

TUGAS AKHIR

**“PENGARUH MEDIA AIR GARAM TERHADAP KEKERASAN DARI
PROSES PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN API OKSI
ASETILEN”**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar
Sarjana Teknik Pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Riau**



Oleh :

MUHAMMAR GHADDAFI

153310384

PROGAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS ISLAM RIAU

PEKANBARU

2021

PENGARUH MEDIA AIR GARAM TERHADAP KEKERASAN DARI PROSES PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN API OKSI ASETILEN

Muhammar Ghaddafi, Syawaldi, Dedikarni dan Dody yulianto

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Islam Riau

Jl. Kaharudin Nasution No.133 perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : dafi97@student.uir.ac.id

ABSTRAK

Pandai besi adalah keterampilan atau kemampuan dalam membentuk baja menjadi produk-produk yang dibutuhkan, agar produk yang dihasilkan bisa digunakan untuk pemakaian yang tahan lama maka perlu dilakukan proses pengerasan permukaan. *Flame hardening* merupakan salah satu proses pengerasan permukaan dengan menggunakan nyala api langsung yang dihasilkan dari gas oksida asetilen. Penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh media air garam terhadap kekerasan dari proses perlakuan panas menggunakan api oksida asetilen. Pada penelitian ini digunakan material baja pegas daun bekas *truck colt diesel* yang kenai perlakuan *flame hardening* dan *quenching*. Hasil penelitian menunjukkan harga kekerasan tertinggi diperoleh pada metode *flame hardening* dengan media pendingin 15% air garam yaitu 58,5 HRC dengan nilai kekuatan tarik sebesar 815,76 Mpa, dan terjadi penurunan kekerasan pada persentase air garam 10% yaitu menjadi 48 HRC dengan kekuatan tarik sebesar 741,75 Mpa, dan pada pendinginan air garam 5% dengan harga kekerasan sebesar 48 HRC dengan kekuatan tarik sebesar 725,42 Mpa, sedangkan pada perlakuan *hardening* oleh pandai besi dengan pendinginan oli memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu 1215,54 Mpa dengan harga kekerasan sebesar 52,5 HRC.

Kata kunci : air garam, *flame hardening*, kekerasan, kekuatan tarik.

***THE EFFECT OF SALT WATER MEDIA ON THE VIOLENCE OF THE
HEAT TREATMENT PROCESS USING OXY ACETYLENE FLAME***

***Muhammar Ghaddafi, Syawaldi, Dedikarni dan Dody yulianto
Mechanical Engineering Study Program, Islamic University Of Riau***

Jl. Kaharudin Nasution No.133 Perhentian Marpoyan, Pekanbaru

Email : dafi97@student.uir.ac.id

ABSTRACK

Blacksmith is the skill or ability to form steel into the products needed, so that the resulting product can be used for long-lasting use, it is necessary to carry out a surface hardening process. Flame hardening is a surface hardening process using direct flame produced from oxy acetylene gas. This research was conducted to investigate the effect of brine media on the hardness of the heat treatment process using an oxy acetylene flame. In this study, the used leaf spring steel material from the colt diesel truck which is subjected to flame hardening and quenching treatments is used. The results showed that the highest price of hardness was obtained in the flame hardening method with 15% brine as a cooling medium, namely 58.5 HRC with a tensile strength value of 815.76 Mpa, and a decrease in hardness in the percentage of 10% brine, namely to 48 HRC with tensile strength. amounting to 741.75 Mpa, and at 5% brine cooling with a hardness price of 48 HRC with a tensile strength of 725.42 Mpa, while the hardening treatment by blacksmiths with oil cooling has the highest tensile strength, namely 1215.54 Mpa with the price of hardness. amounting to 52.5 HRC.

Key words: salt water, flame hardening, hardness, tensile strength

KATA PENGANTAR

الرَّحِيمِ الرَّحْمَنِ اللَّهُ بِسْمِ

Puji beserta syukur saya panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karuniaNya, sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang wajib diselesaikan oleh seluruh mahasiswa Teknik Mesin untuk mencapai gelar Sarjana Teknik (S-1) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau.

Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan dan kerjasama dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis yang senantiasa memberikan do'a dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Ir. Syawaldi. M.Sc selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau dan sekaligus sebagai Pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Rafil Arizona ST.,M.Eng selaku Sekretaris Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Islam Riau.
4. Seluruh rekan-rekan mahasiswa teknik mesin yang telah berpartisipasi dalam memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan pada penulisan Tugas Akhir ini, penulis berharap agar kritik dan saran yang dapat membantu dalam menyempurnakan laporan ini. Akhir kata semoga hasil skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

Pekanbaru, Juli 2021

Penulis

MUHAMMAR GHADDAFI

15.33.10.384

DAFTAR ISI

ABSTRAK

KATA PENGANTAR i

DAFTAR ISI ii

DAFTAR GAMBAR..... v

DAFTAR TABEL vii

DAFTAR NOTASI..... x

BAB I : PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah..... 3

1.3 Tujuan Penelitian..... 3

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Sistematika Penulisan 4

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Baja..... 6

2.1.1 Baja Pegas Daun 7

2.1.2 Komposisi Kimia Material Pegas Daun 7

2.1.3 Berdasarkan Presentase Karbon 8

2.2 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)..... 10

2.2.1 *Hardening* 11

2.2.2 *Annealing* 15

2.2.3 Normalizing	16
2.2.4 Quenching	16
2.2.5 Tempering	18
2.3 Pengerasan Api (<i>Flame Hardening</i>)	19
2.4 Gas Oksi Asetilen Pada Proses <i>Flame Hardening</i>	21
2.5 Pengerjaan Panas (<i>Hot Working</i>)	23
2.6 Media Pendingin	26
2.7 Uji Sifat Mekanis Baja	28
2.7.1 Uji Kekerasan	29
2.7.2 Uji Tarik	33
BAB III : METODE PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	40
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	41
3.2.1 Tempat	41
3.2.2 Waktu	41
3.3 Peralatan Yang Digunakan	41
3.4 Pembuatan Bahan Uji	42
3.5 Tahap Persiapan Spesimen	43
3.6 Tahap Perlakuan Spesimen	43
3.7 Perlakuan Panas Spesimen Uji	44
3.8 Prosedur Perlakuan Panas <i>Flame hardening</i>	46
3.9 Pengujian Spesimen Pegas daun	47
3.9.1 Uji Kekerasan	47

