

PENGARUH STRUKTUR MIKRO TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA *STAINLESS STEEL M303 EXTRA* UNTUK BAHAN MATA PISAU PEMANEN SAWIT

Indra Rukmana¹, Indra², Farida Ariani³, M. Sabri⁴, Ikhwansyah Isranuri⁵, Mahadi⁶
Email: indra.indra2674@yahoo.com

^{1,2,3,4,5,6}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara,
Jln. Almamater Kampus USU
Medan 20155 Sumatera Utara Indonesia

ABSTRAK

Perlakuan panas (*heat treatment*) didefinisikan sebagai kombinasi operasi pemanasan dan pendinginan yang terkontrol dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu pada baja/logam atau paduan. Salah satu metode perlakuan panas tersebut dengan proses *quenching* dan *tempering*. Proses ini dilakukan pada temperatur austenite (1000°C) selama 60 menit kemudian didinginkan dengan oli dan air es, kemudian di-*temper* pada temperature 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, 550°C dan 600°C dengan lama waktu penahanan 1 jam. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa nilai kekerasan optimum adalah 506,6 BHN setelah *quenching* dengan oli pada suhu 1000°C dan pada proses tempering rata – rata secara bertahap menurun dengan bertambahnya temperatur tempering. Sedangkan nilai kekerasan setelah *quenching* dengan air es pada suhu 1000°C adalah 499,2 BHN dan pada proses tempering kekerasannya rata – rata secara bertahap menurun dengan bertambahnya temperatur tempering, namun pada temperatur *tempering* 450°C kekerasannya naik yang didapat 426,6 BHN. Hal ini disebabkan laju difusi lambat hanya sebagian kecil karbon yang dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kerapuhannya. Hasil pengujian tarik memperlihatkan nilai yang optimum diperoleh tegangan luluh (*yield strength*) 1155,671 MPa dan tegangan batas (*ultimate strength*) 1335,313 MPa. Hasil pengujian *fatigue* diperoleh kekuatan lelah 313833600 N selama 307680 detik dengan beban 7 Kg pada *raw material*. Menurunnya besar butir dari raw material 3,831 µm menjadi 2,86 µm setelah *quenching* dengan oli dan air es, dan setelah tempering rata – rata kenaikan besar butir secara bertahap meningkat dengan bertambahnya temperatur *tempering*. Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa pada proses *tempering* dapat menurunkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Sementara hasil mikro struktur memperlihatkan bahwa diameter butiran bahan menunjukkan menurunnya diameter butiran selama proses *hardening* dengan *quenching* oli. Dimana semakin kecil diameter butiran maka sifat mekanis bahan meningkat.

Kata Kunci: Heat Treatment, Baja Stainless Steel M303 Extra, Sifat Mekanis, Metallografi.

1. PENDAHULUAN

Baja adalah salah satu logam *ferro* yang banyak digunakan dalam dunia teknik, misalnya digunakan untuk membuat alat-alat perkakas, alat-alat pertanian, komponen - komponen otomotif, kebutuhan rumah tangga, dan semua struktur logam akan terkena pengaruh gaya luar berupa tekanan dan tegangan gesek. Usaha menjaga agar baja lebih tahan tekanan atau gesekan adalah dengan cara perlakuan panas pada baja, hal ini memegang peranan penting dalam upaya meningkatkan kekerasan baja sesuai kebutuhan [1]. Selama ini baja yang sering digunakan oleh pandai besi untuk pembuatan mata pisau pemanen sawit berupa baja karbon sedang yaitu pegas belakang mobil (pegas daun), Seperti yang telah diketahui bahwa cukup banyak kekurangan dari mata pisau pemanen sawit yang dibuat dipasaran, terutama pada kekerasannya yang tidak merata akibat proses penempaan konvensional, juga sifat ketangguhannya yang masih rendah yang menyebabkan mudah mengalami korosi, sering patah atau lecetnya mata pisau sehingga umur pakai mata pisau lebih singkat [2]. Alasan yang mendasari peneliti mengambil baja *bohler stainless steel M303 Extra* karena baja tersebut banyak dipergunakan dalam bidang teknik atau industri salah

satunya untuk pembuatan cetakan (PVC), *extrusion Tool* yang akan diaplikasikan pada mata pisau egrek/dodos. Baja ini memiliki daya ketangguhan yang sangat baik terhadap panas dan gesekan, keras, ulet, tahan aus, dan tahan terhadap korosi, dapat ditempa, mudah dipolish, sehingga cocok untuk komponen yang membutuhkan kekerasan, keuletan, maupun ketahanan terhadap gesekan serta umur pakai yang panjang [3]. Salah satu upaya mendapatkan sifat mekanis baja yang baik maka dikembangkan baja dengan penambahan unsur paduan seperti *carbon, silicon, mangan, chromium, nickel, molybdenum, posfor, vanadium* dan sebagainya [4].

