contoh: *roller* dan *ball bearing*.



Gambar 1. Konstruksi *anti friction bearings*

Anti friction bearing digunakan pada benda-benda yang berputar, untuk mengurangi gesekan dan memperkecil gesekan awal pada permukaan bearing yang rata/datar.

anti friction bearing terdiri dari:

1. *Ball bearing*
2. *Roller bearing*



Gambar 2. *Balls* atau *Rollers*

Anti friction bearing tersusun dari beberapa komponen yaitu: *Inner race*, *Outer race*, *Balls* atau *roller* dan *Cage*:

1. *Inner race* atau *Cone*: cincin baja yang dikeraskan dengan diberi alur untuk pergerakan *roller* atau *ball* di bagian luarnya, sering dipasang pada *shaft* yang berputar sebagai penyangga *bearing*.
2. *Outer race*: *Outer race* hampir sama dengan *Inner race*, *outer race* adalah cincin baja yang dikeraskan dengan alur untuk pergerakan *ball* atau *roller* di bagian dalam.
3. *Balls* atau *Rollers*: Di antara *inner race* dan *outer race* ada komponen yang berfungsi mengurangi gesekan yang dilakukan oleh *balls*, *rollers* atau *tapered rollers*. *Balls* dan *rollers* ini terbuat dari baja yang dikeraskan. *Balls* atau *rollers* bergerak bebas di antara *inner* dan *outer race*.
4. *Cage*: Letak *cage* antara *inner race* dan *outer race* yang digunakan untuk menjaga jarak *ball* atau *roller* yang satu dengan yang lainnya.

Anti friction bearing mengurangi panas dengan cara mengurangi kontak area yang saling

bergesekan. *Balls* mempunyai *contact point* antara *inner* dan *outer race* untuk menahan beban sehingga memungkinkan berputar dengan kecepatan tinggi. Lapisan oli pelumasan berfungsi memisahkan komponen yang saling berhubungan.

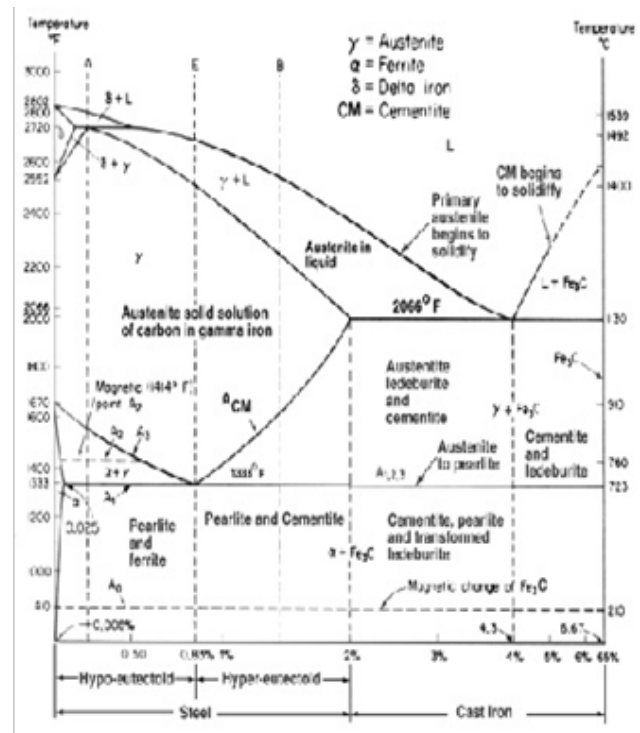
Baja Karbon Tinggi

Baja karbon adalah paduan antara Fe dan C dengan kadar C sampai 2,14%. Sifat-sifat mekanik baja karbon tergantung dari kadar C yang dikandungnya. Setiap baja termasuk baja karbon, sebenarnya adalah paduan multi komponen yang disamping Fe selalu mengandung unsur-unsur lain seperti Mn, Si, S, P, N, H, yang dapat mempengaruhi sifat-sifatnya. Baja karbon dapat diklasifikasikan menjadi tiga bagian menurut kadar karbon yang dikandungnya, yaitu baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,25 %, baja karbon sedang mengandung 0,25 – 0,6 % karbon, dan baja karbon tinggi mengandung 0,6 – 1,4 % karbon. Sifat-sifat baja karbon tinggi yaitu :

1. Sifat mekaniknya dapat ditingkatkan melalui proses perlakuan panas *autenitizing*, *carbonitriding*, *hardening* dan *tempering*
2. Banyak dipakai dalam kondisi hasil *tempering* sehingga struktur mikronya martensit
3. Paling keras, paling kuat, paling getas diantara baja karbon lainnya
4. Tahan aus

