

ANALISA KEKUATAN MEKANIK DARI PISAU DOBBY PADA MESIN TENUN

Agus Setyo Umartono, Agung Setiawan
Fakultas Teknik Universitas Gresik

ABSTRAK

Dalam dunia industri tekstil produktivitas yang tinggi adalah harapan dari semua industri, sedikit banyak terkait oleh keterbatasan-keterbatasan yang disebabkan oleh tuntutan target produksi, namun dari segi kualitas harus tetap dijaga. Hal ini menuntut pihak produksi melakukan efisiensi (penyesuaian) dari segala aspek, khususnya pada proses produksi. Hal yang menjadi fokus perusahaan dalam melakukan efisiensi adalah dengan mengoptimalkan proses produksi, yaitu mengurangi pemborosan dan mengoptimalkan tooling-tooling pada mesin tenun dalam proses produksi.

Untuk mencapai hal itu tentu harus didukung oleh sistem pemeliharaan mesin yang baik, banyak hal yang selalu menjadi permasalahan dan banyak juga masalah yang ada pada mesin tenun di PT. BEHAESTEX Gresik, prosentase kerusakan pada mesin tenun diantaranya : Plat box pecah prosentase kerusakannya 15 %, Pisau doobby aus prosentase kerusakannya 65 %, Jack lever putus prosentase kerusakannya 10 %

Penelitian ini dilakukan untuk mencari kekuatan mekanik dari pisau doobby pada mesin tenun. Dan melakukan pengumpulan data waktu analisa Hardness, struktur micro, dan komposisi kimia. Hasil uji kekerasan (Hardness) terlihat perbedaan pada tiap – tiap material pisau doobby yang sesudah di quenching, adapun data Hardness tersebut sebagai berikut : Hardness pisau doobby asli = 15,15HRC, Hardness pisau doobby after quenching udara = 41,66HRC, Hardness pisau doobby after quenching oli = 47,64HRC, Hardness pisau doobby after quenching air = 57,35 HRC, Hardness Lower Draw Hook = 23,19HRC.

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan meneliti Hardness, struktur micro, komposisi kimia, maka didapatkan rancangan

material pengganti bisa menggunakan material AISI 1040 yang telah dilakukan proses Heat Treatment, untuk dijadikan acuan pelaksanaan program pemeliharaan mesin tenun di PT. BEHAESTEX Gresik

Kata kunci: Pisau doobby, Hardness, strukturmicro,

PENDAHULUAN

Jenis pisau dalam penelitian ini digunakan untuk mengeluarkan gambar atau motif pada sarung, bahan yang digunakan pada pisau doobby ini menggunakan besi cor, selama kurang lebih 1 bulan pisau doobby ini harus diganti karena aus dan dapat mengurangi kualitas pada sarung, harga spare part pisau doobby ini sangat mahal dan dapat menyebabkan pemborosan biaya dan waktu pada produksi.

Untuk mencapai hal itu tentu harus didukung oleh sistem pemeliharaan mesin yang baik, banyak hal yang selalu menjadi permasalahan dan banyak juga masalah yang ada pada mesin tenun di PT. BEHAESTX Gresik, prosentase kerusakan pada mesin tenun diantaranya; Plat box pecah prosentase kerusakannya 15%, Pisau doobby aus prosentase kerusakannya 65%, Jack lever pecah prosentase kerusakannya 10%

Dari prosentase diatas penulis membahas tentang pisau doobby yang aus, karena prosentase kerusakannya terlalu tinggi, sehingga waktu proses produksi sarung terhenti karena perbaikan pada pisau doobby..

Sejauh ini masalah itu cuma ditangani dengan melakukan welding pada material yang aus karena kita dapat mengurangi biaya pembelian spare part dan menghemat biaya produksi, sehingga biaya produksi dapat turun.. Dalam hal ini program studi teknik mesin Universitas Gresik mewajibkan mahasiswanaya melakukan suatu

kegiatan dalam skala laboratorium yang dapat dilaksanakan didalam kampus ataupun diluar kampus.

Salah satu perusahaan yang memiliki hubungan kerja sama dengan institusi pendidikan adalah PT. Behaestex ini merupakan salah satu produsen sarung atau kain di indonesia.

Penelitian ini mempunyai tujuan :

1. Untuk mengetahui pengaruh sifat mekanis *hardness* dan struktur mikro dari pisau doobby pada mesin tenun RRC merk YAMADA DOBBY.
2. Untuk mengetahui pengaruh proses quenching pada pisau doobby modif

Karena luasnya permasalahan pada analisa ini maka penulis perlu memberikan batasan-batasan masalah yang mencakup antara lain :

1. Tidak dilakukan proses pengelasan di Pisau Dobby Modif
2. Pengujianhanya meliputi sifat mekanis kekerasan (*Hardness*), strukturmicro, dan komposisi kimia

KAJIAN TEORI

Pembentukan Mulut Lusi dengan Dobby

Pembentukan mulut lusi dengan cam hanya cocok untuk menenun kain sederhana yang menggunakan paling banyak sepuluh kamran, atau dalam satu rapot anyaman paling banyak ada 10 helai lusi. Untuk menenun anyaman yang lebih rumit (1 rapot anyaman terdiri dari 11 s.d. 25 lusi) digunakan peralatan yang lebih canggih yaitu doobby.

Dilihat dari sistem pengangkatan doobby terbagi menjadi 2 jenis yaitu :

1. Sistem Pengangkatan Tunggal (*Single Lift*)

Pada doobby single lift, pisau penggerak kamran bekerja secara bolak-balik, dimana yang satu bekerja kekanan sementara yang lainnya bekerja kekiri untuk setiap kali peluncuran benang pakan, sehingga gerakan doobby sama cepatnya dengan putaran poros engkol.

2. Sistem Pengangkatan Rangkap (*Double Lift*)

Dobby dengan sistem pengangkatan rangkap, dipergunakan 2 pisau yang terletak dibagian atas dan bawah doobby untuk menggerakkan kamran. Pisau bekerja bolak-balik, dimana pisau yang satu kekanan dan yang lainnya kekiri untuk setiap peluncuran dua benang pakan.

Untuk tiap gun dibutuhkan dua buah platina, dan dua buah platina tersebut bekerja bergantian sesuai untuk tiap benang pakan yang ganjil dan genap.

