

NASKAH PUBLIKASI ILMIAH

**PENINGKATAN KEKERASAN PADA PERMUKAN BUSHING
DENGAN HEAT TREATMENT CARBURIZING**



Disusun Untuk Memenuhi Tugas dan Syarat - Syarat Guna Memperoleh Gelar
Sarjan Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Disusun Oleh :

Wachid Achmad Qusyairi

NIM : D 200 040 089

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2014

PENINGKATAN KEKERASAN PADA PERMUKAAN *BUSHING*

DENGAN *HEAT TREATMENT CARBURIZING*

Wachid Achmad Qusyairi, Ir. Bibit Sugito, MT, Wijianto, ST, MEng.Sc
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah
Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura
Email : wacid_SEI@YMail.com

ABSTRAKSI

Penggunaan logam dalam perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sebagai salah satu material penunjang yang sangat besar peranannya dan telah menjadi bagian yang tidak bisa dipisahkan dari dunia industri, sebab adanya ilmu pengetahuan dan teknologi akan menghasilkan produk industri yang berkualitas tinggi. Sebagai contoh adalah logam yang diterapkan pada *bushing* kereta api type S 45 C. Tujuan dari penelitian pada *bushing* kereta api type S 45 C adalah untuk mengetahui sifat kimia, struktur mikro, kekerasan dan proses perlakuan panas (*heat treatment*) konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching*.

Metode penelitian yang digunakan dalam pengujian adalah pengujian komposisi kimia 1 *spesimen raw*; pengujian struktur mikro 1 *spesimen raw*; pengujian kekerasan 1 *spesimen raw*; pengujian struktur mikro dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching* 3 *spesimen* carbon aktif, carbon tempurung kelapa, dan carbon jerami; pengujian kekerasan dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching* 3 *spesimen* carbon aktif, carbon tempurung kelapa, dan carbon jerami.

Dari data hasil pengujian dan pembahasan pada pengujian *bushing* kereta api type S 45 C, untuk pengujian komposisi kimia dapat diketahui unsur yang mendominasi adalah mangan (Mn) : 0,6965 %; untuk pengujian struktur mikro ditemukan fasa austenit, fasa ferit, fasa perlit, dan fasa martensit bilah sebelum dan sesudah proses perlakuan panas (*heat treatment*) konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching*; sedangkan pada pengujian kekerasan didapatkan nilai rata-rata pada *spesimen raw* yaitu 177 HBN, pada *spesimen* carbon aktif, carbon tempurung kelapa, dan carbon jerami dengan proses perlakuan panas (*heat treatment*) konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching* yaitu 177,0 HBN, 557 HBN, 460,2 HBN, dan 561 HBN.

Kata kunci : *Bushing, Heat treatment, Komposisi Kimia, Struktur Mikro, dan Kekeras*

**HALAMAN PENGESAHAN
NASKAH PUBLIKASI ILMIAH**

Tugas Akhir berjudul : **"Penelitian Tentang Peningkatan Kekerasan Pada Bushing Dengan Heat Treatment Carbuizing"**, telah diuji dan dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan telah dinyatakan sah untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar sarjana S1 pada jurusan Teknik Mesin di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta,

Dipersiapkan oleh :

Nama : **Wachid Achmad Qusyairi**

N I M : **D 200 040 089**

Di sahkan pada

Hari : **SELASA**

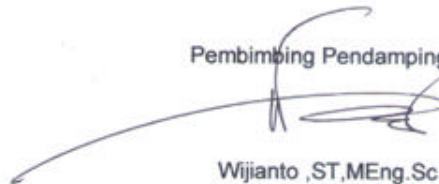
Tanggal : **8-4-2014**

Pembimbing Utama



Ir. Bibit Sugito, MT

Pembimbing Pendamping



Wijianto, ST, MEng.Sc

Mengetahui

Ketua Jurusan



Tri Widodo Besar Riyadi, ST, M.Sc, Ph.D

A. PENDAHULUAN

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang cukup pesat dewasa ini telah menjadi bagian yang tidak bisa dipisahkan dari dunia industri, sebab adanya ilmu pengetahuan dan teknologi akan menghasilkan produk industri yang berkualitas tinggi, sehingga mampu bersaing dipasaran. Selain itu ilmu pengetahuan dan teknologi dapat mengoptimalkan sumberdaya manusia juga di dalam perkembangan teknologi proses pembuatan atau dalam rekayasa suatu material. Sebagai contoh material adalah logam yang diterapkan pada *bushing*, khususnya pada *bushing* kereta api type S 45 C.

Bushing adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur. *Bushing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik. Jika *bushing* tidak bekerja dengan baik, maka prestasi seluruh system akan menurun atau tak dapat bekerja secara semestinya. Jadi *bushing* dalam permesinan dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada gedung.

Perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing suatu logam khususnya baja sangat penting untuk diketahui. Dengan mengetahui perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing suatu logam, maka kita dapat menggunakan logam tersebut sesuai dengan kebutuhan kita tanpa mengesampingkan sifat dan kondisi logam tersebut. Untuk dapat mengetahui sifat dan kondisi suatu logam kita harus melakukan beberapa pengujian, yaitu : pengujian komposisi kimia, pengujian struktur mikro, dan pengujian kekerasan.