Perlakuan panas adalah kombinasi dari waktunya pemanasan dan pendinginan diterapkan pada logam tertentu atau paduan dalam keadaan padat dengan cara seperti untuk menghasilkan mikro tertentu dan sifat mekanik yang diinginkan (kekerasan, ketangguhan, kekuatan luluh, kekuatan tarik, dan persentase elongasi) [5].

Pengerasan (*hardening*), yaitu proses pemanasan baja sampai suhu di daerah atau diatas daerah kritis disusul dengan pendinginan yang cepat dinamakan *quench*. Metode quenching adalah berupa pencelupan baja yang telah dipanaskan mencapai fasa austenit ke dalam bak berisi media pendingin sehingga panas pada baja terabsorpsi ke media pendingin yang akan menghasilkan peningkatan derajat kekerasan sebagai akibat perubahan struktur mikronya [6]. Akibat proses *hardening* pada baja, maka timbulnya tegangan dalam (*internal stresses*), dan rapuh (*britles*), sehingga baja tersebut belum cocok untuk segera digunakan. Oleh karena itu pada baja tersebut perlu dilakukan proses lanjut yaitu *temper*. Dengan proses *temper* kegetasan dan kekerasan dapat diturunkan sampai memenuhi syarat penggunaan, kekuatan tarik turun sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat. Namun yang menjadi permasalahan sejauh mana sifat – sifat yang memenuhi syarat yang diinginkan ini dapat dicapai melalui proses *temper* [7].

Proses *tempering* didefinisikan sebagai proses pemanasan baja setelah dikeraskan pada temperatur tempering (dibawah suhu kritis) sehingga diperoleh keuletan (*ductility*) tertentu, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan. Prosesnya adalah memanaskan kembali berkisar antara suhu 150 - 650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir baja tersebut [8]

Adapun pembatasan masalah pada skripsi ini adalah :

1. Material yang digunakan adalah baja *stainless steel M303 Extra* termasuk baja paduan (*high alloy steel*) dengan komposisi Fe (70,525), C(0,480), Si(0,225), Mn(0,638), P(0,025), S(0,020), Cr(24,749), Mo(0,154), Ni(3), Cu (0,040), Ti(0,055), V(0,89).
2. Pemanasan awal dilakukan pada suhu 1000°C dan diikuti dengan proses waktu tahan selama 60 menit lalu di *quenching* dengan media pendingin oli SAE 40 dan air es dipanasi kembali pada temperature 300°C, 350°C, 400°C, 450°C, 500°C, 550 °C, 600 °C dengan waktu tahan 60 menit (proses *tempering*). ,dan didinginkan hingga mencapai temperatur kamar.
3. Pengujian sifat mekanis setelah dilakukan proses *Heat Treatment* meliputi uji kekerasan, uji tarik, uji *fatigue* Pengamatan struktur mikro setelah dilakukan proses *Heat Treatment*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

Baja adalah logam paduan antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana besi sebagai unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya. Kandungan karbon dalam baja berkisar antara 0,1% hingga 1,7% sesuai tingkatannya. Dalam proses pembuatan baja akan terdapat unsur-unsur lain selain karbon yang akan tertinggal di dalam baja seperti mangan (Mn), silikon (Si), kromium (Cr), vanadium (V), dan unsur lainnya.

2.2 Klasifikasi Baja

Berdasarkan tinggi rendahnya presentase karbon di dalam baja, baja karbon diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,10 s/d 0,30 %.
2. Baja Karbon Menengah (*Medium Carbon Steel*) mengandung karbon antara 0,30% - 0,60% C.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*) mengandung kadar karbon antara 0,60% - 1,7% C.

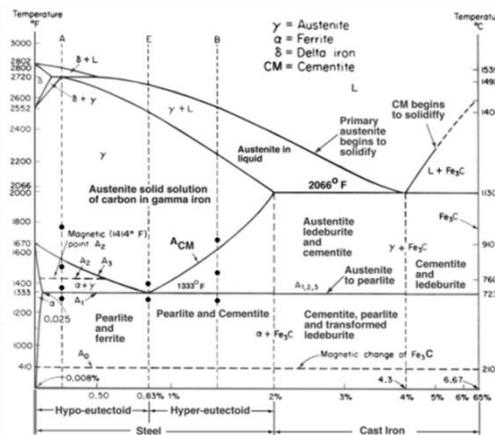
Berdasarkan kadar paduannya, baja paduan dibagi lagi menjadi tiga macam, yaitu:

1. Baja Paduan Rendah (*Low Alloy Steel*) Baja paduan rendah merupakan baja paduan yang elemen paduannya kurang dari 2,5% wt.

2. Baja Paduan Menengah (*Medium Alloy Steel*)
Baja paduan menengah merupakan baja paduan yang elemen paduannya antara 2,5% - 10% wt.
3. Baja Paduan Tinggi (*High Alloy Steel*) Baja paduan tinggi merupakan baja paduan yang elemen paduannya lebih dari 10% wt.

