



TUGAS AKHIR – TM091585

**PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP
KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR PISAU DARI
MATERIAL BAJA BEKAS**

**JANUARD BUYUNG BANDASO
NRP 2114 105 055**

**Dosen Pembimbing
Suwarno, ST., M.Sc., Ph.D.**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**



FINAL PROJECT – TM091585

**EFFECT OF HEAT TREATMENT ON HARDNESS AND
MICROSTRUCTURE OF KNIFE MADE FROM SCRAP
STEEL**

**JANUARD BUYUNG BANDASO
NRP 2114 105 055**

**Advisor Lecturer
Suwarno., ST, M.Sc.,Ph.D**

**MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN PISAU DARI MATERIAL BAJA BEKAS

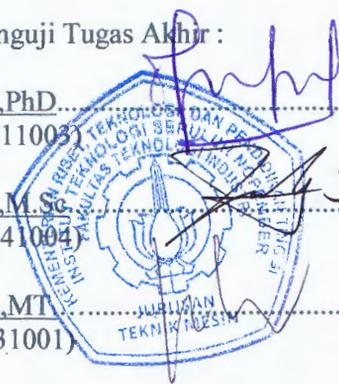
TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Metalurgi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

JANUARD BUYUNG BANDASO
NRP. 2114 105 055

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Suwarno., ST., M.Sc., PhD.....(Pembimbing)
(NIP. 198005202005011003)
2. Indra Sidharta., ST., M.Sc......(Penguji I)
(NIP. 198006192006041004)
3. Dr.Eng.Sutikno., ST., MT.....(Penguji II)
(NIP.197407032000031001)
- 

SURABAYA
Juli, 2016

PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP KEKERASAN DAN MIKROSTRUKTUR PISAU BERBAHAN BAJA BEKAS

Nama Mahasiswa : Janaard Buyung Bandaso
NRP : 2114 105 055
Dosen Pembimbing : Suwarno ST.,M.Sc.,Ph.D

Abstrak

Para pande besi memanfaatkan baja bekas sebagai bahan utama pembuatan pisau dapur. Baja bekas menjadi pilihan karena ketersediaan baja bekas yang melimpah dan harga yang jauh lebih murah. Proses perlakuan panas hardening yang dilakukan pande besi masih tradisional. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh hardening terhadap kekerasan dan struktur mikro pada pisau yang dibuat dari baja bekas.

Proses hardening yang dilakukan terdiri atas hardening yang dilakukan oleh pande besi dengan metode yang mereka gunakan dan hardening yang dilakukan di laboratorium. Proses hardening di laboratorium, terdiri atas proses hardening yang diikuti dengan tempering dan proses flame hardening. Pisau dipanas hingga temperatur hardening dan dilakukan penahanan temperatur, kemudian di quenching pada media pendingin air. Selanjutnya spesimen dipanaskan kembali hingga temperatur 400⁰ C dan ditahan selama 1 jam kemudian spesimen didinginkan pada udara terbuka. Flame hardening dilakukan pada sisi mata pisau dimana spesimen dipanaskan hingga temperatur austenisasi dan selanjutnya di dinginkan pada media pendingin air. Jarak antara permukaan spesimen dengan ujung nozel 5 cm.

Hasil kekerasan pisau dari material poros roda yang mengalami proses flame hardening 22,8 HRC dan hardening 29,2 HRC. Struktur mikro terdiri atas perlit dan ferit. Kekerasan pisau dari material swing arm untuk flame hardening 36 HRC

dengan struktur mikro perlit dan ferit pada hardening kekerasannya 47,2 HRC dan struktur mikro martensit dan austenit sisa. Kekerasan pisau dari material pegas daun untuk proses flame hardening 46,4 HRC dan proses hardening 63 HRC dengan struktur mikro martensit dan austenit sisa. Kekerasan pisau dari material poros mesin industri untuk flame hardening 32 HRC sedangkan proses hardening 59,6 HRC dengan struktur mikro martensit dan austenit sisa.. Kekerasan pisau dari material poros pewarna batik pada flame hardening 51,4 HRC dan pada proses hardening 62,8 HRC dengan struktur mikro terdiri dari martensit dan austenit.

Keyword : Baja bekas, Pisau dapur, Pande besi, Hardening, Tempering, Flame Hardening

EFFECT OF HEAT TREATMENT ON HARDNESS AND MICROSTRUCTURE OF KNIFE MADE FROM SCRAP STEEL

Name : Januar Buyung Bandaso
Student ID : 2114 105 055
Lecture : Suwarno ST.,M.Sc.,Ph.D

Abstract

The blacksmith used scrap steel for made of kitchen knife. They chose to use scrap steel because availability in the shop is abundant and cheaper. The process hardening heat treatment of blacksmith is still traditional. The purpose of this experiment is looking at the effect of hardening process to hardness and microstructure on knife.

There are two process of hardening in this experiment. Hardening process of blacksmith and hardening in the laboratory using a furnace. In the Laboratory for hardening process the specimen is heating to hardening temperature and hold for a while, then quenching in water. After that for tempering process the specimen heated to a temperature of 400 C and hold for 1 hour and then the specimen cooling in the air. As for flame hardening, the blade is heated to hardening temperature, and after that it is cooling in water. The distance between the specimen surface with the tip of the nozzle is 5 cm.

The hardness that obtained on knife specimens from the material of axle wheel of bike for flame hardening 22.8 HRC and hardening used furnace is 29,2 HRC. Microstructure of the specimen consists of pearlite and ferrite. The knife specimens from material swing arm the hardness after flame hardening is 36 HRC with a microstructure consisting of ferrite and pearlite and for process of hardening the hardness 47.2 HRC where its microstructure of martensite and residual austenite. The specimen of the leaf spring material for flame hardening the hardness is 46.4 HRC and hardening is 63 HRC with

microstructure of martensitic and residual austenite. Specimen from shaft industrial machinery the hardness of flame hardening is 32 HRC and hardening is 59.6 HRC. The microstructure consists of martensite and residual austenite. The specimen of dye batik shaft material hardness of flame hardening is 51.4 HRC and 62.8 HRC on hardening. The microstructure consists of martensite and residual austenite.

Keyword: Steel scrap, kitchen knives, black smith, hardening, tempering, flame hardening

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baja Bekas.....	5
2.2 Baja Untuk Pisau.....	5
2.2.1 Baja Karbon Tinggi	5
2.2.2 Baja Paduan	6
2.3 Faktor yang Berperangruh terhadap Kekerasan	7
2.3.1 Kadar Karbon.....	7
2.3.2 Unsur Paduan.....	8
2.3.3 Pengerasan (<i>Hardening</i>).....	10
2.3.4 Media Pendingin.....	11
2.3.5 Proses Pembuatan (<i>Manufacturing</i>)	12
2.4 <i>Flame Hardening</i>	12
2.5 <i>Hardening dan Tempering</i>	13

2.6	<i>Continous Cooling Transformasi Diagram</i>	14
2.7	Pisau Dapur.....	15
2.7.1	Proses Pembuatan dan Jenis Pisau Dapur.....	16
2.7.2	Sifat Pisau Dapur	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Material	19
3.2	Komposisi Kimia dan material yang Digunakan	19
3.3	Standard Baja.....	21
3.4	Alur Proses Penelitian	22
3.5	Perlakuan Panas.....	23
3.5.1	<i>Hardening dan Tempering</i>	23
3.5.2	<i>Flame Hardening</i>	25
3.6	Alat-alat yang Digunakan	25
3.6.1	Peralatan Potong.....	26
3.6.2	Dapur Pemanas	26
3.6.3	Mesin <i>Grinding</i> dan <i>Polishing</i>	27
3.6.4	Peralatan Etsa (<i>Etching</i>).....	27
3.6.5	Peralatan Pengamatan Struktur Mikro	27
3.6.6	Peralatan Pengujian Kekerasan	28
3.7	Pengujian	29
3.7.1	Pengujian Kekerasan	29
3.7.2	Pengujian Metalografi	31

BAB IV DATA DAN ANALISA HASIL PENELITIAN

4.1	Hasil Pengujian Komposisi	33
4.2	Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	34
4.3	Data Hasil Pengujian Kekerasan	34
4.4	Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau	
	Material Poros Roda Sepeda	36
4.4.1	Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Poros Roda Sepeda Motor	36
4.4.2	Struktur Mikro pada Poros Roda Sepeda Motor	37

4.4.3	Pembahasan Kekerasan dan Struktur Mikro Poros Roda Sepeda Motor	38
4.5	Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros <i>Swing Arm</i>	40
4.5.1	Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Poros <i>Swing Arm</i>	40
4.5.2	Struktur Mikro pada Poros <i>Swing Arm</i>	41
4.5.3	Pembahasan Kekerasan dan Struktur Mikro Poros <i>Swing Arm</i>	42
4.6	Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Pegas Daun	44
4.6.1	Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Pegas Daun	44
4.6.2	Struktur Mikro Pada Pegas Daun	45
4.6.3	Pembahasan Kekerasan dan Struktur Mikro Pegas Daun	46
4.7	Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros Mesin Industri	48
4.7.1	Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Poros Mesin Industri	48
4.7.2	Struktur Mikro pada Poros Mesin Industri ...	49
4.7.3	Pembahasan Kekerasan dan Struktur Mikro Poros Mesin Industri	50
4.8	Kekerasan Dan Struktur Mikro Spesimen pisau Material Poros Pewarna Batik.....	52
4.8.1	Grafik Hasil Uji Kekerasan pada Poros Pewarna Batik	52
4.8.2	Struktur Mikro pada Poros Pewarna Batik....	53
4.8.3	Pembahasan Kekerasan dan Struktur Mikro Poros Pewarna Batik.....	54

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran	57

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beberapa material baja sebagai bahan pisau	6
Tabel 3.1 Komposisi kimia tiap baja bekas dari hasil uji ...	19
Tabel 3.2 Material bekas yang digunakan	20
Tabel 3.3 Komposisi kimia mengikuti standard	21
Tabel 3.4 Temperatur austenisasi dan <i>holding time</i> tiap baja pada proses <i>hardening</i>	23
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia	33
Tabel 4.2 Komposisi mengikuti standard material	33
Tabel 4.3 Hasil pengujian kekerasan material	35
Tabel 4.4 Pengamatan struktur mikro pada poros roda sepeda motor	37
Tabel 4.5 Pengamatan struktur mikro pada poros <i>swing arm</i>	41
Tabel 4.6 Pengamatan struktur mikro pada pegas daun	45
Tabel 4.7 Pengamatan struktur mikro pada poros mesin industri	49
Tabel 4.8 Pengamatan struktur mikro pada poros pewarna batik	53

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Hubungan kadar karbon dengan kekerasan ...	8
Gambar 2.2 Daerah temperatur <i>quenching</i>	10
Gambar 2.3 Perbedaan kurva pendinginan	12
Gambar 2.4 Proses <i>flame hardening</i>	13
Gambar 2.5 Proses <i>tempering</i>	14
Gambar 2.6 CCT diagram baja SAE 6114	15
Gambar 2.7 Pisau dapur.....	16
Gambar 3.1 Diagram alur proses penelitian	22
Gambar 3.2 Spesimen uji yang telah dipotong	24
Gambar 3.3 Skema proses <i>hardening</i> dan <i>tempering</i>	24
Gambar 3.4 Proses <i>flame hardening</i> pada pisau	25
Gambar 3.5 Alat potong spesimen	26
Gambar 3.6 Dapur pemanas	26
Gambar 3.7 Mesin <i>grinding</i> dan <i>polishing</i>	27
Gambar 3.8 Peralatan pengamatan struktur mikro	28
Gambar 3.9 Mesin uji kekerasan frank (HRC)	29
Gambar 3.10 Ilustrasi spesimen uji kekerasan	30
Gambar 4.1 Letak indentasi pengujian kekerasan Rockwell pada spesimen uji	34

Gambar 4.2 Grafik hasil uji kekerasan spesimen poros roda	36
Gambar 4.3 Diagram CCT spesimen poros roda depan sepeda motor.....	39
Gambar 4.4 Grafik hasil uji kekerasan spesimen poros <i>swing arm</i>	40
Gambar 4.5 Diagram CCT spesimen poros <i>swing arm</i>	43
Gambar 4.6 Grafik hasil uji kekerasan spesimen pegas daun	45
Gambar 4.7 Diagram CCT spesimen pegas daun	47
Gambar 4.8 Grafik hasil uji kekerasan spesimen poros mesin industri	48
Gambar 4.9 Diagram CCT spesimen poros mesin industri ...	51
Gambar 4.10 Grafik hasil uji kekerasan spesimen poros pewarna batik	52
Gambar 4.11 Diagram CCT spesimen poros pewarna batik	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah merupakan salah satu masalah yang menyita perhatian pemerintah untuk segera dibenahi. Indonesia yang merupakan negara berkembang dengan tingkat limbah yang tinggi. Khususnya untuk limbah logam yang berasal dari pembangunan infrastruktur, kendaraan, dan peralatan-peralatan pabrik begitu sangat berlimpah, sehingga diperlukan suatu tindakan untuk bisa mendaur ulang limbah logam ini menjadi suatu produk yang memiliki nilai dan manfaat. Upaya daur limbah logam memerlukan energi yang jauh lebih sedikit dibanding proses produksi pertambangan primer. Upaya daur ulang ini juga lebih ramah lingkungan dan bisa mengurangi eksploitasi bijih metal berkualitas rendah serta menghemat metal yang berkualitas lebih tinggi. Menurut teori semua logam bisa didaur ulang sehingga merupakan peluang untuk mengurangi kerusakan lingkungan dan mengurangi penggunaan energi. Dalam upaya memanfaatkan limbah logam tersebut para pande besi dapat membuat suatu produk berupa pisau yang dapat diproduksi dengan sumber material yang murah dan mudah.