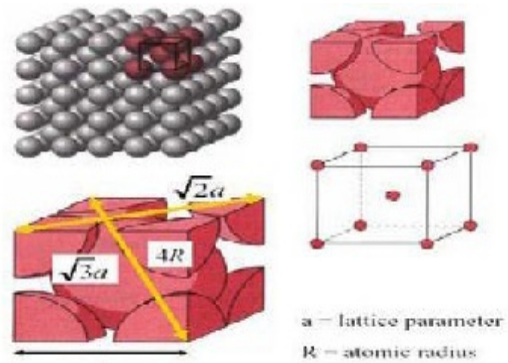
Diagram kesetimbangan fasa Fe-Fe₃C adalah alat penting untuk memahami struktur mikro dan sifat-sifat baja karbon. Karbon larut di dalam besi dalam bentuk larutan padat (*solution*) hingga 0,05% berat pada temperatur ruang. Baja dengan atom karbon terlarut hingga jumlah tersebut memiliki alpha ferrite pada temperatur ruang. Pada kadar karbon lebih dari 0,05% akan terbentuk endapan karbon dalam bentuk hard *intermetallic stoichiometric compound* (Fe₃C) yang dikenal sebagai *cementite* atau *carbide*. Selain larutan padat alpha-ferrite yang dalam kesetimbangan dapat ditemukan pada temperatur ruang terdapat fase-fase penting lainnya, yaitu delta-ferrite dan gamma-austenite. Logam Fe bersifat *polymorphism* yaitu memiliki struktur kristal berbeda pada temperatur berbeda. Pada Fe murni, misalnya, alpha-ferrite akan berubah

menjadi gamma-austenite saat dipanaskan melewati temperature 910°C.

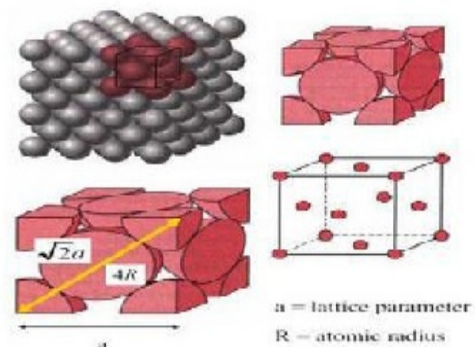


Gambar 3. Diagram fasa Fe-Fe₃C

Pada temperatur yang lebih tinggi, mendekati 1400°C gamma-austenite akan kembali berubah menjadi delta-ferrite. (Alpha dan Delta) Ferrite dalam hal ini memiliki struktur kristal BCC sedangkan (Gamma) Austenite memiliki struktur kristal FCC.



Gambar 4. Ilustrasi struktur kristal BCC



Gambar 5. Ilustrasi struktur kristal BCC

Proses Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Heat Treatment adalah kombinasi dari operasi pemanasan dan pendinginan dengan kecepatan tertentu yang dilakukan terhadap logam atau paduan dalam keadaan padat, sebagai suatu upaya untuk memperoleh sifat-sifat tertentu. Proses *Heat Treatment* sendiri adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan specimen pada elektrik *furnance* (tungku) pada temperature rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin, seperti udara, air, air garam, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda, dan bila perlu dilanjutkan dengan pemanasan serta pendinginan ulang.

Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikrologam disamping komposisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda apabila struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan struktur mikro logam dan paduannya. Adanya sifat alotropik dari baja menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. Alotropik itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain.

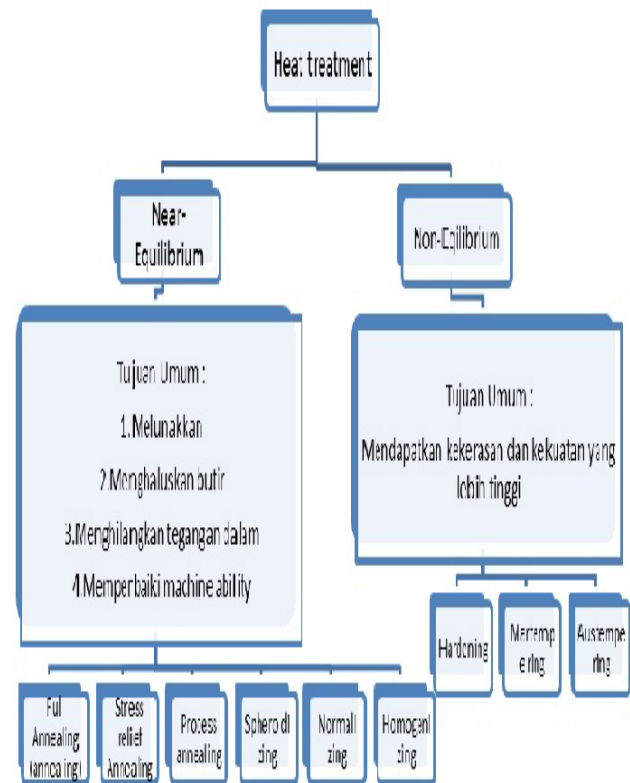
Sifat-sifat logam yang terutama sifat mekanik yang sangat dipengaruhi oleh struktur mikrologam disamping komposisi kimianya, contohnya suatu logam atau paduan akan mempunyai sifat mekanis yang berbeda-beda apabila struktur mikronya diubah. Dengan adanya pemanasan atau pendinginan dengan kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam dan paduan memperlihatkan perubahan struktur mikro logam dan paduannya. Adanya sifat alotropik dari baja menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro dari berbagai jenis logam. Alotropik itu sendiri adalah merupakan transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain.