Dilihat dari letaknya maka doobby dapat dibedakan menjadi :

1. Dobby Kiri

Dobby kiri adalah doobby yang dipasang pada sebelah kiri mesin dimana kita melihatnya dari bagian penggulangan kain. Pada doobby kiri handle terletak pada sebelah kanan untuk menjaga keseimbangan mesin. Kartu pada doobby kiri dimulai dari kanan ke kiri

2. Dobby kanan

Dobby kanan adalah doobby yang dipasang pada sebelah kanan mesin tenun dimana kita melihatnya dari bagian penggulangan kain. Pada doobby ini handle terletak pada bagian kiri untuk keseimbangan mesin. Kartu

pada doobby kanan dimulai dari kiri ke kanan

Pemeliharaan Mesin Tenun Teropong dengan Menggunakan Dobby

Pemeliharaan mesin tenun ini meliputi :

1. Pembersihan frame mesin setiap 1 minggu.
2. Pembersihan bagian sisir setiap 1 hari.
3. Pembersihan bagian gun setiap 1 hari.
4. Pembersihan bagian dropper setiap 1 hari.
5. Pembersihan bagian beam tenun setiap 1 hari.
6. Pembersihan pada peralatan doobby setiap 30 hari.
7. Pelumasan crank shaft me tal, picking bowl, driving pulley cone lever, setiap 1 hari
8. Pelumasan pada change hozen, let off motion, handle weft, connecting lever, take up, cop rack, end cutter, connecting lever setiap 1 minggu
9. Pelumasan pada doobby dan top lever setiap 1 minggu.

Kain hasil doobby merupakan salah satu dari pengembangan mesin tenun. Warna dan polanya menambah karya seni pada hasil kainnya. Digunakan untuk pembuatan kemeja polo, rancangan tas, dan juga sebagai aksesoris untuk mendekorasi rumah.

Bagian mesin tenun ini disebut doobby. Dobby adalah peralatan yang dapat memilih masing-masing gun tanpa menggunakan injakan, sebuah manual doobby menggunakan batang yang mempunyai rantai yang telah dipasangkannya paku. Paku tersebut memilih yang akan digerakan. Pada kedua kasus gun-gun diangkat atau diturunkan oleh kekuatan

injakkan pada pedal doobby atau system elektrik atau sumber tenaga yang lain. Ini adalah perbedaan sangat mencolok antara doobby dengan mesin tenun biasa dengan injakan, dimana gun-gun dipasang dengan menggunakan tali dengan jumlah injakan yang terbatas untuk memilih dan menggerakkan gun-gun.

Dobby mesin tenun memungkinkan berbagai macam jenis disain tenun yang tidak dapat dibuat pada mesin tenun dengan injakan, akibat dari kelemahan injakan. Area mesin tenun terbatas pada jumlah injakan yang dapat digunakan pada kerangka mesin tenun, tetapi doobby hanya perlu menambah batang-batang pada rantai doobby untuk memperluas kapasitas tenunnya. Area tenun untuk delapan gun biasa membutuhkan sepuluh atau dua belas injakan tetapi peralatan doobby yang dipasang pada mesin tenun yang sama menggunakan rantaian batangnya berkisar dari dua belas sampai tujuh puluh buah.

Rata-rata rantai doobby dapat mempunyai kira-kira 50 batangan.

Dobby adalah peralatan pembentuk mulut lusi dimana corak anyaman yang dihasilkan ditentukan oleh rencana kartu yang dibuat. Dobby merupakan salah satu peralatan penggerak gun pada ATM, sama halnya dengan Cam atau Eksentrik, namun kekurangan-kekurangan pada peralatan eksentrik dapat ditutupi dengan menggunakan peralatan doobby ini, seperti ketidakpraktisan dan biaya yang relatif lebih mahal apabila menggunakan eksentrik, walaupun doobby itu sendiri masih memiliki kekurangan.

Dobby dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kelompok dilihat dari segi-segi berikut :

1. Pengangkatannya
2. Banyaknya silinder yang digunakan
3. Pengembalian gun
4. Penggerak pisau
5. Jenis kartu
6. Posisi/letak

Data macam-macam Dobby

Tabel : Macam – macam merk mesin Dobby

No	Merk mesin	Merk Dobby	Golongan Dobby	Kapasitas Gun	Kartu Dobby	Jumlah Silinder	Sumber Gerakan	Pengantar Gerakan	Sistem Pengangkatan
1	Toyoda Automatic Loom	Yamada Dobby	Kanan Atas Negatif	16 Gun	Kayu	Dua	Poros Pukulan	Batang Vertikal	Pengangkatan Ganda
2	Toyoda Ruti	Yamada Dobby	Kiri Atas Negatif	20 Gun	Plastik	Satu	Poros Utama	Rantai G. Payung G. Cacing	Pengangkatan Ganda
3	Suzuki Loom	Yamada Dobby	Kiri Atas Negatif	16 Gun	Kayu	Dua	Poros Pukulan	Batang Vertikal	Pengangkatan Ganda
4	Picanol	Staubli	Kiri Atas Negatif	20 Gun	Kayu	Satu	Poros Utama	Rantai G. Payung G. Cacing	Pengangkatan Ganda

Heat Treatment

Menurut Suherman Wahit 1998 Proses laku-panas 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 laku-panas pada dasarnya terdiri dari beberapa tahapan, dimulai dengan pemanasan sampai ke temperatur tertentu, lalu diikuti dengan penahanan selama beberapa saat, baru kemudian dilakukan pendinginan dengan kecepatan tertentu. Secara umum perlakuan panas (*Heat treatment*) diklasifikasikan dalam 2 jenis:

Near Equilibrium (Mendekati Kesetimbangan)

Tujuan umum dari perlakuan panas jenis *Near Equilibrium* ini diantaranya adalah untuk : melunakkan struktur kristal, menghaluskan butir, menghilangkan tegangan dalam dan memperbaiki *machineability*. Jenis dari perlakuan panas *Near Equilibrium*, misalnya : *Full Annealing (annealing)*, *Stress relief Annealing*, *Process annealing*, *Spheroidizing*, *Normalizing* dan *Homogenizing*.

Dalam struktur mikro, Ferrite ialah suatu komposisi logam yang mempunyai batas maksimum kelarutan *Carbon* 0,025%C pada temperatur 723 Derajat *Celcius*, struktur kristalnya BCC (*Body Center Cubic*) dan pada temperature kamar mempunyai batas kelarutan karbon 0,008%C

Austenite ialah suatu larutan padat yang mempunyai batas maksimum kelarutan *Carbon* 2%C pada temperature 1130 Derajat *Celcius*, struktur kristalnya FCC (*Face Center Cubic*).