Perkembangan dan proses pembuatan pisau mengikuti kebutuhan manusia. Setiap daerah memiliki sejarah yang terkait dengan pisau khas yang dimilikinya. Indonesia sendiri terdapat banyak jenis pisau seperti Kerambit, Mandau, Parang, Celurit, Keris, dan sebagainya yang memiliki karakter fisik yang berbeda sesuai sejarah dan budaya daerah asalnya masing-masing. Pisau menjadi salah satu alat yang memperlihatkan perkembangan kemajuan teknologi suatu waktu dari material, fungsi, pengolahannya dan sebagainya.

Proses pembuatan pisau di Indonesia khususnya pada proses perlakuan panas (*hardening*) sebagian besar masih dilakukan dengan peralatan seadanya dan pengetahuan berdasarkan pengalaman. Sehingga kualitas dari pisau itu sendiri

sangatlah buruk, baik dari segi sifat mekanis pisau maupun desain. Hal inilah yang menjadi penyebab utama pisau dapur buatan pande besi kurang diminati oleh masyarakat dan sangat sulit untuk bersaing dengan pisau industri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah bagaimana pengaruh perlakuan panas terhadap kekerasan sebuah pisau yang terbuat dari material baja bekas.

1.3 Batasan Masalah

- Perlakuan panas yang digunakan adalah *hardening*
- Proses tempa tidak dibahas
- Peralatan yang digunakan untuk melakukan perlakuan panas masih dalam kondisi baik.
- Pengaruh proses pembuatan spesimen seperti pemotongan, penggerindaan dan pemolesan terhadap struktur mikro dianggap kecil dan diasumsikan sama untuk masing-masing spesimen.
- Korosi tidak dibahas

1.4 Tujuan Penelitian

- Untuk mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro dari pisau hasil tempa dan hasil *hardening* yang dilakukan oleh pande besi.
- Untuk mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro dari pisau yang telah diberikan perlakuan panas *hardening* di laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian dapat diaplikasikan pada proses perbaikan kualitas pisau, khususnya bagi pande besi tradisional yang ingin meningkatkan nilai produk pisau. Ilmu yang diperoleh

dapat digunakan dalam industri rumahan maupun sebagai bekal memasuki dunia kerja.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja Bekas

Baja bekas atau *scrap* merupakan limbah yang berasal dari berbagai sektor baik dari infrastruktur, otomotif bahkan dari pabrik peleburan logam (slag). Kebanyakan baja bekas yang terdapat pada pengepul diperoleh dari konstruksi bangunan, bagian-bagian mesin produksi, dan rangka otomotif. Baja bekas ini berupa baja beton, sisa potongan plat, pipa, poros mobil, rangka alat berat.

Sistem daur ulang baja khususnya di Indonesia, dimulai dari para pengepul yang mengumpulkan baja bekas secara langsung kemudian dalam jumlah tertentu (ton) atau dalam batasan minggu baja yang telah terkumpul dikirim ke agen penyalur atau langsung ke pabrik peleburan baja. Dengan kondisi Indonesia saat ini dimana sumber daya mineral biji besi yang melimpah namun industri pemurniaan (*smelter*) yang belum berkembang sehingga pasokan besi kasar terbatas. Hal ini menjadikan baja bekas sebagai bahan baku dalam pembuatan produk baja yang baru.

2.2 Baja untuk Pisau

Pada dasarnya semua baja dapat digunakan sebagai bahan pembuatan pisau yang membedakan adalah hasil akhir, kekuatan dan ketahanannya pisau tersebut. Secara umum unsur-unsur paduan yang terdapat dalam baja juga akan berpengaruh terhadap sifat keunggulan pisau [9]. Adapun material baja yang umum digunakan sebagai berikut:

2.2.1 Baja karbon tinggi

Baja karbon tinggi mempunyai kandungan karbon 0.60 - 1.4 wt% C, baja ini sangat keras, kuat namun keuletannya rendah. Baja karbon tinggi yang digunakan biasanya telah dikeraskan dan temper seperti khususnya pada sisi potong dari pisau yang

membutuhkan sifat tahan aus (*wear resistant*). Baja perkakas dan *dies* biasanya mengandung unsur paduan *chromium*, *vanadium*, *tungsten*, dan *molybdenum*. Unsur paduan ini bersama dengan karbon membentuk kombinasi yang mengakibatkan baja menjadi sangat keras dan tahan aus (*wear resistant*). Karena baja karbon tinggi sangat keras, maka jika digunakan untuk produksi harus dikerjakan dalam keadaan panas. biasanya digunakan untuk alat potong seperti gergaji, pahat, kikir, pegas dan lain sebagainya [12].

2.2.2 Baja paduan

Baja paduan didefinisikan sebagai baja yang ditambahkan dengan satu atau lebih unsur campuran seperti nikel, mangan, molibdenum, kromium, vanadium, dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki seperti sifat kekuatan, kekerasan dan keuletannya.

Baja paduan mempunyai sifat mekanik yang lebih baik dari baja karbon karena terdapat unsur paduan selain karbon dalam jumlah tertentu. Pada baja paduan rendah (*low alloy steel*) total unsur paduannya antara 1% - 4%, sedangkan baja paduan tinggi (*high alloy steel*) total unsur paduan lebih dari 5%.

Tabel 2.1 Beberapa Material Baja Sebagai Bahan Pisau [9].

Jenis	Komposisi %			
	C	Mg	Cr	Others
154 CM	1.05	0.5	14	
420	0.15-0.6	1.0	12-14	
420 HC	0.5-0.7	0.35-0.9	13.5	
440A	0.6-0.75	1.0	16-18	
440B	0.75-0.95	1.0	16-18	

440C	0.95-1.20	0.40	17	0.50 V, 0.50 M
ATS34	1.05	0.4	14	
AUS-8	0.7-0.8	1.0	13-14.5	0.1-0.25 V, 0.1-0.3 M, 0.5 Ni
CPM-S30V	1.45		14	4 V, 2 M
CPM 440V	2.15	0.4	17	5.5 V, 0.4 M
D-2	1.5		12	1.0 V, 1.0 M
M-2	1.3		4.0	2.0 V, 5.0 M
M-4	1.3		4.0	4 V, 5.0 M
O-1	0.85-1.0	1.0-1.4	0.4-0.6	0.3 V
SAN DVIC 12C2 7	0.6	0.35	14.0	
Z60C DV14	0.6-0.65	0.45	14	0.15-0.2 V, 0.55-0.6 M, 0.15 Ni

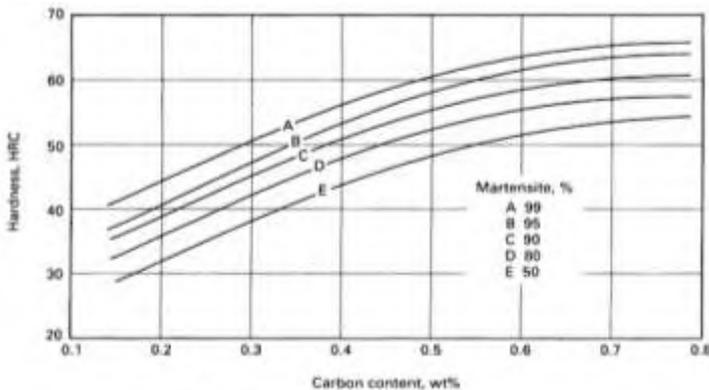
2.3 Faktor yang Berpengaruh Terhadap Kekerasan Pisau

Kekerasan pada pisau sangat bergantung pada jenis baja yang digunakan. Kekerasan tersebut ditentukan oleh komposisi unsur utama dan unsur paduan serta presentase jumlah unsur tersebut dalam baja. Kemudian jenis dan metode perlakuan panas yang tepat merupakan faktor yang diberikan untuk mencapai kekerasan tersebut.

2.3.1 Kadar karbon

Kekerasan baja tergantung dari jumlah karbon yang terdapat dalam baja, dimana semakin tinggi presentase karbonnya maka baja tersebut semakin keras. Baja dengan kadar karbon rendah yaitu dibawa 0,25% C sangat sulit untuk dikeraskan. Pada

baja ini lebih sering dilakukan *case hardening* atau penambahan kadar karbon, kemudian selanjutnya dilakukan pengerasan. Namun berbeda halnya dengan baja paduan, dimana terdapat kadar karbon sangat rendah namun karena tingginya unsur paduan dalam baja tersebut, baja ini dapat secara langsung dikeraskan (*quenching*). Hal ini dapat dibuktikan pada diagram IT (*isothermal diagram*) dimana semakin kecil presentase kadar karbon maka kurva transformasi akan bergeser ke arah kiri mendekati garis temperatur dan temperatur M_s akan semakin tinggi, akibatnya *nose* kurva transformasi semakin sulit untuk dihindari. Sebaliknya semakin mudah untuk menghindari *nose* kurva transformasi apabila prosentase kadar karbon semakin tinggi dan hasilnya struktur mikro martensit semakin mudah untuk diperoleh. Sifat keras pada baja ditentukan oleh struktur mikro martensit baja tersebut, yang diperoleh melalui laju pendinginan yang lebih cepat dari CCR (*critical cooling rate*) atau laju pendinginan tidak masuk ke kurva transformasi.



Gambar 2.1. Hubungan kadar karbon dengan kekerasan [2]

2.3.2 Unsur paduan

Tujuan unsur paduan yang ditambahkan ke dalam baja adalah untuk meningkatkan kemampuan baja untuk dikeraskan,

kekuatan pada temperatur normal, sifat mekanik antara temperatur rendah atau tinggi, ketangguhan, tahan aus, tahan korosi, dan sifat magnetic [4]:

a. Silikon (Si)

Silikon merupakan unsur paduan yang ada pada setiap baja dengan jumlah kandungan lebih dari 0,4-1%. Silikon meningkatkan kelarutan dalam matrik dan meningkatkan kekerasan setelah pendinginan. Silikon mempunyai pengaruh menaikkan kekerasan, kekuatan, kemampuan untuk dikeraskan, tahan aus, ketahanan terhadap panas dan korosi.

b. Mangan (Mg)

Unsur Mangan dalam proses pembuatan baja berfungsi sebagai *deoxidizer* (pengikat O₂) sehingga proses peleburan dapat berlangsung baik. Pada diagram IT (*isothermal digram*) mangan akan menggeser kurva ke kanan sehingga *hardenability* suatu baja semakin tinggi. Mangan dalam baja antara 0.2-0.4%, lebih dari jumlah ini akan diperoleh austenit yang tidak stabil pada temperatur kamar dan dapat menyebabkan *crack*. Mangan dalam baja dapat meningkatkan kedalaman pengerasan karena membentuk karbida mangan (Mn₃C) kekuatan, kemampuan di temper dan ketahanan aus.

c. Nikel (Ni)

Nikel memberi pengaruh sama seperti Mn yaitu menurunkan suhu kritis dan kecepatan pendinginan kritis. Nikel membuat struktur butiran menjadi halus sehingga menambah keuletan, kekuatan tahan karat dan tahan listrik.

d. Krom (Cr)

Unsur krom merupakan penstabil ferit, menurunkan temperatur Ms dan Mf dan pembentuk karbida dalam senyawa kompleks. Karena persentase krom dalam baja paduan kurang dari 2% maka atom-atom krom akan menggantikan atom Fe dalam Fe₃C, membentuk karbida-karbida seperti Cr₂₃C₆ dan Cr₇C₃. Meningkatkan kekerasan, kekuatan, ketahanan aus, kemampuan dikeraskan, ketahanan panas, kerak, dan karat.

e. Vanadium (V) dan Wolfram (W)

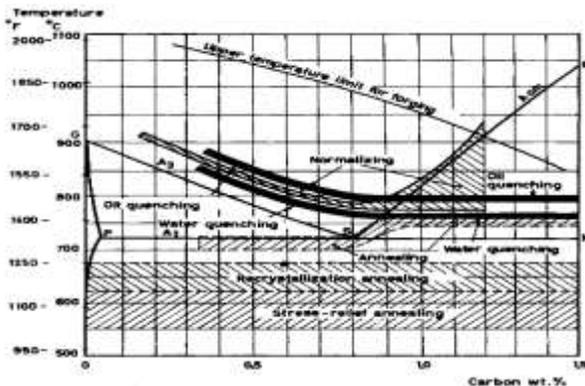
Unsur vanadium dan wolfram membentuk karbida yang sangat keras dan meningkatkan tahan aus pada baja, kemampuan potong dan daya tahan panas, untuk pahat potong dengan kecepatan tinggi.

f. Molidenum (Mo)

Unsur paduan ini ditambahkan ke dalam baja dengan tujuan menaikkan *hardenability* bahkan dalam jumlah kecil 0.2-0.3% molidenum memberikan efek kedalaman pengerasan yang baik. Molidenum terkadang dipadukan dengan baja dalam ikatan bersama-sama Cr, Ni, dan V yang dapat menghalangi pertumbuhan butir sehingga diperoleh butiran halus. Meningkatkan kekuatan tarik, kekerasan, ketahanan panas, dan batas leleh.