Tujuan *Heat Treatment* yaitu:

- Mempersiapkan *material* untuk pengolahan berikutnya.
- Mempermudah proses *machining*.
- Mengurangi kebutuhan daya pembentukan dan kebutuhan energi.
- Memperbaiki keuletan dan kekuatan *material*.
- Mengeraskan logam sehingga tahan aus dan kemampuan memotong meningkat.
- Menghilangkan tegangan dalam.
- Memperbesar atau memperkecil ukuran butiran agar seragam.
- Menghasilkan permukaan yang keras disekeliling inti yang ulet.

Masing-masing proses *heat treatment* memiliki fungsi yang berbeda-beda dengan menghasilkan sifat-sifat kekerasan yang diinginkan. Proses *heat treatment* dapat di klasifikasi menjadi 2 bagian, yaitu :

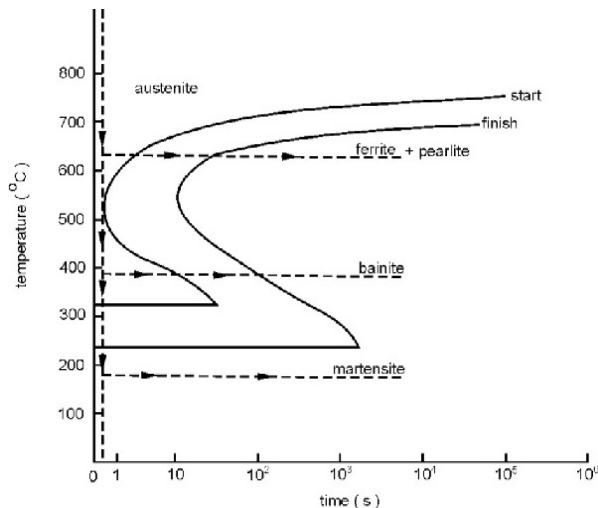
- Heat treatment* untuk memperbaiki sifat keuletan *material* (*Softening*) contohnya *annealing*, dan *normalizing*.
- Heat treatment* untuk memperbaiki sifat kekerasan material (*Hardening*) contohnya *karburasi*, *karbonitiding*, *nitriding*, *sianiding*, dan *quenching*.



Gambar 6. Diagram kesetimbangan dan jenis *heat treatment* pada baja.

Heat Treatment Dengan Pendinginan Tidak Menerus

Jika suatu baja didinginkan dari suhu yang lebih tinggi dan kemudian ditahan pada suhu yang lebih rendah selama waktu tertentu, maka akan menghasilkan struktur mikro yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada diagram: *Isothermal Transformation Diagram*.



Gambar 7. Isothermal transformation diagram for 0.2% C and 0.9% Mn steel

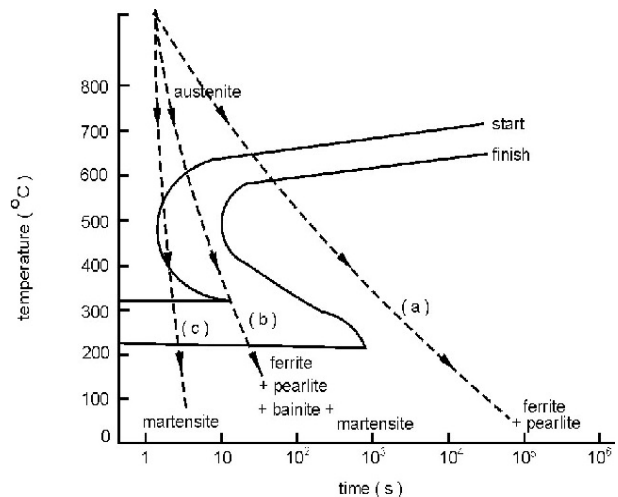
Penjelasan diagram:

1. Bentuk diagram tergantung dengan komposisi kimia terutama kadar karbon dalam baja.
2. Untuk baja dengan kadar karbon kurang dari 0.83% yang ditahan suhunya dititik tertentu yang letaknya dibagian atas dari kurva C, akan menghasilkan struktur perlit dan ferit.
3. Bila ditahan suhunya pada titik tertentu bagian bawah kurva C tapi masih disisi sebelah atas garis horizontal, maka akan mendapatkan struktur mikro Bainit (lebih keras dari perlit).
4. Bila ditahan suhunya pada titik tertentu dibawah garis horizontal, maka akan mendapat struktur Martensit (sangat keras dan getas).
5. Semakin tinggi kadar karbon, maka kedua buah kurva C tersebut akan bergeser kekanan.

Ukuran butir sangat dipengaruhi oleh tingginya suhu pemanasan, lamanya pemanasan dan semakin lama pemanasannya akan timbul butiran yang lebih besar. Semakin cepat pendinginan akan menghasilkan ukuran butir yang lebih kecil.

Heat treatment dengan pendinginan menerus

Dalam prakteknya proses pendinginan pada pembuatan material baja dilakukan secara menerus mulai dari suhu yang lebih tinggi sampai dengan suhu rendah. Pengaruh kecepatan pendinginan manerus terhadap struktur mikro yang terbentuk dapat dilihat dari diagram *Continuous Cooling Transformation Diagram*.



Gambar 8. Diagram Continuous Cooling Transformation Diagram

Penjelasan diagram:

1. Pada proses pendinginan secara perlahan seperti pada garis (a) akan menghasilkan struktur mikro perlit dan ferlit.
2. Pada proses pendinginan sedang, seperti, pada garis (b) akan menghasilkan struktur mikro perlit dan bainit.