3.9.2 Uji Tarik.....	49
3.10 Jadwal Kegiatan Penelitian.....	50

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kekerasan	51
4.1.1 Kekerasan Pada Posisi Ujung.....	54
4.1.2 Kekerasan Pada Posisi Tengah.....	55
4.1.3 Kekerasan Pada Posisi Non Tirus	56
4.2 Kekuatan Tarik	58
4.2.1 Nilai Kekuatan Tarik.....	60
4.2.2 Nilai Keuletan	61

BAB V PENUTUP

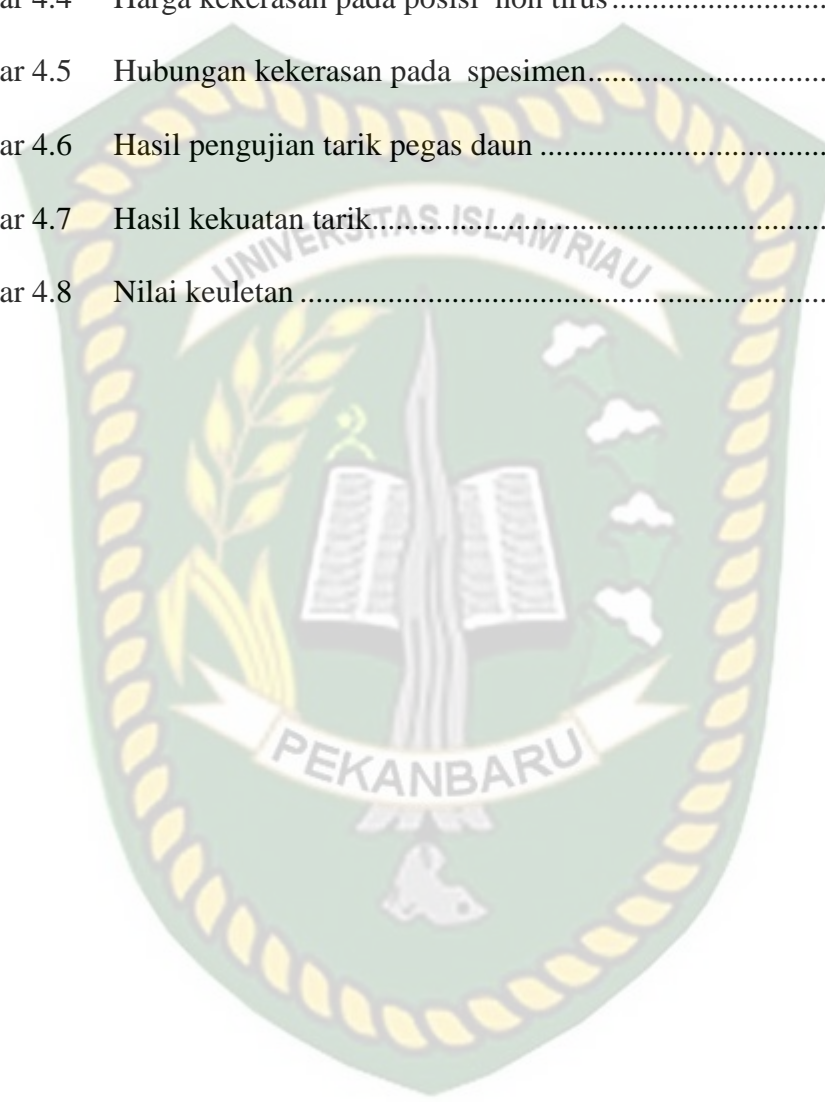
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	65

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Fasa Fe-Fe ₃ C.....	11
Gambar 2.2.	Hubungan antara kekerasan dan kadar karbon.....	17
Gambar 2.3	Proses tranformasi untuk baja karbon.	18
Gambar 2.4	Prinsip <i>flame hardening</i>	20
Gambar 2.5	Nyala api netral.	21
Gambar 2.6	Nyala api karburasi.	22
Gambar 2.7	Nyala api oksidasi.	23
Gambar 2.8	Bentuk indenter uji kekerasan <i>rockwell</i>	33
Gambar 2.9	Gambaran umum alat uji tarik.....	33
Gambar 2.10	Gambaran singkat uji tarik dan datanya.....	31
Gambar 2.11	Profil data hasil uji tarik.....	33
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian.....	40
Gambar 3.2	Spesimen uji kekerasan.....	42
Gambar 3.3	Spesimen uji tarik menurut ASTM E-8.....	42
Gambar 3.4	Spesimen uji sebelum dan sesudah ditempa.....	44
Gambar 3.5	Tungku api terbuka.....	44
Gambar 3.6	Las oksidasi asetilen.....	45
Gambar 3.7	Air dan garam.....	46
Gambar 3.8	Mesin uji <i>rockwell hardness tester</i>	48
Gambar 3.9	Mesin uji tarik Hung Ta HT-8503.....	49
Gambar 4.1	Titik indentasi uji kekerasan.....	52

Gambar 4.2	Harga kekerasan pada posisi ujung	54
Gambar 4.3	Harga kekerasan pada posisi tengah	55
Gambar 4.4	Harga kekerasan pada posisi non tirus	57
Gambar 4.5	Hubungan kekerasan pada spesimen.....	58
Gambar 4.6	Hasil pengujian tarik pegas daun	60
Gambar 4.7	Hasil kekuatan tarik.....	60
Gambar 4.8	Nilai keuletan	62