Sehingga dengan perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing dilanjutkan dengan *quenching* pada material ini dapat meningkatkan harga kekerasan, dan mempertahankan kondisi larutan padat yang telah terbentuk.

2. TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui perubahan sifat fisis dan mekanis *bushing* kereta api bahan S 45 C yang di treatment dengan pemanasan carburizing konvensional yang dilanjutkan dengan *quenching* pada larutan carbon.

B. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

1. TINJAUAN PUSTAKA

Setyawan, A. (2005) "pengaruh *Heat Treatment* pada Besi Cor Kelabu Raw Material serta penambahan Unsur Ni 0,4 % + Cu 0,3% "menyimpulkan penambahan unsure Ni dan Cu tersebut meningkatkan kekerasan dan menurunkan harga impak.

Winarno, B. (2005) "Pengaruh penganilan terhadap sifat fisis dan mekanis besi cor kelabu", menyimpulkan pada pengujian kekerasan, benda uji yang mengalami proses *heat treatment* akan mempunyai kekerasan yang lebih rendah (non *annealing* sekitar 222,5 HBN, untuk suhu 700 °C adalah 208 HB dan pada suhu 900 °C adalah 133,97 HBN), sehingga lebih lunak dan mudah di kerjakan mesin. Pada pengujian struktur mikro, sebelum adanya *heat treatment* benda uji mempunyai *perlit*, *ferit* dan *grafit*

Setelah dilakukan *heat treatment* fasa yang menonjol adalah *ferit* yang tersebar merata dan *grafit* yang merupakan hasil dari penguraian *perlit*.

Agung, C. (2004) "Peningkatan Kualitas Kekerasan Poros *Propeller* Dengan Perlakuan Panas *Quenching*" dihasilkan bahwa pada pengujian kekerasan setelah *quenching* material mempunyai harga kekerasan yang lebih besar dari pada sebelum di *quenching*. Pengerasan *aging* buatan (*artificial aging*) agak berbeda. Disini paduan dipanaskan pada suhu tertentu sehingga proses pengendapan dipercepat. Makin tinggi suhu, makin cepat proses pengendapan dan kekerasan bertambah. Akhirnya keadaan seimbang akan tercapai yang mengakibatkan berkurangnya kekuatan. Hal ini disebabkan oleh karena partikel endapan terlalu kasar. Proses ini dikenal dengan nama lewat sepuh (*over aging*) harus dihindarkan. Berbagai paduan dapat mengalami pengerasan *aging*, satu persyaratan yang harus terpenuhi ialah bahwa daya larut harus berkurang dari menurunnya suhu sehingga dapat terbentuk larutan padat lewat jenuh.

2. LANDASAN TEORI

2.1. Klasifikasi Baja

Baja karbon adalah campuran antara besi dengan zat arang, dan mengandung karbon maksimum 1,7 %. Sedangkan unsur lainnya seperti fosfor, belerang, dan sebagainya juga ada di dalamnya, namun dalam persentase yang kecil sekali sehingga dianggap tidak mempengaruhinya. Berdasarkan banyaknya zat arang yang dikandung baja, dapat dibedakan menjadi dua bagian :

1. Baja tempa, yaitu mengandung karbon antara 0,01 – 1,7 %.
2. Baja tuang, yaitu mengandung karbon antara 2,3 – 3,5 %.

Baja yang kadar karbonnya antara 1,8 – 2,2 % memang tidak dibuat karena pada persentase tersebut sifatnya kurang baik.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Klasifikasi Baja

Baja karbon adalah campuran antara besi dengan zat arang, dan mengandung karbon maksimum 1,7 %. Sedangkan unsur lainnya seperti fosfor, belerang, dan sebagainya juga ada di dalamnya, namun dalam persentase yang kecil sekali sehingga dianggap tidak mempengaruhinya. Berdasarkan banyaknya zat arang yang dikandung baja, dapat dibedakan menjadi dua bagian :

3. Baja tempa, yaitu mengandung karbon antara 0,01 – 1,7 %.
4. Baja tuang, yaitu mengandung karbon antara 2,3 – 3,5 %.

Baja yang kadar karbonnya antara 1,8 – 2,2 % memang tidak dibuat karena pada persentase tersebut sifatnya kurang baik. Berdasarkan tingkatan banyaknya kadar karbon dalam baja, digolongkan menjadi tiga tingkatan :

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah, yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,10 – 0,30 %.

- ☞ Sifat-sifat baja karbon rendah :
 - Mudah dibentuk dan ditempa.
 - Kuat.
 - Ulet.
 - Mudah dikerjakan mesin.
 - Tidak terlalu keras.

- ☞ Penggunaan baja karbon rendah :
 - Sebagai plat pada kendaraan.
 - Profil, batangan untuk keperluan tempa.
 - Bahan konstruksi bangunan.
 - 0,05% - 0,20% °C : *automobile bodies, buildings, pipes, chains, screw, nails.*
 - 0,20% - 0,30% °C : *gears, shafts, bolts, forgings, bridges, buildings.*

3. Baja Karbon Sedang

4.

