

PERUBAHAN NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA OUTER BEARING GEARBOX CRANE AKIBAT PROSES NORMALISASI

Sumiyanto ¹⁾, Nataya C Rizani ²⁾, Putra U Munadi ³⁾.

Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Sains Dan Teknologi Nasional

Jakarta Selatan, Telp: 021-7270090

Email : sumiyanto@istn.ac.id

Abstrak

Outer bearing banyak digunakan dalam dunia industri khususnya pada crane, bearing ini mempunyai tingkat kekerasan yang cukup baik sehingga mampu di gunakan sebagai pengangkut alat berat, dan perawatannya yang kurang diperhatikan maka terjadi patahan yang disebut patah getas. Adapun pengujian yang dilakukan adalah pengujian kekerasan (Hardness test), serta pengujian struktur mikro (Metallografi), hasil pengujian metallografi material normal, 1 dan 2 outer bearing di dapatkan Struktur mikro berupa bainit. pada sampel 3 Pada bagian luar sampel terjadi pertumbuhan besar butir berupa fasa ferit yang diakibatkan oleh adanya oksidasi didalam tungku pemanas. Struktur mikro bagian dalam berupa bainit. Pada bagian luar terjadi pertumbuhan besar butir berupa perlitik. Struktur mikro bagian dalam berupa perlit pada sampel 4, dan terlihat struktur mikro Pada bagian luar terjadi pertumbuhan besar butir berupa martensit-austenit dan perlit pada sampel 5 lokasi 1 (daerah tepi) akibat teroksidasi pada saat pendinginan dengan udara bebas. Dan hasil pengujian kekerasan di dapat nilai rata-rata pada sampel yang tidak di heat treatment (761) HV.

Kata kunci : Bearing, kekerasan.

Abstract

Outer bearing widely used in the world of its specialized industry on the crane, this bearing has a fairly good level of violence so that they can be used as a carrier of heavy equipment and its maintenance are less noticeable then there is a fault called brittle fracture. The testing that is done is the testing of hardness (Hardness test), as well as testing the microstructure (Metallografi), the test results metallografi normal material, first and second outer bearing in the form bainite microstructure get. the sample 3 On the outside of the grain size of samples has been growth in the form of a ferrite phase which is caused by the oxidation inside the furnace. The microstructure inside the form bainite. On the outside there is a growth in the form of pearlitic grain size. The microstructure inside the form of pearlite at 4 samples, and looks microstructure On the outside of the grain size growth occurs in the form martensite-austenite and pearlite in the samples 1 to 5 locations (the waterfront area) due to oxidized during cooling by free air. And the test results can be violent in the average value of the samples that are not in the heat treatment (761) HV.

Key word : Bearing, violence.

1. PENDAHULUAN.

Seiring dengan perkembangan jaman sekarang dunia industri memiliki peranan yang sangat penting termaksud bidang teknik mesin yaitu tentang pengolahan baja, dalam suatu industri pengolahan baja tidak lepas dari pentingnya penggunaan mesin crane. Secara umum crane dikategorikan

sebagai mesin yang dipergunakan untuk mengangkat beban, memindahkan secara horizontal dan menurunkan ke tempat yang dituju dengan jangkauan terbatas. Keuntungan mekanis yang diperoleh karena sebuah mesin crane dapat mengangkat

beban material yang jauh diatas kemampuan manusia.

Salah satu bagian dari mesin crane adalah gear box, dan di dalam gear box terdapat komponen yang di sebut bearing. Bearing adalah yang berfungsi untuk membatasi permukaan yang sama sama bergerak ataupun antara permukaan yang bergerak dengan tidak bergerak. Namun bearing yang terdapat didalam gear box crane sering terjadi kerusakan berupa patah getas atau aus. Akibat terjadi kerusakan pada bearing, crane tidak dapat berjalan secara optimal.

Untuk mendapatkan bearing yang cukup kuat dengan kekerasan yang tinggi terutama dibagian outer ring, maka outer ring bearing harus mendapat Perlakuan panas dengan metode normalisasi. Metode normalisasi merupakan proses pengubahan sifat logam terutama baja melalui pengubahan kekerasan dan struktur mikro dengan cara pemanasan sampai titik temperatur austenitnya kemudian didinginkan secara cepat dengan menggunakan media udara terbuka.

3. TINJAUAN PUSTAKA.

1. Pengertian Bearing.

Bearing adalah suatu komponen yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada mesin atau komponen-komponen yang bergerak dan saling menekan antara satu dengan yang lainnya. Bila gerakan dua permukaan yang saling berhubungan terhambat, maka akan menimbulkan panas. Bearing berfungsi untuk membatasi permukaan yang sama sama bergerak ataupun antara permukaan yang bergerak dengan tidak bergerak. Bearing yang baik harus terbuat dari bahan yang cukup kuat, ini dimaksudkan untuk dapat menahan tekanan, hentakan, tarikan baik dari permukaan yang bergerak ataupun dari permukaan yang tidak bergerak dan harus seminimal mungkin gesekan yang ditimbulkan. Gambar Bearing dapat dilihat pada gambar.1 dan gambar bearing terpasang pada gear box crane dapat dilihat pada gambar.2.



Gambar.1. Bearing
(Sumber : www.Bearing.com)



Gambar 2. Bearing pada gearbox.
(Sumber: www.meddleasteng.com)

2. Baja.

Pada saat sekarang ini, kemajuan dalam bidang industri pengembangan material logam khususnya baja mengalami kemajuan sehingga material tersebut menjadi semakin baik dan rumit. Dewasa ini, material baja digunakan pada peralatan modern yang memerlukan bahan dengan kekuatan impact dan ketahanan aus yang tinggi, disebabkan karena meningkatnya kecepatan putar dan pergerakan linier serta peningkatan frekuensi pembebanan pada komponen-komponen yang diterapkan pada mesin-mesin modern saat ini.