Cementid ialah suatu senyawa yang terdiri dari unsur Fe dan C dengan

perbandingan tertentu (mempunyai rumus empiris) dan struktur kristalnya *Orthohombic*.

Lediburite ialah campuran *Eutectic* antara besi Gamma dengan *Cementid* yang dibentuk pada temperatur 1130 Derajat *Celcius* dengan kandungan *Carbon* 4,3%C. *Pearlite* ialah campuran *Eutectoid* antara *Ferrite* dengan *Cementid* yang dibentuk pada temperatur 723 Derajat *Celcius* dengan kandungan *Carbon* 0,83%C.

Temperatur tertentu tadi selama beberapa waktu tertentu agar tercapai perubahan yang diinginkan lalu mendinginkan logam atau paduan tadi dengan laju pendinginan yang cukup lambat. Jenis *Anneling* itu beraneka ragam, tergantung pada jenis atau kondisi benda kerja, temperatur

pemanasan, lamanya waktu penahanan, laju pendinginan (*cooling rate*), dll. Sehingga kita akan mengenal dengan apa yang disebut : *Full Annealing (annealing)*, *Stress relief Annealing*, *Process annealing*, *Spheroidizing*, *Normalizing* dan *Homogenizing*

1. Full annealing (annealing)

Merupakan proses perlakuan panas untuk menghasilkan *perlite* yang kasar (*coarse pearlite*) tetapi lunak dengan pemanasan sampai *austenitisasi* dan didinginkan dengan dapur, memperbaiki ukuran butir serta dalam beberapa hal juga memperbaiki *machinability*. Pada proses *full annealing* ini biasanya dilakukan dengan memanaskan logam sampai keatas temperatur kritis (untuk baja *hypoeutectoid* , 25 Derajat hingga 50 Derajat *Celcius* diatas garis A3 sedang untuk baja *hypereutectoid* 25 Derajat hingga 50 Derajat *Celcius* diatas garis A1). Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan yang cukup lambat (biasanya dengan dapur atau dalam bahan

yang mempunyai sifat penyekat panas yang baik). Perlu diketahui bahwa selama pemanasan dibawah temperatur kritis garis A1 maka belum terjadi perubahan struktur mikro. Perubahan baru mulai terjadi bila temperatur pemanasan mencapai garis atau temperatur A1 (butir-butir Kristal *pearlite* bertransformasi menjadi *austenite* yang halus). Pada baja *hypoeutectoid* bila pemanasan dilanjutkan ke temperatur yang lebih tinggi maka butir kristalnya mulai bertransformasi menjadi sejumlah Kristal *austenite* yang halus, sedang butir Kristal *austenite* yang sudah ada (yang berasal dari *pearlite*) hampir tidak tumbuh. Perubahan ini selesai setelah menyentuh garis A3 (temperatur kritis A3). Pada temperature ini butir kristal *austenite* masih halus sekali dan tidak homogen. Dengan menaikkan temperatur sedikit diatas temperatur kritis A3 (garis A3) dan memberi waktu penahanan (*holding time*) seperlunya maka akan diperoleh *austenite* yang lebih homogen dengan butiran kristal yang juga masih halus sehingga bila nantinya didinginkan dengan lambat akan menghasilkan butir-butir Kristal *ferrite* dan *pearlite* yang halus. Baja yang dalam proses pengerjaannya mengalami pemanasan sampai temperatur yang terlalu tinggi ataupun waktu tahan (*holding time*) terlalu lama biasanya butiran kristal *austenitenya* akan terlalu kasar dan bila didinginkan dengan lambat akan menghasilkan *ferrit* atau *pearlite* yang kasar sehingga sifat mekaniknya juga kurang baik (akan lebih getas). Untuk baja *hypereutectoid*, *annealing* merupakan persiapan untuk proses selanjutnya dan tidak merupakan proses akhir.

2. Normalizing

Merupakan proses perlakuan panas yang menghasilkan *perlite* halus, pendinginannya dengan menggunakan

media udara, lebih keras dan kuat dari hasil *annealing*. Secara teknis prosesnya hampir sama dengan *annealing*, yakni biasanya dilakukan dengan memanaskan logam sampai keatas temperatur kritis (untuk baja *hypoeutectoid* , 50 Derajat *Celcius* diatas garis A3 sedang untuk baja *hypereutectoid* 50 Derajat *Celcius* diatas garis Acm). Kemudian dilanjutkan dengan pendinginan pada udara. Pendinginan ini lebih cepat daripada pendinginan pada *annealing*.

3. Pengerasan (Hardening)

Pengerasan adalah suatu proses perlakuan panas yang diterapkan untuk menghasilkan benda kerja yang keras. Perlakuan ini terdiri dari memanaskan baja sampai ke temperatur pengerasannya (temperatur *austenisasi*), dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu dan kemudian didinginkan. Jika baja *diaustenisasi*, sel satuannya adalah FCC. Alasan untuk memanaskan dan menahannya pada temperatur *austenisasi* adalah untuk melarutkan sementit dalam austenit kemudian dilanjutkan dengan proses *quenching*. Pada tahap ini karbon yang terperangkap akan menyebabkan tergesernya atom-atom sehingga terbentuk struktur sel satuan yang tidak seimbang memiliki tegangan tertentu. Struktur yang bertegangan ini disebut martensite dan bersifat sangat keras dan getas. Dan hal inilah yang bertanggung jawab terhadap tingginya kekerasan baja. Kekerasan yang dicapai tergantung pada karbon yang dimiliki, temperatur pengerasan dan laju pendinginan. Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat *quenching* kaerena adanya pembentukan *martensite*. Tujuan utama proses pengerasan adalah untuk meningkatkan kekerasan benda

kerja dan dan meningkatkan ketahanan aus. Makin tinggi kekerasan maka akan semakin tinggi pula ketahanan ausnya. Sebagai contoh : spindle, roda gigi, pahat-pahat pemotong dan *dies* memerlukan kekerasan yang tinggi. Disamping itu, pada baja- baja *structural* diperlukan juga sifat-sifat mekanik tertentu seperti kekuatan tarik, duktilitas (keuletan) dan elastisitas. Sifat seperti itu dapat dicapai dengan menerapkan proses pengerasan dan penemperan. Benda kerja yang dikeraskan dan ditemper memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibanding dengan benda kerja hasil proses normal. Proses pengerasan umumnya diterapkan sebagai tahap akhir dalam suatu proses pembuatan benda kerja, dengan demikian disarankan agar menggunakan peralatan yang baik dan operator yang sudah memahami dan berpengalaman.