Baja karbon sedang, yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,30 – 0,60 %.

- ☞ Sifat-sifat baja karbon sedang :
 - Tahan panas.
 - Tahan aus dan gesekan yang tinggi.
 - Tahan terhadap momen puntir.
 - Kekuatan tarik dan batas regang tinggi.
 - Kuat dan keras.

- ☞ Penggunaan baja karbon sedang :
 - 0,30% - 0,40% °C : *connecting rods, crank pins, axles.*
 - 0,40% - 0,50% °C : *car axles, crank shafts, rails, boilers, auger bits, screw drivers.*
 - 0,50% - 0,60% °C : *hammers dan sledges.*

- Sebagai alat perkakas, baut, poros engkol, roda gigi, ragum, pegas, dan pembuatan martil serta landasan tempa.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi, yaitu baja yang mengandung karbon antara 0,70 – 1,5 %.

- ☞ Sifat-sifat baja karbon tinggi :
 - Sulit dibengkokkan, dilas, dan dipotong.
 - Tahan terhadap panas yang tinggi.
 - Kekerasannya tinggi.
 - Tahan terhadap gesekan.
 - Tidak dapat dikerjakan mesin.

- ☞ Penggunaan baja karbon tinggi :
 - Untuk pembuatan alat-alat konstruksi yang berhubungan dengan panas yang tinggi.
 - Pembuatan gergaji, bor, kikir, pahat.
 - Pembuatan *reamer*, dan *matres*.
 - Pembuatan poros mesin, dan roda gigi.
 - *Screw drivers, blacksmiths hummers, tables knives, screw, hammers, vise jaw, knives, drills, tools for turning hard metals, saw for cutting steel, wire drawing dies, fine cutters.*

Berdasarkan penggunaannya, baja dapat diklasifikasikan dalam dua grup, yaitu baja konstruksi, dan baja perkakas. Baja konstruksi termasuk konstruksi bangunan, dan konstruksi mesin. Baja konstruksi bangunan umumnya mengandung karbon sampai 0,3 % dengan kekuatan tarik dan batas regang rendah, serta tidak dapat dikeraskan. Sedangkan baja mesin umumnya memiliki kadar karbon sekitar 0,3- 0,6 % dan mempunyai kekerasan yang lebih besar serta kekuatan tarik dan batas regang agak tinggi, serta dapat dikeraskan.

Kedua grup baja di atas masih digolongkan lagi menjadi baja yang tidak dipadu, baja paduan rendah, dan baja paduan tinggi.

- Baja yang tidak dipadu mengandung 0,06 – 1,5 % karbon, dengan sedikit *mangan* (Mn), *silisium* (Si), *fosfor* (P), dan belerang (S).
- Baja paduan rendah mengandung 0,06 – 1,5 % karbon dengan tambahan 5 % bahan paduan.
- Baja paduan tinggi mengandung 0,03 – 2,2 % karbon dengan lebih dari satu bahan paduan sebanyak 5 % atau lebih.

Baja paduan adalah campuran antara baja karbon dengan unsur-unsur lain yang akan mempengaruhi sifat – sifat baja itu, misalnya sifat kekerasan, liat, kecepatan membeku, dan titik cair yang bertujuan memperbaiki kualitas dan kemampuannya.

Unsur - unsur paduan untuk baja ini dibagi dalam dua golongan :

- Unsur yang membuat baja menjadi kuat dan ulet, dengan menguraikannya kedalam ferrite (misalnya Ni, Mn, sedikit Cr

dan Mo). Unsur ini terutama digunakan untuk pembuatan baja konstruksi.

- b. Unsur yang bereaksi dengan karbon dalam baja dan membentuk karbida yang lebih keras dari *sementit* (misalnya unsur Cr, W, Mo, dan V). Unsur ini terutama digunakan dalam baja perkakas.

Menurut kadar unsur paduan, baja paduan dapat dibagi kedalam dua golongan, yaitu baja paduan rendah, dan baja paduan dibawah 10% :

- ✍ Baja paduan rendah (jumlah unsur paduan khusus 8%)
Baja karbon dapat dikeraskan dan dikuatkan dengan proses perlakuan panas dan penambahan unsur paduan. Pemilihan proses perlakuan panas dan penambahan unsur paduan tergantung pada kadar karbon dan sifat yang ingin dicapai. Pada umumnya sifat-sifat baja menjadi berbeda apabila massanya bertambah. Karena massanya besar bagian tengahnya mempunyai kekuatan dan kekerasan yang lebih rendah dibanding bagian luar. Hal ini disebabkan oleh perbedaan laju pendinginan sehingga terjadi perbedaan struktur mikro antara bagian tengah dan bagian luarnya. Apabila massa menjadi lebih besar, dibagian yang lebih dekat ketengah, pendinginannya lebih lambat dan strukturnya menjadi lebih lunak. Baja mangan rendah dan baja khrom mangan mempunyai mampu keras lebih tinggi daripada baja karbon, sehingga dengan pengolahan panas yang cocok didapatkan baja yang murah dan tangguh.
- ✍ Baja paduan tinggi (jumlah unsur paduan khusus > 8%)
 - Baja bantalan
Baja dengan kadar 1% C – 1% Cr digunakan sebagai bahan untuk bantalan peluru. Bahan ini mempunyai sifat mampu keras yang baik, mampu mesin yang baik umur yang lama.
 - Baja perkakas
Baja perkakas digunakan untuk proses permesinan yang mempunyai unsur paduan W, Cr, dan V. unsur-unsur ini akan menambah harga karbon equivalent sehingga proses perlakuan panas pada baja tinggi. Baja paduan yang meliputi sekitar 15% dari seluruh produksi baja, mempunyai kegunaan khusus karena sifatnya yang unggul dibandingkan baja karbon.