2.3.3 Pengerasan (*Hardening*)

Suatu proses perlakuan panas dengan kondisi tidak setimbang (*non equilibrium*) dengan laju pendinginan yang sangat cepat seperti air, oli, dan larutan polimer sehingga struktur mikro yang diperoleh adalah martensit. Hal ini dilakukan apabila sifat tahan aus dibutuhkan ada pada material maka sifat kekerasan sangat menentukan.



Gambar 2.2 Daerah temperatur *quenching* [6]

Seperti disebutkan sebelumnya bahwa kekerasan sangat tergantung pada komposisi kimianya terutama kadar karbonnya. Pada baja dengan kadar karbon rendah kenaikan kekerasan yang diperoleh setelah proses *hardening* tidak berarti, sehingga proses *hardening* hanya dilakukan pada baja dengan kadar karbon tinggi. Kekerasan yang sangat tinggi dapat diperoleh dengan melakukan proses laku panas untuk memperoleh struktur martensit.

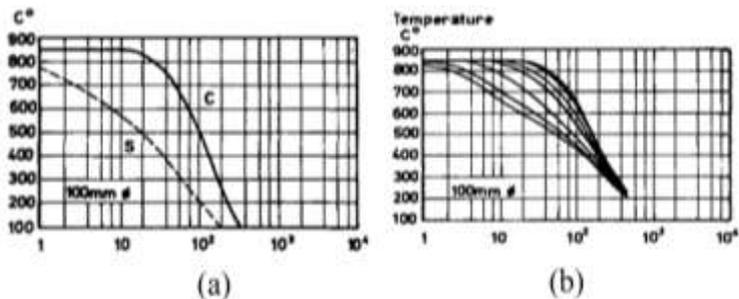
Hardening dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur austenit, ditahan beberapa saat untuk memperoleh keseragaman besar butir austenit lalu didinginkan dengan cepat pada media pendingin yang sesuai dengan material baja, sehingga diperoleh struktur mikro martensit.

Dari gambar 2.2 diatas untuk baja karbon rendah (*low carbon steel*) dilakukan pendinginan dengan air. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*) biasanya digunakan oli sebagai media pendinginan. Tingkat keberhasilan dari proses *quenching* adalah dengan meminimalkan tegangan sisa, distorsi dan kemungkinan terjadinya keretakan . Pendinginan yang terjadi pada proses *quenching* terjadi secara *non-equilibrium* karena laju pendinginan yang sangat cepat sehingga untuk memperoleh struktur yang sepenuhnya martensit maka laju pendinginan harus lebih cepat laju pendinginan kritis (*critical cooling rate*). Dengan laju pendinginan yang kurang dari CCR akan mengakibatkan adanya sebagian austenit yang tidak bertransformasi menjadi martensit tetapi menjadi struktur lain sehingga kekerasan maksimum tidak akan tercapai.

2.3.4 Media pendingin

Tujuan utama dari proses pengerasan adalah agar diperoleh struktur *martensit* yang keras, sekurang-kurangnya di permukaan baja. Hal ini hanya dapat dicapai jika menggunakan medium *quenching* yang efektif sehingga baja didinginkan pada suatu laju yang dapat mencegah terbentuknya struktur yang lebih lunak seperti perlit atau bainit. Tetapi berhubung sebagian besar benda kerja sudah berada dalam tahap akhir dari proses,

maka kualitas medium *quenching* yang digunakan harus dapat menjamin agar tidak timbul distorsi pada benda kerja setelah proses *quenching* selesai dilaksanakan. Hal tersebut dapat dicapai dengan cara menggunakan media *quenching* yang sesuai tergantung pada jenis baja yang diproses, tebal penampang dan besarnya distorsi yang diijinkan. Aturan sederhana yang biasanya diterapkan yaitu baja non paduan di *quench* di air; baja paduan di *quench* di oli dan untuk baja paduan tinggi didinginkan di udara.



Gambar 2.3 Perbedaan kurva pendinginan [12]
(a) Pendinginan air; (b) Pendingina oli

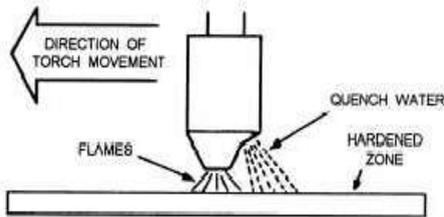
2.3.5 Proses pembuatan (*Manufacturing*)

Metode manufaktur lebih mengarah ke efek dari pembentukan karbida. Penambahan unsur paduan yang dapat berkombinasi membentuk karbida. Kekerasan dan sifat tahan aus dari suatu baja paduan ditentukan oleh jumlah partikel karbida, ukuran partikel, dan distribusi di dalam matriks baja. Faktor ini di kontrol oleh komposisi kimia, metode manufaktur, dan laku panas yang diberikan dan unsur paduan pembentuk karbida terdiri yang dari mangan (Mn), kromium (Cr), wolfram (W), molidenum (Mo), vanadium (V), dan titanium (T).

2.4 *Flame Hardening*

Metode pengerasan untuk memperoleh sifat kekerasan yang tinggi pada permukaan baja namun bagian dalam dari baja masih memiliki sifat awalnya. Proses yang dilakukan adalah

memanaskan permukaan baja hingga temperatur austenit dengan semburan api hasil pembakaran campuran gas bahan bakar (*fuel gas*) dengan oksigen kemudian didinginkan pada air atau oli untuk memperoleh struktur martensit.



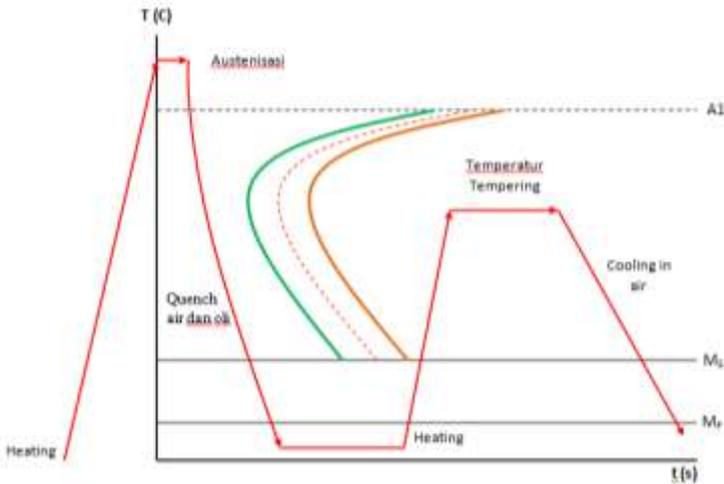
Gambar 2.4 Proses *Flame Hardening*

Adapun media pendingin yang digunakan disesuaikan dengan ketebalan dari material. Kedalaman kekerasan yang dapat diperoleh dari proses flame hardening sekitar 0.8 – 6.4 mm, kedalaman yang lebih dapat diperoleh bergantung pada *fuel*, bentuk *flame head*, lama pemanasan, *hardenability* material, media pendingin dan metode pendinginan. Proses ini sangat sesuai untuk baja dengan kandungan karbon cukup tinggi (0.3% - 0.6%). Adapun komponen mesin dan peralatan yang membutuhkan kekerasan permukaan seperti roda gigi, rantai, lintasan lurus pada mesin bubut (*lathe guide*) [6].

2.5 *Hardening dan Tempering*

Hardening merupakan proses memanaskan baja hingga temperatur austenisasi kemudian dilakukan penahan sesaat pada temperatur tersebut dan dilakukan proses *quenching* menggunakan media pendingin yang dapat memberikan laju pendinginan cepat agar diperoleh struktur mikro yang bersifat keras yaitu martensit. Setelah proses *hardening* selanjutnya dilakukan proses *tempering* dengan tujuan untuk mengurangi tegangan sisa akibat pendinginan cepat (*quenching*) dan mendapatkan kembali keuletan serta ketangguhan baja. Akan tetapi dalam memperoleh kembali keuletan dan ketangguhan baja

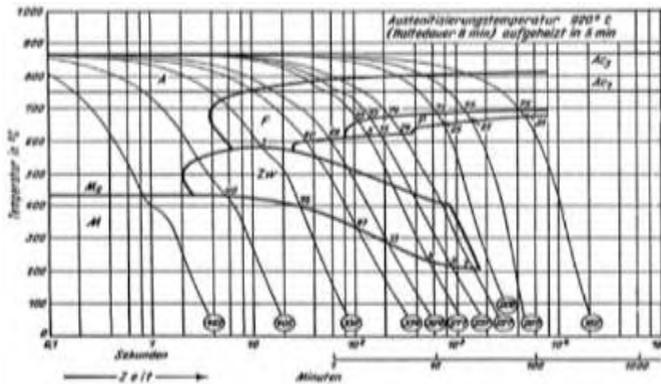
kekerasan dan kekuatan dikorbankan. Proses tempering dilakukan dengan memanaskan baja hingga temperatur kritis antara 150°C - 650°C dengan *holding time* yang disarankan untuk semua baja yaitu 1-2 jam dan segera didinginkan ke temperatur antara 50°C - 75°C [6].



Gambar 2.5 Proses Tempering

2.6 *Continuous Cooling Transformasi Diagram*

Diagram CCT (*Continuous Cooling Transformasi Diagram*) menampilkan hubungan antara temperatur dan waktu pada proses transformasi dengan laju pendingin tertentu dari media pendingin yang digunakan. Diagram ini memberikan informasi struktur mikro yang akan diperoleh di akhir dari proses laku panas dengan media pendingin yang ditentukan. Berikut ini merupakan CCT dari baja paduan rendah.



Gambar 2.6 CCT Diagram Baja SAE 6115 [3]

Pada diagram CCT baja SAE 6115 dengan kadar karbon 0,15% untuk memperoleh sifat keras dari baja maka struktur mikro yang harus diperoleh pada saat pendinginan adalah struktur mikro martensit. Temperatur mulai terbentuknya fasa martensit M_s diatas 400^0 C dan dapat diperoleh jika laju pendinginan lebih cepat dari CCR yaitu dibawa 2 detik. Sehingga media pendingin yang digunakan adalah air atau brine.

2.7 Pisau Dapur

Pisau dapur adalah pisau yang dibuat untuk digunakan dalam persiapan dan pembuatan makanan. Walaupun umumnya kegiatan memasak dapat dibantu dengan pisau serba guna apapun, ada berbagai jenis pisau dapur yang dirancang untuk melakukan hal yang spesifik dengan lebih baik.

Pisau dapur dapat dibagi sesuai dengan jenis bahan makanan yang akan diproses, misalnya pisau daging, pisau keju, dan pisau roti. Pisau roti dibuat bergerigi agar tidak menghancurkan roti pada saat dipotong, pisau keju dibuat agar bisa memotong keju yang lengket. Pisau dapur juga dapat dibagi berdasarkan jenis kegiatan yang dilakukan, misalnya pisau tulang digunakan untuk memisahkan daging dari tulang, dan pisau ukir digunakan untuk hal yang butuh ketelitian seperti mengupas [10].



Gambar 2.7 Pisau dapur [10]

2.7.1 Proses pembuatan dan jenis pisau dapur

Proses pembuatan pisau dapur pada dasarnya sama dengan proses pembuatan pisau-pisau lain. Yang berbeda terletak pada dimensi, bentuk, dan material dasar pisau serta tujuan dari pisau tersebut. Sifat-sifat yang harus dimiliki pisau dapur tetap sama yakni ketangguhan, kekerasan, tahan aus pada sisi mata pisau.