Baja mempunyai kandungan unsur utama yang sama dengan besi yaitu Fe, hanya kadar karbon sajalah yang membedakan mereka. Penggunaan besi dan baja dewasa ini sangat luas mulai dari peralatan yang sepele, mulai dari alat-alat sederhana seperti sendok dan garpu, sampai pada alat-alat dan mesin-mesin modern seperti roda gigi dan exavator.

Seperti disebutkan sebelumnya, unsur utama dari baja komersil adalah Fe. namun, selain itu juga terdapat beberapa unsur lain yang memiliki peran penting diantaranya adalah; Karbon (C), Mangan (Mn), Silikon (Si), Posfor (P), Belerang (S), Crom (Cr), Nikel (Ni), Molibden (Mo), dan unsur-unsur lainnya. Unsur-unsur tersebut ditambahkan dengan maksud memperbaiki sifat fisis dan sifat mekanis dari baja tersebut.

3. Klasifikasi baja berdasarkan komposisi kimia.

Besi dan baja merupakan logam yang banyak digunakan didalam pemaduan antara elemen besi (Fe) dengan unsur-unsur lain yang selalu ada seperti; Karbon, Mangan, Silikon, Phospor, Belerang dan lain-lain. Besi dan baja dapat dibedakan menurut kadar karbonnya. Baja memiliki kadar karbon lebih kecil dari 1.7 %, sedangkan besi memiliki kadar karbon lebih besar dari 1.7 %. Baja mempunyai unsur-unsur lain sebagai pemuat yang dapat mempengaruhi sifat dari baja. Penambahan unsur-unsur dalam baja karbon dengan satu unsur atau lebih, tergantung pada karakteristik baja karbon yang akan dibuat.

Unsur-unsur seperti Mangan, Silikon, Vanadium, Chrom, Molybdenum dan Cobalt serta unsur-unsur lainnya, adalah unsur pemuat yang sulit dihilangkan dari material baja. Unsur ini sulit dihilangkan karena proses pembuatan baja. Secara umum dapat disebutkan beberapa sifat baja antara lain: kekerasan, kekuatan, ketangguhan, dan keuletan. Sifat-sifat baja yang digunakan dapat disesuaikan dengan komposisi kimianya.

a. Baja Karbon Rendah.

Baja karbon rendah yaitu unsur karbon (C) yang terkandung kurang dari 0,35 % C. Dengan sedikit penambahan unsur-unsur lainnya seperti silikon, magnesium, phosphor dan sulfur. Sifat baja ini umumnya lunak, mudah dibentuk, mudah dikerjakan dengan mesin.

Berdasarkan persentase karbon dalam baja maka baja karbon rendah dapat dipergunakan antara lain untuk:

- 1) Baja karbon rendah yang mengandung 0,04% C-0,10% C, Untuk dijadikan plat dan strip.
- 2) Baja karbon rendah yang mengandung 0,05% C, Biasanya dipergunakan untuk keperluan perlengkapan otomotif.
- 3) Baja karbon rendah yang mengandung 0,15% C-0,25% C, Dipergunakan untuk konstruksi jembatan, bangunan atau baja-baja konstruksi.

- 4) Baja karbon rendah yang mengandung 0,20% C-0,30% C, Digunakan untuk membuat baut dan paku keeling untuk konstruksi.

Pada baja karbon rendah juga terdapat unsur-unsur seperti magnesium dan sulfur yang tinggi. Baja karbon ini banyak digunakan karena memiliki sifat mudah dikerjakan baik dengan mesin tempa maupun dengan mesin perkakas.

b. Baja Karbon Sedang.

Baja karbon sedang mengandung unsur karbon antara 0,35%-0,50% C. Baja karbon sedang banyak digunakan untuk alat perkakas dan bagian-bagian mesin. Berdasarkan persentase karbon yang terkandung dalam baja ini, maka baja karbon sedang dapat digunakan untuk hal-hal sebagai berikut:

- 1) Baja karbon sedang yang mengandung 0,40 % C digunakan untuk keperluan industri kendaraan, misalnya untuk membuat poros engkol, batang torak dan lain sebagainya.
- 2) Baja karbon sedang yang mengandung 0,50 % C digunakan untuk membuat roda gigi, martil, clam (alat penjepit).
- 3) Baja karbon sedang yang mengandung 0,55% C - 0,60 % C digunakan untuk membuat pegas.

Baja-baja ini dibuat untuk struktur baja yang biasa dipakai, baja jenis ini bisa *forging*, *machining* dan *rolling* dalam kandungan karbon (C) yang lebih rendah, baja ini cocok *forging* yang kecil. Dalam daerah kandungan karbon (C) yang lebih tinggi cocok digunakan untuk *forging* yang lebih besar dan dalam bentuk batangan dipakai untuk bagian yang lebih luas dengan kandungan Mangan (Mn) yang lebih tinggi baja ini cocok untuk penggunaan pegas spiral.

Baja karbon sedang memiliki cirri-ciri:

- 1) Memiliki sifat mekanik yang lebih baik dari pada baja karbon rendah.
- 2) Lebih kuat dan keras dari pada baja karbon rendah dan tidak mudah dibentuk oleh mesin.
- 3) Dapat dikeraskan dengan mudah (*quenching*).

c. Baja Karbon Tinggi.

Baja karbon tinggi mengandung unsur karbon 0,5% C - 1,7% C dan mempunyai tegangan tarik yang lebih tinggi. Baja ini hanya digunakan untuk material tools. Salah satu penggunaan yang penting dari baja ini adalah dalam pembuatan kawat baja dalam kabel baja (sling), penggunaan penting lainnya adalah untuk rel kereta api dan rel lintasan roda-roda berat.