Pada proses pendinginan cepat, seperti garis (c) akan menghasilkan struktur mikro martensit.

Austenisasi pada heat treatment

Tujuan proses austenisasi adalah untuk mendapatkan struktur austenit yang homogen. Kesetimbangan kadar karbon austenit akan bertambah dengan naiknya suhu austenisasi, ini mempengaruhi karakteristik isothermal. Bila kandungan karbon meningkat maka temperatur M_s menjadi rendah, selain itu kandungan karbon akan meningkat pula jumlah grafit akan membentuk senyawa karbida yang semakin banyak.

Proses perlakuan panas selalu diawali dengan transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain. Struktur mikro yang dihasilkan lewat transformasi tergantung pada parameter proses perlakuan panas yang diterapkan dan jenis proses perlakuan panas.

Struktur mikro yang berubah melalui transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain, dimaksudkan untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang diperlukan untuk suatu aplikasi proses pengerjaan logam. Proses selanjutnya setelah fasa tunggal austenit terbentuk adalah pendinginan, dimana mekanismenya dipengaruhi oleh temperatur, waktu, serta media yang digunakan. Pada pendinginan secara perlahan-lahan perubahan fasa berdasarkan mekanisme difusi, dimana kehalusan dan kekasaran struktur yang dihasilkan tergantung pada

kecepatan difusi.

Bila pendinginan dilakukan secara cepat, maka perubahan fasanya berdasarkan mekanisme geser menghasilkan struktur mikro dengan sifat mekanik yang keras dan getas. Perubahan struktur mikro selama proses pendinginan dapat merupakan paduan dari mekanisme difusi dan mekanisme geser. Variasi dari pembentukan struktur mikro yang merupakan fungsi dari kecepatan pendinginan pada baja dari temperatur eutektoid.

Quenching

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

Pada waktu pendinginan yang cepat pada fase austenit tidak sempat berubah menjadi ferit atau perlit karena tidak ada kesempatan bagi atom-atom karbon yang telah larut dalam austenit untuk mengadakan pergerakan difusi dan bentuk sementit oleh karena itu terjadi fase martensit, ini berupa fase yang sangat keras dan bergantung pada keadaan karbon.

Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat, semua unsur paduan masih larut dalam keadaan padat. Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (*preheating*) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperatur pengerasan (*austenitizing*) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (*holding time*) kemudian didinginkan cepat.

Hardening

Hardening adalah perlakuan panas terhadap logam dengan tujuan meningkatkan kekerasan logam. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan, jangka waktu penghentian yang memadai pada suhu pengerasan dan pendinginan (pengejukan) berikutnya secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis. Akibat pengejukan dingin dari daerah suhu pengerasan ini, dicapai suatu keadaan paksaan bagi struktur baja yang merangsang kekerasan, oleh karena itu maka proses pengerasan ini disebut pengerasan kejut. Karena logam menjadi keras melalui peralihan wujud struktur, maka perlakuan panas ini disebut juga pengerasan alih wujud.

Kekerasan yang dicapai pada kecepatan pendinginan kritis (martensit) ini diringi kerapuhan yang besar dan tegangan pengejukan, karena itu pada umumnya dilakukan pemanasan kembali menuju suhu tertentu dengan pendinginan lambat. Kekerasan tertinggi (66-68 HRC) yang dapat dicapai dengan pengerasan kejut suatu baja, pertama bergantung pada

kandungan zat arang, kedua tebal benda kerja mempunyai pengaruh terhadap kekerasan karena dampak kejut membutuhkan beberapa waktu untuk menembus kesebelah dalam, dengan demikian maka kekerasan menurun kearah inti.

Kekerasan sangat tergantung dari:

- Temperatur pemanasan (*Austenitizing Temperature*)
- Lama pada temperatur tersebut (*Holding Time*)
- Laju pendinginan (*Cooling Rate*)
- Komposisi kimia (%C and Alloying)
- Kondisi Permukaan (*Surface Condition*)

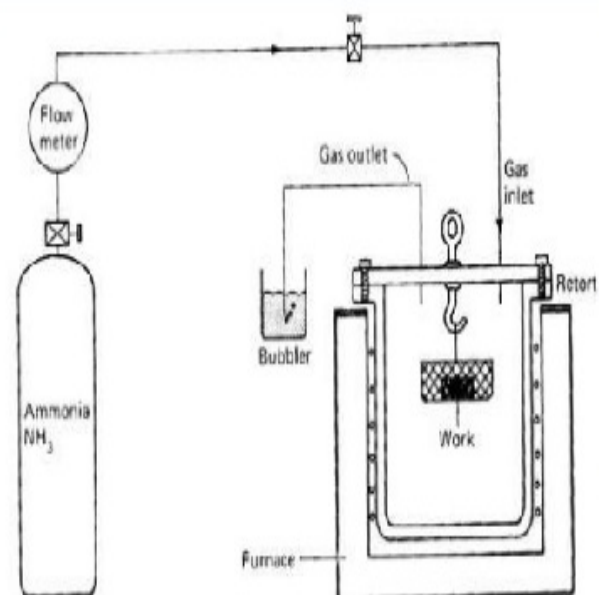
Ukuran dan berat benda kerja (*Size and Mass*)

Proses Carbonitriding

Carbonitriding adalah suatu proses pengerasan permukaan dimana baja dipanaskan di atas suhu kritis di dalam lingkungan gas dan terjadi penyerapan karbon dan nitrogen. Keuntungan *carbonitriding* adalah kemampuan pengerasan lapisan luar meningkat bila ditambahkan nitrogen sehingga dapat dimanfaatkan baja yang relatif murah, ketebalan lapisan yang tahan antara 0,80 mm sampai 0,75 mm.