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Komposisi Kimia Pegas daun (L300)	8
Tabel 2.2	Variasi warna dan temperatur api	25
Tabel 2.3	Uji Kekerasan <i>rockwell-C</i>	31
Tabel 2.4	Standar pengujian <i>rockwell</i> menurut DIN 50103	32
Tabel 3.1	Pengelompokan spesimen uji.....	43
Tabel 3.2	Jadwal kegiatan penelitian.	50
Tabel 4.1	Hasil pengujian kekerasan <i>Rockwell C</i>	52
Tabel 4.2	Hasil Uji Tarik	59

DAFTAR NOTASI

T	=	Temperatur	[°C]
HR	=	<i>Hardnesss Rockwell</i>	HRC]
F ₀	=	Beban uji awal	(N)
F ₁	=	Beban uji utama	(N)
F	=	Beban uji total	(N)
E _a	=	Dalamnya luka tekan akibat beban uji awal	Mm
E _g	=	Dalamnya luka tekan akibat beban uji utama	(mm)
E	=	Dalamnya luka permanen jika beban utama- F ₁ dihilangkan	(mm)
σ	=	Tegangan	[N/mm ²]
F	=	Gaya/beban	[N]
A ₀	=	luas penampang mula	[mm ²]
e	=	Regangan atau Keuletan	[%]
Li	=	Panjang setelah pengujian	[mm]
L ₀	=	panjang awal	[mm]

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pandai besi adalah keterampilan atau kemampuan dalam membentuk baja menjadi produk-produk yang dibutuhkan, untuk mendapatkan produk ini maka diperlukan keterampilan dalam teknik menempa baja. Dalam pembentukannya ini diperlukan bahan baku yaitu dari baja-baja bekas, yang kemudian dilakukan proses pengerjaan panas pada tungku api terbuka dan dilanjutkan dengan proses penempaan. Keterampilan dalam pembentukan baja ini dapat menghasilkan produk seperti pisau, cangkul, kampak, linggis, dan lain-lain. Agar produk yang dihasilkan bisa digunakan untuk pemakaian yang tahan lama maka perlu dilakukan proses perlakuan panas permukaan. Ada beberapa cara yang dipakai untuk mengurangi tingkat keausan, salah satunya dengan meningkatkan kekerasan permukaan benda kerja. Hal ini bisa dilakukan karena gesekan-gesekan hanya terjadi pada permukaan saja. Banyak sekali metode untuk peningkatan kekerasan permukaan, salah satunya adalah *flame hardening* (Haqi, 2006).

Flame hardening merupakan salah satu proses pengerasan permukaan (*Surface treatment*) dengan menggunakan nyala api langsung yang dihasilkan dari gas oksasi asetilen. Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda (benda kerja) terhadap penetrasi atau daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari

bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan *cold worked* seperti pengerolan, penarikan, pemakanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas. Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kekerasan dalam perlakuan panas antara lain: komposisi kimia, langkah perlakuan panas, air pendinginan, temperatur pemanasan, dan lain-lain. Proses *flame hardening* cukup banyak dipakai di industri logam atau bengkel-bengkel logam lainnya, dimana proses ini dapat menghasilkan suatu lapisan permukaan yang keras dengan inti yang masih lunak sehingga baja masih tetap ulet (tidak getas) meski permukaannya menjadi keras (Elgun, 1999).

Muh. Nurkhozin (2009) mengadakan penelitian tentang pengaruh *manual flame hardening* terhadap kekerasan hasil tempa baja pegas daun, dari pengujian kekerasan didapatkan nilai kekerasan spesimen tertinggi pada spesimen dengan kombinasi perlakuan *annealing*, tempa dan *manual flame hardening*. Hasil penelitian menunjukkan proses *manual flame hardening* dapat meningkatkan kekerasan baja tempa.

Budi Syahri, dkk. (2017) melakukan analisis kekerasan baja ASSAB 705 yang dikenai perlakuan panas *hardening* dan media pendingin, dan menyatakan bahwa terjadinya peningkatan kekerasan pada spesimen yang di *quenching* dengan media pendingin oli sekitar 15,62%, pada spesimen yang di *quenching* dengan media air meningkat sekitar 17,28%, pada spesimen

yang di *quenching* dengan media pendingin larutan air garam meningkat sekitar 20,30%.

Berdasarkan latar belakang diatas dan dilihat dari permasalahan tersebut penulis ingin meneliti bagaimana pengaruh media air garam terhadap kekerasan dari proses perlakuan panas menggunakan api oksi asetilen.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah ;

1. Bagaimanakah perbedaan proses perlakuan panas *flame hardening* dan perlakuan *hardening* pada spesimen baja pegas daun.
2. Bagaimanakah pengaruh perbedaan media *quenching* pada proses perlakuan panas permukaan.
3. Bagaimanakah pengaruh media air garam terhadap kekerasan dari proses *flame hardening*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini :

1. Untuk mengetahui perbedaan kekerasan pada setiap bagian baja yang telah dikenai perlakuan panas permukaan.
2. Untuk mengetahui perbedaan kekerasan pada media pendingin air garam dan media pendingin oli pada proses perlakuan panas permukaan.
3. Untuk mendapatkan sifat mekanis pegas daun yang baik sebagai material alat potong pada perlakuan *flame hardening*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah ;

1. Material yang diuji adalah baja pegas daun bekas *truck colt-diesel*.
2. Proses perlakuan panas yang diberikan pada spesimen uji adalah proses perlakuan tempa, *hardening*, *flame hardening*, *quenching* dan *tempering*.
3. Proses pengerasan hanya dilakukan pada bagian mata potong spesimen uji.
4. Proses *flame hardening* menggunakan nyala api karburasi dari gas oksidasetilen pada temperatur 750°C dengan waktu penanguhan *flame* 2 menit/cm.
5. Pada proses *quenching* persentase campuran air dan garam sebanyak 5%, 10% dan 15%. (1 liter air = 100%)
6. Temperatur untuk perlakuan *tempering* menggunakan nyala api normal dari gas oksidasetilen selama 2 menit dengan temperatur 250°C.
7. Pengujian yang dilakukan pada material adalah, uji kekerasan dan uji tarik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika pembahasan dalam penulisan proposal tugas akhir ini dikelompokkan kedalam beberapa bab yaitu :

BAB I : Pendahuluan

Pada bab ini di bahas tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Pada bab ini di bahas tentang penguraian landasan teori yang diperoleh dari pembahasan atau penyelesaian yang berhubungan langsung dengan pemecah masalah.