2.3 Diagram Fasa Fe-C

Fungsi diagram fasa adalah memudahkan memilih temperatur pemanasan yang sesuai untuk setiap proses perlakuan panas baik proses annealing, normalizing maupun proses pengerasan.



Gambar 1. Diagram Fasa Baja Karbon [3]

2.4 Heat Treatment

Perlakuan panas adalah kombinasi antara proses pemanasan atau pendinginan dari suatu logam atau paduannya dalam keadaan padat untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Untuk mendapatkan hal ini maka kecepatan pendinginan dan batas temperatur sangat menentukan

1. Quenching

Pengertian pengerasan ialah perlakuan panas terhadap baja dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami baja. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis

2. Tempering

Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan (*quenching*) pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis) sehingga diperoleh ductility tertentu, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan (Koswara, 1999). Prosesnya adalah memanaskan kembali berkisar antara suhu 150°C – 650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir baja tersebut.

2.5 Media Pendingin

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik. Sifat ini memungkinkan air tidak menjadi panas atau dingin dalam seketika. Air memerlukan panas yang tinggi dalam proses penguapan. Penguapan (evaporasi) adalah proses perubahan air menjadi uap air. Proses ini memerlukan energi panas dalam jumlah yang besar. Oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan air es dalam proses pendinginan setelah proses *Heat Treatment* karena dapat mendinginkan logam yang telah dipanaskan secara cepat. Suhu air es berkisar antara 0°C-5°C, densitas (berat jenis) air maksimum sebesar 1 g/cm³ terjadi pada suhu 3,95° C. Pada suhu lebih besar maupun lebih kecil dari 3,95° C, densitas air lebih kecil dari satu (Moss, 1993; Tebbut, 1992)

2. Minyak

Penggunaan pelumas atau oli sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung dari besarnya viskositas pelumas. Atas dasar tujuan untuk memperbaiki sifat baja tersebut, oleh karena itu dalam penelitian ini digunakan oli SAE 40 dalam proses pendinginan setelah proses *heat treatment*.

3. Udara

Pendinginan udara dilakukan untuk perlakuan panas yang membutuhkan pendinginan lambat. Untuk keperluan tersebut udara yang disirkulasikan ke dalam ruangan pendingin dibuat dengan kecepatan yang rendah. Udara sebagai pendingin akan memberikan kesempatan kepada logam untuk membentuk kristal – kristal dan kemungkinan mengikat unsur – unsur lain dari udara. Adapun pendinginan pada udara terbuka akan memberikan oksidasi oksigen terhadap proses pendinginan.

2.6 Pengujian Kekerasan

Kekerasan logam didefinisikan sebagai ketahanan terhadap penetrasi, dan memberikan indikasi cepat mengenai perilaku deformasi. Alat uji kekerasan menekankan bola kecil, piramida atau kerucut ke permukaan logam dengan beban tertentu, dan bilangan kekerasan (Brinell atau piramida Vickers) diperoleh dari diameter jejak.

2.7 Pengujian Tarik

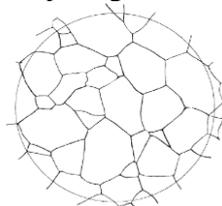
Banyak hal yang dapat kita pelajari dari hasil uji tarik. Bila kita terus menarik suatu bahan sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap berupa kurva. Kurva ini menunjukkan hubungan antara tegangan dengan regangan.

2.8 Pengujian Fatigue.

Mekanisme patah lelah rotary bending, yang diakibatkan oleh pembebanan dinamis tersebut merupakan suatu proses pemisahan dari dua bidang padat akibat tegangan. proses perpatahan ini terdiri dari tiga fase yaitu : Inisiasi retakan (*crack initiation*) , perambatan retak (*crack propagation*) , Patah akhir (*fracture failure*).

2.9 Perhitungan Dimater Butir

Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk mengukur besar butir dari struktur mikro suatu material salah satunya adalah metode *Planimetri* yang dikembangkan oleh Jeffries. Dimana metode ini cukup sederhana untuk menentukan jumlah butir persatuan luas pada bagian-bidang yang dapat dihubungkan pada standar ukuran butir ASTM E 112. Metode *planimetri* ini melibatkan jumlah butir yang terdapat dalam suatu area tertentu yang dinotasikan dengan N_A . Secara skematis proses perhitungan menggunakan metode ini seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Perhitungan butiran menggunakan metode planimetri

Jumlah butir bagian dalam lingkaran (N_{inside}) ditambah setengah jumlah butir yang bersinggungan ($N_{intercepted}$) dengan lingkaran dikalikan oleh pengali Jeffries (f).

$$N_A = f (N_{inside} + \frac{N_{intercepted}}{2}) \dots\dots\dots(1)$$

Dimana pengali Jeffries yang dipergunakan tergantung pada perbesaran yang digunakan pada saat melihat struktur mikro dan dapat ditentukan melalui tabel 1.