Baja ini banyak digunakan untuk pekerjaan yang mengalami panas. Berdasarkan persentase kandungan karbonnya, maka baja karbon tinggi banyak digunakan untuk hal-hal sebagai berikut :

- 1) Baja karbon tinggi yang mengandung sekitar 0,95 % C dipergunakan untuk pembuatan pegas-pegas, alat-alat perkakas seperti paron/landasan, martil, gergaji dan alat-alat potong.
- 2) Baja karbon tinggi yang mengandung 1% C - 1,5% C digunakan untuk pembuatan kikir, pisau cukur, mata gergaji dan peluru. Dalam perdagangan baja ini termaksud murah, tetapi baja ini banyak memiliki banyak kelemahan diantaranya : makin tinggi kandungan karbonnya maka logam ini semakin getas dan pengerasan baja ini kurang dapat merata, sehingga pengerasan akan lebih sulit apabila dipergunakan untuk benda kerja yang besar. Untuk memperbaiki kualitas dan sifat baja ini maka biasanya dicampur dengan unsur-unsur yang lain seperti mangan, nikel dan lain sebagainya.

Baja karbon tinggi memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

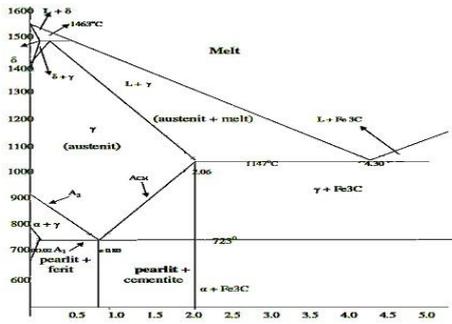
- a) Sangat kuat dan keras serta tahan gesekan.
- b) Sulit dibentuk oleh mesin.
- c) Mengandung unsur sulfur dan fosfor mengakibatkan kurangnya sifat liat.
- d) Dapat dilakukan proses *heat treatment* yang baik.

4. Diagram Fasa Besi Karbon (Fe – C).

Diagram keseimbangan besi karbon adalah diagram yang menampilkan hubungan antara temperatur dimana terjadi

perubahan fasa selama proses pendinginan dan pemanasan yang lambat dengan kadar karbon. Diagram ini merupakan dasar pemahaman untuk semua operasi-operasi perlakuan panas. Dimana fungsi diagram fasa adalah memudahkan memilih temperature pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses anil, normalizing maupun proses pengerasan. Besi karbon terbagi atas dua bagian yaitu baja (*steel*) dan *castiron*. Baja adalah paduan besi dengan karbon maksimal sampai sekitar 2%, sedangkan *cast iron* adalah paduan besi dengan karbon diatas 2%. Baja dibagi dua bagian yaitu baja yang mengandung kurang dari 0,83 % disebut *hypoectoid* dan baja yang mengandung lebih dari 0,83% sampai dengan 2% karbon disebut dengan *hyperectoid*.

Pemanasan pada suhu 723⁰C dengan komposisi 0,8% C disebut dengan titik *eutectoid*. Apa bila dilakukan pemanasan sebelum mencapai titik *eutectoid*, padat itik *hypoectoid* terbentuk fasa pearlit dan ferrit. Sedang kan dibawah *hypereutectoid* mempunyai fasa pearlit dan sementit. Pada pemanasan melewati garis *eutectoid*, terjadi perubahan fasa pearlit menjadi austenite. Etika paduan A (A1) mencapai suhu 723⁰C (suhu eutektoid) sisa austinit sekitar 0,8% C (meskipun sebenarnya jumlah komposisinya 0,4%). Oleh karena itu, pada titik *eutectoid* reaksi yang terjadi adalah perubahan sisi austenite menjadi pearlite ($\alpha + Fe_3C$). ketika paduan A (A3) mencapai suhu 910⁰C, ferit bcc mulai berubah bentuk menjadi austenite. Ini merupakan reaksi solid dan dipengaruhi oleh difusi karbon pada austenite. Ferrit yang berisi karbon terbentuk dengan sangat lambat. Keadaan paduan A (Acm) transformasi Fe_3C menjadi austenite secara keseluruhan pada suhu ini, seperti prediksi pada diagram. Seluruh sistem austenite fcc dengan kadar karbon 0.95 %. Berikut ini merupakan gambar diagram Besi-Karbon (Fe-C). Gambar Diagram Besi Karbon dapat dilihat pada gambar.3.

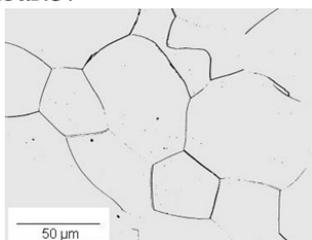


Gambar.3. Diagram Besi Karbon (Fe-C)
(sumber: en.wikipedia.org)

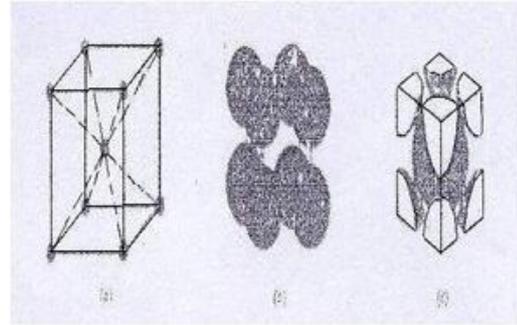
Pada gambar.3. dapat dilihat bahwa suatu bahan bila dipanaskan sampai sekitar suhu 800-1200⁰C dengan komposisi 0,68 % karbon sampai fasa austenit, kemudian didinginkan sampai 600⁰C fasa yang terbentuk adalah fasa pearlit tetapi bila didinginkan sampai batas kritis 738⁰C, fasa gamma sebagian akan terdistorsi menjadi fasa alpa, dan bila dilanjutkan pendinginan di bawah sedikit batas kritis, ferrit akan bergabung didalam pearlit dan austenite akan bertransformasi menjadi karbida (sementit). Apabila didinginkan dengan cepat, maka fasa akan bertransformasi menjadi sementit dan pearlit. Dalam hal ini, pengaruh waktu tahan sangat menentukan pada pembetulan perubahan butir. Adapun macam – macam struktur yang ada pada besi karbon adalah sebagai berikut:

Ferrite.