4. Pemanasan (*heating*)

Temperatur pengerasan yang digunakan tergantung pada komposisi kimia (kadar karbon). Temperatur pengerasan untuk baja karbon *hipoeutektoid* adalah sekitar 20 ~ 50°C diatas garis A3, dan untuk baja-baja karbon *hipereutektoid* adalah sekitar 30 ~ 50°C diatas garis A3, jika suatu baja mengandung misalnya 0.5% karbon (berstruktur pearlit dan ferrit) dipanaskan sampai temperatur dibawah A1, maka pemanasan tersebut tidak akan mengubah struktur awal baja tersebut. Pemanasan sampai diatas temperatur A1 tetapi masih dibawah temperatur A3 akan mengubah pearlit menjadi austenit tanpa terjadi perubahan apa-apa terhadap ferritnya. *Quencing* dari temperatur ini akan menghasilkan baja yang semi keras karena austenitnya bertransformasi kemartensit, sedangkan ferritnya tidak berubah. Keberadaan ferrit dilingkungan martensit yang getas tidak berpengaruh

pada kenaikan ketangguhan. Jika suatu baja dipanaskan sedikitnya diatas A3 dan ditahan pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu agar dijamin proses difusi yang homogen, maka struktur baja akan bertransformasi menjadi austenit dengan ukuran butir yang relative kecil. *Quencing* dari temperatur austenisasi akan menghasilkan martensit dengan harga kekerasan yang maksimum. Memanaskan sampai temperatur E (relative lebih tinggi diatas A3) cenderung meningkatkan ukuran butir austenit. *Quencing* dari temperatur itu akan menghasilkan struktur martensit, tetapi sifatnya, bahkan setelah ditemper sekalipun akan memiliki harga *impact* yang rendah. Disamping itu mungkin juga timbul retak pada saat *quenching*.

Mengeraskan baja - baja hipereutektoid proses pengerasannya terdiri dari memanaskan baja pada temperatur 30 ~ 50°C diatas temperatur A3 (lihat gambar 2.49) yaitu pada daerah austenit dan simenit. Kemudian didinginkan dengan cepat agar diperoleh martensit yang halus dan karbida-karbida yang tidak larut. Struktur hasil proses *quenching* memiliki kekerasan yang lebih tinggi dari martensit. Jika karbida yang larut dalam austenit terlalu sedikit, kekerasan hasil *quenching* akan rendah. Jumlah karbida yang dapat larut dalam austenit sebanding dengan temperatur austenisasinya. Jumlah karbida yang larut meningkat jika temperatur austenisasinya dinaikan, demikian juga dengan ukuran butir austenitnya. Jika karbida yang terlarut terlalu besar, akan terjadi peningkatan ukuran butir disertai dengan penurunan kekerasan dan ketangguhan (lihat gambar 2.50) jika jika baja dipanaskan diatas temperatur A_{cm} , struktur yang dihasilkannya hanya terdiri dari austenit saja. Dalam hal ini, pertumbuhan butir akan lebih besar, akibatnya martensit

yang dihasilkannya akan lebih kasar. Kekerasan martensit seperti itu akan lebih rendah, akibat adanya sejumlah austenit sisa dalam struktur *quenching* dan juga sebagai akibat tidak adanya karbida dalam struktur tersebut.

Atas dasar hal tersebut, agar diperoleh martensit yang halus yang masih mengandung karbida-karbida yang belum larut, pemilihan temperatur pengerasan harus cermat. Temperatur pengerasan untuk beberapa jenis baja dicantumkan dalam manual yang dibuat oleh pembuat baja tersebut dan biasanya merupakan hasil dari serangkaian percobaan. Disamping itu petunjuk-petunjuk praktis yang harus cermat. Temperatur pengerasan untuk beberapa jenis baja dicantumkan dalam manual yang dibuat oleh pembuat baja tersebut dan biasanya merupakan hasil dari serangkaian percobaan. Disamping itu petunjuk-petunjuk praktis yang ada pada standart-standart internasional dapat juga digunakan sebagai bahan rujukan untuk menentukan temperature pengerasan yang diijinkan.

Dengan temperatur austeenisasi yang lebih tinggi akan diperoleh *hardability* yang lebih tinggi juga. Ini disebabkan oleh banyaknya karbida yang terlarut dan makin besarnya butiran austenit. Akan tetapi beberapa temperatur pemanasan yang tepat untuk suatu proses pengerasan masih akan saling tergantung pada beberapa faktor lain, antara lain waktu tahan.

Baja Karbon dan Dasar Perlakuan Panas

Menurut Suraqman Rochim 1994, Besi merupakan salah satu jenis logam yang sangat penting dan merupakan logam dasar pembentuk baja yang merupakan salah satu material teknik yang sangat populer dewasa ini. Sifat

alotropik dari besilah yang menyebabkan timbulnya variasi struktur mikro pada berbagai jenis baja. Di samping itu, besi merupakan pelarut yang sangat baik bagi beberapa jenis logam lain.

Pengertian alotropik adalah adanya transformasi dari satu bentuk susunan atom (sel satuan) ke bentuk susunan atom yang lain. Besi sangat stabil pada temperatur di bawah 910°C dan disebut sebagai besi alfa ($\text{Fe}\alpha$). Pada temperatur antara 910 dan 1392°C besi dikenal dengan istilah besi gamma ($\text{Fe}\gamma$) dan pada temperatur di atas 1392°C disebut sebagai besi delta ($\text{Fe}\delta$).

Adanya fenomena alotropik dari besi merupakan suatu hal yang sangat penting dan mencakup dua bentuk susunan atom. Pada temperatur di bawah 910°C susunan atomnya mengambil bentuk Kubus Pusat Badan (KBP atau BCC). Mulai temperatur 910°C akan terjadi perubahan susunan atom. Temperatur ini dikenal dengan sebutan titik A_3 seperti terlihat pada gambar 2.5. Di atas temperatur tersebut susunannya mengambil bentuk Kubus Pusat Muka (KPM atau FCC) seperti terlihat pada gambar 2.6. Jika proses pemanasan dilanjutkan, bentuk susunan atomnya pada temperatur 1392°C berubah kembali menjadi KBP lagi dan dikenal dengan sebutan besi delta. Pemanasan lebih lanjut menyebabkan getaran atom semakin besar sehingga pada temperatur 1536°C gaya kohesif yang memelihara susunan atom tersebut tidak ada lagi dan besi menjadi cair. Pada saat membekukan besi cair ke temperatur kamar, maka akan terjadi transformasi yang urutannya kebalikan dari proses pemanasan.