Pada umumnya baja paduan memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- ? Keuletan tinggi tanpa pengurangan fisik.
- ? Kemampuan kekerasan saat dicelup dalam minyak atau udara, dan dengan demikian kemungkinan retak atau distorsi kurang.
- ? Tahan terhadap korosi dan keausan, tergantung jenis paduan.
- ? Memiliki kelebihan dalam sifat-sifat metalurgi, seperti butir yang halus.

Tujuan dilakukan penambahan unsur, yaitu :

- ? Untuk menaikkan sifat mekanik baja (kekerasan, ketahanan, kekuatan tarik dan sebagainya).
- ? Untuk menaikkan sifat mekanik pada temperatur rendah.
- ? Untuk meningkatkan daya tahan terhadap reaksi kimia (*oksidasi* dan *reduksi*).

Baja khusus mempunyai unsur-unsur paduan yang tinggi karena pemakaian-pemakaian yang khusus. Baja khusus yaitu baja tahan karat, baja tahan panas, baja perkakas. Unsur utama dari baja tahan karat adalah khrom sebagai unsur terpenting untuk memperoleh sifat tahan terhadap korosi. Baja perkakas adalah baja yang dibuat tidak berukuran besar tetapi memegang peranan dalam industri-industri. Unsur-unsur paduan dalam karbitnya diperlukan untuk memperoleh sifat-sifat tersebut dan kuat pada temperatur tinggi.

2.2.2. Fasa-fasa yang terjadi pada baja

Berkaitan dengan karakteristik fisik material yang bersangkutan, seperti : komposisi kimia dan struktur mikro.

1. Komposisi kimia

Ada pun fasa-fasa yang terjadi pada struktur dasar baja karbon terdiri dari : *austenit*, *ferit*, *sementit*, *perlit*, *martensit*, *bainit* *grafit*.

- a. *Austenit* (?)
- b. *Ferit* (a)
- c. *Sementit* (Fe_3C)
- d. *Perlit*
- e. *Martensit*
- f. *Bainit*

2. Struktur mikro

Struktur mikro dari baja cor yang mempunyai kadar karbon kurang dari 0,8% terdiri dari *ferit* dan *perlit*. Kadar karbon yang lebih tinggi menambah jumlah *perlit*. Dalam hal ini apabila kadar karbon di atas 0,80%, baja ini terdiri dari *perlit* dan *sementit* yang terpisah. Kadar karbon yang lebih tinggi menambah jumlah *sementit*.

2.2.3. Sifat Mekanis

Sifat mekanis baja menunjukkan kecocokan sebagai bahan untuk bagian-bagian mesin, sifat mekanis itu ialah elastisitas, ketahanan/keuletan, kekerasan, ketangguhan, ketahanan korosi, mampu mesin, mampu las, kekuatan, kegetasan. Sifat mekanis didefinisikan sebagai ukuran kemampuan bahan untuk membawa atau menahan gaya atau tegangan. Pada saat menahan beban, atom-atom atau struktur molekul berada dalam keseimbangan. Gaya ikatan pada struktur menahan setiap usaha untuk mengganggu keseimbangan ini misalnya gaya luar atau beban.

2.2.4. Diagram Fasa Fe – C

Diagram kesetimbangan besi karbon merupakan salah satu cara yang digunakan untuk mengetahui sifat baja, besi karbon terdiri atas dua bagian yaitu baja (*steel*) dan besi (*iron*). Pembagian ini didasarkan atas kandungan karbon yang dimiliki yaitu baja yang mengandung kurang dari 2 % wt C disebut dengan *hypoeutectoid* dan baja yang mengandung lebih dari 0,83 % wt C sampai dengan 2 % wt C disebut dengan *hypereutectoid*.

2.2.5. Diagram fasa Fe-Mn

Pada tahun 1882, Robert Hadfield menemukan Baja *mangan austenit* yang mengandung 1,2 % berat Mn. Menurut V. Lipin (1885) baja *mangan austenit* harus mengandung kadar *Mangan* 10 persen di bandingkan dengan kadar karbon 1 persen.