Untuk selanjutnya setelah diperoleh nilai N_A maka ukuran butir dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$d = (3,322 \log N_A) - 2,95 \dots\dots\dots(2)$$

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Alat-Alat dan Bahan

Adapun peralatan yang di pergunakan selama penelitian ini adalah:

1. Tungku Pemanas (*Furnace Naber*)
2. *Thermocouple Type-K*
3. Pengerol
4. Jangka sorong
5. Penjepit specimen
6. Mesin poles (*polisher*)
7. Mikroskop optic
8. Mikroskop VB
9. Alat uji kekerasan Brinell
10. Mesin Sekrap
11. Mesin uji tarik *Torse INSTRON* model *100 HDX-GIB*
12. Wadah cairan pendinginan air es dan wadah pendinginan oli SAE 40

Bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Baja stainless steel M303 Extra yang merupakan bahan yang digunakan cetakan plastik yang akan diaplikasikan pada mata pisau pemanen sawit.
2. Kertas pasir dengan *grade* 120, 220, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500.
3. Larutan etsa HCl 75 %
4. Larutan H₂O 100%
5. Larutan FeCl 5 gram
6. Kain Panel
7. Larutan alumina

3.2 Langkah-langkah Penelitian

Persiapan Spesimen

Adapun banyaknya jumlah spesimen dalam penelitian ini berjumlah 29 spesimen, dengan rincian 17 spesimen kekerasan, 9 spesimen uji tarik, 3 spesimen uji fatigue dan 9 spesimen uji metallografi

Proses *Heat Treatment*

Pemanasan awal memberikan pengaruh pada sifat mekanis bahan. Setelah dipanaskan pada temperatur 1000°C, spesimen didinginkan dengan 2 media pendingin berbeda, yaitu oli (*Quenching*) dan air es. Dalam penelitian ini digunakan *thermocouple* digital untuk mendapatkan pembacaan suhu yang akurat di dalam *furnace*. Setelah proses hardening selesai, proses selanjutnya yaitu proses *tempering* dengan variasi temperatur 300°C, 350°C, 400°C, 450°C 500°C 550°C, dan 600°C, dengan lama penahanan 1 jam.

3.2 Langkah-Langkah Proses

Pengujian

Pengujian pertama dilakukan pengujian kekerasan yang dilakukan terhadap baja stainless steel M303 extra yang telah mengalami proses heat treatment. Kemudian diambil 3 spesimen dengan nilai kekerasan tertinggi untuk media pendingin oli dan air es selanjutnya dilakukan pengujian tarik kemudian diambil 3 spesimen dengan nilai optimum dan selanjutnya pengamatan struktur mikro.

Pengujian Kekerasan

Berikut ini adalah prosedur percobaan yang dilakukan pada pengujian kekerasan dengan metode Brinell :

1. Spesimen dibersihkan permukaannya dengan mesin polish.
2. Setelah bersih, spesimen diletakkan pada landasan uji dan bola indenter yang digunakan adalah bola dengan diameter 10 mm.

3. Spesimen dinaikkan hingga menyentuh bola indentor, kemudian katup hidrolik dikunci.
4. Tuas hidrolik ditekan berulang-ulang hingga skala pada panel menunjukkan angka 3000 kg kemudian ditahan selama 30 detik.
5. Setelah 30 detik katup hidrolik dibuka untuk mengembalikan beban ke posisi semula (0 kg).
6. Pengambilan data kekerasan diulang sebanyak 5 kali untuk masing-masing spesimen dan diambil data rata-ratanya.
7. Pengamatan diameter indentasi dilakukan dengan menggunakan teropong Indentor dan data diameternya disesuaikan dengan tabel kekerasan.

Pengujian Tarik

Berikut ini adalah prosedur percobaan yang dilakukan pada pengujian tarik dengan menggunakan alat uji tarik *Torse Type INSTRON* :

1. Spesimen dibentuk sesuai ukuran menurut standar ASTM E-8M, yaitu panjang daerah uji 60 mm, panjang daerah cekam 60 mm, tebal spesimen 5 mm.
2. Mesin uji tarik dan komputer dihidupkan kemudian disetting dikomputer untuk memulai uji tarik.
3. Spesimen dicekam pada *chuck* atas, kemudian *chuck* bawah dinaikkan dengan menekan tombol UP hingga mencekam spesimen secara keseluruhan.
4. Katup hidrolik (*load valve*) dibuka kemudian mesin (pompa hidrolik/PUMP) dijalankan sampai spesimen putus.
5. Setelah spesimen putus katup hidrolik (*load valve*) ditutup dan katup pembuka (*unload valve*) dibuka, kemudian *chuck* bawah diturunkan dengan menekan tombol DOWN.
6. Spesimen yang putus dilepas dari *chuck* atas dan bawah, kemudian diukur besar pertambahan panjangnya dan besar nilai regangan yang diperoleh dari grafik hasil uji tarik seperti yang terlihat pada lampiran uji tarik kemudian dicatat data hasil pengujian.
7. Prosedur yang sama dilakukan pada spesimen uji tarik yang lain.