Pada temperatur kamar besi bersifat feromagnetik, sifat magnetiknya menurun dengan meningkatnya temperatur dan hilang sama sekali pada

temperatur 769°C yang umum dikenal sebagai titik A_2 atau titik Currie.

Struktur Metalografi dan Kaitannya Dengan Sifat

Baja dapat dilakukan panas agar diperoleh struktur mikro dan sifat yang diinginkan. Struktur mikro dan sifat yang diinginkan tersebut dapat diperoleh melalui proses pemanasan dan pendinginan pada temperatur tertentu. Jika permukaan dari suatu specimen baja disiapkan dengan cermat dan struktur mikronya diamati dengan menggunakan mikroskop, maka akan tampak bahwa baja tersebut memiliki struktur yang berbeda-beda. Jenis struktur yang ada sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia dari baja dan jenis perlakuan panas yang diterapkan pada baja tersebut. Struktur yang ada pada suatu baja adalah ferit, perlit, bainit, martensit, sementit dan karbida lainnya.

1. Ferit

Larutan padat karbon dan unsur paduan lainnya pada besi kubus pusat badan (Fe) disebut ferit. Ferit terbentuk pada proses pendinginan yang lambat dari austenit baja hypoeutektoid pada saat mencapai A_3 . Ferit bersifat sangat lunak, ulet dan memiliki kekerasan sekitar 70-100 BHN dan memiliki konduktivitas yang tinggi.

Jika austenit didinginkan di bawah A_3 , austenit yang memiliki kadar C yang sangat rendah akan bertransformasi ke ferit (yang memiliki kelarutan C maksimum sekitar 0,025% pada temperatur 723°C). menggambarkan struktur ferit dengan butir-butir yang berbentuk poligonal.

2. Sementit

Sementit adalah senyawa besi dengan karbon yang umum dikenal sebagai

karbida besi dengan rumus kimianya Fe_3C (prosentase karbon pada sementit adalah sekitar 6,67%). Sel satuannya adalah ortorombik dan bersifat keras dengan harga kekerasannya sekitar 65-68 HRC. Pada struktur hasil anil, karbida tersebut akan berbentuk bulat dan tertanam dalam matrik ferit yang lunak dan dapat berfungsi sebagai pemotong geram sehingga dapat meningkatkan mampu mesin dari baja yang bersangkutan. Keberadaan karbida-karbida pada baja-baja yang dikeraskan, terutama pada HSS dan baja *cold-worked* dapat meningkatkan ketahanan aus. Memperlihatkan suatu struktur mikro yang terdiri dari sementit yang bulat dalam matriks ferit.

3. Perlit

Perlit adalah campuran sementit dan ferit yang memiliki kekerasan sekitar 10-30 HRC. Jika baja eutektoid (0,8%C) diaustenisasi dan didinginkan dengan cepat ke suatu temperatur di bawah A_1 misalnya ke temperatur 700°C dan dibiarkan pada temperatur tersebut sehingga terjadi transformasi isothermal, maka austenit akan mengurai dan membentuk perlit melalui proses pengintian (nukleasi) dan pertumbuhan. Perlit yang terbentuk berupa campuran ferit dengan sementit yang tampak seperti pelat-pelat yang tersusun bergantian (lihat gambar 2.23).

Perlit yang terbentuk sedikit di bawah temperatur eutektoid memiliki kekerasan yang lebih rendah dan memerlukan waktu inkubasi yang lebih banyak. Penurunan temperatur lebih lanjut waktu inkubasi yang diperlukan untuk transformasi ke perlit makin pendek dan kekerasan yang dimiliki oleh perlit lebih tinggi. Pada baja hypoeutektoid (kadar karbonnya kurang dari 0,8%) struktur mikro baja akan terdiri dari daerah-daerah perlit yang dikelilingi oleh

ferit. Sedangkan pada baja hipereutektoid (kadar karbonnya lebih dari 0,8%), pada saat didinginkan dari austenitnya, sejumlah sementit proeutektoid akan terbentuk sebelum perlit dan tumbuh dibekas batas butir austenit.

4. Bainit

Bainit adalah suatu fasa yang diberi nama sesuai dengan nama penemunya yaitu E.C. Bain. Bainit merupakan fasa yang kurang stabil (mestabil) yang diperoleh dari austenit pada temperatur yang lebih rendah dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari temperatur transformasi ke perlit dan lebih tinggi dari temperatur transformasi ke Martensit. Sebagai contoh, jika baja eutektoid yang diaustenisasi didinginkan dengan cepat ke temperatur sekitar 250-500°C dan dibiarkan pada temperatur tersebut, hasil transformasinya adalah berupa struktur yang terdiri dari ferit dan sementit tetapi bukan perlit.

Struktur tersebut dinamai bainit. Kekerasannya bervariasi antara 45-55 HRC tergantung pada temperatur transformasinya. Ditinjau dari temperatur transformasinya, jika terbentuk pada temperatur yang relatif tinggi disebut *Upper Bainite* sedangkan jika terbentuk pada temperatur yang lebih rendah disebut sebagai *Lower Bainite*. Struktur *upper bainite* seperti perlit yang sangat halus sedangkan *lower bainite* menyerupai martensit temper.

5. Martensit

Martensit adalah fasa yang ditemukan oleh seorang metalografer yang bernama A. Martens. Fasa tersebut merupakan larutan padat dari karbon yang lewat jenuh pada besi alfa sehingga latis-latis sel satuannya terdistorsi. Sifatnya sangat keras dan diperoleh jika baja dari temperatur austenitnya didinginkan

dengan laju pendinginan yang lebih besar dari laju pendinginan kritiknya.