2.2.6. Diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT)

Untuk menggambarkan laju pendinginan yang tidak dalam kondisi keseimbangan biasanya dideskripsikan dalam diagram yang dikenal dengan diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT). Dimana diagram pendinginan kontinyu atau CCT

2.2.7. Diagram *Time Temperatur Transformation* (TTT)

Diagram *Time Temperatur Transformation* (TTT) mirip dengan diagram *Continuous Cooling Transformation* (CCT), tetapi proses pendinginannya berbeda. Proses pembuatan diagram ini dengan memanaskan baja karbon sehingga mencapai temperatur *austenit* kemudian mendinginkan dengan laju pendinginan kontinyu pada daerah fasa *austenit* kemudian menahannya untuk waktu tertentu dan mendinginkan lagi dengan laju pendinginan kontinyu,

2.2.8. Proses Carburizing

Berdasarkan bentuk fisik bahan *carburizer-nya* dikenal tiga cara karburasi, yaitu : karburisasi padat, karburisasi liquid dan karburisasi gas.

- a. Karburisasi padat (*pack carburizing*) dilakukan dengan cara memanaskan benda kerja di dalam kotak (*case*) tertutup rapat berisi bahan karburasi. Bahan karburisasi ini terdiri dari campuran arang atau kokas dan garam karbonat (sebagai energizer pengaktif karbon, misal BaCO_3). Tanpa energizer pun dapat terjadi karburisasi oleh udara yang terperangkap dalam kotak menjadi CO_2 . Terjadi reaksi

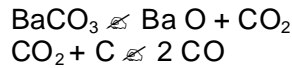


Makin tinggi temperatur maka makin banyak CO.

Pada permukaan baja CO akan terurai : $2 \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{C}$

Dimana C yang terbentuk adalah atom karbon (*carbon nascent*) yang bersifat aktif masuk menyebar (berdiffusi) ke dalam fasa austenite dari baja.

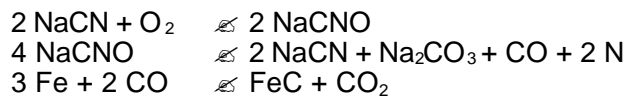
Dengan adanya energizer proses akan muda berlangsung karena walaupun udara yang terperangkap dalam kotak sangat sedikit, tetapi energizer menyediakan CO₂. Seperti reaksi berikut:



Makin tinggi temperatur maka makin banyak CO.

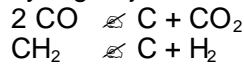
Pada permukaan baja CO akan terurai : $2 \text{CO} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{C}$

- b. Karburasi *liquid* dilakukan dengan memanaskan benda kerja dalam *salt bath* yang terdiri dari campuran garam *cyanide*, KCN atau NaCN. Dengan pemanasan akan terjadi reaksi-reaksi.



Pada karburasi ini selain terserapnya karbon, nitrogen juga ikut terserap.

- c. Karburasi dengan gas baja dipanaskan dalam dapur dengan atmosfer yang banyak mengandung CO atau gas hidrokarbon. Reaksi yang terjadi misalnya:



2.2.9. Heat treatment (perlakuan panas)

Heat treatment adalah salah satu proses untuk mengubah struktur logam dengan jalan memanaskan spesimen pada *elektri trance* (tungku) pada temperature rekristalisasi selama periode waktu tertentu kemudian didinginkan pada media pendingin seperti udara, air, oli dan solar yang masing-masing mempunyai kerapatan pendinginan yang berbeda-beda. Ada beberapa macam *heat treatment* (perlakuan panas) diantaranya

1. *Quenching* (pengerasan)
2. *Annealing*
3. *Aging* (pengerasan penuaan)

Berdasarkan temperatur, proses penuaan dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

- a. *Artificial aging* (penuaan buatan)
Yaitu proses penuaan yang dilakukan pada temperatur diatas temperatur kamar sehingga menyebabkan endapan lebih cepat.
- b. *Natural aging* (penuaan alami)
Yaitu proses penuaan yang terjadi pada suhu kamar (27°C).

C. METODE PERANCANGAN

Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan Penelitian

Pengujian yang dilakukan pada bushing Kereta Api type S 45 C ini meliputi uji struktur mikro dan uji kekerasan, yang terlebih dahulu dilakukan uji komposisi kimia untuk menentukan heat treatment yang sesuai dan untuk mengetahui fasa atau struktur dari benda uji serta mengetahui unsur yang terkandung dalam material. Dari pengujian-pengujian tersebut kita dapat mengetahui kualitas material dari bushing Kereta Api dengan type S 45 C sebelum dan sesudah di *heat treatment* (*quenching*) carburizing.

2. Alat Penelitian

a. Alat Bantu

- 1) Alat pemotong
- 2) Amplas
- 3) Bahan Etsa
- 4) Autosol

b. Penyiapan Spesimen

Pembuatan spesimen ini dengan cara di potong menggunakan gergaji besi manual dan gergaji mesin yang dialiri dengan air untuk mencegah panas yang timbul akibat pemotongan. Dalam penelitian ini akan dilakukan beberapa pengujian material, yaitu : pengujian struktur mikro sebelum dan sesudah melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*)carburizing dilanjutkan dengan *quenching*, pengujian kekerasan sebelum dan sesudah melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*)carburizing dilanjutkan dengan *quenching*, dan pengujian komposisi kimia

Instalasi Penelitian

1. Alat Untuk Perlakuan Panas (*Heat Treatment*) carburizing

Dapur pemanas atau *furnace* yang digunakan untuk proses *Quenching* Proses *heat treatment* bertujuan untuk menambah kekerasan material dengan media pendinginan celup langsung kedalam air ataupun oli.