Nitriding adalah proses pengerasan permukaan dengan jalan mendifusikan unsur nitrogen ke permukaan larutan pada logam/baja dan besi cor feritik, yaitu dengan cara memanaskan dan menahan logam/baja dan besi cor tersebut pada temperatur dibawah temperatur kritis bawah (antara 500 - 590°C) selama periode waktu tertentu dalam kontak dengan gas atau cairan yang mengandung unsur nitrogen.

Seluruh baja dan besi cor yang dapat dikeraskan dan ditemper dahulu sesudah dilakukan proses *nitriding*, dimana temperatur tempering harus cukup tinggi untuk menjaga kestabilan struktur pada proses *nitriding* (minimal 10° C diatas temperatur *nitriding*).



Gambar 9. Proses Nitriding

Proses *nitriding* dilakukan dengan tujuan:

- a. mendapatkan kekerasan permukaan yang tinggi
- b. meningkatkan ketahanan pakai dan sifat “*antigalling*”
- c. meningkatkan ketahanan terhadap umur kelelahan
- d. meningkatkan ketahanan terhadap korosi
- e. meningkatkan ketahanan kekerasan permukaan terhadap kenaikan temperatur sampai temperatur *nitriding*.

Kelebihan lain yang diperoleh dengan proses *nitriding* ialah: distorsi dan deformasi minimum, karena temperatur pemanasan rendah. Di industri penggunaan proses *nitriding* terutama dilakukan terhadap komponen-komponen mesin untuk kendaraan bermotor.

Contoh aplikasi pada komponen:

1. *steering gears*
2. *cylinder heads*
3. *cylinder liners*
4. *crankshafts*
5. *camshafts*
6. *ball steering joint*
7. *valves* dan *valves quiders*
8. *rocker arm*
9. *rocker shaft*
10. *connecting rod*
11. *oil pump gears*
12. *water pump gears*
13. *Bearing*

Tempering

Perlakuan untuk menghilangkan tegangan sisa dan menguatkan baja dari kerapuhan disebut dengan *tempering*. *Tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis), yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Baja yang telah dikeraskan bersifat rapuh dan tidak cocok untuk digunakan, melalui proses tempering kekerasan dan kerapuhan dapat diturunkan sampai memenuhi persyaratan penggunaan. Kekerasan turun, kekuatan tarik akan turun pula sedang keuletan dan ketangguhan baja akan meningkat.

Meskipun proses ini menghasilkan baja yang lebih lunak, proses ini berbeda dengan proses *annealing* karena di sini sifat-sifat fisis dapat dikendalikan dengan cermat. Pada suhu 200°C sampai 300°C laju difusi lambat hanya sebagian kecil.

Karbon dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya. Di antara suhu 500°C dan 600°C difusi berlangsung lebih cepat, dan atom karbon yang berdifusi di antara atom baja dapat membentuk sementit.

METODE DAN DATA PENELITIAN

Persiapan Penelitian

Material yang digunakan adalah baja karbon tinggi (*high carbon steel*) SUJ 2 dengan kandungan karbon sekitar 0,93% - 1,05% *standart JIS*

Langkah-langkah yang dilakukan pada proses *heat treatment* adalah:

1. Persiapkan *inner bearing* (63/22) kemudian masukan ke dalam keranjang pada *furnance*
2. Isi alkali pada mesin *washer* sebanyak 1000 liter
3. Isi air pada mesin *washer* sebanyak 1000 liter kemudian panaskan hingga menjadi *hot water*
4. Hidupkan mesin *washer*, masukan *inner bearing* pada tempat yang tersedia, selanjutnya mesin akan mulai membersihkan *inner bearing* dengan langkah *bubling*, *spray*, dan *drying*
5. Setelah proses pencucian selesai kemudian masukan *inner bearing* pada tungku/ *furnance*
6. Persiapkan amonia, lpg, carbon air sebanyak 1000 liter dan oli sebanyak 1000 liter dengan kekentalan 8/25 SAE kemudian masukan kedalam tempatnya masing-masing yang tersedia di dalam *furnance*
7. Hidupkan *furnance* seting temperature *carbonitriding* pada suhu 850° C selama 4,5 jam, kemudian seting cp carbon potensial pada suhu 830° C sampai 850° C sebanyak 1,05 liter, seting amonia pada proses pemanasan selama 7 menit, seting rx gas selama 4,5 jam, seting *quenching oil* temperatur dengan suhu 60° C selama 15 menit, seting *post quenching* dengan suhu 7° C selama 15 menit
8. Setelah proses *carbonitriding inner bearing* di cuci kembali pada mesin *washer* kemudian di masukan kembali kedalam *furnance* untuk dilakukan proses *hardening*
9. Langkah pertama seting *furnance* pada temperatur pemanasan 830° C selama 60 menit, seting *quenching oil* temperatur dengan suhu 60° C selama 15 menit, seting *post quenching* dengan suhu 7° C selama 15 menit
10. Setelah proses *hardening inner bearing* di cuci kembali pada mesin *washer* kemudian di masukan kembali kedalam *furnance* untuk dilakukan proses *tempering*
11. Langkah pertama seting *furnance* pada temperatur pemanasan 185° C selama 120 menit, setelah itu keluarkan agar proses pendinginan menggunakan suhu ruang selama 120 menit setelah itu dapat dilakukan proses pengujian