Para pande besi tradisional umumnya menggunakan material dasar dari baja bekas yang diperoleh dari pengepul dengan harga yang murah, kemudian ditempa dan disepuh dengan cara sederhana. Sedangkan pisau dapur yang diproduksi massal, materialnya telah ditentukan dan kemudian dipotong lalu ditempa dengan mesin. Selanjutnya diberikan perlakuan panas berdasarkan informasi dari standard materialnya. Terkadang baja yang telah dipotong dikirim ke pande besi dan dilakukan penempahan dengan pelaratan yang lebih maju sehingga pisau yang dihasilkan seragam baik dari sifat, bentuk, dan hasil lebih baik.

Untuk menghasilkan pisau dapur dengan kekerasan pada bagian luar serta pada mata pisau namun pada bagian tengah pisau memiliki ketangguhan. Para pande besi menggunakan teknik pengkombinasian baja karbon tinggi dengan baja karbon rendah yang kuat. Baja karbon tinggi ditempa secara memanjang dan dibuat celah pada bagian tengah, selanjutnya baja karbon rendah dengan ketangguhan yang baik ditempah dan diletakan ke

dalam celah dari baja karbon tinggi. Kombinasi dari kedua baja ini memberikan sifat yang dibutuhkan dari sebuah pisau. Tahap akhir adalah proses pengerasan pisau dengan mencelupkan pisau yang telah dipanaskan ke dalam air atau oli dan selanjutnya pengamplasan untuk menghilangkan terak pada permukaan pisau.

Secara umum jenis-jenis pisau dapur yang sering kita jumpai baik didapur maupun di pasar, antara lain sebagai berikut [8].

- Pisau Koki (*chef's knife*)
Pisau ini digunakan pada hampir semua pekerjaan di dapur seperti mengiris sayur, memotong daging, dan lain-lain. Ukurannya sekitar panjang 8 inci dan lebarnya 1,5 inci.
- Pisau Pengupas (*paring knife*)
Jenis ini penting jika anda memiliki pekerjaan yang rumit dan perlu ketelitian seperti mengupas tipis kulit buah dan sayuran, membelah jeruk, atau membersihkan udang. Bentuknya mirip segitiga dengan panjang 4 inci.
- Pisau fillet (*filleting knife*)
Digunakan untuk memotong tipis-tipis daging unggas atau ikan yang tidak bertulang. Ukuran panjang sekitar 4 sampai 6 inci, sangat tajam, tipis, dan fleksibel.

2.7.2 Sifat pisau dapur

Pisau dapur yang bagus dan berkualitas harus memiliki sifat-sifat yang dapat menunjang tujuan dari pisau tersebut, berikut sifat-sifat yang harus dimiliki sebuah pisau dapur [7].

- Tahan Aus (*Wear Resistance*)
Kemampuan sebuah pisau untuk menahan abrasi. Kemampuan ini ditentukan oleh jumlah dan distribusi karbida dalam baja.
- Kekuatan (*Strength*)
Kemampuan pisau untuk menerima beban tanpa mengalami deformasi atau perubahan. Untuk berbagai jenis pekerjaan kekuatan sangat penting, saat memotong sesuatu yang keras,

pisau akan mengalami tegangan lateral pada sisi mata pisau. Kekuatan berhubungan langsung dengan kekerasan, semakin keras semakin kuat.

➤ Ketangguhan (*Toughness*)

Kemampuan pisau dalam menyerap energi yang diberikan tanpa menyebabkan terjadinya kerusakan seperti retak atau patah. Kekerasan dan kekuatan berbanding terbalik dengan ketangguhan sehingga diperlukan perlakuan panas yang tepat agar sifat kedua sifat di miliki sebuah pisau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Material

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja yang diperoleh dari pengumpul besi bekas dan pemilihan material didasarkan pada material yang banyak terdapat pada pengumpul besi bekas dan harga yang murah. Dalam penelitian ini diambil 5 baja bekas tanpa mengetahui jenis baja.

3.2 Komposisi Kimia dan Material yang Digunakan

Pada table 3.1 berikut merupakan komposisi kimia dari tiap hasil pengujian komposisi dari tiap-tiap material bekas yang digunakan.

Tabel 3.1 Komposisi Kimia tiap Baja Bekas dari Hasil Uji

No	Jenis Material	Komposisi Kimia (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Others
1	Poros roda depan	0,08	0,04	0,34	0,01	0,02	0,01	0.01 Cu, 0.002 Mo
2	Poros swing arm	0,45	0,18	0,70	0,014	0,017	0,18	0.12 Cu, 0.012 Mo
3	Pegas daun	0,57	1,68	0,86	0,025	0,01	0,18	0.13 Cu, 0,02 Mo
4	Poros Mesin Industri	0,15	0,21	0,69	0,015	0,008	1,00	0.08 Cu, 0.13 Mo
5	Poros Pewarna Batik	0,15	0,23	0,79	0,018	0,013	1,09	0.11 Cu, 0.13 Mo

Material yang diambil sebanyak 5 material dan dapat dilihat pada table 3.3 dibawah ini.

Tabel 3.2 Material Bekas yang Digunakan

Sampe No	Jenis Material
1	Baja Poros Roda Sepeda Motor
	
2	Baja Poros Arm Sepeda Motor
	
3	Baja Pegas Daun
	
4	Baja Poros Mesin
	
5	Baja Poros Mesin Pencetak Warna Batik



3.3 Standard Baja

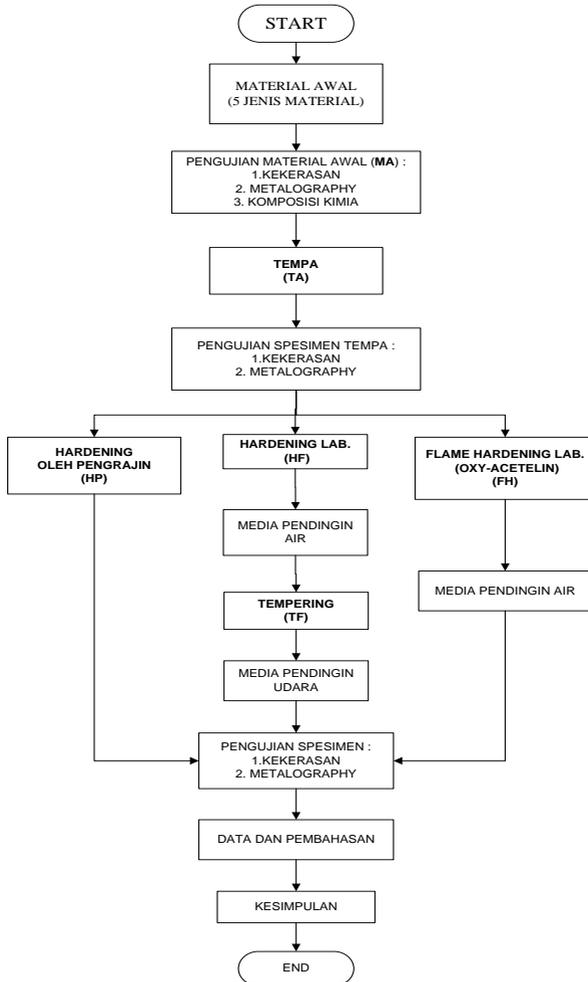
Komposisi kimia hasil pengujian disesuaikan dengan komposisi kimia yang mendekati atau berada dalam range komposisi kimia dari baja yang ditetapkan oleh standard AISI. Jenis baja yang diperoleh antara lain *Plain Carbon*, *Silicon-Manganese Steel*, dan *Cromium-Vanadium Steel*. Untuk range komposisi kimianya dapat dilihat pada table sebagai berikut.

Tabel 3.3 Komposisi Kimia Mengikuti Standar

Sampel	SAE /AISI	Komposisi Kimia (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
1	1008	0,08	...	0,20 - 0,40	0.025	0.025
2	1045	0,40 - 0,46	0,15 - 0,35	0,60 - 0,90	0.030	0.035	0,20
3	9255	0,50 - 0,60	1,80 - 2,20	0,70 - 0,95	-	-	-
4	6115	0,1 - 0,2	0,15 - 0,3	0,3 - 0,6	0.040	0.050	0,8 - 1,1
5	6115	0,1 - 0,2	0,15 - 0,3	0,3 - 0,6	0.040	0.050	0,8 - 1,1

3.4 Alur Proses Penelitian

Tahap observasi yang dilaksanakan pada penelitian ini ditunjukkan pada diagram alir proses berikut ini :



Gambar 3.1 Diagram alur proses penelitian

3.5 Perlakuan Panas

Material yang telah ditempa menjadi pisau, selanjutnya di *hardening* langsung oleh pande besi dengan metode mereka sendiri. Sebagian spesimen tempa dipotong dengan gergaji mesin membentuk spesimen uji untuk proses perlakuan panas di laboratorium menggunakan parameter temperatur dan media pendingin yang disesuaikan dengan standard pada buku.. Perlakuan panas yang dilakukan yaitu proses *flame hardening* dan *hardening* yang dikuti proses *tempering*.

3.5.1 *Hardening dan Tempering*

Adapun langkah pada proses *hardening* sebagai berikut:

1. Spesimen pisau dipotong dengan gergaji mesin sehingga diperoleh spesimen uji seperti pada gambar 3.2.
2. Spesimen uji dimasukkan kedalam *furnace* dan dipanaskan sampai temperatur austenisasi dan *holding time* sesuai dengan diagram CCT dari masing jenis baja. Seperti pada table 3.4 dibawah ini:

Tabel 3.4 Temperatur Austenisasi dan *Holding Time* Tiap Baja pada Proses *Hardening*

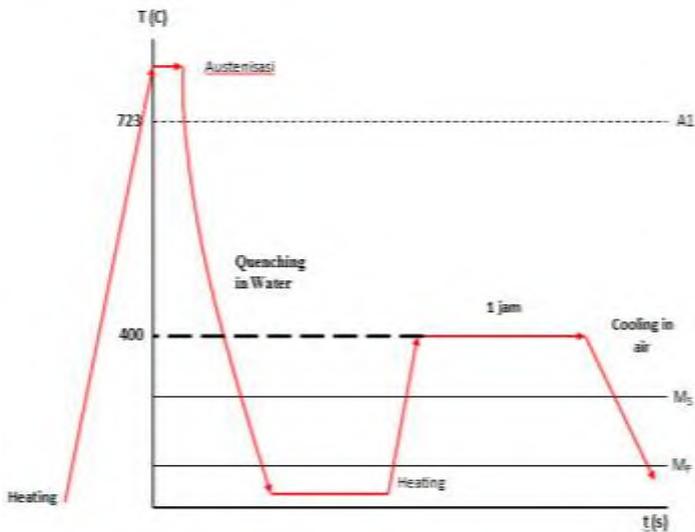
Sampel	Jenis Material	Temperatur Austenisasi (°C)	<i>Holding time</i> (menit)
1	Poros roda depan	913	-
2	Poros <i>Swing Arm</i>	880	2
3	Pegas Daun	915	30
4	Poros Mesin Industri	920	5
5	Poros Pewarna Batik	920	5

3. Spesimen uji dikeluarkan dari *furnace* dengan cepat dan di *quenching* kedalam media pendingin air.

4. Proses 2 dan 3 dilakukan untuk tiap spesimen uji 1 – 5.
5. Pada proses *tempering*, spesimen uji telah di *hardening* kembali dimasukkan kedalam *furnace* dan dipanaskan hingga temperatur 400° C dan temperatur dipertahankan selama 60 menit.
6. Spesimen uji dikeluarkan dari *furnace* dan didinginkan pada udara terbuka.
7. Proses 5 – 6 dilakukan untuk tiap spesimen uji 1 – 5.



Gambar 3.2 Spesimen Uji yang Telah Dipotong



Gambar 3.3 Skema Proses *Hardening* dan *Tempering*

3.5.2 *Flame hardening*

Adapun langkah-langkah proses *flame hardening* sebagai berikut:

1. Spesimen uji diletakan diatas meja kerja.
2. Posisi torch terhadap spesimen uji diatur dengan jarak 5 cm (antara permukaan spesimen uji pada sisi mata pisau dengan ujung torch).
3. Katup acetelene dibuka selanjutnya di oleh ikuti katup oksigen kemudian torch dinyalakan dengan pemantik bunga api.
4. Torch bergerak dan dilakukan pengukuran temperatur dengan thermometer infrared OMEGA hingga temperatur austenisasi seperti pada table 4.3.
5. Setelah thermometer menunjukkan besarnya temperatur austenisasi yang dicapai maka dengan segera benda uji dimasukan kedalam media pendingin air.
6. Proses 2 – 5 dilakukan untuk tiap spesimen uji 1 – 5.



Gambar 3.4 Proses *Flame Hardening* pada Pisau

3.6 *Alat-Alat yang Digunakan*

Adapun alat-alat yang digunakan selama penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.6.1 Peralatan potong

Peralatan yang digunakan untuk pembentukan spesimen uji kekerasan dan metalografi adalah gergaji mesin, *cutting wheel* dan gerinda tangan milik Laboratorium Metallurgi Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya.