2. Alat Uji Komposisi Kimia

Alat yang digunakan untuk menguji komposisi kimia adalah spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectrometer*. Pengujian komposisi kimia dilakukan di Laboratorium S1 Teknik Mesin UGM.

Uji komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui kadar kandungan kimia yang ada pada material.

3. Alat Uji Struktur Mikro

Tujuan pengujian struktur mikro ini adalah untuk mengetahui fasa yang ada serta perubahan yang terjadi pada butir-butir atom akibat proses *heat treatment*. Selain itu juga bertujuan untuk mengamati dan membandingkan secara fisik terhadap struktur mikro dari tiap-tiap benda

uji, mengamati bentuk struktur mikro benda uji sebelum dan sesudah di *heat treatment*.

Struktur mikro akan terlihat dengan jelas apabila permukaan benda uji sudah benar-benar rata, halus dan mengkilap tanpa goresan, serta telah mengalami pengetsaan yang tepat, yaitu dengan cara memasukan permukaan spesimen yang akan diamati kedalam larutan etsa lalu dicuci dengan air dan kemudian dikeringkan. Kegunaan dari etsa itu sendiri adalah untuk mempercepat (*katalisator*) pada fasa. Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop *Olympus Metallurgical Microscope* dengan pembesaran 200X dan 500X, sedangkan untuk pemotretan dilakukan dengan alat tambahan *Olympus Photomicrographic Sistem* dengan menggunakan Fuji film ASA 200.

Pemotretan baru dilakukan setelah penampakannya benar benar jelas (*focus*). Jumlah benda yang difoto struktur mikronya sama dengan jumlah benda uji (yang di uji kekerasannya), karena uji kekerasan dilakukan terhadap benda yang sudah diambil foto struktur mikronya.

4. Alat Uji Kekerasan

Alat yang digunakan dalam pengujian kekerasan adalah mesin *Brinell hardness tester*, dipilihnya alat ini karena mudah dalam pengoperasiannya dan hasilnya dapat langsung dibaca dan akurasi tinggi. Pengujian ini didasari kemampuan bahan menerima beban *penetrator* dari alat uji kekerasan. *Penetrator* yang digunakan adalah bola baja yang terbuat dari *karbida tungsten* dengan beban yang digunakan sebesar 187.5 kg, dan diameter *penetrator* sebesar 2,5 mm.

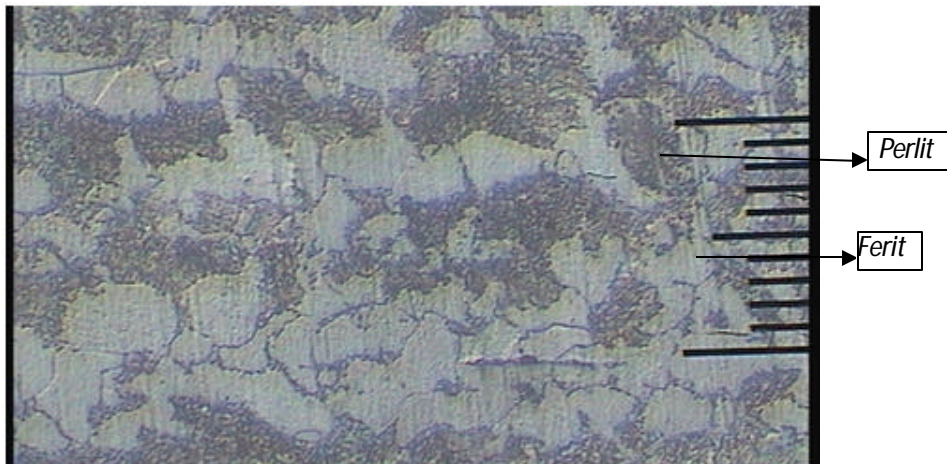
D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pembahasan pengujian komposisi kimia.

Dari Hasil pengujian komposisi kimia baja material terlihat bahwa jumlah unsur yang paling banyak setelah besi (Fe= 98,0%) adalah mangan (Mn= 0,6965%), sedangkan beberapa unsur lain terlihat seperti Si, Ni, Cu, C, Co terdapat pula didalamnya dengan prosentase kecil dibawah prosentase mangan. Jumlah unsur mangan (Mn) sebagai paduan khusus pada material tersebut kurang dari 8,0%, sehingga *raw* material ini termasuk dalam baja paduan rendah.