Ferrit adalah fasa larutan padat yang memiliki struktur BCC (*body centered cubic*). Ferrit terbentuk akibat proses pendinginan yang lambat dari austenit baja hypotektoid pada saat mencapai A3. Ferrit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar (70-100) BHN dan memiliki konduktifitas yang tinggi. Gambar *Ferrite* dapat dilihat pada gambar.4. dan gambar Bentuk sel satuan BCC dapat dilihat pada gambar.5.



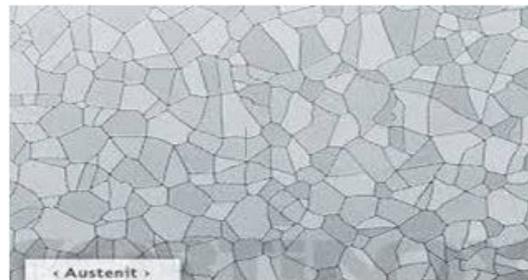
Gambar.4. Ferrite
(sumber: www.threeplanes.net)



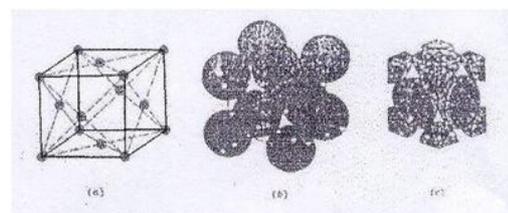
Gambar.5. Bentuk sel satuan BCC
(sumber: cyberships.wordpress.com)

Austenit.

Fasa Austenit memiliki struktur atom FCC (*Face Centered Cubic*). Dalam keadaan setimbang dengan fasa austenit ditemukan pada temperatur tinggi. Fasa ini bersifat non magnetik dan ulet (ductile) pada temperatur tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat austenite lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fasa ferrit dan memiliki kekerasan sekitar 200 BHN. Gambar Austenit dapat dilihat pada gambar.6 dan gambar Bentuk satuan sel FCC dapat dilihat pada gambar.7.



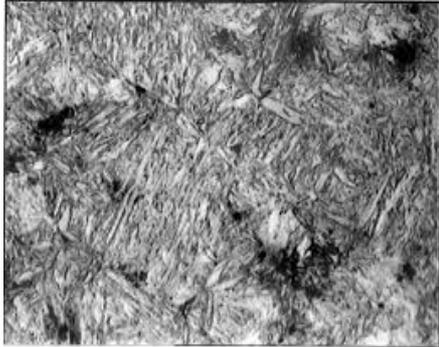
Gambar.6 Austenit
(sumber: www.cortinox.de)



Gambar.7 Bentuk satuan Gambar sel FCC
(sumber: cyberships.wordpress.com)

Martensit.

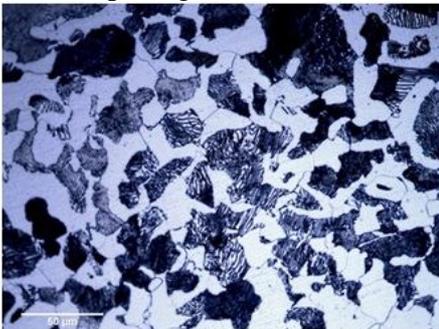
Martensit merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satunya terdistorsi. Gambar Martensit dapat dilihat pada gambar.8.



Gambar.8 Martensit
(sumber: en.wikipedia.org)

Perlit.

Perlit adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar (10-30) HRC. Perlit yang terbentuk sedikit dibawah temperatur eutektoid memiliki kekerasan yang lebih rendah dan memerlukan waktu inkubasi yang lebih banyak. Gambar Perlit dapat dilihat pada gambar.9.



Gambar.9 Perlit
(sumber: de.wikipedia.org)

Bainit.

Bainit adalah struktur mikro pada baja yang dihasilkan dari dekomposisi austenit ke ferit dan sementit. Bainit terbentuk pada kisaran temperatur diatas transformasi martensit dan dibawah pembentukan perlit. Transformasi austenite ke struktur bainit dapat terjadi bila baja didinginkan ke temperature antara sekitar 300-550°C. Gambar Perlit dapat dilihat pada gambar.10.

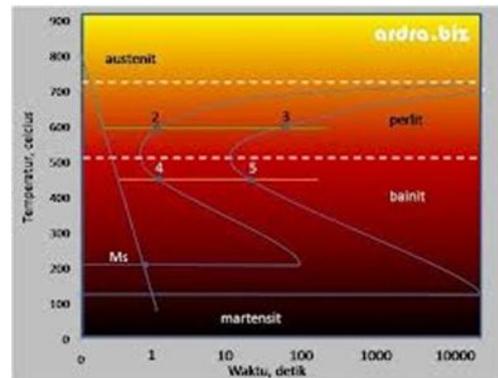


Gambar.10 Bainit
(sumber: www.wikiwand.com)

5. Diagram TTT (Time Temperatur Transformation)

Diagram ini menunjukkan batas transformasi untuk temperatur dan waktu tertentu. Jadi dari diagram ini dapat dilihat pada temperatur dan waktu berapa suatu fase mulai dan berakhir terbentuk. Diagram ini spesifik untuk setiap baja dengan konsentrasi karbon tertentu.

Dan dari diagram ini pula dapat diketahui apakah transformasi berjalan secara isothermal atau dengan pendinginan kontinu. Gambar Diagram TTT dapat dilihat pada gambar.11.



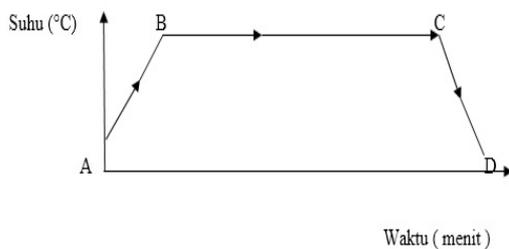
Gambar.11 Diagram TTT

6. Perlakuan Panas Pada Logam (Heat Treatment).

Perlakuan panas pada logam (*heat treatment*) merupakan proses perubahan sifat logam, terutama baja, melalui perubahan struktur mikro dengan cara pemanasan dan pengaturan laju pendinginan. *Heat treatment* merupakan mekanisme penguatan logam dimana logam yang akan kita ubah sifatnya sudah berada dalam kondisi solid. Dalam *heat treatment* kita memanaskan specimen sampai dengan temperatur austenisasinya.