BAB III : Metode Penelitian

Pada bab ini dibahas tentang diagram alir penelitian, alat yang digunakan, langkah-langkah penelitian dan prosedur penelitian.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Pada bab ini dibahas tentang hasil penelitian dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V : Penutup

Pada bab ini dibahas tentang kesimpulan dan saran pada hasil penelitian.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Baja

Baja adalah pengembangan dari penggunaan besi yang digunakan secara luas di muka bumi ini. Baja adalah paduan besi dan karbon, dan terkadang elemen lainnya. Karena kekuatan tariknya yang tinggi dan biaya pembuatannya yang rendah, baja adalah komponen utama yang digunakan dalam konstruksi bangunan, infrastruktur, peralatan, kapal, mobil, mesin, peralatan, dan senjata. Baja berbeda dari besi karena merupakan *alloy* atau paduan dan bukan merupakan unsur tersendiri seperti besi. Paduan adalah campuran berbagai logam atau logam yang dicampur dengan unsur lain. Baja dibuat dengan mencampur karbon dalam persentase kecil dengan besi. Konten karbon biasanya tidak melebihi 2,1% menurut beratnya. Kehadiran Karbon memberikan kekuatan pada baja dan menjadi lebih cocok untuk berbagai penggunaan. Semakin tinggi kandungan karbon yang digunakan dalam pembuatan baja, akan membuatnya menjadi semakin rapuh.

Hari Amanto (2003: 22). “Baja mengandung unsur campuran lain seperti *sulfur* (S), *fosfor* (P), *silicon* (Si), dan *mangan* (Mn) yang jumlahnya dibatasi”. Sementara Vohdin (1982: 27) menyatakan bahwa “Baja adalah besi yang dapat ditempa yang kadar zat arangnya di bawah 1,7 % dibuat dari besi mentah oleh sebuah konverter atau proses dapur tinggi”. “Kandungan karbon di dalam baja sekitar 0,1-1,7 %, sedangkan unsur lainnya dibatasi

persentasenya”, Hari Amanto (2003: 22). Sedangkan Beumer (1994:80) menyatakan bahwa “baja pada umumnya mempunyai kadar zat arang sebesar 0,6 % - 1,5 %”.

2.1.1 Pegas Daun

Salah satu komponen kendaraan bermuatan besar yang paling umum digunakan dalam menstabilkan titik berat kendaraan adalah pegas daun. Pegas daun umumnya terbuat dari campuran besi dan baja serta unsur paduan lainnya. Umumnya pegas daun ini bersifat ulet dan tangguh dimana berfungsi dalam meminimalkan beban kejut ataupun getaran pada setiap jalan yang bergelombang. Komponen ini biasanya terdiri dari beberapa pelat datar yang di jepit bersama untuk mendapatkan efisiensi dari daya lenting yang tinggi.

2.1.2 Komposisi Kimia Material Pegas Daun

Untuk mengetahui komposisi material pegas daun yang digunakan, maka perlu diuji menggunakan mesin spektrum komposisi kimia *Optical Emission Spectromer* (OES). Adapun komposisi kimia material pegas daun dapat kita lihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia baja pegas daun *truck*

Unsur Kimia	Presentase Unsur (%)
Fe	95,8
Si	0,295
Mn	0,774
W	0,0026
C	0,845
Cr	0,771
Ni	0,0154
Cu	0,0152
Mo	0,0295
S	0,0179
Nb	0,010
P	0,004
V	0,000
Al	0,000
Ti	0,000

(Sumber : Yose rizal, 2013)

2.1.3 Berdasarkan Presentase Karbon

Sifat baja pada umumnya sangat dipengaruhi oleh persentase karbon dan struktur mikro, struktur mikro pada baja karbon dipengaruhi oleh perlakuan panas. Karbon dengan unsur campuran lain dalam baja membentuk karbida yang dapat menambah kekerasan, tahan goresan, dan tahan suhu baja. Perbedaan persentase karbon dalam campuran logam baja karbon menjadi salah satu cara

mengklasifikasikan baja (Hamzah Nur, 2017). Berdasarkan jenisnya, baja dapat dikelompokkan menjadi 3 yaitu ;

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Baja karbon rendah adalah baja dengan karbon kurang dari 0,3% C. Baja karbon rendah merupakan baja yang paling mudah diproduksi diantara karbon lainnya, mudah untuk diproses dan dilas, memiliki keuletan dan ketangguhan yang sangat tinggi, tetapi memiliki kekerasan dan ketahanan abrasi yang rendah. Dengan demikian baja jenis ini dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan bagian bodi, struktur bangunan, pipa bangunan, jembatan, kaleng, pagar, dan lainnya (Hari Amanto, 1999).

2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Baja karbon sedang mengandung unsur karbon antara 0,31%-0,50%. Baja karbon ini banyak digunakan untuk alat perkakas industri dan bagian suku cadang bagian-bagian mesin. Berdasarkan persentase karbon yang terkandung dalam baja ini, maka baja karbon sedang yang mengandung 0,40% C digunakan untuk keperluan industri otomotif, misalnya pembuatan poros engkol, batang piston, dan sebagainya. Sedangkan baja karbon dengan persentase 0,50% digunakan untuk membuat roda gigi, kepala palu. , dan klem (alat penjepit), serta baja karbon sedang

yang mengandung 0,55-0,60 karbon digunakan untuk membuat per atau pegas (Hari Amanto, 1999).