2. Pengujian Struktur Mikro

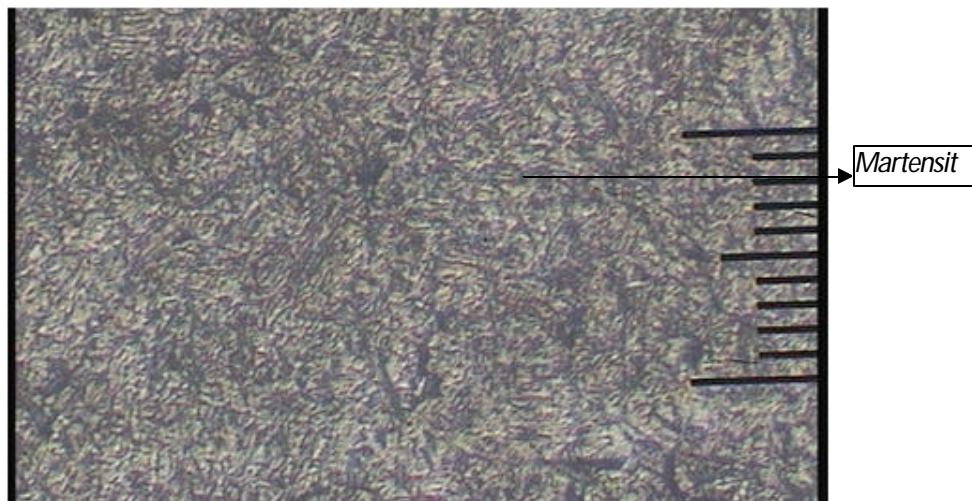
Dari pengujian struktur mikro dengan menggunakan *Olympus Metallurgical Microscopes* dan *Olympus Photomicrographic System* diperoleh gambar struktur mikro.



Gambar 4.1. Struktur Mikro Baja Paduan dengan Spesimen Raw (200x)

3. Pembahasan Pengujian Struktur Mikro dengan Spesimen Raw Gambar 4.1

Hasil dari pengambilan foto struktur mikro untuk perlakuan panas konvensional dilanjutkan dengan *quenching* pada *bushing* kereta api tipe S 45 C dapat terlihat bahwa struktur mikro yang terlihat adalah fasa *austenit*, *ferit*, dan *perlit*.



Gambar 4.2. Struktur Mikro Baja Paduan dengan Media Carbon Aktif1 (200x)

4. Pembahasan pengujian kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan baja paduan yang dilakukan sebanyak 10 kali secara acak, dengan beban yang sama yaitu 187,5 kgf, maka didapatkan nilai kekerasannya. Sehingga dapat kita ketahui nilai

rata-rata dari kekerasan baja paduan setelah melewati perlakuan *Heat treatment*.

Hasil dari pengujian kekerasan material Spesimen *Raw* memiliki nilai rata-rata kekerasan pada titik pertama 177,0 dan kedua 177,0 seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Kemudian pengujian kekerasan material yang mengalami perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Aktif* memiliki nilai rata-rata kekerasan pada titik pertama 676,5, kedua 382,8, dan ketiga 611,7 seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Lalu pengujian kekerasan material yang mengalami perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Tempurung Kelapa* memiliki nilai rata-rata kekerasan pada titik pertama 700,3, kedua 202,6, dan ketiga 477,7 seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Dan yang terakhir pengujian kekerasan material yang mengalami perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Jerami* memiliki nilai rata-rata kekerasan pada titik pertama 522,4, kedua 506,8, dan ketiga 653,8 seperti yang terlihat pada gambar 4.4.

Dari hasil pengujian dapat dilihat harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan Spesimen *Raw* sebesar 177,0. Kemudian harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Aktif* sebesar 557. Lalu harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Tempurung Kelapa* sebesar 460,2. Dan yang terakhir harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Jerami* sebesar 561 seperti yang terlihat pada gambar 4.5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan perlakuan panas (*heat treatment*) carburizing yang dilanjutkan dengan *quenching* pada material ini dapat meningkatkan harga kekerasan, dan mempertahankan kondisi larutan padat yang telah terbentuk. Karena bercampurnya fasa ferit dan sementit, tetapi bukan dalam lamellar melainkan jarum-jarum sementit. Fasa ini terbentuk dari *austenite* metastabil didinginkan dengan laju pendinginan cepat tertentu. Terjadinya hanya presipitasi Fe_3C unsur paduan lainnya, tetapi larut transformasi *isothermal* pada $260^{\circ}C$ untuk membentuk *dispersi karbida* yang halus dalam *matriks ferit Martensit* bilah terbentuk jika kadar C dalam baja sampai 0,6%. *Martensit* bilah terdiri dari kelompok-kelompok bilah yang dipisahkan oleh batas butir bersudut kecil atau besar. Struktur ini mempunyai kerapatan *dislokasi* tinggi.

E. KESIMPULAN DAN SARAN

1. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisa dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan Uji Komposisi Kimia

Dari hasil pengujian komposisi kimia baja paduan didapatkan prosentase unsur utama, yaitu : *mangan* (Mn) sebesar 0,6965%, merupakan unsur yang harus selalu ada di dalam baja dengan jumlah yang kecil sebagai unsur pencegah oksidasi dan dibutuhkan untuk merangsang pembentukan struktur *perlit*, juga diperlukan untuk mengikat *sulfur* membentuk senyawa MnS. Penambahan unsur *mangan* (Mn) di dalam baja paduan menambah kekuatan dan ketahanan panas baja paduan itu serta penampilannya yang lebih bersih dan berkilat. Jumlah *mangan* (Mn) di dalam baja paduan sekitar 0,50% - 1,00%. Sehingga logam ini dapat digolongkan sebagai Baja *Mangan*.