Dalam perkembangan terakhir perlakuan panas dapat dikombinasikan dengan reaksi kimia sehingga disebut thermo kimia dan juga digabung dengan perlakuan mekanis sehingga disebut perlakuan thermo mekanis.

Pada proses perlakuan panas sifat-sifat logam dapat berubah karena terjadinya beberapa perubahan mikro struktur, perubahan fasa, terbentuknya presipitat, perubahan ukuran butiran, perubahan kandungan unsur kimia tertentu, terbentuknya karbida, dan lain-lain. Sedangkan sifat mekanis yang dapat berubah antara lain kuat tarik, ketahanan, kekerasan, ketahanan aus, ketahanan fatigue, kemampuan bentuk, ketangguhan, dan lain-lain. Karena banyaknya sifat mekanis yang memungkinkan dapat diubah, maka suatu proses perlakuan panas sudah merupakan suatu bagian dari rangkaian proses produksi dari industri komponen yang terbuat dari logam, khususnya besi baja. Diagram heat treatment dapat dilihat pada gambar.12.



Gambar.12 Diagram Heat treatment.
(Sumber : www.sefnath.blogspot.co.id)

Keterangan diagram heat treatment :

- A - B = Pemanasan
- B - C = Holding Time
- C - D = Pendinginan

Tujuan Perlakuan Panas (*Heat Treatment*).

Untuk mencapai dan mengubah sifat mekanis yang diinginkan adalah tujuan dari proses *heat treatment* seperti:

- a. Mengeraskan logam.
- b. Melunakan logam.
- c. Menghilangkan tegangan dalam yaitu tegangan dalam yang diakibatkan oleh pengerjaan dingin, pengelasan dan pembentukan. Menyempurnakan

ketahanan dan keuletan. Meningkatkan tahanan panas dan tahanan gesek.

- d. Khusus baja, proses ini dapat menyempurnakan sifat-sifat listrik dan magnet.

Pendinginan Cepat (*Quenching*).

Proses *hardening* atau pengerasan dengan proses perlakuan panas yang lazim digunakan pada baja karbon maupun baja paduan adalah dengan proses pendinginan cepat (*quenching*). Proses pendinginan cepat adalah suatu proses perlakuan panas yang bertujuan untuk mendapat nilai kekerasan optimum pada baja, yaitu dengan mentransformasikan perlit ke austenite kemudian dari austenite ke martensite dengan jalan melakukan pendinginan cepat sedemikian rupa sehingga kurva pendinginan pada diagram CCT tidak menyentuh hidung kurva dan langsung ke MS (*martensite start*). Kekerasan optimum diperoleh jika austenit seluruh berubah menjadi martensite dan makin tinggi kadar karbon kekerasan yang diperoleh juga makin tinggi. Kekerasan dari proses pendinginan cepat ini dapat diperoleh karena adanya perubahan struktur kristal. Pada proses pendinginan cepat ini sering terjadi distorsi atau perubahan dimensi dari logam karena kesalahan dalam melakukan pemanasan dan pencelupan. Proses pendinginan pada pendinginan cepat bisa dilakukan dengan berbagai cara yaitu dengan penyemprotan udara, pencelupan ke dalam oli, pencelupan ke dalam air atau air garam. Cara pelaksanaan proses pengerasan pada baja karbon dan baja paduan pada prinsipnya sama, tetapi pemanasan pada baja paduan kemungkinan berbeda dengan baja karbon karena pada baja paduan terdapat banyak unsur lain sebagai tambahan yang dapat mempengaruhi daerah austenit pada diagram Fe-C. Karena itu temperatur austenisasi dan lama pemanasan mungkin berbeda-beda, demikian juga karena unsur paduan juga mempengaruhi titik awal transformasi, maka kecepatan pendinginan untuk mendapatkan struktur martensite juga berbeda.

7. Sifat Mekanik.

Kekerasan.

Yang di maksud dengan kekerasan adalah tahanan yang di lakukan oleh bahan terhadap desakan ke dalam yang disebabkan oleh sebuah alat pendesak dengan bentuk tertentu di bawah pengaruh tertentu, suatu desakan kecil (atau tidak dalam) menunjukkan kekereasan yang besar.

Pada umumnya terdapat jenis mengenai ukuran kekerasan, dan tergantung pada cara pengujian. Ketiga jenis tersebut adalah :

- 1) Kekerasan goresan (*scratch hardness*).
Cara ini sering dilakukan dengan menggoreskan bahan yang lebih keras kepada benda uji yang lebih lunak.
- 2) Kekerasan pantulan (*rebound*) atau kekerasan dinamik (*dynamic hardness*)
Pada hal ini di lakukan dengan cara menjatuhkan bola baja pada permukaan logam, tinggi pantulan logam menyatakan energi benturan sebagai kekerasan logam.
- 3) Kekerasan tekanan.
Pengukuran kekerasan dilakukan dengan menggunakan indenter yang di tekan pada benda uji dengan beban tertentu. Penekanan tersebut akan menyebabkan logam mengalami deformasi plastis.
Nilai kekerasan tersebut dihitung hanya pada tempat dilakukannya pengujian tersebut (lokal), sedangkan pada tempat lain bisa jadi kekerasan suatu material berbeda dengan tempat yang lainnya. Tetapi nilai kekerasan suatu material adalah homogen dan belum diperlakukan secara teoritik akan sama untuk tiap-tiap titik.