Dalam paduan besi karbon dan baja, austenit merupakan fasa induk dan bertransformasi menjadi martensit pada saat pendinginan. Transformasi ke martensit berlangsung tanpa difusi sehingga komposisi yang dimiliki oleh martensit sama dengan komposisi austenit sesuai dengan komposisi paduannya. Sel satuan martensit adalah Tetragonal pusat badan (*Body Center Tetragonal / BCT*). Atom karbon dianggap menggeser latis kubus menjadi tetragonal. Besarnya tetragonalitas yang terjadi dapat dijelaskan dengan Kelarutan karbon dalam BCC menjadi lebih besar jika terbentuk martensit, dan hal inilah yang menyebabkan timbulnya tetragonalitas (BCT). Makin tinggi konsentrasi karbon, makin banyak posisi interstisi yang tersisi sehingga efek tetragonalitasnya makin besar. Parameter latis diplot sebagai fungsi dari kadar karbon baik dalam austenit maupun dalam martensit. Dari gambar tersebut terlihat bahwa parameter latis bervariasi secara linier dengan kadar karbon. Pada martensit, dengan meningkatnya kadar karbon, parameter di sumbu C juga meningkat sedangkan parameter lainnya yang berhubungan dengan kedua sumbu lainnya (parameter a) menurun. Parameter kubus kepunyaan austenit meningkat dengan meningkatnya kadar karbon.

Pembentukan martensit, berbeda dengan pembentukan perlit dan bainit, dan secara umum tidak tergantung pada waktu. Dari diagram transformasi terlihat martensit mulai terbentuk pada temperatur M_s . Jika pendinginan dilanjutkan, austenit akan bertransformasi ke martensit. Makin rendah temperaturnya, makin banyak austenit yang bertransformasi ke martensit dan pada titik M_f pembentukan martensit berakhir. Pada contoh ini, martensit mulai

terbentuk pada temperatur sekitar 200°C (M_s) dan berakhir pada temperatur sekitar 29°C yaitu pada saat martensit hamper mencapai 100%. Bahwa pembentukan martensit tidak tergantung pada waktu dijelaskan dengan adanya garis horizontal pada diagram TTT/CCT. Pada 100°C, sekitar 90% martensit telah terbentuk dan perbandingan ini tidak akan berubah terhadap waktu sepanjang temperaturnya konstan.

Awal dan akhir dari pembentukan martensit sangat tergantung pada komposisi kimia dari baja dan cara mengaustenisasi. Pada baja karbon, temperatur awal dan akhir dari pembentukan martensit (M_s dan M_f) sangat tergantung pada kadar karbon seperti terlihat pada gambar 2.27. Makin tinggi kadar karbon suatu baja makin rendah temperatur awal dan akhir dari pembentukan martensit. Dari gambar tersebut terlihat bahwa untuk baja dengan kadar karbon lebih dari 0,5%, transformasi ke martensit akan selesai pada temperatur di bawah temperatur kamar. Dengan demikian, jika kadar karbon melampaui 0,5%, maka pada temperatur kamar akan terdapat martensit dan austenit sisa. Makin tinggi kadar karbon, pada baja akan makin besar jumlah austenit sisanya. Austenit yang belum sempat bertransformasi menjadi martensit disebut sebagai austenit sisa. Untuk mengkonversikan austenit sisa menjadi martensit, kepada baja tersebut harus diterapkan proses "subzero" (*subzerro treatment*).

Di samping karbon, unsur-unsur seperti Mn, Si, Ni, Cr, Mo dan W juga menggeserkan temperatur M_s . Penurunan titik M_s sebanding dengan jumlah unsur yang larut dalam austenit. Dari semua unsur tersebut di atas terlihat bahwa karbon yang memberi pengaruh lebih besar terhadap penurunan temperatur M_s . Struktur martensit tampak seperti jarum atau pelat-pelat halus. Halus kasarnya

pelat atau jarum tergantung pada ukuran butir dari austenit. Jika butir austenitnya besar maka martensit yang akan diperoleh menjadi lebih kasar. Pembentukan martensit diiringi juga kenaikan volume spesifik sekitar 3%. Hal inilah yang menyebabkan mengapa timbul tegangan pada saat dikeraskan. Tegangan yang terjadi dapat menimbulkan distorsi dan bahkan dapat menyebabkan timbulnya retak.

Penyebab tingginya kekerasan martensit adalah karena latis besi mengalami regangan yang tinggi akibat adanya atom-atom karbon. Berdasarkan hal ini, kekerasan martensit sangat dipengaruhi oleh kadar karbon. Kekerasan martensit berkisar antara 20-67 HRC (lihat gambar 2.30). Makin tinggi kadar karbon dalam martensit, makin besar distorsi yang dialami oleh latis besi di dalam ruang dan mengakibatkan makin tingginya kekerasan martensit.

6. Karbida

Unsur-unsur paduan seperti karbon, mangan, chrom, wolfram, molibden dan vanadium banyak digunakan pada baja-baja perkakas (seperti pada baja *cold-worked*, baja *hot-worked* dan HSS) untuk meningkatkan ketahanan baja tersebut terhadap keausan dan memelihara stabilitas baja tersebut pada temperatur tinggi. Keberadaan unsur paduan tersebut pada baja akan menimbulkan terbentuknya karbida-karbida seperti : M_3C , $M_{23}C_6$, M_6C , M_7C_3 dimana M menyatakan atom-atom logam sedangkan C menyatakan kadar karbon. Karbida-karbida ini memiliki kekerasan yang sangat tinggi (lihat gambar 2.31) sehingga dapat meningkatkan ketahanan aus dari baja perkakas yang bersangkutan sebanding dengan volume karbida di dalam baja dan harga kekerasan dari karbida yang bersangkutan.

Banyaknya karbida yang ada pada suatu baja perkakas tergantung pada prosentase karbon dan unsur paduan serta tergantung pada jenis karbida yang akan terbentuk. Pada baja hypereutektoid yang sudah dikeraskan, keberadaan karbida adalah sekitar 5-12% sedangkan pada struktur yang dianil, jumlah tersebut akan bertambah banyak. Pada saat diaustenisasi, karbida-karbida ini akan memperkaya austenite dengan karbon dan unsur-unsur paduan. Unsur paduan yang memperkaya austenite seperti : Cr, W, Mo atau V akan menciptakan kondisi yang dapat mempermudah terbentuknya presipitasi karbida-karbida pada saat dikeraskan maupun pada saat distemper. Kondisi seperti itu dapat meningkatkan stabilitas termal dari baja yang bersangkutan dan juga meningkatkan kekerasan sekitar 3-5 HRC.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan gambaran mengenai langkah – langkah penelitian yang sistematik, sehingga akan memudahkan dalam melaksanakan penelitian. Kerangka penelitian ini merupakan suatu proses yang terdiri dari tahap – tahap yang saling terkait antara satu tahap dengan yang lainnya. Penyajian urutan dalam melakukan penelitian dimulai dari awal yaitu mengangkat permasalahan hingga penarikan kesimpulan.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium mekanik PT. PETROKIMIA, Gresik dan PT. INDOSPRING Tbk Gresik, dan waktu pengambilan data dimulai dari bulan April 2013. Untuk memperoleh gambaran yang menyeluruh dan data yang akurat.