2. Berdasarkan Uji Struktur Mikro

Dari hasil pengamatan struktur mikro material Spesimen *Raw*, dan material yang telah diuji perlakuan panas (*Heat Treatment*) *carburizing* yang dilanjutkan dengan *quenching* Spesimen *Carbon Aktif*, *Carbon Tempurung Kelapa*, dan *Carbon Jerami* pada *bushing* kereta api type S 45 C mempengaruhi susunan dan struktur mikro pada baja tersebut. Struktur dari material uji terdiri dari Fasa *Austenit*, *Ferit*, *Perlit*, dan *Martensit*.

3. Berdasarkan Uji Kekerasan

Dari hasil pengujian kekerasan *Brinell* dapat dilihat harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material spesimen *raw* sebesar 177,0. Kemudian harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) *carburizing* dilanjutkan dengan *quenching* spesimen karbon aktif sebesar 557. Lalu harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) *carburizing* dilanjutkan dengan *quenching* spesimen karbon tempurung kelapa sebesar 460,2. Dan yang terakhir harga kekerasan rata-rata yang dimiliki material dengan perlakuan panas (*heat treatment*) *carburizing* dilanjutkan dengan *quenching* spesimen karbon jerami sekam sebesar 56,1.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan perlakuan panas (*heat treatment*) *carburizing* dilanjutkan dengan *quenching* pada material ini dapat meningkatkan harga kekerasan, dan mempertahankan kondisi larutan padat yang telah terbentuk.

5.2. Saran-saran

1. Karena keterbatasannya biaya dalam pengujian ini jadi diharapkan untuk pengujian selanjutnya hendaknya dosen/mahasiswa mempertimbangkan banyaknya spesimen yang akan digunakan dan jenis pengujian yang sesuai.
2. Dalam pemilihan bahan sebaiknya lebih diperhatikan kondisi dari bahan tersebut. Ini dimaksudkan agar tidak menjadi penghambat disaat proses pembentukan dan pengujian.
3. Agar lab teknik mesin UMS lebih dilengkapi fasilitasnya guna kemajuan pengetahuan mahasiswa dari segi praktikum.
4. Dalam melakukan persiapan untuk pengujian kekerasan sebaiknya benda uji benar-benar diperhatikan kerataannya dan kehalusannya agar tidak menjadi penghambat dalam melakukan pengujianya.
5. Diharapkan untuk penelitian yang selanjutnya peneliti sebaiknya menggunakan sample bahan lebih dari satu produk sebagai perbandingan.
6. Dalam pembentukan spesimen uji diharapkan mencari daerah yang tidak terdapat keropos.

Penulis berharap dari beberapa saran tersebut dapat menjadi bahan pertimbangan penelitian-penelitian yang akan datang sehingga penelitian tersebut semakin berkembang dan bermanfaat pada bidang yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung Cahyono, 2004. *Peningkatan Kualitas Kekerasan Poros Propeller Dengan Perlakuan Panas Quenching*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Surakarta
- Amstead, B, H. ; Japrie, S (Alih Bahasa), 1995, *Teknologi Mekanik*, Edisi Ke-7, Jilid 1, PT. Erlangga, Jakarta
- Brooks, C, R. , 1979, *Heat Treatment of Ferrous Alloys*, Mc. Graw Hill, Singapore
- Gatot Budiyo, 2003. *Pengaruh Proses Quenching dan Annealing Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Spoket Toyota Kijang* Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Surakarta
- Love, G. , 1986, *Teori dan Praktek Kerja Logam*, Edisi ke -3, PT. Erlangga, Jakarta
- Niemann, G. , 1994, *Elemen Mesin*, Jilid 1, Edisi ke-2, PT. Erlangga, Jakarta
- Riyatno, 2002. *Pengaruh Quenching dan Anil Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Grinding Ball*. Laporan Tugas Akhir Fakultas Teknik Mesin UMS, Surakarta
- Shigley, J, E. ; Mischke, C, R. ; Budynas, R, G. , 2004, *Mechanical Engineering Design*, Mc. Graw Hill, Singapore
- Shigley, J, E. ; Mitchell, L, D. , 1991, *Perencanaan Teknik Mesin*, PT. Erlangga, Jakarta
- Stolk, J. ; Kros, C. , *Elemen Kontruksi Bangunan Mesin*, Cetakan ke-2, PT. Erlangga, Jakarta
- Sucahyo, B. , 1995, *Pekerjaan Logam Dasar*, Cetakan ke -1, PT. Tiga Serangkai Pustaka Mandiri
- Sugiarto, 2000. Tuga Akhir : Analisis Perubahan Kekerasan dan Difusi Karbon Pada Permukaan Baja Akibat Proses Karburisasi dengan Dekerburisasi, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sularso. ; Suga, K. , 1997, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan*, Cetakan ke -9, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Surdia, T. ; Saito, S. , 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Cetakan ke -5, PT. Pradnya Paramita, Jakarta
- Van Vlack. , 1992, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, Edisi ke -5, PT. Erlangga, Jakarta
- Van Vliet, G, L, J. ; Haroen (Alih Bahasa), 1984, *Teknologi untuk Bangunan Mesin : Bahan-bahan 1*, Cetakan Ke-1, PT. Erlangga, Jakarta