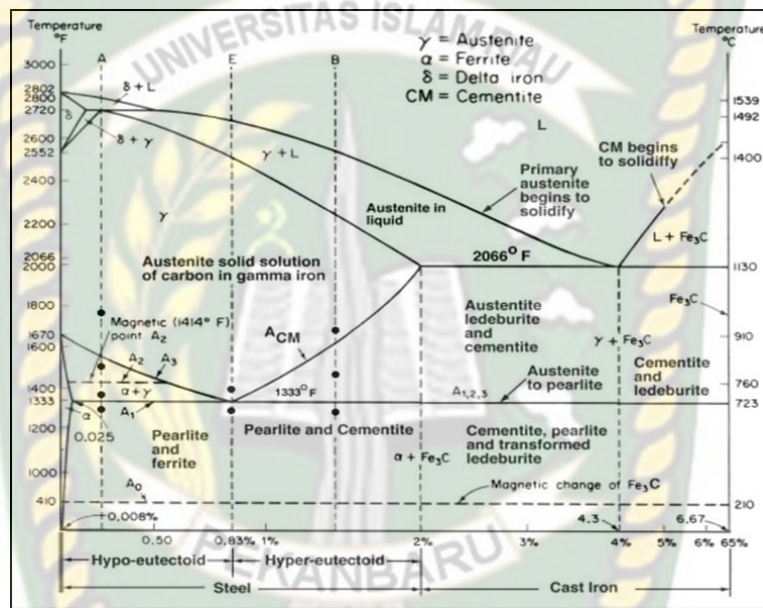
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja yang memiliki kandungan karbon 0,6% C-1,7% C dan memiliki ketahanan panas tinggi, kekerasan tinggi, tetapi keuletan rendah. Baja karbon ini memiliki kekuatan tarik tertinggi dan banyak digunakan sebagai bahan baku perkakas (*tools*). Salah satu aplikasi baja ini adalah pada pembuatan kawat baja dan kabel baja. Berdasarkan jumlah karbon yang terkandung dalam baja ini, maka baja karbon banyak dihasilkan dalam pembuatan perkakas-perkakas seperti palu, gergaji atau pahat pemotong. Selain itu, baja jenis ini banyak digunakan untuk keperluan industri lain, seperti, pegas daun, kikir, pisau cukur, dan mata gergaji (Hari Amanto, 1999).

2.2 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Untuk mendapatkan sifat mekanik dan mikrostruktur baja yang diinginkan dapat dilakukan melalui proses *heat treatment*. Perlakuan panas didefinisikan sebagai proses pemanasan dan pendinginan logam atau paduan kedalam keadaan padat (*solidstate*) untuk mendapatkan kondisi atau sifat material yang diinginkan. Perlakuan panas dapat mengubah baja dengan cara mengubah ukuran dan bentuk butiran serta mengubah struktur mikro. Diagram fasa besi-karbon yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 menunjukkan

hubungan antara suhu dan fasa yang terbentuk, dan batas antar daerah fasa dapat dilihat dengan jelas. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, antara lain suhu pemanasan, waktu pemanasan, kecepatan pendinginan, dan lingkungan atmosfer. Dibawah ini merupakan tipe dari perlakuan panas, contoh diagram Fasa Fe-F₃C dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Diagram fasa Fe-F₃C (Djaprie, 1983)
 (Sumber : Joko Waluyo, 2009)

2.2.1 Hardening

Proses *hardening* atau pengerasan baja adalah suatu proses pemanasan logam dengan cara dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat. Tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur *martensit*, semakin banyak unsur karbon, maka struktur *martensit* yang terbentuk juga akan semakin banyak. Karena *martensit* terbentuk dari fase *austenit* yang didinginkan secara cepat. untuk

mengetahui dan memprediksi beberapa aspek terhadap perlakuan panas dan sifat material maka digunakan diagram fasa. Diagram fasa merupakan dasar untuk pemahaman semua operasi-operasi setiap dilakukan perlakuan panas. Biasanya diagram fasa dibentuk pada saat keadaan keseimbangan atau kondisinya yaitu pendinginan yang sangat lambat (Ahmad Hendrawan, 2014).

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan didalam diagram Fe-Fe₃C yaitu, perubahan fasa *ferit* atau besi *alpha* (α), *austenit* atau besi *gamma* (γ), *sementit* atau karbida besi, *perlit* dan *sementit* akan diuraikan sebagai berikut (Rudi Saputra, 2016):

1. *Ferrite* atau besi *alpha* (α)

Merupakan modifikasi struktur besi murni pada suhu ruang, dimana *ferit* menjadi lunak dan ulet, maka ruang antara atom-atomnya adalah kecil dan padat sehingga atom karbon yang dapat tertampung hanya sedikit sekali.

2. *Austenit* atau besi *gamma* (γ)

Merupakan modifikasi dari besi murni dengan struktur FCC yang memiliki jarak atom lebih besar dibandingkan dengan *ferit*. Meski demikian rongga rongga pada struktur FCC hampir tidak dapat menampung atom karbon atom karbon dan penyisipan atom karbon akan mengakibatkan tegangan dalam struktur sehingga tidak semua rongga dapat terisi, dengan kata lain daya

larutnya jadi terbatas. Umumnya fasa *austenit* bersifat stabil, ulet, mudah dibentuk, tidak bersifat *feromagnetik*.

3. Karbida Besi atau *Sementit* Fe₃C

Adalah paduan besi karbon, dimana pada kondisi ini karbon melebihi batas larutan sehingga membentuk fasa kedua atau karbida besi yang memiliki komposisi Fe₃C. Hal ini tidak berarti bila karbida besi membentuk molekul Fe₃C, akan tetapi kisi kristal yang membentuk atom besi dan karbon mempunyai perbandingan 3:1. Karbida pada *ferit* akan meningkatkan kekerasan pada baja sifat dasar *sementit* adalah sangat keras.

4. *Perlit*

Merupakan campuran khusus yang terjadi atas dua fasa yang terbentuk austenisasi dengan komposisi *eutektoid* bertransformasi menjadi *ferit* dan karbida. Ini dikarenakan *ferit* dan karbida terbentuk secara bersamaan dan keluaranya saling bercampur. Apabila laju pendinginan dilakukan secara perlahan-lahan maka atom karbon dapat berdifusi lebih lama dan dapat menempuh jarak lebih jauh, sehingga di peroleh bentuk *perlit* besar. Dan apabila laju pendinginan lebih dipercepat lagi maka difusi akan terbatas pada jarak yang dekat sehingga menghasilkan lapisan tipis lebih banyak.