Gambar 3.5 Alat Potong Spesimen

3.6.2 Dapur pemanas

Peralatan ini digunakan untuk memberikan perlakuan panas dan juga *holding time* pada temperatur serta waktu penahan yang telah ditentukan. Pada penelitian ini digunakan dapur pemanas dengan kapasitas pemanasan -60°C hingga 3000°C .



Gambar 3.6 Dapur Pemanas

3.6.3 Mesin *grinding* dan *polishing*

Peralatan ini digunakan untuk membuat permukaan spesimen rata, sehingga dapat digunakan untuk pengamatan struktur mikro maupun struktur makro. Proses ini berlangsung secara bertahap menggunakan kertas gosok dengan tingkat grid dari terkeci ke grid yang besar dan dialiri air sampai permukaan spesimen tersebut halus. Sedangkan *polishing* menggunakan kain wol yang ditaburi bubuk alumina atau *metal polishing* dan dialiri air sampai permukaan spesimen menjadi halus.



Gambar 3.7 Mesin *Grinding* dan *Polishing*

3.6.4 Peralatan etsa (*Etching*)

Proses etsa dilakukan dengan maksud untuk menkorosikan bagian permukaan spesimen sehingga struktur mikro spesimen dapat. Pada proses etsa ini *etching reagent* yang digunakan adalah larutan “nital” yang merupakan campuran antara alkohol sebanyak 98% dengan asam nitrat sebanyak 2%.

3.6.5 Peralatan pengamatan struktur mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan di laboratorium metalurgi dimana peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Mikroskop dengan kamera digital
- Satu unit computer

Gambar struktur mikro yang diperoleh dari mikroskop dikirim ke *digital still recorder* melalui kamera. Gambar ini kemudian direkam oleh *digital still recorder* kemudian disimpan oleh komputer dalam bentuk file. Peralatan ini dapat melakukan pengamatan dengan pembesaran 100X sampai dengan 1000X sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 3.8 Peralatan Pengamatan Struktur Mikro

3.6.6 Peralatan pengujian kekerasan (*Hardness*)

Mesin uji kekerasan yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah milik laboratorium Metallurgi Jurusan Teknik Mesin ITS Surabaya. Mesin yang digunakan adalah mesin uji kekerasan metode rockwell.



Gambar 3.9 Mesin Uji Kekerasan Frank (HRC)

3.7 Pengujian

3.7.1 Pengujian kekerasan

Maksud dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai dari distribusi kekerasan pada bagian tengah dari spesimen hasil pengerasan *hardening temper* dan *flame hardening*. Metode pengujian kekerasan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Rockwell skala C. Metode ini dipilih karena pelaksanaannya yang lebih cepat, angka kekerasan spesimen uji dapat dibaca langsung pada *dial mesin*. Pengujian kekerasan rockwell menggunakan indenter kerucut intan.

Spesimen yang akan diuji kekerasan terdiri atas spesimen awal, spesimen tempa dan spesimen perlakuan panas. Adapun langkah–langkah pengujian spesimen sebagai berikut:

1. Material awal, pisau setelah ditempa dan pisau setelah perlakuan panas, dipotong dengan gergaji mesin membentuk spesimen uji seperti pada gambar (a) dan (b).
2. Spesimen uji dicekam pada ragam kemudian permukaan diratakan dengan gerinda tangan.
3. *Mounting*, proses ini dilakukan untuk mempermudah penanganan spesimen yang terlalu kecil.

4. *Grinding*, spesimen dihaluskan kembali dengan mesin grinding dengan kekasaran dari kertas amplas sebesar 80 - 600.
5. Menentukan letak indentasi pada specimen uji dengan spidol dan penggaris dengan jarak antar indentasi 2 mm.
6. Spesimen uji diletakkan dibawah indenter, selanjutnya ditekan dengan beban awal (*load minor*) sebesar 10 kg dengan memutar piringan krom hingga jarum merah kecil pada *dial* mesin menunjuk pada angka 3.
7. *Handle* diturunkan untuk memberikan beban utama sebesar 150 kg (*major load*).
8. Saat handle berhenti bergerak tunggu selama 10 detik kemudian kembalikan posisi *handle* ke posisi awal untuk melepaskan beban awal.
9. Pada *dial* mesin catat nilai kekerasan yang ditunjukkan oleh jarum besar.
10. Proses 1 – 9 dilakukan secara berulang untuk setiap specimen uji.



(a)

(b)

Gambar 3.10 Ilustrasi Spesimen Uji Kekerasan.

(a) spesimen uji awal; (b) spesimen uji tempa dan perlakuan panas

3.7.2 Pengujian metalografi

Spesimen awal dan spesimen tempa yang telah mengalami perlakuan panas *hardening* dan *tempering* kemudian dilakukan pengamatan metalografi pada spesimen untuk mengamati struktur mikronya. Adapun tahap dari *metalography* adalah sebagai berikut :

1. Lakukan langkah-langkah 1 – 3 pada proses pengujian kekerasan.
2. *Grinding*, specimen dihaluskan kembali dengan mesin grinding dengan kekasaran dari kertas amplas sebesar 80 - 2000.
3. *Polishing*, specimen uji dipoles dengan *metal polishing* dan kain bludru hingga permukaan material yang dipoles mengkilap tanpa goresan.
4. Spesimen dietsa menggunakan asam nitrat (HNO₃) 2% dan alkohol 98% dengan durasi waktu pengetsaan 3 – 5 detik, tergantung pada kekerasan material dimana semakin keras semakin cepat larutan mengkorosikan batas butir.
5. Spesimen diamati struktur mikro dan fasa yang terjadi menggunakan mikroskop optis dengan perbesaran 100X, 500X, dan 1000X.
6. Ulangi langkah 1 – 5 untuk setiap pesimen uji.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

DATA DAN ANALISA HASIL PENELITIAN

4.1 Hasil Pengujian Komposisi Kimia

Tabel 4.1 Data Pengujian Komposisi Kimia

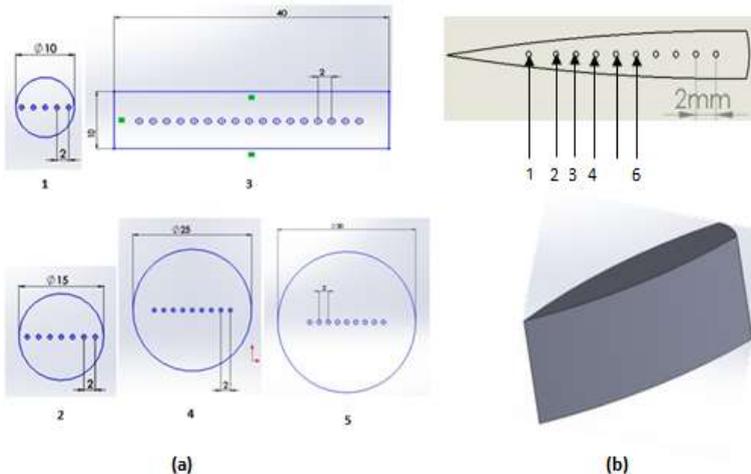
No	Jenis Material	Komposisi Kimia (%)						
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Others
1	Poros roda depan	0,08	0,04	0,34	0,01	0,02	0,01	0.01 Cu, 0.002 Mo
2	Poros swing arm	0,45	0,18	0,70	0,014	0,017	0,18	0.12 Cu, 0.012 Mo
3	Pegas daun	0,57	1,68	0,86	0,025	0,01	0,18	0.13 Cu, 0,02 Mo
4	Poros Mesin Industri	0,15	0,21	0,69	0,015	0,008	1,00	0.08 Cu, 0.13 Mo
5	Poros Pewarna Batik	0,15	0,23	0,79	0,018	0,013	1,09	0.11 Cu, 0.13 Mo

Tabel 4.2 Komposisi Kimia Mengikuti Standard Material

Sampel	SAE /AISI	Komposisi Kimia (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Cr
1	1008	0,08	...	0,20 - 0,40	0,025	0,025
2	1045	0,40 - 0,46	0,15 - 0,35	0,60 - 0,90	0,030	0,035	0,20
3	9255	0,50 - 0,60	1,80 - 2,20	0,70 - 0,95	-	-	-
4	6115	0,1 - 0,2	0,15 - 0,3	0,3 - 0,6	0,040	0,050	0,8 - 1,1
5	6115	0,1 - 0,2	0,15 - 0,3	0,3 - 0,6	0,040	0,050	0,8 - 1,1

4.2 Pengujian Kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan *Rockwell* dilakukan secara acak pada permukaan bagian dalam dari spesimen uji awal. Namun pada spesimen tempa, pengerasan, dan spesimen perlakuan panas dilakukan secara berurutan mulai dari mata pisau hingga punggung pisau seperti pada gambar 4.2b. Pengambilan titik kekerasan dilakukan pada tiap spesimen minimal 5 titik pengujian, letak pengambialn titik pengujian seperti pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Letak indentasi pengujian kekerasan *Rockwell* pada permukaan spesimen uji. (a) spesimen awal; (b) Spesimen tempa dan perlakuan panas

4.3 Data Hasil Pengujian Kekerasan

Pada pengujian *Rockwell* digunakan beban indentasi awal (*minor load*) sebesar 10 kg dan beban utama (*major load*) sebesar 150 kg untuk spesimen awal. Tempa, pengerasan, dan spesimen yang telah diberi perlakuan panas. Nilai kekerasan yang diperoleh dari pengujian dapat dilihat pada table 4.1 berikut:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kekerasan Material

No.	L I	Nilai Kekerasan (HRC)					
		MA	TA	HP	FH	HF	TF*
(1)	Titik 1	25	34	31	25	32	23
	Titik 2	25	33	30	23	30	19
	Titik 3	27	30	35	20	28	23
	Titik 4	27	29	34	24	25	23
	Titik 5	27	28	35	22	31	26
	Rerata	26	31,5	32,5	22,8	29,2	22,8
(2)	Titik 1	35	39	34	46	47	31
	Titik 2	34	39	35	46	49	30
	Titik 3	35	37	27	35	47	40
	Titik 4	34	40	26	27	46	30
	Titik 5	33	36	35	26	47	32
	Rerata	34,2	38,2	31,4	36	47,2	32,6
(3)	Titik 1	44	36	56	59	63	45
	Titik 2	44	33	42	58	63	50
	Titik 3	43	34	46	39	63	47
	Titik 4	44	35	48	38	63	50
	Titik 5	43	35	50	38	63	52
	Rerata	43,6	34,6	48,4	46,4	63	48,8
(4)	Titik 1	35	32	29	35	60	44
	Titik 2	34	33	25	34	60	47
	Titik 3	35	34	28	31	60	43
	Titik 4	35	34	28	30	59	43
	Titik 5	34	34	29	30	59	43
	Rerata	34,6	33,4	27,8	32	59,6	44
(5)	Titik 1	37	30	36	58	65	47
	Titik 2	36	31	35	61	64	49
	Titik 3	37	31	30	61	63	49
	Titik 4	35	32	29	40	63	50
	Titik 5	37	31	30	37	59	49
	Rerata	36,4	31	32	51,4	62,8	48,8

L I = Letak Indentasi

M A = Material Awal

T A = Spesimen Tempa

TF* - spesimen tempering dari proses hardening

H P = Hardening Pande

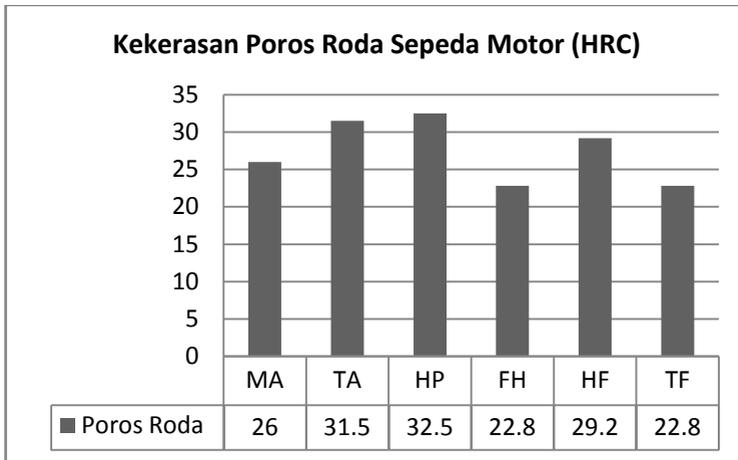
F H = Flame Hardening

H F = Hardening Furnace

4.4 Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros Roda Sepeda

Dari tabel 4.1 didapatkan rerata nilai kekerasan permukaan dari spesimen material awal (MA), tempa (T), pengerasan (HP) yang dilakukan oleh pande besi serta proses perlakuan panas *hardening* (HF), *tempering* (TF) dan *flame hardening* (FH) yang dilakukan di laboratorium, sehingga didapatkan grafik kekerasannya dari masing-masing spesimen.