Proses pengujian

Ada beberapa tahapan pengujian meliputi pengujian komposisi kimia, pengujian metalografi, dan pengujian kekerasan.

1. Pada Pengujian Komposisi Kimia ini, bahan atau komponen dapat langsung segera dianalisa oleh alat *Optical Emission Spectrometer* (OES) setelah dilakukan penghalusan permukaan dengan cara diampelas dan dipoles.

2. Proses Pengujian Metalografi

Pengamatan metalografi adalah pengamatan logam dengan cara melihat struktur mikro dengan menggunakan mikroskop, mikroskop yang digunakan adalah mikroskop optik. Pada pengamatan metalografi dapat dipelajari kondisi fisik logam. dengan mengetahui struktur mikro dari suatu logam, dapat diketahui prosentase karbon yang di kandung dan tegangan tarik maksimum yang dimiliki. Semakin besar butiran menandakan logam tersebut mempunyai kekuatan rendah, dan apabila ukuran butirannya kecil maka logam tersebut memiliki kekuatan yang tinggi.

Metode dari pengujian ini memerlukan persiapan yang cukup teliti dan cermat agar di peroleh hasil metalografi yang baik. Beberapa tahapan dalam persiapan pengujian:

- a. Pemotongan benda uji
- b. Mounting
- c. Grinding
- d. Polishing
- e. Etsa

3. Pengujian Kekerasan (*Vickers*)

Spesimen yang telah di foto mikro, selanjutnya digunakan untuk pengujian kekerasan. Spesimen sebelumnya dipoles terlebih dahulu dengan menggunakan autosol, kemudian dietsa jenis HNO₃.

ANALISIS

Hasil Pengujian Komposisi Kimia

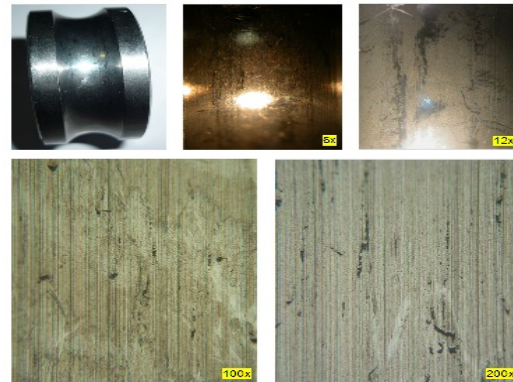
Tabel 1. Hasil Pengujian Material Dasar *Bearing* SUJ 2

Elemen	No	Unsur	Persentase (%wt. Fe)
SUJ2	1	Fe	98,23
	2	C	0,93
	3	S	0,25
	4	Mn	0,025
	5	P	0,015
	6	Si	1,30
	7	Cr	0,10
	8	Ni	0,25
	9	N	0,25
	10	Cu	0,30

Berdasarkan tabel 1. dapat diketahui bahwa material uji SUJ 2 memiliki kandungan Fe sebesar 98,23 %, C sebesar 0,93 % dan kandungan Cr 0,10 %. Dengan diketahuinya ketiga unsur tersebut, maka material SUJ 2 dapat di klasifikasikan sebagai baja crhoom karbon tinggi karena baja karbon tinggi adalah baja yang memiliki kadar karbon 0,6-1,4 %.

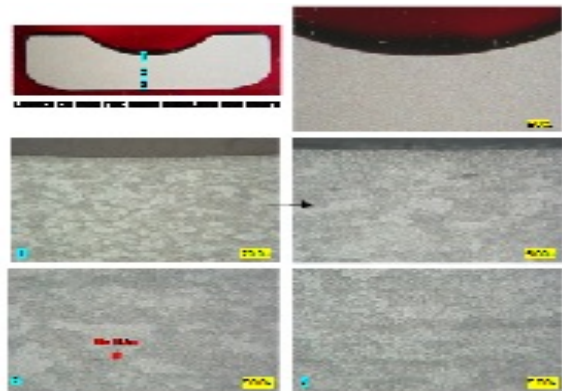
Hasil Pengujian Metalografi

1. Sample 1 non heat treatment



Gambar 10. Hasil Uji Metalografi Non-Heat Treatment

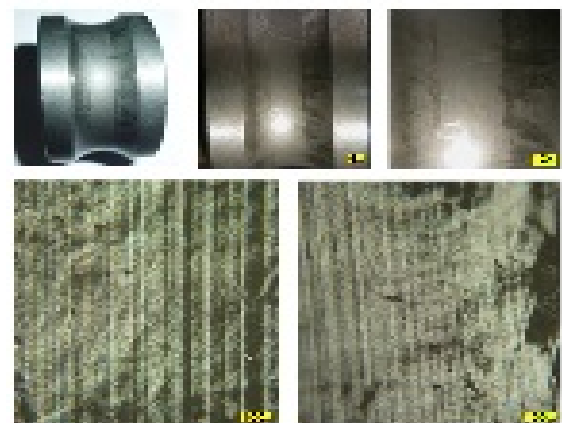
Penampilan permukaan inner bearing non *heat treatment* pada perbesaran 12x terlihat flek hitam dari cairan anti karat dan pada perbesaran 200x terlihat alur pekerjaan machineing.