8. Pengamatan Metallografi.

Pengamatan metallografi adalah pengamatan logam dengan cara melihat struktur mikro dengan menggunakan mikroskop, mikroskop yang digunakan mikroskop optik. Pada pengamatan metallografi dapat dipelajari kondisi fisik logam. Tegangan dalam pada logam dapat dideteksi dengan pengujian mikroskop dan susunan butiran dalam hal mana tegangan bisa dideteksi dengan perbandingan antara

pertambahan panjang dan panjang semula yaitu regangan. Mempelajari dan mengetahui struktur mikro dari suatu logam, dapat diketahui prosentase karbon yang dikandung dan tegangan tarik maksimum yang dimiliki.

Tujuan dari pengamatan metallografi adalah mengetahui struktur mikro dari baja yang telah mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*). Dengan bantuan mikroskop optik. Dalam penelitian ini untuk mengamati perubahan struktur mikro dari baja setelah mengalami proses perlakuan panas dengan variasi pendinginan.

Dalam pelaksanaannya analisa metallografi dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu:

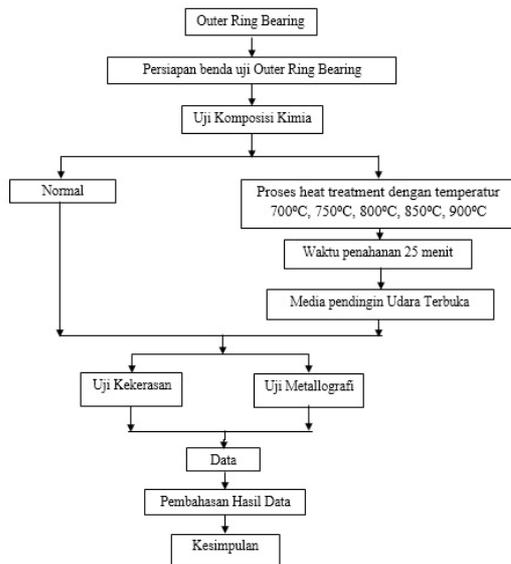
- 1) Analisa makroskopi
- 2) Analisa mikroskopi
Tujuan analisa metallografi antara lain :
 - 1) Mengutarakan sifat-sifat logam dan paduannya berdasarkan bentuk struktur mikronya.
 - 2) Menyatakan benar atau tidaknya bentuk struktur material logam yang sebelumnya telah mengalami proses pengerjaan/perlakuan panas, pengerjaan dingin, proses pengelasan dan lain-lain.
 - 3) Mengidentifikasi jenis cacat, retakan dll:

Dalam analisa metallografi diperlukan contoh logam (*sample*) yang inpresentatif yang telah mengalami preparasi. Untuk lebih jelasnya, urutan pekerjaannya dalam analisa metallografi ditunjukkan dalam gambar.12.



Gambar.12 Diagram Proses Analisa Metallografi.
(sumber: documents.tips)

3. METODE DAN HASIL PENELITIAN.



Gambar.13. Diagram Alir Penelitian pada *Outer Ring Bearing*.

1. Metode Pengumpulan Data.

Dalam suatu penelitian sumber data merupakan suatu hal yang sangat penting, dimana sumber data tersebut didapat dari:

- 1) Studi Literatur
- 2) Data-data yang diperoleh merupakan hasil dari dokumentasi serta buku-buku referensi.
- 3) Pengamatan pada waktu melaksanakan pengujian material di Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS). BBPT Puspittek, Serpong.
- 4) Pengujian terhadap specimen dilakukan antara lain sebagai berikut :
 - a. Pengujian sifat mekanik material dilakukan dengan uji Kekerasan menggunakan (*metode Vickers*).
 - b. Pengujian Struktur mikro (*Metallografi*) menggunakan bantuan mikroskop optik.

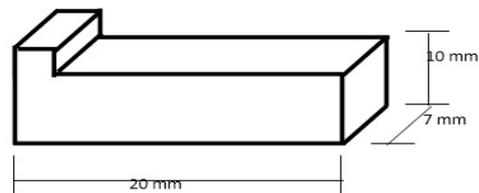
2. Tempat Pelaksanaan Pengujian.

- a. PT. SCK Metal Heat Treatment Prima
Jln. Jababeka 2 blok c 16I kawasan Industri Jababeka Tahap 1, Pasir Gombang Cikarang Utara Bekasi.Tlp, 89845362
- b. Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS). BPPT Kawasan PUSPITEK. Serpong -Tangerang 15314.

3. Pemanasan Benda Uji.

Penelitian dimulai dengan mempersiapkan specimen baja *Outer Ring Bearing*, kemudian dilakukan proses pembuatan benda uji dan dilakukan pemanasan dengan variasi suhu yang berbeda, dan ditahan selama 25 menit (*Holding Time*), dan menggunakan media pendingin udara terbuka, Setelah itu dilakukan pengujian kekerasan dan uji metallografi dilakukan foto struktur mikro sehingga di dapatkan hasil pengujian. Hasil pengujian dianalisis sehingga dapat di tarik suatu kesimpulan.

Benda yang di gunakan untuk proses pengujian ini, yaitu baja *Outer Ring Bearing*. Dengan dipotong melintang yang mempunyai dimensi: panjang 20 mm, lebar 10 mm dan tebal 7 mm. Pemanasan benda uji ini di lakukan agar mendapatkan perbedaan antara sampel 1 sampai dengan sampel 5, di mana suhu pemanasan sampel tersebut berbeda beda. Gambar Specimen Benda uji dapat dilihat pada gambar.14 dan gambar Sampel benda uji yang sudah di panaskan dapat dilihat pada gambar.15.



Gambar.14 Specimen Benda Uji.
(Sumber: B2TKS Puspittek-Serpong)

Dari gambar 15 terlihat bahwa pada gambar 1,2,3,4,5 merupakan baja *Outer Ring Bearing* setelah proses heat treatment. Sampel di atas merupakan baja karbon tinggi. Dari sampel uji tersebut sudah dibentuk dalam proses pembentukan specimen sebelum pengujian berlangsung.