4.4.1 Grafik hasil uji kekerasan pada poros roda sepeda motor



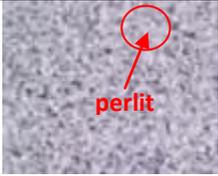
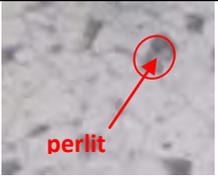
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Poros Roda

Pada gambar 4.2 menunjuk bahwa terjadi peningkatan nilai kekerasan dari nilai kekerasan material awal yaitu 26 HRC (MA) menjadi 31,5 HRC (TA) setelah proses tempa dan setelah dikeraskan oleh pande besi nilai kekerasan spesimen menjadi 32,5 HRC (HP). Namun pada proses perlakuan panas *tempering* nilai kekerasan turun menjadi 22,8 HRC (TF) begitu juga pada

proses *flame hardening* nilai kekerasan yaitu 22,8 HRC (FH). Pada perlakuan panas *hardening* yang dilakukan di laboratorium kekerasan yang diperoleh yaitu 29,2 HRC (HF). Pada proses *flame hardening* dimana pemanasan hanya dilakukan pada mata pisau dan hasil pengujian menunjukkan bahwa sisi mata pisau lebih keras dan pada bagian punggung pisau lebih lunak.

4.4.2 Struktur mikro pada poros roda sepeda motor

Tabel 4.4 Pengamatan Struktur Mikro pada Poros Roda Sepeda Motor

Spesi men	Gambar Struktur Mikro Poros Sepeda Motor		Keterangan
MA			Struktur mikro terdiri dari Fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark-brown area)
TA			Struktur mikro terdiri dari Fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark area)
HP			Fasa ferit (light area) struktur mikro didominasi oleh Pearlit (dark area)

FH			Ujung pisau lebih dominan perlit dan punggung pisau lebih dominan ferit
HF			Fasa ferit (light area) Pearlit (dark area)
TF*			Fasa ferit (light area) Pearlit (dark area)

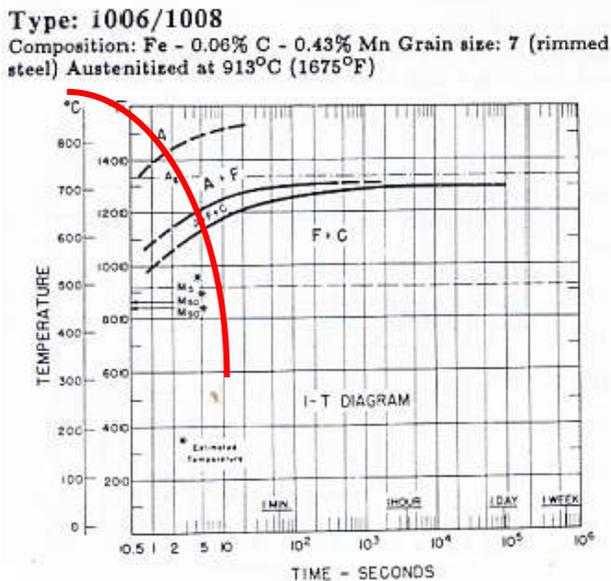
4.4.3 Pembahasan kekerasan dan struktur mikro poros roda sepeda motor

Hasil penelitian spesimen pisau setelah proses perlakuan panas *flame hardening* memperlihatkan sifat yang lebih lunak dibandingkan setelah proses tempa. Sifat lunak ini diperoleh karena struktur mikro yang terjadi setelah proses *flame hardening* didominasi oleh fasa ferit dengan ukuran butir yang besar dan sedikit struktur perlit. Untuk lebih jelasnya bagaimana proses terbentuknya fasa ferit dan struktur perlit, dapat dilihat pada diagram CCT gambar 4.7 dibawah ini.

Kadar karbon pada baja poros roda sepeda motor sebesar 0,08% C, maka garis kurva transformasi semakin mendekati garis temperatur dan temperatur M_s semakin naik. Struktur martensit dapat diperoleh jika kecepatan media pendingin dibawah 1 detik seperti yang diperlihatkan pada diagram diatas. Namun dalam penelitian ini menggunakan media pendingin air yang memiliki kecepatan pendinginan diatas 1 detik untuk mencapai temperatur

Ms (450°C). Hasil akhir yang diperoleh setelah proses pendinginan adalah fasa ferit dan fasa cementit. Pada sisi ujung pisau atau mata pisau struktur mikro di dominasi oleh pearlit dan pada sisi punggung pisau didominasi oleh ferit dengan ukuran butir yang besar.

Pada spesimen pisau setelah proses tempa memiliki struktur mikro yang sama namun lebih keras dari spesimen pisau *flame hardening*. Hal ini terjadi karena ukuran butir yang lebih kecil yang disebabkan oleh proses tempa. Pada perlakuan panas tempering struktur mikro yang diperoleh adalah struktur perlit dan didominasi fasa ferit dengan ukuran butir ferit yang besar sehingga sifat spesimen sama dengan sifat yang diperoleh pada perlakuan panas *flame hardening*.



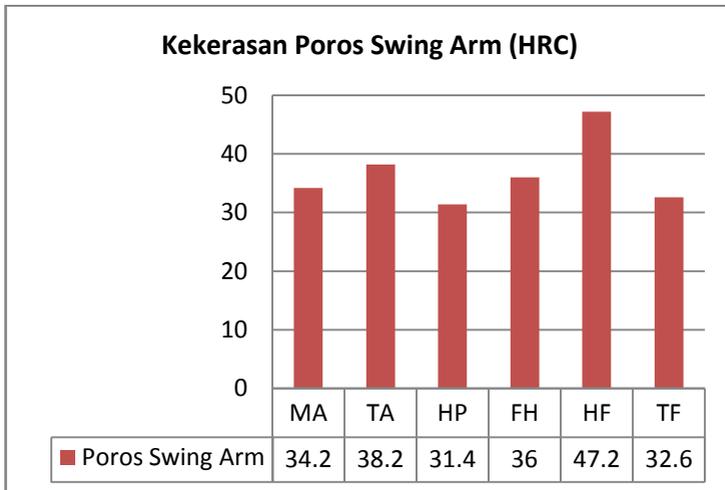
Gambar 4.3 Diagram CCT Spesimen Poros Roda Depan Sepeda Motor

4.5 Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros *Swing Arm*

Dari tabel 4.1 didapatkan rerata nilai kekerasan permukaan dari spesimen material awal (MA), tempa (T), pengerasan (HP) yang dilakukan oleh pande besi serta proses perlakuan panas *hardening* (HF), *tempering* (TF) dan *flame hardening* (FH) yang dilakukan di laboratorium, sehingga didapatkan grafik kekerasannya dari masing-masing spesimen.

4.5.1 Grafik hasil uji kekerasan pada poros *swing arm*

Pada grafik dibawah menunjukkan bahwa terjadi kenaikan nilai kekerasan pada spesimen pisau setelah proses tempa dari nilai kekerasan material awal yaitu 34,2 HRC (MA) menjadi 38,2 HRC (TA) namun menjadi lunak setelah proses pengerasan, bahkan lebih lunak dari material awalnya dengan nilai kekerasannya 31,4 HRC (HP).

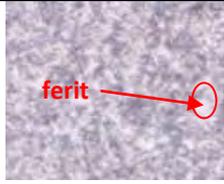


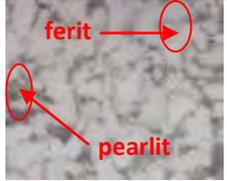
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Poros *Swing Arm*

Pada proses *flame hardening* untuk merata nilai kekerasan yang diperoleh yaitu 36 HRC (FH), lebih keras jika dibandingkan dengan proses pengerasan pande besi namun lebih lunak dari spesimen tempa. Pada proses *hardening* di laboratorium dengan menggunakan dapur, kekerasan yang diperoleh yaitu 47,2 HRC (HF) lebih keras dari semua spesimen. Pada sisi mata pisau untuk proses *flame hardening* diperoleh nilai kekerasan yaitu 46 HRC dan pada punggung pisau lebih lunak yaitu 26 HRC. Pada proses *tempering* merata nilai kekerasan spesimen pisau yang diperoleh yaitu 32,6 HRC (TF) sedikit lebih keras jika dibandingkan dengan nilai kekerasan spesimen pisau hasil pengerasan yang dilakukan oleh pande besi.

4.5.2 Struktur mikro pada poros *swing arm*

Tabel 4.5 Pengamatan Struktur Mikro pada Poros *Swing Arm*

Spesi men	Gambar Struktur Mikro Poros <i>Swing Arm</i>		Keterangan
MA			Fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark-brown area)
TA			Fasa ferit (light area) pada batas butir Pearlit (dark area)

HP			Fasa ferit (light area) struktur mikro didominasi oleh Pearlit (dark area)
FH			Ujung pisau lebih dominan bainit dan punggung pisau dengan ferit dan pearlit
HF			Fasa austenite sisa (light) dan martensit (dark)
TF*			Fasa ferit (light) dan martensit temper (dark)

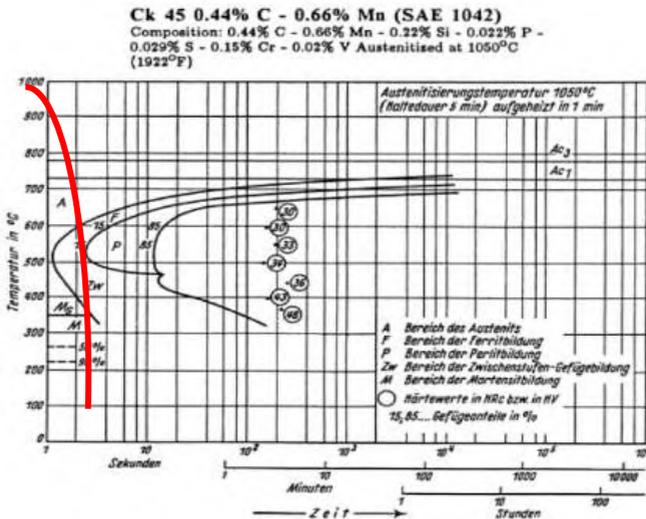
4.5.3 Pembahasan kekerasan dan struktur mikro poros *swing arm*

Spesimen pisau yang telah di hardening oleh pande besi memiliki sifat yang lebih lunak dari spesimen pisau setelah tempa hal ini disebabkan karena struktur mikro pada spesimen tempa berbentuk pipih dan kecil, sedangkan pada proses *hardening* oleh pande besi bentuk struktur mikro yang dimiliki berbentuk agak bulat dan lebih dominan fasa feritnya. Struktur mikro yang diperoleh setelah proses *flame hardening* terdiri dari struktur bainit, pearlit dan fasa ferit.

Struktur bainit terdapat pada sisi mata pisau yang memberi sifat keras pada mata pisau, diperoleh akibat temperatur

pada mata pisau mencapai temperatur austenisasi sebelum dilakukan pendinginan sedangkan pada punggung pisau terjadi hal yang sebaliknya sehingga struktur mikro yang diperoleh adalah struktur perlit dan fasa ferit yang lebih mendominasi sehingga memberikan sifat lunak

Proses terbentuknya bainit dapat dilihat pada diagram CCT dibawah, untuk memperoleh fasa martensit kecepatan media pendingin harus dibawah 1 detik atau sama dengan 1 detik. Dengan menggunakan media pendingin air yang kecepatan pendinginannya diatas 1 detik maka fasa ahir yang diperoleh adalah bainit dan selebihnya ferit.



Gambar 4.5 Diagram CCT Spesimen Poros Swing Arm

Spesimen pisau setelah proses tempa memiliki struktur mikro didominasi oleh perlit dengan ukuran butir yang besar dan terdapat fasa ferit pada batas butir. Struktur perlit ini terdapat mulai dari sisi mata pisau hingga sisi punggung pisau, hal ini yang memberikan sifat yang lebih keras pada spesimen pisau.

Pada spesimen pisau yang mengalami proses *tempering* terdapat struktur mikro martensit temper dan ferit, namun fasa ferit lebih banyak dibandingkan martensit temper sehingga spesimen memiliki sifat sedikit lebih lunak dari spesimen yang mengalami proses *flame hardening*. Struktur mikro yang diperoleh setelah proses *hardening* di laboratorium dengan menggunakan *furnace* yaitu martensit dan austenite sisa. Fasa ini yang menyebabkan material bersifat keras dan getas dibandingkan dengan spesimen lain.