5. *Martensit*

Martensit terbentuk karena transformasi tanpa difusi sehingga atom-atom karbon seluruhnya terperangkap dalam larutan super jenuh. Keadaan ini yang menimbulkan distorsi pada struktur kristal *martensit* dan membentuk BCT. Tingkat distorsi yang terjadi sangat tergantung pada kadar karbon. Karena itu *martensit* merupakan fasa yang sangat keras namun getas. Langkah-langkah proses *hardening* adalah sebagai berikut. (Syaripuddin, 2017) ;

a. Melakukan pemanasan (*heating*)

Lakukan pemanasan di atas A_c-1 pada diagram Fe-Fe₃C, misalnya pemanasan sampai suhu 800-900°C, tujuannya adalah untuk mendapatkan struktur *austenite* yang stabil, yang salah sifat *austenite* tidak stabil pada suhu di bawah A_c-1 , sehingga dapat ditentukan struktur yang diinginkan.

b. Penahanan suhu (*holding*)

Holding time dilakukan untuk mendapatkan kekerasan maksimum dari suatu bahan pada proses *hardening* dengan menahan pada temperatur pengerasan untuk memperoleh pemanasan yang homogen sehingga struktur *austenit* nya homogen atau terjadi kelarutan karbida ke dalam *austenit* dan difusi karbon dan unsur paduannya.

Ada beberapa penyebab kegagalan proses *hardening* yaitu:

- a) Suhu pengerasan terlalu rendah sehingga suhu belum mencapai pada temperatur *austenit* sehingga kekerasan tidak tercapai seperti yang diharapkan.
- b) Pemanasan terlalu cepat sehingga temperatur inti dari benda kerja belum sama dengan temperatur kulit luar pada baja.
- c) Tidak adanya proses pemanasan bertahap dan tidak adanya waktu penahanan pada proses pemanasan sehingga pada waktu di *quenching* benda kerja akan mengalami retak.
- d) Timbulnya nyala api yang mengakibatkan terlepasnya karbon pada permukaan benda kerja, sehingga permukaan benda kerja kurang keras.
- e) Kesalahan pemilihan media *quenching*, misalnya baja keras di *quenching* dengan air.

2.2.2 *Annealing*

Proses *annealing* merupakan proses pemanasan baja sampai temperatur yang ditentukan dan menahannya sampai waktu yang ditentukan dan diakhiri dengan pendinginan yang sangat lambat. Temperatur pemanasan dan waktu penahanan baja ditentukan oleh berbagai faktor antara lain komposisi kimia, ukuran dan bentuk

komponen baja, dan sifat akhir yang diinginkan. Proses *annealing* bertujuan untuk (Rajan dkk, 1997) :

1. Menghilangkan tegangan sisa.
2. Meningkatkan atau memperbaiki keuletan.
3. Meningkatkan mampu mesin.
4. Menghilangkan ketidakeragaman kimia.
5. Memperbaiki ukuran butir.
6. Mengurangi kandungan gas dalam baja.

Besi perkakas (*tool steel*) biasanya diubah ke kondisi lunak anil.

Kondisi ini menjadikan material mudah dalam proses permesinan dengan alat pemotong serta memberikan struktur mikro yang sesuai untuk proses pengerasan (Rudi Saputra, 2016).

2.2.3 *Normalizing*

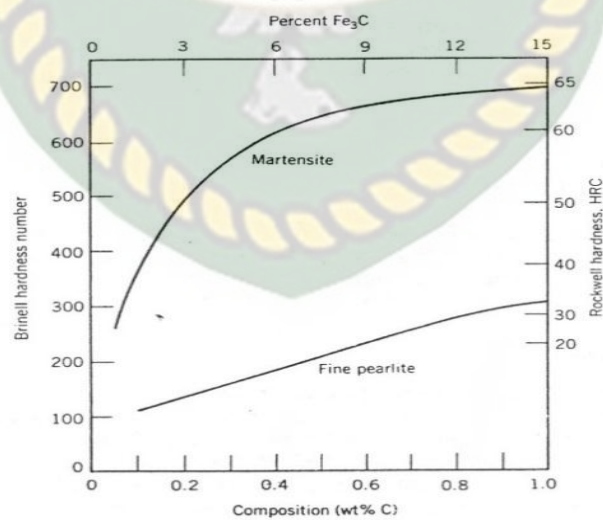
Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan baja di bawah suhu kritis. Baja dipanaskan perlahan sampai suhu pemanasan yang terletak di antara 20 – 30°C di atas suhu pengerasan dan ditahan beberapa saat kemudian didinginkan perlahan. Perlakuan ini bertujuan untuk memperbaiki atau menghilangkan struktur butiran kasar pada baja. Dengan kata lain *normalizing* bertujuan untuk mengembalikan struktur baja ke keadaan normal.

2.2.4 *Quenching*

Quenching merupakan salah satu proses *heat treatment* dimana baja di panaskan pada suhu di atas daerah kritis dan dicelupkan pada

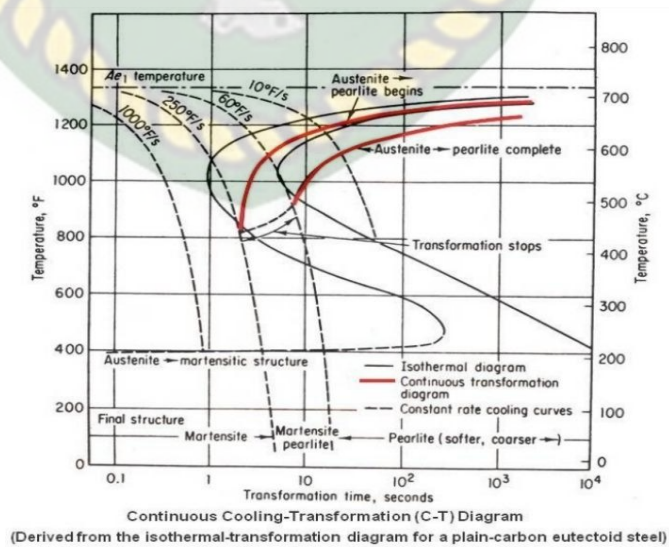
media pendingin untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan terhadap aus. *Quenching* adalah pemanasan sampai kira-kira beberapa derajat di atas temperature kritis. Apabila suhu merata kemudian didinginkan dengan menggunakan media pendingin air atau air garam dengan tujuan pendinginan dilakukan dengan cepat agar diperoleh *austenit* yang homogen atau *martensit* yang halus. Tujuan dari *quenching* adalah meningkatkan sifat kekerasan material serta kegetasannya (Ahmadin, 2015).