Pengujian kelelahan

Berikut ini adalah metode percobaan untuk proses perlakuan panas atau *heat treatment* yang dilakukan dalam penelitian ini :

1. Benda uji yang sudah melalui proses *heat treatment* dan *tempering* diambil 3 spesimen yang paling tinggi dari uji kekerasan yang kemudian dibentuk sesuai ASTM E 466 di letakkan pada *chuck* poros pada posisi horizontal kemudian dikunci dengan rapat.
2. Benda uji diberi beban 7 Kg.
3. Motor pada mesin *fatigue* dihubungkan ke poros melalui pully dan belt.
4. Setelah semua sudah terpasang dengan baik kemudian mesin uji *Fatigue* TECO 3-Phase Induction dengan putaran 1420 rpm dihidupkan melalui tombol kontaktor.
5. Setelah mesin dihidupkan putaran mesin menjadi menurun sebesar 1398 rpm hal ini dikarenakan penambahan beban 7 Kg.
6. Pada setiap perlakuan suhu optimal pada proses mechano heat treatment didapat umur lelah yang berbeda-beda.

Pengujian Meetallografi.

Berikut ini adalah prosedur percobaan yang dilakukan pada pada pengujian Metallografi :

1. Spesimen dipolish dengan kertas pasir grade 120 dan 240 selama 15 menit, kemudian dilanjutkan dengan grade 400, 600, 800, 1000, dan 1500 selama 15 menit.
2. Setelah dipolish dengan kertas pasir, spesimen dipolish dengan bubuk alumina sampai terbentuk kilatan seperti cermin.
3. Etsa FeCl_3 75 gram, HCl 75 ml dan H_2O 100 ml dituangkan dalam wadah atau cawan kemudian spesimen dicelupkan kedalam etsa selama 5-30 detik.
4. Spesimen yang telah dietsa dibersihkan dengan cara dicelupkan lagi ke dalam alkohol kemudian dikeringkan di udara bebas atau dikeringkan dengan kipas angin.
5. Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan alat mikroskop optik rax vision yang disambungkan ke program Rax Vision Plus 4.1 pada komputer.

6. Spesimen diletakkan diatas bidang uji atau meja mikroskop kemudian didekatkan dengan optic mikroskop.
7. Digunakan perbesaran 500X dan diambil photo dari masing-masing spesimen.
8. Fokus pada mikroskop diputar untuk mendapatkan pengamatan yang baik pada spesimen.
9. Setelah didapatkan fokus dan pencahayaan yang yang pas, diambil photo dari spesimen dengan mengklik icon Capture frame pada program Rax Vision plus 4.1.
10. Prosedur yang sama juga dilakukan untuk spesimen lainnya.
11. Setelah itu diukur diameter masing-masing spesimen dengan metode planimetri dan dicatat data hasil pengukuran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berikut ini adalah data hasil pengujian sifat mekanis dan uji komposisi raw material dapat dilihat pada table

Tabel 1. Sifat Mekanis Bahan Baja Stainless Steel M303 Extra

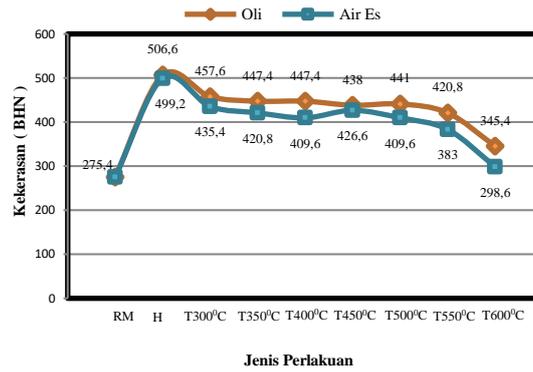
Sifat Mekanis	
Tegangan Luluh (MPa)	658,418
Tegangan Tarik (MPa)	749,077
Elongasi (%)	9,96
Kekerasan (HB)	275,4

Tabel 2. Hasil Uji Komposisi Bahan Baja Stainless Steel M303 Extra

Parameter	Satuan	Hasil
Fe	%	70,525
C	%	0,480
Si	%	0,225
Mn	%	0,638
P	%	0,025
S	%	0,020
Cr	%	24,749
Mo	%	0,154
Ni	%	3,000
Cu	%	0,040
Ti	%	0,055
V	%	0,089