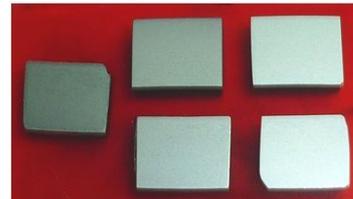
Gambar.15 Sampel uji yang sudah di panaskan.
(Sumber: B2TKS Puspittek-Serpong)

Pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui terjadinya perubahan sifat mekanik dan struktur mikro pada baja Outer Ring Bearing sesudah di heat treatment. Jenis material yang digunakan dalam proses pengujian tersebut merupakan baja karbon tinggi serta pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan menggunakan (metode Vickers), dan uji metallografi.

Pengujian yang akan dilakukan bertujuan untuk mengetahui terjadinya perubahan sifat mekanik dan struktur mikro pada baja Outer Ring Bearing sebelum dan sesudah heat treatment. serta pengujian yang dilakukan meliputi uji kekerasan menggunakan (metode Vickers), dan uji metallografi. Gambar sampel siap uji dapat dilihat pada gambar.17.

Tabel.1. Specimen Yang Di Panaskan.

| Spec | Suhu | Holding Time | Pendinginan |
|------|--------|--------------|---------------|
| 1 | Normal | | |
| 2 | 700°C | 25 menit | Udara terbuka |
| 3 | 750°C | 25 menit | Udara terbuka |
| 4 | 800°C | 25 menit | Udara terbuka |
| 5 | 850°C | 25 menit | Udara terbuka |
| 6 | 900°C | 25 menit | Udara terbuka |



Gambar.17 Sample siap melalui proses pengujian.

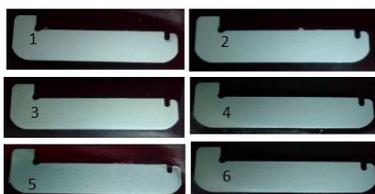
4. Pembuatan Specimen.

Dalam suatu proses pengujian pada dasarnya membutuhkan suatu sampel atau contoh yang dapat digunakan untuk proses pengujian. Hasil dari sampel yang tidak diheat treatment dan sudah mengalami perlakuan panas (heat treatment) dengan waktu tahan 25 menit (Holding Time), dan proses pencelupan (quenching), akan dihasilkan dalam bentuk data atau gambar. Berikut ini merupakan gambar sampel untuk proses pengujian dan penelitian. Gambar sampel benda uji dapat dilihat pada gambar.16.

4. ANALISI DAN PEMBAHASAN

1. Uji Komposisi Kimia.

Pengujian komposisi kimia pada *Outer Ring Bearing* Membuktikan bahwa jenis material bearing ini termasuk baja karbon tinggi, dapat dilihat pada kandungan Cr/ Cromium cukup tinggi, yaitu mencapai 1,59 % dari jumlah keseluruhan kandungan yang ada pada bearing.

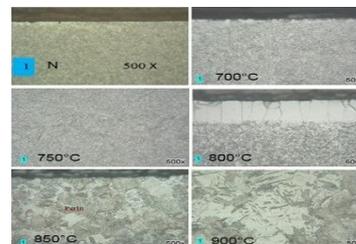


Gambar.16 Sampel uji.

Dari gambar.16 terlihat bahwa pada gambar sampel 1 merupakan baja Outer Ring Bearing yang tidak diheat treatment dan gambar sampel 2,3,4,5,6 merupakan baja Outer Ring Bearing setelah proses heat treatment. sampel di atas merupakan baja karbon tinggi. Dari sampel uji tersebut sudah dibentuk dalam proses pembentukan specimen sebelum pengujian berlangsung.

2. Pembahasan Hasil Pengujian.

Berikut adalah pembahasan hasil pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan terhadap 6 buah benda uji melalui pengujian, dimana benda uji yang diamati pada pengujian struktur mikro adalah dengan pembesaran foto 500 kali. Dan uji kekerasan menggunakan alat frank finotest dengan beban 5 Kgf.



Gambar.17 Perbandingan metalografi pada titik 1 dari masing- masing sampel.

Gambar.17 pada Sampel N struktur mikro berupa martensit dengan butir karbida menyebar merata, Sampel I dan Sampel II berupa Bainit dan sferoidisasi karbida khrome halus menyebar merata, Sampel III

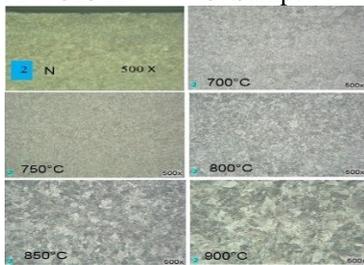
terjadi pertumbuhan besar butir berupa fasa ferit yang diakibatkan oleh adanya oksidasi didalam tungku pemanas, Sampel IV terdapat adanya penumpukan scale/deposit mengakibatkan terjadi pertumbuhan besar butir berupa perlitik.



Gambar.18 Grafik perbandingan kekerasan pada titik 1 dari masing-masing sampel.

Keterangan:

1. Sampel N: 753 HV.
2. Sampel I : 293 HV.
3. Sampel II: 257 HV.
4. Sampel III : 262 HV.
5. Sampel IV: 313 HV.
5. Sampel V : 407 HV.



Gambar.18 Perbandingan metalografi pada titik 2 dari masing-masing sampel.

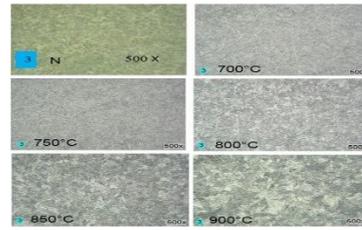
Pada gambar. 18 hasil struktur mikro pada pembesaran 500x pada sampel N berupa martensit, pada sampel I, II dan III di titik 2 berupa Bainit dan sferoidisasi karbida khrome halus, pada sampel IV Struktur mikro bagian dalam berupa perlit dengan sferoidisasi karbida halus, pada sampel V Struktur mikro bagian dalam berupa matrik perlitik dengan sferoidisasi karbida halus menyebar merata.



Gambar.19 Grafik perbandingan kekerasan pada titik 2 dari masing-masing sampel.