Gambar 11. Hasil Uji Metalografi 50x & 200x

Struktur mikro material inner bearing non *heat treatment* berupa austenit dengan spheroidized cementite menyebar merata. Etsa: nital 2 %.

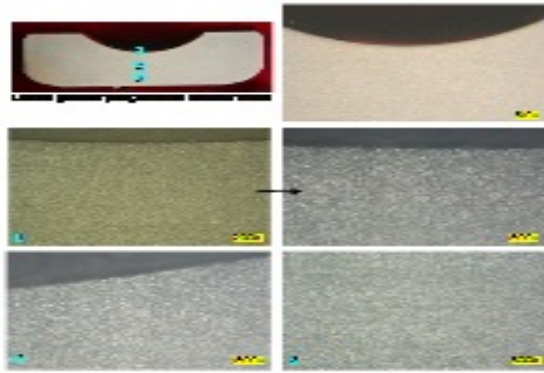
2. Sample 2 Heat Treatment 1



Gambar 12. Hasil Uji Metalografi Heat Treatment-1

Penampilan permukaan inner bearing proses *heat treatment 1* pada perbesaran 100x terlihat butir

media nitriding melapisi permukaan sliding ball.



Gambar 13. Hasil Uji Metalografi 200x & 500x

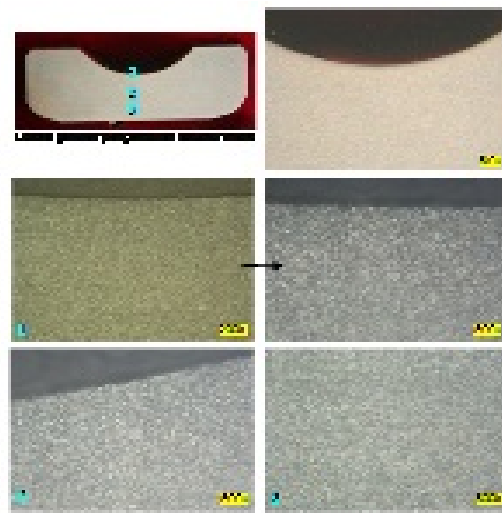
Struktur mikro material inner bearing proses *heat treatment 1* berupa martensit halus dengan butir cementite menyebar merata. Etsa: nital 2%.

Pada gambar 15, pembesaran 200 x pada lokasi 1 terlihat butir karbida melapisi permukaan *inner bearing*, struktur mikro material *inner bearing* yang mengalami proses *carbonitriding* berupa austenit dan martensit halus dengan butir *cementite* menyebar merata terlihat pada lokasi 1, 2, dan 3. Munculnya austenit pada struktur mikro karena pemanasan di atas suhu 180°C dan ditahan dengan waktu tertentu sehingga unsur kandungan dalam baja berdifusi menjadi austenit kemudian didinginkan dengan cara dicelupkan kedalam media oli sehingga terjadi penurunan temperatur secara cepat pada fase ini kandungan pada baja berubah menjadi bainite yang sifatnya lebih keras dan bercampur dengan austenit yang bersifat lunak dan ulet sehingga struktur mikro pada *inner bearing* menjadi homogen. Struktur mikro pada sisi permukaan *inner bearing* berupa butiran bulat berwarna putih yaitu karbida yang mengelilingi permukaan *inner bearing*, Bergeraknya karbida mengelilingi bagian *inner bearing* dikarenakan penyuntikan karbon selama proses *carbonitriding*, jarak karbida dipengaruhi oleh cairan amonia selama pemanasan sehingga karbon dapat masuk lebih dalam melalui permukaan *inner bearing* dengan jarak tertentu bergantung pada banyaknya amonia yang diberikan sewaktu proses *carbonitriding*.

3. Sample 3 Heat treatment 2

Struktur mikro material inner bearing proses *heat treatment 2* berupa bainite temper dengan butir cementite lebih halus. Etsa: nital 2%.

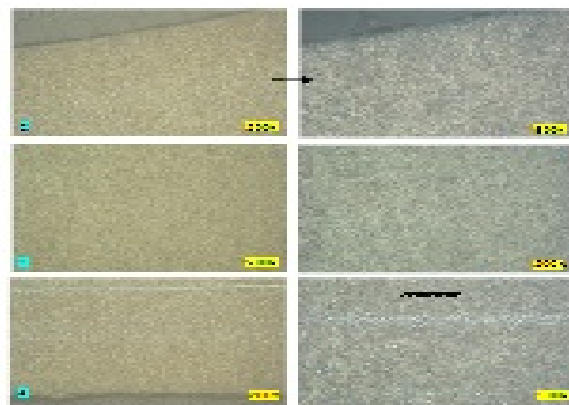
Pada gambar 16 dan 17 Struktur mikro material *inner bearing* setelah proses *carbonitriding* kemudian *tempering* berupa bainite temper yang lebih halus dilihat dari lokasi 3 dengan butir karbida menyebar merata pada lokasi 1, 2, dan 4.