Pengumpulan Data

Data yang diperoleh untuk penelitian ini adalah data sekunder berupa laporan resmi di Laboratorium mekanik dan data pengamatan secara *visual* di plant.

Data yang dikumpulkan meliputi :

1. Data proses (mencari pengganti material dari pisau dooby)
2. Data Hasil pengujian *hardness* pada material
3. Data hasil pengujian Mikrostruktur pada material

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengerjaan dan percobaan material

Dari pengujian Hardness dan komposisi kimia yang saya lakukan di lakukan di laboratorium PT. PETROKIMIA GRESIK dan PT. INDOSPRING Tbk, pada tanggal 14 April 2013, dapat ditemukan data sebagai berikut :

1. Pisau Dobby Asli

a. Komposisi Kimia

Tabel 4.1. Komposisi kimia Material pisau dooby asli

C	0,23%
Si	1,16%
P	0%
S	0,04%
V	0,03%
Cr	0,07%
Mn	0,45%
Fe	98,22%
Ni	0,00%
Cu	0,12%
Nb	0,00%
Mo	0,02%
W	0,10%

b. Hardness

Tabel 4.2. Hardness Material pisau doobby asli

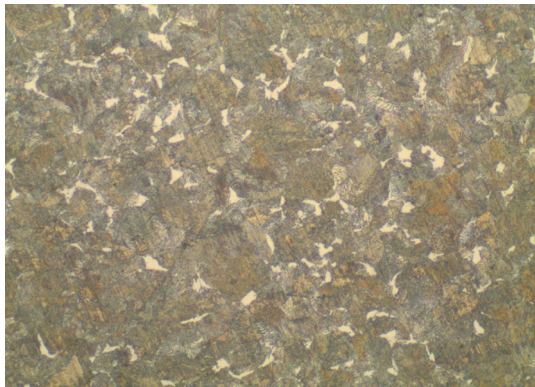
Posisi Test	Hasil Test Hardness (HRC)
1	14,1
2	14,3
3	12,5
4	13,4
5	14,8
6	14,7
7	15,7
8	17,3
9	17,1
10	17,6
Rata-rata	15,15

2) Hardness

Tabel 4.4. Hardness Material after quenching udara

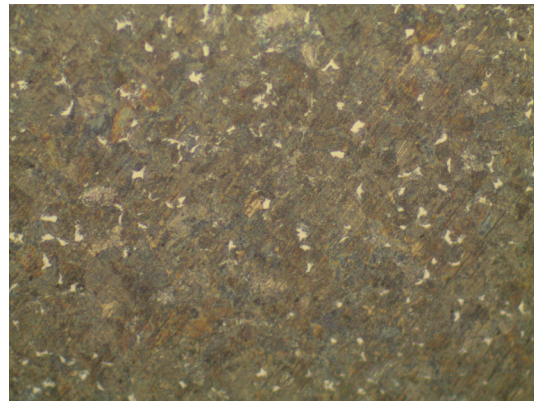
Posisi Test	Hasil Test Hardness (HRC)
1	37,9
2	41,8
3	44,7
4	38,3
5	37,4
6	44,8
7	46
8	37,2
9	47,6
10	40,9
Rata-rata	41,66

c. Struktur Mikro



Gambar 4.1. Struktur mikro Materi pisau doobby asli

3) Struktur Mikro



Gambar 4.2. Struktur mikro material after quenching udara

2. Pisau Dobby Modif

a. After quenching melalui udara

1) Komposisi Kimia

Tabel 4.3. Komposisi kimia Material after quenching udara.

C	0,30%
Si	0,86%
P	0%
S	0,04%
V	0,03%
Cr	0,08%
Mn	0,58%
Fe	97,54%
Ni	0,72%
Cu	0,31%
Nb	0,00%
Mo	0,01%
W	0,40%

b. After Quenching melalui oli

1) Komposisi Kimia

Tabel 4.5 Komposisi kimia material after quenching oli

Si	0,86%
P	0%
S	0,04%
V	0,03%
Cr	0,08%
Mn	0,53%
Fe	94,54%
Ni	0,72%
Cu	0,31%
Nb	0,00%
Mo	0,01%
W	0,40%
C	0,30%

2) Hardness

Tabel 4.6 Hardness material after quenching oli

Posisi Test	Hasil Test Hardness (HRC)
1	46,6
2	47,2
3	45,7
4	48,4
5	48,8
6	47,2
7	48,5
8	49,6
9	47,8
10	46,6
Rata-rata	47,64

2) Hardness

Tabel 4.8 Hardness material after quenching air

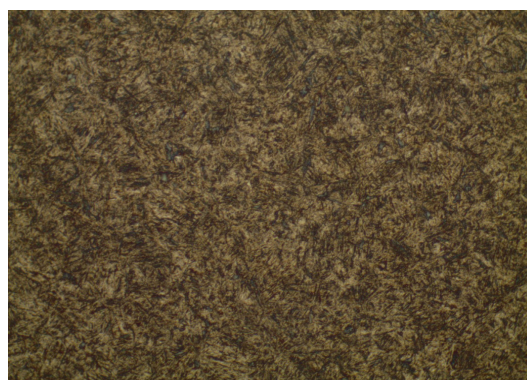
Posisi Test	Hasil Test Hardness (HRC)
1	57,3
2	57,4
3	58,6
4	57,8
5	56,7
6	58,3
7	58,6
8	54,7
9	57,4
10	56,7
Rata-rata	57,35

3) Strukturmikro



Gambar 4.3 Struktur mikro material after quenching oli

3) Strukturmikro



Gambar 4.4 Struktur mikro material after quenching air

c. After Quenching melalui air

1) Komposisi kimia

Tabel 4.7 Komposisi kimia material after quenching air

Si	0,78%
P	0%
S	0,04%
V	0,03%
Cr	0,08%
Mn	0,53%
Fe	94,64%
Ni	0,64%
Cu	0,31%
Nb	0,00%
Mo	0,01%
W	0,40%
C	0,30%