Hasil Uji Kekerasan

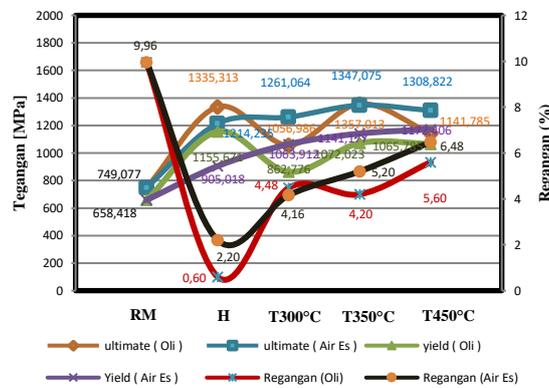
Berikut ini adalah grafik kekerasan Spesimen setelah dilakukan proses perlakuan panas, dimana pada proses hardening didinginkan dengan media pendingin oli dan air es (*Quenching*) dan lama waktu penahanan proses *Tempering* adalah 1 jam



Gambar 3. Grafik hasil Uji Kekerasan

Hasil Uji Tarik

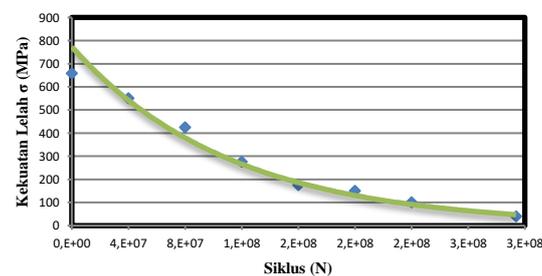
Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material akibat pengaruh perubahan suhu. Dalam penelitian ini pengujian tarik hanya dilakukan pada nilai kekerasan yang optimum dari proses *tempering*.



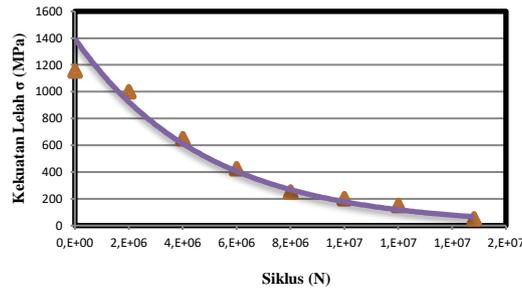
Gambar 4. Grafik Hasil Uji Tarik

Hasil uji fatigue

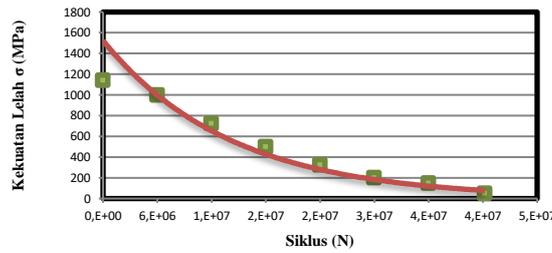
Dalam penelitian ini pengujian fatigue hanya dilakukan pada hasil yang optimal pada proses uji tarik. Adapun spesimen yang akan di uji fatigue setelah proses uji tarik yaitu *raw material*, *hardening* 1000°C setelah di-*queching* oli, *tempering* 350°C 1 Jam setelah *quenching* air es..



Gambar 5. Grafik Kurva S-N Raw Material



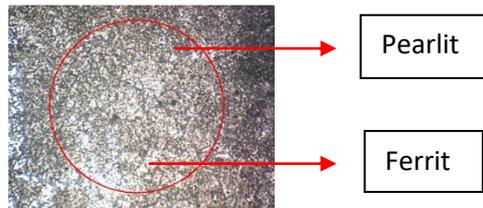
Gambar 6. Grafik Kurva S-N *Hardening* 1000°C (Air Es)



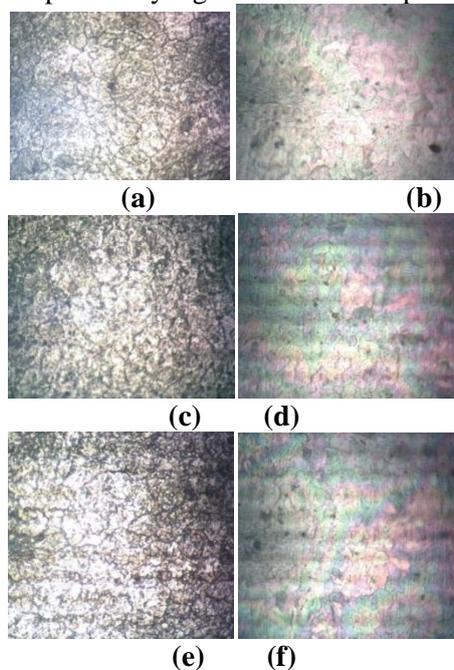
Gambar 7. Grafik Kurva S-N *Tempering* 350°C (Air Es)

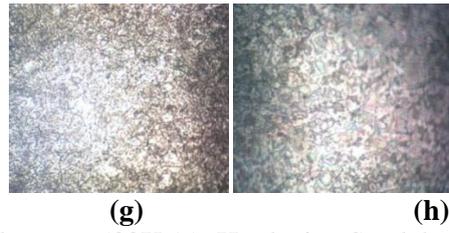
Hasil Pengamatan Mikrostruktur Setelah Heat Treatment

Pengujian metallografi dilakukan terhadap benda uji pada seluruh kondisi. Dalam penelitian ini spesimen dicelupkan ke dalam larutan HCl 75 ml, FeCl 5gram dan 100 ml H₂O kemudian ditahan selama 5-30 detik.