Kemampuan baja karbon untuk dikeraskan dengan proses *quenching* sangat tergantung pada kadar karbonnya. Semakin tinggi kadar karbonnya maka semakin baik pula kemampuannya untuk dikeraskan. Pengaruh kadar karbon terhadap kekerasan pada baja karbon dapat kita lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Hubungan kekerasan dan kadar karbon (Tata Surdia, 1999)
 (Sumber : Danang, 2009)

Diagram di atas menggambarkan tentang hubungan antara kekerasan dengan kadar karbon dalam baja. Semakin banyak kandungan karbon dalam baja maka kekerasan baja semakin meningkat. Untuk mendapatkan kekerasan maksimum maka harus terbentuk struktur *martensit* 100%. Baja yang bertransformasi dari *austenit* menjadi *ferit* dan karbida mempunyai kemampukerasan yang rendah karena dengan terjadinya transformasi pada suhu tinggi, *martensit* tidak terbentuk. Sebaliknya, baja dengan transformasi yang lambat dari *austenit* ke *ferit* dan karbida mempunyai kemampukerasan yang lebih besar. Kekerasan mendekati maksimum dapat dicapai pada baja dengan kemampukerasan yang tinggi dengan pencelupan sedang dan dibagian tengah baja dapat dicapai kekerasan yang tinggi meskipun laju pendinginan lebih lambat. Dibawah ini merupakan diagram tranformasi pada baja karbon dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Proses tranformasi untuk baja karbon (Callister, 2000)

(Joko Waluyo, 2009)

2.2.5 *Tempering*

Tempering adalah proses baja dikeraskan kembali setelah dilakukan pendinginan, pemanasan suhu tempering berada di temperature dibawah A_1 (diagram Fe-Fe₃C) lalu ditahan selama 1 jam/ 25 mm tebal baja, lalu didinginkan di udara dan pada suhu 200-400 °C dapat di *quenching* dengan media air garam atau dapat juga didinginkan di udara. *Tempering* ini bertujuan untuk mengurangi kekerasan, mengurangi tegangan dalam, memperbaiki susunan struktur baja. Ada beberapa perlakuan dalam proses *tempering* yaitu:

1. *Austempering*

Austempering merupakan celup terputus yang diikuti dengan terbentuknya struktur *bainit*. Pada perlakuan panas ini benda kerja yang sudah mencapai temperatur *austenit* di dinginkan dan kemudian dibiarkan bertransformasi secara isothermal, pada temperatur tetap, di atas temperatur M_s , menjadi struktur *bainit*.

2. *Martempering*

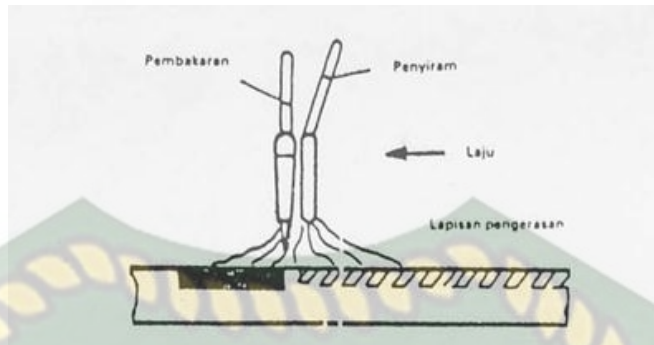
Martempering adalah pendinginan cepat yang terjadi tanpa memotong hidung kurva transformasi. Hal ini dilakukan untuk menghindari terbentuknya *ferit* dan *sementit*. Temperatur ditahan sedikit di atas temperature M_s , temperatur mulai terbentuknya fasa *martensit* untuk beberapa lama agar diperoleh distribusi temperatur yang seragam pada seluruh bagian benda kerja.

2.3 Pengerasan Api (*Flame hardening*)

Pengerasan api adalah proses perlakuan panas di mana permukaan kulit baja dipanaskan dengan cepat hingga suhu di atas titik kritis baja. Setelah struktur kulitnya menjadi *austenit*, baja didinginkan dengan cepat, dengan tujuan mengubah struktur *austenite* menjadi *martensit*, sementara inti benda tetap dalam keadaan semula (Jata, 2016).

Pada prosesnya, pengerasan api menggunakan gas yang dibakar dengan oksigen sehingga menghasilkan temperatur *flame* yang tinggi. Gas yang biasa digunakan untuk keperluan *flame hardening* adalah gas oksi-asetilen, gas alam, gas propana-butana. Untuk mencaapai suhu 650°C dibutuhkan waktu *flame* sekitar 2,25 menit. Semakin lama *flame* bekerja maka tebal pengerasan akan semakin besar. Lamanya *flame* bekerja dapat diatur menurut kebutuhan melalui kecepatan laju atau jangka waktu diantara pemanasan dan pendinginan. Tingkat kekerasan yang dihasilkan akan meningkat dengan bertambahnya kadar karbon dalam baja dan kecepatan pendinginan media *quench* (Iswanto, 2010).

Pengerasan permukaan dengan *flame hardening* akan menghasilkan permukaan logam yang keras dengan inti yang ulet (Clark dan Varney, 1962). Prinsip *Flame Hardening* dapat dilihat pada gambar 2.4.