3. LOWER DRAW HOOK

a. Komposisi Kimia

Tabel 4.9. Komposisi kimia Material Lower Draw Hook

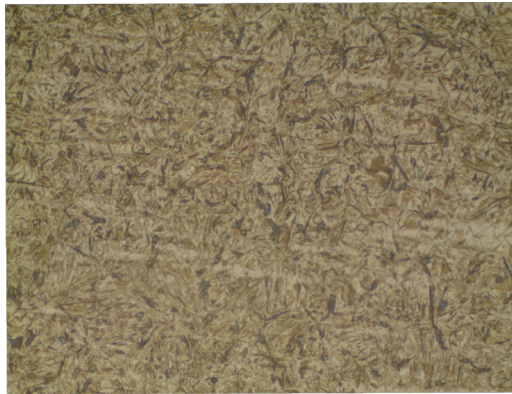
C	0,38%
Si	2,56%
P	0%
S	0,01%
V	0,08%
Cr	0,03%
Mn	0,21%
Fe	98,29%
Ni	0,00%
Cu	0,01%
Nb	0,00%
Mo	0,03%
W	0,19%

b. Hardness

Tabel 4.10. Hardness Material *Lower Draw Hook*

Posisi Test	Hasil Test Hardness (HRC)
1	21,5
2	25,3
3	20,9
4	21,5
5	21,7
6	23,3
7	23,5
8	24,6
9	24,7
10	24,9
Rata-rata	23,19

c. Struktur Mikro



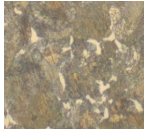
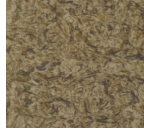
Gambar 4.5. Struktur Mikro Material *Lower Draw Hook*

Pembahasan

Dari data-data hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan adanya perbedaan nilai hasil kekerasan material dan Komposisi Kimia material.

Tabel 4.11 Perbedaan nilai hasil kekerasan material dan komposisi kimia




KOMPOSISI KIMIA	PISAU DOBBY ASLI	LOWER DRAW HOOK
C	0,23%	0,38%
Si	1,16%	2,56%
P	0%	0%
S	0,04%	0,01%
V	0,03%	0,08%
Cr	0,07%	0,03%

Mn	0,45%	0,21%
Fe	98,22%	98,29%
Ni	0,00%	0,00%
Cu	0,12%	0,01%
Nb	0,00%	0,00%
Mo	0,02%	0,03%
W	0,10%	0,19%
HARDNESS	15,15 HRC	23,19 HRC
MIKRO STRUKTUR		

Dapat dilihat dari data diatas nilai kekerasan dari *Lower Draw Hook* lebih keras dari pisau doobby nya sendiri yang menyebabkan pisau doobby akan lebih cepat aus dan dengan dilakukan proses welding dipermukaan material, nilai kekerasan dari pisau doobby lebih keras dibandingkan dengan *Lower Draw Hook*.

Dari data-data hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan adanya perbandingan nilai hasil kekerasan material dan Komposisi Kimia material :

Tabel 4.12 Perbandingan nilai hasil after quenching material dan komposisi kimia

KOMPOSISI KIMIA	AFTER QUENCING OLI	AFTER QUENCING UDARA	AFTER QUENCING AIR
C	0,30%	0,30%	0,30%
Si	0,86%	0,86%	0,78%
P	0%	0%	0%
S	0,04%	0,04%	0,04%
V	0,03%	0,03%	0,03%
Cr	0,08%	0,08%	0,08%
Mn	0,53%	0,58%	0,53%
Fe	94,54%	97,54%	97,54%
Ni	0,72%	0,72%	0,72%
Cu	0,31%	0,31%	0,31%
Nb	0,00%	0,00%	0,00%
Mo	0,01%	0,01%	0,01%
W	0,40%	0,40%	0,40%
HARDNESS	47,64 HRC	41,66 HRC	57,35 HRC
MIKRO STRUKTUR			

Dapat dilihat dari data diatas menunjukkan bahwa pisau doobby modif yang menggunakan after quenching melalui udara lebih baik dari pisau doobby asli dan lebih tahan lama, sedangkan pisau doobby modif menggunakan air tidak bisa dipakai karena terlalu getas.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil uji kekerasan (Hardness) terlihat material pisau doobby lebih lunak dari Lower Draw Hook, sedangkan Hardness material modifikasi (pisau doobby yang di las) lebih besar dari Lower Draw Hook.

Hardness pisau doobby asli: 15,15 HRC

Hardness Lower Draw Hook: 23,19 HRC

Hardness pisau doobby modif :41,66 HRC

Dan dari analisis struktur mikro terlihat bahwa *Lower Draw Hook* adalah material baja Carbon yang sudah mengalami proses *Heat Treatment*, sedangkan pisau doobby adalah material baja Carbon biasa.

Dari data hasil Perbandingan nilai hasil *after quenching* material dan komposisi kimia menunjukkan bahwa pisau doobby modif yang menggunakan *after quenching* melalui udara lebih baik dari pisau doobby asli dan lebih tahan lama, sedangkan pisau doobby modif menggunakan air tidak bisa dipakai karena terlalu getas.

Saran

1. Untuk material pisau doobby sebaiknya dipakai material dengan kekerasan lebih besar dari 23,19 HRC, agar tidak kalah dengan material *Lower Draw Hook*

2. Material pisau doobby yang ada harus dilakukan proses *Heat Treatment* agar mencapai kekerasan diatas 23,19 HRC, dengan cara dipanaskan pada temperature austenit kemudian dilakukan quenching.
3. Sebagai alternative material pengganti bisa digunakan material Aisi 1040 yang telah dilakukan proses *Heat Treat*

DAFTAR PUSTAKA

- Hardi, WWW. Crayon pedia. Org / Mw / BAB X *Pengujian Logam*
- JIS Handbook,1994. *Ferrous Material Dan Metallurgy*, Japan.
- Metal Hand book Edisi 8,Vol. 7, 1972. *Atlas of mikrostructures of industrial alloy*,ASM.
- Suratman Rochim, 1994. *Paduan Proses Perlakuan Panas*, ITB Bandung.
- Suherman Wahit, 1999. *Ilmu logam II*, Jurusan Teknik mesin FTI – ITS.
- Suherman Wahit, 1998. *Perlakuan panas*, Jurusan Teknik mesin FTI – ITS, Surabaya.
- Suherman Wahit, *Pengetahuan Bahan*, ITS Surabaya