Gambar 14. Hasil Pengujian Metalografi setelah *Heat Treatment*

Struktur mikro material inner bearing proses *heat treatment 2* berupa bainite dengan butir cementite menyebar merata. Etsa: nital 2%.

Pada proses *tempering* komponen bearing di panaskan kembali sehingga struktur mikro nya berubah menjadi lebih halus dengan dengan tujuan meningkatkan keuletan *inner bearing*. Ukuran butir ini sangat mempengaruhi kekuatan suatu bahan, semakin kecil ukuran butirnya dan semakin halus permukaannya akan meningkatkan jumlah batas butir yang menghambat dislokasi. Pada lokasi 4 butir karbida melapisi permukaan luar dari *inner bearing* akibat proses penyuntikan karbon yang masuk melalui permukaan luar pada proses *carbonitriding*.



Gambar 15. Hasil Pengujian Metalografi dengan pembesaran 200x dan 500x

Hasil Pengujian Kekerasan

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan

NO.	NILAI KEKERASAN HV		
	Inner Bearing		
	Normal	Quenching 1	Tempering 1
1	192	892	825
2	204	910	795
3	197	910	795
4	204	910	825
5	202	928	810
Rata-rata	119,8	910	810

Nilai kekerasan untuk setiap proses berbeda-beda dapat dilihat pada tabel 2. Nilai kekerasan proses non *heat treatment* adalah yang paling rendah dengan rata-rata 199,8 HV, nilai kekerasan proses *heat treatment 1* adalah yang paling tinggi dengan rata-rata 910 HV, sedangkan *heat treatment 2* lebih lunak dibandingkan proses *heat treatment 1* dengan rata-rata 810 HV.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, pengujian spesimen dan pembahasan data maka dapat ditarik suatu kesimpulan, yaitu :

1. Hasil pengujian komposisi kimia diketahui bahwa material uji SUJ 2 memiliki kandungan Fe sebesar 98,23%, C sebesar 0,93% dan kandungan Cr 0,10%. Dengan diketahuinya ketiga unsur tersebut, maka material SUJ 2 dapat di klasifikasikan sebagai baja crhoom karbon tinggi karena baja karbon tinggi adalah baja yang memiliki kadar karbon 0,6-1,4 %.
2. Hasil pengamatan metalografi menunjukkan bahwa struktur yang dimiliki pada material komponen *bearing* SUJ 2 menunjukkan struktur mikro yang homogen dengan butir lebih halus. Struktur mikro yang terdapat pada baja setelah mengalami proses *carbonitriding* berupa austenit, karbida dan bainite, dimana karbida mengelilingi permukaan komponen *bearing* membuat permukaan komponen bearing lebih keras dibandingkan proses non heat treatment.
3. Hasil data pengujian *hardnes vickers* komponen *bearing* SUJ 2 memiliki nilai kekerasan non *heat treatment* 199,8 HV setelah mengalami proses *heat treatment 1* menjadi 910 HV, saat proses *heat treatment 2* kekerasannya menjadi 810 HV dapat disimpulkan proses *carbonitriding* dapat meningkatkan kekerasan material hingga 4 kali nilai kekerasan non *heat treatment*, pada proses tempering terjadi penurunan nilai kekerasannya sekitar 100 HV membuat

komponen *bearing* tidak mudah getas dan bersifat ulet sehingga dapat memperbaiki sifat mekaniknya.

4. Pengaruh dari proses *carbonitriding* berupa pengerasan permukaan bearing dengan lapisan karbida mengelilingi permukaan komponen bearing sehingga permukaan komponen bearing lebih kuat ketika terjadi friksi pada saat bearing beroperasi.
5. Ditinjau dari hasil ketiga pengujian menunjukkan bahwa komponen *bearing* SUJ2 setelah dilakukan proses *carbonitriding* dan *tempering* dapat meningkatkan sifat mekanisnya menjadi lebih kuat dan ulet terutama pada bagian permukaannya.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metals Handbook, Vol. 12, "*Hardness Vickers*", American Society for Metals, 2009.
- ASM Metals Handbook, Vol. 9, "*Metallography and Microstructures*", American Society for Metals, 2009.
- ASM Metals Handbook, Vol. 11, "*Failure Analysis*", American Society for Metals, 2007.
- Avner, Sydney H, "*Introduction to Physical Metallurgy*", edisi 2, United States of America, 2008.
- Pengantar praktikum Ilmu Logam, UPT-LUK BPPT.
- R.R. Bowker, "*bearing, chain and spring*", Mannual Book of ASTM Standar Iron and Steel Product, march 2007.
- Tim., Penyusun. Pusat. Kamus., 2007. "*Kamus Besar Bahasa Indonesia*". Jakarta, 2009.