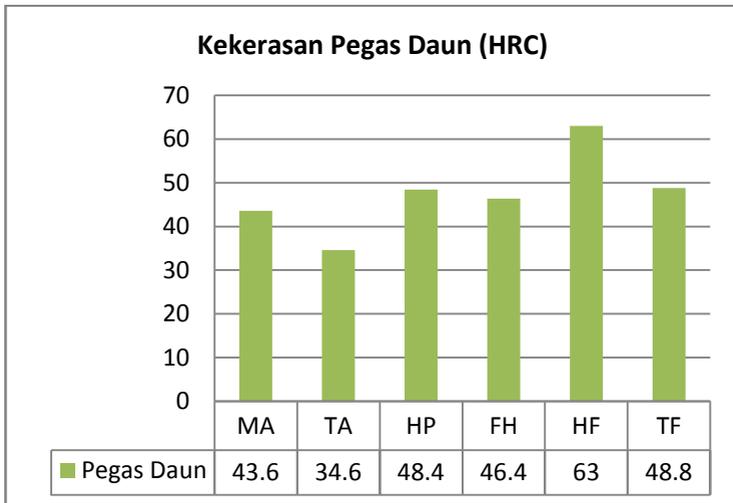
4.6 Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Pegas Daun

Dari tabel 4.1 didapatkan rerata nilai kekerasan permukaan dari spesimen material awal (MA), tempa (T), pengerasan (HP) yang dilakukan oleh pande besi serta proses perlakuan panas *hardening* (HF), *tempering* (TF) dan *flame hardening* (FH) yang dilakukan di laboratorium, sehingga didapatkan grafik kekerasannya dari masing-masing spesimen.

4.6.1 Grafik hasil uji kekerasan pada pegas daun

Pada gambar grafik dibawah memperlihatkan grafik hasil uji kekerasan dimana nilai kekerasan spesimen setelah proses tempa mengalami penurunan nilai kekerasan dari nilai kekerasan material awal yaitu dari 43,6 HRC (MA) menjadi 34,6 HRC (TA) namun setelah proses pengerasan yang dilakukan oleh pande besi, nilai kekerasan spesimen pisau naik menjadi 48,4 HRC (HP) lebih keras dibandingkan material awal. Proses *flame hardening* memberikan rerata nilai kekerasan dari spesimen pisau yaitu 46,4 HRC (FH) lebih lunak jika dibandingkan nilai kekerasan dari spesimen pisau hasil pengerasan pande besi. Kekerasan yang diperoleh pada sisi mata pisau yaitu 59 HRC dan pada bagian punggung pisau diperoleh nilai kekerasan yaitu 38 HRC. Rerata nilai kekerasan yang diperoleh dari spesimen pisau setelah proses *tempering* yaitu 48,8 HRC (TF), nilai rerata kekerasannya sama

dengan spesimen pisau setelah proses pengerasan yang dilakukan oleh pande besi. Pada spesimen pisau yang telah mengalami proses *hardening* memiliki nilai kekerasan yang tinggi yaitu 63 HRC (HF).

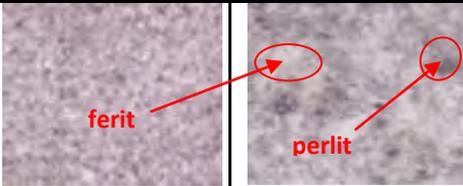
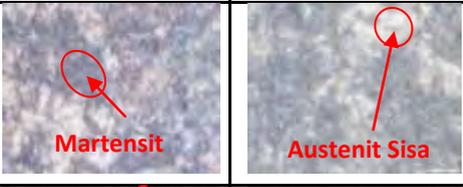


Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Pegas Daun

4.6.2 Struktur mikro pada pegas daun

Tabel 4.6 Pengamatan Struktur Mikro pada Pegas Daun

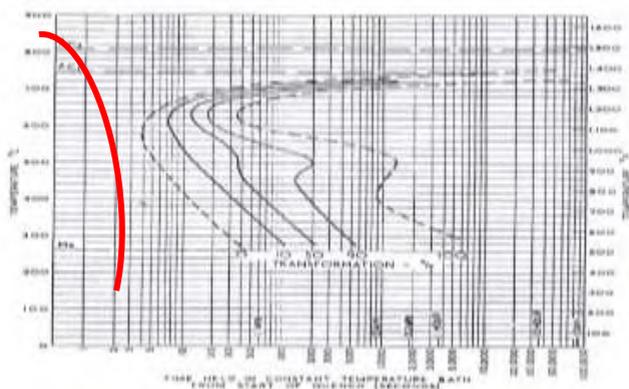
Spesimen	Gambar Struktur Mikro Pegas Daun	Keterangan
MA		Struktur mikro terdiri dari Fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark-brown area)

TA		Struktur mikro terdiri dari fasa ferit (light area) dan pearlit (dark area)
HP		Struktur mikro didominasi oleh Pearlit (dark), fasa ferit (light)
FH		Ujung pisau martensit jarum dan punggung pisau ferit dan perlit
HF		Austenit sisa (light) dan martensit (dark -lath)
TF*		ferit (light) dan martensit temper (dark - lath)

4.6.3 Pembahasan kekerasan dan struktur mikro pegas daun

Pada spesimen pisau dari material pegas daun yang mengalami perlakuan panas *flame hardening* memiliki sifat lebih keras dibandingkan spesimen pisau yang telah ditempa dan sedikit lebih lunak jika dibandingkan dengan spesimen pisau yang mengalami proses *tempering*. Pada sisi mata pisau yang

mengalami kontak langsung dengan nyala api saat proses *flame hardening* memiliki sifat yang keras dibandingkan sisi punggung pisau. Hal ini terjadi karena pada sisi mata pisau struktur mikro yang terbentuk adalah martensit berbentuk jarum dan adanya sedikit austenit sisa, sedangkan pada sisi punggung pisau terdapat struktur mikro perlit dan fasa ferit yang memberikan sifat lunak.



Gambar 4.7 Diagram CCT Spesimen Pegas Daun

Kadar karbon dari material pegas daun yaitu 0,57% C sehingga pada diagram CCT seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah, kurva transformasi bergeser jauh kekanan dan dibutuhkan waktu maximal 4 detik agar laju pendinginan tidak memotong kurva transformasi. Dengan menggunakan media pendingin air, laju pendinginan akan lebih cepat dari *critical cooling rate* (CCR) dan tidak menyentuh *nose* dari kurva transformasi sehingga struktur mikro yang diperoleh adalah martensit dan bentuknya seperti jarum.

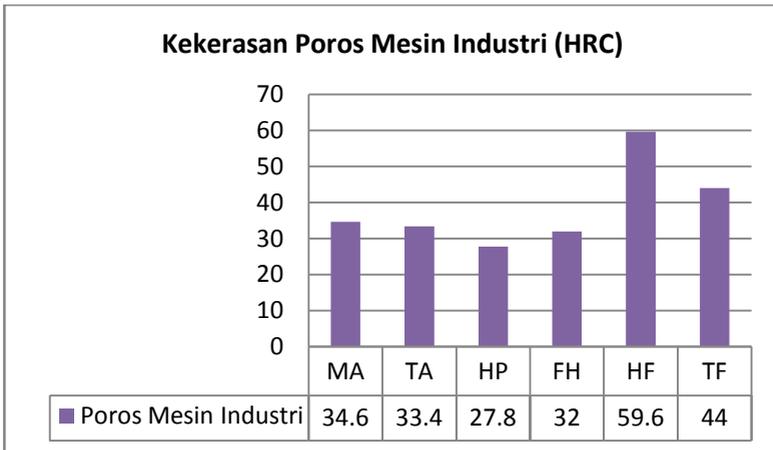
Spesimen pisau yang mengalami proses tempa sifatnya lebih lunak karena struktur mikro yang terbentuk adalah perlit dan fasa perit. Pada spesimen yang mengalami proses *tempering* struktur mikro yang terbentuk adalah martensit temper dan fasa ferit. Struktur mikro ini tersebar merata mulai dari sisi mata pisau hingga sisi punggung pisau sehingga keseluruhan bagian

spesimen menjadi keras. Sebelum proses *tempering* spesimen pisau telah di *hardening* dan sifat yang diperoleh sangat keras, hal ini disebabkan karena adanya fasa martensit dan austenit sisa yang terbentuk setelah proses pendinginan selesai.

4.7 Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros Mesin Industri

Dari tabel 4.1 didapatkan rerata nilai kekerasan permukaan dari spesimen material awal (MA), tempa (T), pengerasan (HP) yang dilakukan oleh pande besi serta proses perlakuan panas *hardening* (HF), *tempering* (TF) dan *flame hardening* (FH) yang dilakukan di laboratorium, sehingga didapatkan grafik kekerasannya dari masing-masing spesimen.

4.7.1 Grafik hasil uji kekerasan pada poros mesin industri



Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Poros Mesin Industri

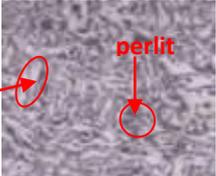
Pada grafik dibawah nilai kekerasan dari spesimen pisau setelah proses tempa mengalami penurunan kekerasan dari kekerasan material awal yaitu dari 34,6 HRC (MA) menjadi 33,4 HRC (TA) dan setelah proses pengerasan yang dilakukan oleh

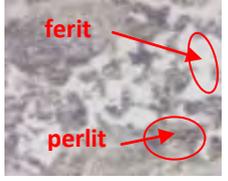
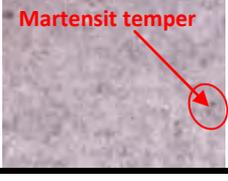
pande besi nilai kekerasan pisau semakin turun menjadi 27,8 HRC (HP) sangat lunak dibandingkan material awalnya. Pada proses *flame hardening* rerata kekerasan yang diperoleh yaitu 32 HRC (FH) mendekati kekerasan material awal dan spesimen pisau setelah tempa.

Pada sisi mata pisau nilai kekerasan yaitu 35 HRC dan pada sisi punggung pisau nilai kekerasan yaitu 30 HRC, dengan proses *flame hardening* mata pisau lebih keras dan punggung pisau lebih lunak. Pada proses *hardening* dengan menggunakan *furnace* diperoleh kekerasan yang lebih baik dari kekerasan spesimen lainnya yaitu 59,6 HRC (HF). Setelah proses *hardening* dilakukan proses *tempering* pada spesimen pisau dan diperoleh rerata kekerasan yaitu 44 HRC (TF), merupakan spesimen pisau yang paling keras setelah spesimen pisau hasil *hardening* di laboratorium.

4.7.2 Struktur mikro pada poros mesin industri

Tabel 4.7 Pengamatan Struktur Mikro pada Poros Mesin Industri

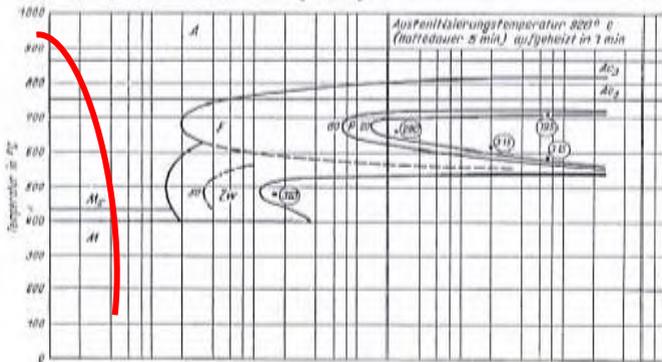
Spesimen	Gambar Struktur Mikro Poros Mesin Industri		Keterangan
MA			Fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark-brown area)
TA			fasa ferit yang berbentuk jarum (light area) dan Pearlit (dark area)

HP			Lebih banyak fasa ferit (light area) pearlit (dark area) hanya sebagian
FH			Lebih banyak perlit pada mata pisau dan fasa ferit pada punggung pisau
HF			Austenit sisa (light) dan martensit (dark -lath)
TF*			ferit (light) dan martensit temper (dark - lath)

4.7.3 Pembahasan kekerasan dan struktur mikro poros mesin industri

Spesimen pisau dari material poros mesin industri yang telah diberi perlakuan panas *flame hardening* memiliki sifat sedikit lebih lunak dari spesimen pisau yang ditempa. Namun kekerasan pada spesimen pisau yang ditempa sifat keras merata diseluruh permukaan dalam dari pisau dengan struktur mikro perlit dan ferit yang berbentuk pipih. Bentuk struktur mikro ini yang mengakibatkan sifat keras pada spesimen tempa, sedangkan pada spesimen pisau yang di *flame hardening* kekerasan berbeda antara sisi mata pisau dan punggung pisau. Sisi mata pisau memiliki struktur mikro perlit dan ferit namun didominasi oleh

struktur perlit, struktur perlit dan ferit yang ukuran butir yang berbentuk bulat yang memberikan sifat lunak pada spesimen pisau *flame hardening*. Hal yang sama terjadi pada spesimen pisau hasil hardening dari pande besi, sifat lebih lunak dibanding spesimen pisau hasil tempa.