Keterangan :

1. Sampel N : 767 HV.
2. Sampel I : 286 HV
3. Sampel II : 254 HV.
4. Sampel III : 257 HV.
5. Sampel IV : 317 HV.
6. Sampel V : 407 HV.



Gambar.20 Perbandingan metalografi pada titik 3 dari masing-masing sampel.

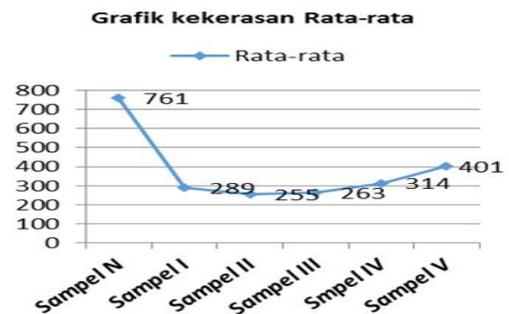
Pada gambar Hasil struktur mikro pada pembesaran 500x pada sampel N berupa martensit, pada sampel I dan II *outer ring bearing* berupa Bainit, pada sampel III terjadi pertumbuhan besar butir berupa fasa ferit, pada sampel IV berupa perlit dan perlit, dan pada sampel V martensit-austenit dan perlit.

Gambar.21 Grafik perbandingan kekerasan pada titik 3 dari masing-masing sampel.



Keterangan :

1. Sampel N : 767 HV
2. Sampel I : 289 HV
3. Sampel II : 255 HV
4. Sampel III : 262 HV
5. Sampel IV : 309 HV
6. Sampel V : 391 HV



Gambar.22 Grafik rata-rata kekerasan pada titik 1, 2 dan 3 dari masing-masing sampel.

1. Sampel N : 761 HV.
2. Sampel I : 289 HV.
3. Sampel II : 255 HV.
4. Sampel III : 263 HV.
5. Sampel IV : 314 HV.
5. Sampel V : 401 HV.

Dari hasil pemeriksaan struktur mikro dan pengujian kekerasan terhadap material Outer race roller bearing ex-pakai yang kemudian dilakukan percobaan perlakuan

panas (heat treatment) didalam tungku sebagai berikut:

Kesimpulan dalam proses perlakuan panas menggunakan variasi temperatur 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C ditahan dalam dapur selama 25 menit dan didinginkan dengan udara terbuka terhadap outer race bearing yang mempunyai struktur mikro martensit dengan sferoidisasi karbida khrome tidak dapat dinaikan lagi sifat mekaniknya hal tersebut dapat dilihat dari perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan.

5. KESIMPULAN

Dari hasil pemeriksaan struktur mikro dan pengujian kekerasan terhadap material Outer race roller bearing ex-pakai yang kemudian dilakukan percobaan perlakuan panas (heat treatment) didalam tungku sebagai berikut:

1. Material race bearing kondisi asli tanpa perlakuan panas memiliki struktur mikro berupa matrik bainit dengan butir karbida Khrome menyebar merata, dengan nilai kekerasan mencapai 760 HV.
2. Pada bagian luar terdapat adanya penumpukan scale/deposit mengakibatkan terjadi pertumbuhan besar butir berupa perlitik. Struktur mikro bagian dalam berupa perlit dengan sferoidisasi karbida halus, dengan nilai kekerasan mencapai 314 HV.
3. Pada bagian luar terjadi adanya penumpukan scale/deposit mengakibatkan terjadi pertumbuhan besar butir berupa martensit-austenit dan perlit. Struktur mikro bagian dalam berupa matrik perlitik dengan sferoidisasi karbida halus menyebar merata, dengan nilai kekerasan mencapai 401 HV.
4. Pada bagian luar sampel terjadi pertumbuhan besar butir berupa fasa ferit yang diakibatkan oleh adanya oksidasi didalam tungku pemanas. Struktur mikro bagian dalam berupa bainit dengan sferoidisasi karbida halus, dengan nilai kekerasan mencapai 263 HV.

Kesimpulan dalam proses perlakuan panas menggunakan variasi temperatur 700°C, 750°C, 800°C, 850°C, 900°C ditahan dalam dapur selama 25 menit dan didinginkan dengan udara terbuka terhadap outer race bearing yang mempunyai struktur mikro martensit dengan sferoidisasi karbida khrome tidak dapat dinaikan lagi sifat mekaniknya hal tersebut dapat dilihat dari perubahan struktur mikro dan nilai kekerasan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Djaprie, Sriati. *Metalurgi Mekanik*, Erlangga, Jakarta Edition 2007.
2. Djaprie, Sriati. *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi V, Erlangga, Jakarta. Edisi 2000
3. <http://id.wikipedia.org/wiki/bearing>.
4. Khonsari, M. Michael. *Applied Tribology: Bearing Design and Lubrication journal*. New York : Jhon Wiley, INC Edition 2001
5. Rajan, T. V. Sharma, C. P. dan Sharma, A. *Heat Treatment journal – principle and Techniques*, revised edition, Prentice Hall of India, New Delhi, India. 2007
6. Thelning, Karl-Erik. *Steel and its Heat Treatment*, Second Edition, Butterworths, London. Edition 2004
7. <http://www.softilmu.com/2015/09/Pengertian-Sifat-Teori-Bentuk-Jenis-Magnet-Adalah.html>
8. <http://asagenerasiku.blogspot.co.id/2012/12/magnet-sifat-bentuk-dan-cara-membuatnya.html>
9. <http://anangramadhana.blogspot.co.id/2013/09/material-logam-dan-non-logam-sherta.html>
10. Surdia Tata., *Pengetahuan Baan Teknik*, PT. Pradian Paramita, Jakarta Edisi 2009
11. Smallman R.E. dan R.J. Bishop, *Metalurgi Fisik Moderen dan Rekayasa Material* Erlangga. Jakarta. Edisi 2009
12. Surdia, Prof. Ir. Tata, MS, M Met.E dan Prof. DR Shinorku Saito, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, Edisi 2005.