Gambar 8. Foto Mikro Raw Material Perbesaran 500X (Sebelum Pemanasan)
Berikut ini adalah foto mikro dari spesimen yang telah dilakukan perlakuan panas.

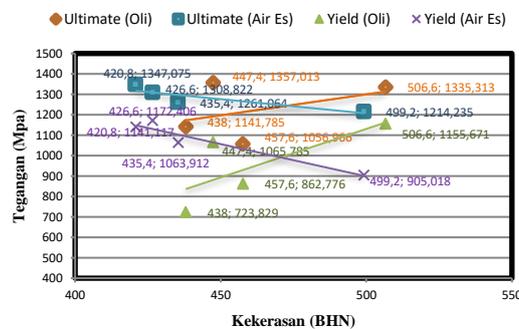




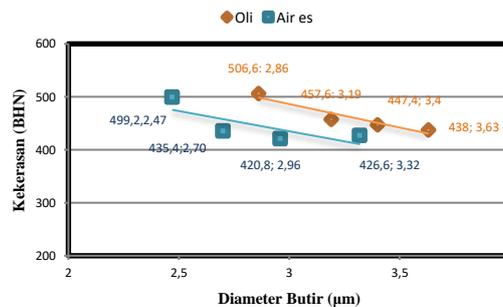
Gambar 9. Foto Mikro Pembesaran 500X (a) Hardening Setelah *Quenching* oli, (b) Hardening Setelah *Quenching* air es, (c) Setelah *Tempering* 300°C selama 1 jam hasil *Quenching* oli, (d) Setelah *Tempering* 300°C selama 1 jam hasil *Quenching* air es, (e) Setelah *Tempering* 350°C selama 1 jam hasil *Quenching* oli, (f) Setelah *Tempering* 350°C selama 1 jam hasil *Quenching* air es, (g) Setelah *Tempering* 450°C selama 1 jam hasil *Quenching* oli, (f) Setelah *Tempering* 450°C selama 1 jam hasil *Quenching* air es.

4.2. Pembahasan

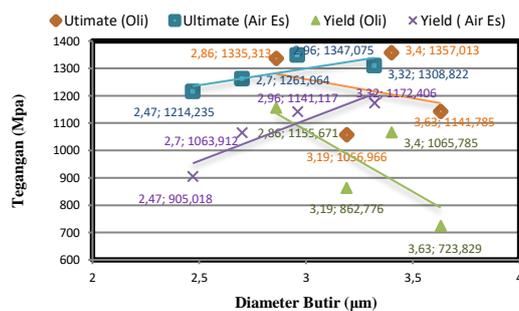
Pada sub-bab ini akan membahas hubungan antara kekerasan, kekuatan tarik, serta diameter butir setelah dilakukan proses *heat treatment*. Kemudian ditarik garis regresi linier yang menghubungkan hubungan dari kekerasan terhadap diameter butir, kekerasan terhadap kekuatan tarik, dan kekuatan tarik terhadap diameter butir yang disesuaikan dengan Hall and Petch Method.



Pada proses *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan oli bahwa semakin tinggi kekerasan maka kekuatan tarik menjadi meningkat. Sedangkan pada proses *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan air es semakin tinggi kekerasan maka kekuatan tarik menjadi meningkat.



Pada proses *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan oli dan air es bahwa semakin besar diameter butiran maka kekerasan semakin menurun.



Pada proses *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan oli bahwa semakin tinggi diameter butiran maka kekuatan tarik menjadi menurun. Sedangkan pada proses *hardening* dan *tempering* dengan media pendinginan air es semakin tinggi diameter butiran maka kekuatan tarik menjadi meningkat.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah

1. Sifat mekanis bahan baja *stainless steel* M303 *extra* dengan perlakuan *heat treatment* yang didapatkan dari hasil pengujian:
 - Hasil uji kekerasan raw material adalah 275,4 setelah proses *hardening* 1000°C ditahan selama 1 jam *quenching* oli kekerasan maksimum yang didapat adalah 506,6 BHN setelah proses *hardening* 1000°C di tahan selama 1 jam dan *quenching* oli. Pada proses *tempering* rata - rata kekerasan secara bertahap menurun dengan bertambahnya suhu *tempering*. Sedangkan proses *hardening* 1000°C ditahan selama 1 jam *quenching* air es kekerasan maksimum yang didapat adalah 499,2 BHN setelah proses *hardening* 1000°C di tahan selama 1 jam dan *quenching* air es. Pada proses *tempering* kekerasan yang didapat rata - rata secara bertahap menurun. Namun pada suhu *tempering* 450°C, kekerasan naik yang didapat 426,6 BHN. Hal ini disebabkan laju difusi lambat hanya sebagian kecil karbon yang dibebaskan, hasilnya sebagian struktur tetap keras tetapi mulai kehilangan kerapuhannya.
 - Hasil pengujian tarik maksimum untuk nilai tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 1214,235 Mpa dan tegangan batas (*ultimate strength*) sebesar 1335,313 MPa pada proses *hardening* ditahan selama 1 jam *quenching* oli. Sedangkan pada air es kekuatan tarik maksimum untuk nilai tegangan luluh (*yield strength*) sebesar 1141,117 Mpa dan tegangan batas (*ultimate strength*) sebesar 1347,075 MPa pada proses suhu *tempering* 350°C.
 - Hasil pengujian Fatigue diperoleh kekuatan lelah maksimum pada siklus 313.883.600 N selama 307.608 detik dengan beban 7 kg pada raw material.
 - Meningkatnya suhu *tempering* memiliki kecenderungan menurunkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik material, sedangkan keuletan dan ketangguhan meningkat.
2. Hubungan antara ukuran butiran dengan kekerasan dan kekuatan tarik dimana semakin kecil ukuran butiran maka kekerasan dan kekuatan tarik material makin meningkat untuk *quenching* oli, sedangkan hubungan antara ukuran butiran dengan kekerasan dan kekuatan tarik dengan *quenching* air es dimana semakin kecil ukuran butiran maka kekerasan meningkat dan kekuatan tarik menurun, hal ini disebabkan karena baja yang telah dipanaskan sampai suhu austenite dan didinginkan dengan air es atau pendinginan cepat, baja tersebut belum layak digunakan karena bersifat sangat rapuh (*brittles*) dan getas.
3. Hasil pengamatan dari sifat mekanis bahan *stainless steel* M303 *extra* dengan perlakuan *heat treatment* memiliki kekerasan, kekuatan tarik yang lebih unggul dari pada baja yang sering digunakan oleh pandai besi untuk pembuatan mata pisau pemanen sawit berupa baja pegas belakang mobil (pegas daun).
4. Pengaruh dari perlakuan *heat treatment* yang telah dilakukan, setelah diambil nilai optimalnya maka hasil yang diperoleh setelah di *hardening* jauh lebih tinggi dari *material*, nilai kekerasan raw material 275,4 BHN menjadi 506,6 dengan *quenching* oli, kekuatan batas (*ultimate strength*) raw material 749,077 MPa setelah di *hardening* menjadi 1335,313 MPa *quenching* oli dan 1214,235 MPa *quenching* air es, dan pengamatan struktur mikro memperlihatkan menurunnya diameter butir dari raw material 3,83 μm setelah *hardening* menjadi 2,86 μm *quenching* oli dan 2,47 *quenching* air es

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Wibowo, Tri Bambang. 2006. Tugas Akhir : *Pengaruh Temper dengan Queching Media Pendinginan Oli Mesran Sae 40 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Baja ST 60*, UNNES, Semarang

- [2]. Murtiono, Arief. 2012. Tugas Akhir : *Pengaruh Quenching dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Karbon Sedang untuk Matapisau pemanen sawit*, USU, Medan
- [3]. <http://www.bhinnekabajanas.com>, diakses 20 september 2013
- [4]. Yudiono, Heri. 2012. Tugas Akhir : *Pengaruh Temperatur Pemanasan Terhadap Kekuatan Tarik Material Baja Karbon C1045 Akibat Tempering*, UNNES, Semarang
- [5]. D. A. Fadare , T. G. Fadara and O. Y. Akanbi. 2011. Tugas Akhir : *Effect Of Heat Treatment On Mechanical Properties And Microstructure Of NST 37-2 Steel*, University Of Ibadan, Nigeria.
- [6]. Djafri, Sriati. 1987. Terjemahan dari *Mechanical Metallurgy*, Jakarta, Erlangga : *Metallurgy Mekanik*
- [7]. LI Hong-ying, HU Ji-dong, LI Jun, CHEN Guang, SUN Xiong-jie. 2013. Tugas Akhir : *Effect Of Tempering Temperature On Microstructure And Mechanical Properties Of AISI 6150 steel*, Central South University Press and SpringerVerlag Berlin Heidelberg, China
- [8]. Koswara, Engkos. 1999. *Pengujian Bahan Logam*. Bandung : Humaniora Utama Press
- [9]. Schonmetz, Alois dan Karl Gruber. 1985. *Pengetahuan Bahan dalam Pengerjaan Logam*. Bandung : Angkasa
- [10]. ASTM E 10-01. 2004. *Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*. ASTM International.
- [11]. ASTM E 112-96 rev. 2005. *Standard Test Methods for Determining Average Grain Size*. ASTM International
- [12]. ASM Handbook. 2005. Volume 1, *Properties and Selection: Irons Steels and High Performance Alloys*. ASM International