Gambar 4.9 Diagram CCT Spesimen Poros Mesin Industri

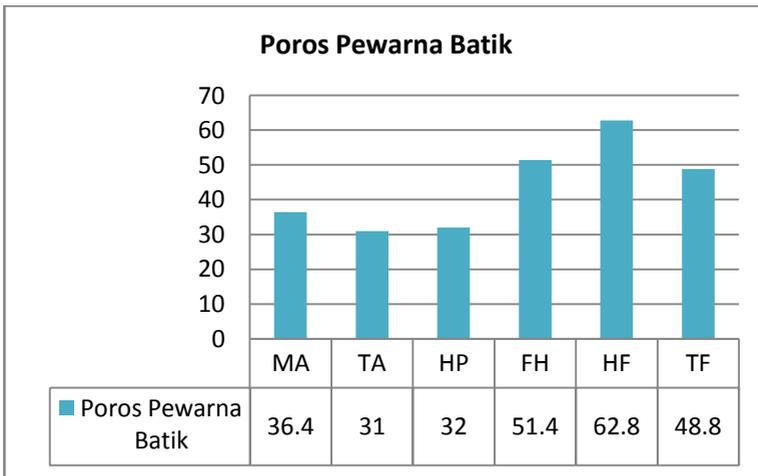
Spesimen pisau yang mengalami proses *hardening* di laboratorium dengan menggunakan *furnace* memiliki sifat paling keras dari spesimen lainnya, hal ini disebabkan struktur mikro yang terdapat pada spesimen adalah martensit dan austenite sisa. Fasa ini memberikan sifat keras dan getas pada spesimen pisau. Setelah proses *hardening* selanjutnya dilakukan proses *tempering* dan struktur mikro yang diperoleh yaitu martensit temper dan fasa ferit yang masih memberikan sifat keras pada spesimen pisau. Kadar karbon 0,15% dan dengan adanya paduan krom sebesar 1% dimana krom merupakan termasuk unsur paduan pembentuk karbida kompleks. Pada temperatur *tempering* yang rendah, krom menghilangkan laju pelunakan yang diharapkan terjadi pada saat proses *tempering*. Pada diagram CCT diatas pengaruh krom adalah menggeser kurva transformasi kearah kanan, sehingga

sangat memungkinkan untuk memperoleh fasa martensit dengan laju pendinginan yang sedikit lambat pada proses *hardening*.

4.8 Kekerasan dan Struktur Mikro Spesimen Pisau Material Poros Pewarna Batik

Dari tabel 4.1 didapatkan rerata nilai kekerasan permukaan dari spesimen material awal (MA), tempa (T), pengerasan (HP) yang dilakukan oleh pande besi serta proses perlakuan panas *hardening* (HF), *tempering* (TF) dan *flame hardening* (FH) yang dilakukan di laboratorium, sehingga didapatkan grafik kekerasannya dari masing-masing spesimen.

4.8.1 Grafik hasil uji kekerasan pada poros mesin industri



Gambar 4.10 Grafik Hasil Uji Kekerasan Spesimen Poros Pewarna Batik

Pada gambar grafik dibawah untuk spesimen pisau setelah proses tempa nilai kekerasan turun dari kekerasan material awalnya yaitu dari 36,4 HRC (MA) menjadi 31 HRC (TA). Namun setelah proses pengerasan yang dilakukan oleh pande besi

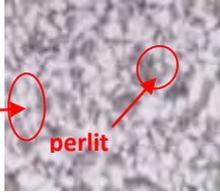
nilai kekerasan spesimen pisau naik menjadi 32 HRC (HP), sedikit lebih keras dari spesimen pisau setelah tempa namun lebih lunak dari material awalnya. Pada proses *flame hardening* pada sisi mata pisau nilai kekerasan yaitu 58 HRC dan pada sisi punggung pisau nilai kekerasan yaitu 37 HRC, dari sisi mata pisau yang bersifat keras berangsur-angsur menjadi lunak hingga punggung pisau.

Rerata nilai kekerasan untuk spesimen pisau setelah *flame hardening* yaitu 51,4 HRC (FH) sangat keras jika dibandingkan spesimen sebelumnya. Pada spesimen pisau hasil *tempering* rerata nilai kekerasan yaitu 48,8 HRC (TF), sedikit dibawah rerata nilai spesimen pisau hasil *flame hardening* namun masih lebih keras dari spesimen pisau hasil pengerasan yang dilakukan oleh pande besi. Pada spesimen pisau yang di *hardening* dengan menggunakan *furnace* di laboratorium diperoleh kekerasan 62,8 HRC (HF). Lebih keras dari semua spesimen pisau lainnya.

4.8.2 Struktur mikro pada poros pewarna batik

Tabel 4.8 Pengamatan Struktur Mikro pada Poros Pewarna Batik

Spesi men	Gambar Struktur Mikro Poros Pewarna Batik		Keterangan
MA			fasa ferit (light area) dari Pearlit (dark area)

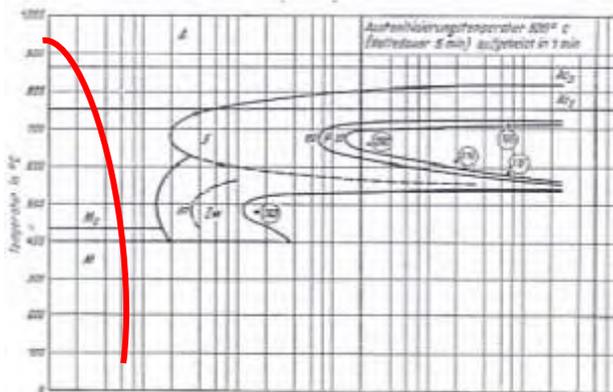
TA			Fasa ferrit (light area) dan sedikit Pearlit (dark area)
HP			Fasa ferrit (light area) lebih banyak Pearlit (dark area)
FH			bainit dan ferrit pada mata pisau dan pearlit ferrit sisi punggung
HF			Austenit sisa (light) dan martensit (dark -lath)
TF*			ferrit (light) dan martensit temper (dark -lath)

4.8.3 Pembahasan kekerasan dan struktur mikro poros pewarna batik

Spesimen pisau yang mengalami proses perlakuan panas *flame hardening* memiliki sifat yang jauh lebih keras dibandingkan spesimen pisau yang mengalami proses tempa

namun terhadap spesimen pisau yang mengalami proses *tempering*, kekerasan yang dimiliki tidak jauh berbeda. Kekerasan yang dimiliki pada sisi mata pisau jauh lebih keras dibandingkan sisi punggung pisau, hal ini disebabkan karena sisi mata pisau pada saat proses *flame hardening* bersentuhan langsung dengan nyala api sehingga mata pisau dapat mencapai temperatur austenisasi sebelum didinginkan pada media pendingin air. Struktur mikro yang diperoleh yaitu struktur bainit dan fasa ferit, sedangkan pada sisi punggung pisau terdapat struktur mikro perlit dan fasa ferit.

Spesimen pisau yang mengalami proses tempa memiliki sifat yang sangat lunak, hal ini terjadi karena struktur mikro yang terbentuk perlit dan fasa ferit. Fasa ferit pada spesimen pisau yang mengalami proses tempa memiliki ukuran butir yang besar dibandingkan ukuran butir perlit. Pada spesimen pisau yang mengalami proses *tempering* memiliki sifat yang keras meskipun lebih lunak jika dibandingkan dengan spesimen pisau yang di *flame hardening*. Struktur mikro yang dimiliki yaitu martensit temper dan fasa ferit.



Gambar 4.11 Diagram CCT Spesimen Poros Pewarna Batik

Komposisi kimia yang dimiliki material poros pewarna batik hampir sama dengan komposisi kimia material poros mesin industri, sehingga diagram CCT yang digunakan sama. Pada diagram CCT diatas dapat dilihat dengan laju pendingin cepat menggunakan media pendingin air maka struktur mikro martensit dapat diperoleh. Sebelum proses *tempering* dilakukan, proses *hardening* dilakukan terlebih dahulu pada spesimen dan struktur mikro yang diperoleh diakhir proses pendinginan yaitu martensit dan austenite sisa. Fasa martensit dan austenit memberikan sifat keras dang etas. Selanjutnya dilakukan proses *tempering*, struktur martensit menjadi partikel karbida yang tersebar kedalam matrik ferit sehingga diperoleh martensit temper yang sifatnya masih keras namun tak sekeras martensit pada proses *hardening*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh berdasarkan analisa data dan pembahasan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kekerasan dengan nilai tertinggi diperoleh pada proses *hardening* menggunakan furnace dan struktu mikro terdiri dari martensit dan austenite sisa. Untuk specimen pisau dari material *swing arm* sebesar 47,2 HRC, pegas daun sebesar 63 HRC, poros mesin industri sebesar 59,6 HRC dan poros pewarna batik sebesar 62,8 HRC.
2. Pada proses *tempering* kekerasan selalu lebih lunak dari proses *hardening* namun masih lebih keras dari proses *flame hardening* dan proses *hardening* yang dilakukan oleh pande besi.
3. Perlakuan panas dengan *flame hardening* memberikan sifat keras pada sisi mata pisau dengan struktur mikro terdiri dari perlit, bainit dan sedikit fasa ferit. Nilai kekerasan yang diperoleh untuk spesimen pisau dari material poros roda sebesar 22,8 HRC, *swing arm* sebesar 36 HRC, pegas daun sebesar 46,4 HRC, poros mesin industri sebesar 32 HRC dan poros pewarna batik sebesar 51,4HRC.
4. Sifat yang diperoleh pada proses pengerasan yang dilakukan oleh pande besi terkadang lebih keras dari specimen tempanya namun juga terkadang lunak. Dengan struktur mikro terdiri atas perlit dan fasa ferit.

5.2 Saran

Saran – saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Untuk memperoleh kekerasan yang maksimal media pendingin air yang digunakan harus bersih danjernih dan tanpa campuran zat lain, kecuali penambahan sat tertentu untuktujuan tertentu.

2. Kerataan permukaan sangat diperlukan untuk memperoleh data kekerasan yang valid saat pengujian kekerasan. Hasil *mounting* pada spesimen uji juga sangat mempengaruhi data kekerasan yang diperoleh.
3. Pada pengujian kekerasan sangat perlu untuk memastikan kalibrasi alat ukur sesuai dengan skala pengujian yang digunakan. Indentor yang digunakan harus bebas dari keausan akibat usia pemakaian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook, 1990, *Properties and Selection: Irons, Steels, and High-Performance Alloys*, 10th edition, America Society for Metal, Volume 1, Ohio.
- [2] ASM Handbook, 2007, *Heat Treating*, 10th edition, America Society for Metal, Ohio.
- [3] ASM Handbook, 1991, *Atlas of Time-Temperature Diagrams for Irons and Steels*, America Society for Metal, United States.
- [4] Avner, S. H, 1964, *Introduction to Physical Metallurgy*, 2nd edition, McGraw-Hill Company, New York.
- [5] C.R. Brooks, 1996, *Principles of the heat treatment of plain carbon and low alloy steels*, America Society for Metal, Volume 1, Ohio.
- [6] K.-E. Thelning, 1984, *Steel and Its Heat Treatment*, 2 Sub edition, Butterworth-Heinemann, London.
- [7] <http://zknives.com/knives/articles/knifesteelfaq.shtml>. diakses tanggal 10 Maret 2016.
- [8] <http://dapur-modern.blogspot.co.id/2014/02/tips-memilih-pisau-dapur-set-yang-bagus.html>. diakses tanggal 28 Maret 2016.
- [9] <http://pisauku.blogspot.com>. diakses tanggal 8 April 2016
- [10] http://id.wikipedia.org/wiki/Pisau_dapur. diakses tanggal 8 April 2016
- [11] <http://www.iforgeiron.com/topic/1875-metallurgy-of-steel-for-bladesmiths> diakses tanggal 18 April 2016
- [12] W.D.C. Jr, W.D., Callister William D., 2007, *Materials Science and Engineering: An Introduction*, 7th edition, John Wiley & Sons.

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Ujung Pandang, 12 Januari 1992, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Kristen Bethany Terpadu Tana Toraja, SDN Inpress Saluallo Tana Toraja, SMPN 1 Wasuponda dan SMAN 1 Wasuponda. Setelah lulus dari SMAN tahun 2009, penulis melanjutkan pendidikannya di Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar dan diterima di Jurusan Teknik Mesin pada tahun 2010. Setelah penulis menyelesaikan pendidikan D3 di Politeknik, penulis melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui program S-1 Lintas Jalur dan diterima pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri pada tahun 2014. Pada akhir semester mengambil tugas akhir konsentrasi Metalurgi. Untuk informasi mengenai tugas akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis via telfon 085242277636 atau via email januardbandaso@gmail.com