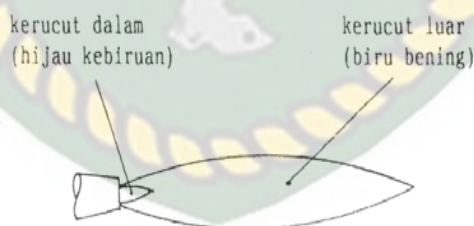


Gambar 2.4. Prinsip *flame hardening* (Gruber dan Schonmetz, 1977)
 (Sumber : M. Nurkhozin, 2009)

2.4 Gas Oksi Asetilen Pada Proses *Flame Hardening*

Gas yang biasa digunakan untuk keperluan *flame hardening* adalah gas oksi-asetilen. Gas oksi-asetilen ini dapat menghasilkan temperatur panas tinggi yang diperoleh melalui perangkat las Gas Oksi-asetilen. Pengeluaran gas dapat diatur dengan mengatur kran dan brander sehingga dapat menimbulkan 3 macam nyala api yang berbeda (Tan Lay Hing, 1990) :

1. Nyala api netral (*Netral Flame*)

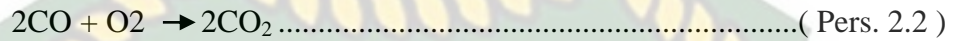


Gambar 2.5. Nyala api netral (Tan Lay Hing, 1990)

Nyala api yang dihasilkan bila volume oksigen sama dengan volume asetilen dengan persamaan reaksi pertamanya sebagai berikut :



Reaksi ini membentuk kerucut inti (dalam) yang berwarna hijau kebiruan dan terang nyalannya. Selanjutnya karbon monoksida bersama hidrogen yang terbentuk bereaksi dengan oksigen yang berasal dari udara dengan suatu persamaan kimia :

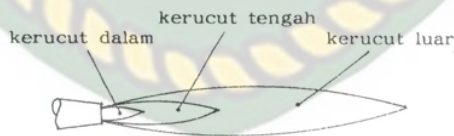


Pembakaran ini membentuk kerucut luar yang berwarna biru bening. Nyala ini banyak digunakan dalam proses *heat treatment*, karena tidak berpengaruh terhadap logam yang dilas atau dipotong.

2. Nyala api karburasi (*Carburizing Flame*)

Nyala ini terjadi bila volume oksigen lebih sedikit dari volume asetilen, kemudian akan membentuk 3 daerah nyala api :

- a. Nyala api inti dan menyebabkan terbentuknya karbon monoksida, karbon, dan 22pecimen menurut persamaan :

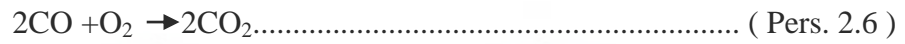


Gambar 2.6. Nyala api karburasi (Tan Lay Hing, 1990)

- b. Nyala api tengah, yaitu teroksidasinya karbon dengan oksigen menurut persamaan :

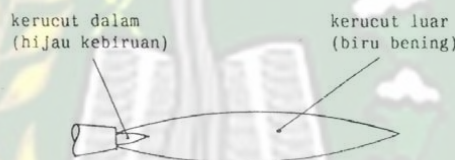


c. Nyala api luar yaitu hasil pembakaran CO_2 dan H_2 menurut persamaan :



Nyala api karburasi ini cenderung menimbulkan kerak pada permukaan benda kerja dan dalam prakteknya nyala ini banyak digunakan untuk mengeraskan, memanaskan awal, dan lain-lain.

3. Nyala api oksidasi (*Oxidizing Flame*)



Gambar 2.7. Nyala api oksidasi (Tan Lay Hing, 1990)

Nyala yang terjadi bila volume oksigen lebih banyak dari volume asetilen. Karena sifat oksidasinya sangat kuat maka nyala ini banyak digunakan untuk mengelas kuningan dan perunggu, Adapun data-data pada proses perlakuan *flame hardening* yaitu :

- Tekanan oksigen : 0,8 Lb/in²
- Tekanan asetilen : 2,5 Lb/in²
- Kecepatan *flame* : 2 menit/cm
- Spesifikasi brander las
- Merk : Prohex
- No brander : 2

2.5 Pengerjaan Panas (*Hot Working*)

Proses pengerjaan panas didefinisikan sebagai proses pengerjaan yang dilakukan pada daerah di atas temperatur rekristalisasi. Temperatur rekristalisasi baja berkisar antara 500°C dan 700° C. Tidak ada gejala pengerasan kerja/regangan diatas temperatur rekristalisasi. Selama proses pengerjaan panas logam berada pada keadaan plastik dan mudah dibentuk oleh tekanan. Proses pengerjaan panas mempunyai keuntungan-keuntungan sebagai berikut (Amstead, dkk, 1995) :

1. Porositas dalam logam akan berkurang. Batangan (ingot) setelah dicor umumnya mempunyai banyak lubang hembus kecil-kecil. Lubang tersebut tertekan dan dapat hilang oleh karena pengaruh tekanan kerja yang tinggi.
2. Ketidakmurnian dalam bentuk inklusi terpecah-pecah dan tersebar merata.
3. Butir yang kasar dan butir berbentuk kolom diperhalus. Karena proses ini berlangsung didaerah rekristalisasi, pengerjaan panas berlangsung terus sampai limit bawah tercapai dan menghasilkan struktur butir yang halus.
4. Sifat-sifat fisis meningkat, ini terutama disebabkan oleh karena penghalusan butir. Keuletan dan ketahanan terhadap impak meningkat, kekuatan bertambah dan homogenitas dalam logam meningkat.

5. Jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengubah baja dalam keadaan plastik jauh lebih rendah dibanding dengan energi yang dibutuhkan untuk pengerjaan dingin.

Proses utama pengerjaan panas meliputi, pengerolan (*rolling*) penempaan penempaan palu, penempaan timpa, penempaan upset, penempaan tekan, penempaan rol, penempaan dingin, ekstrusi, pembuatan pipa dan tabung, penarikan dan pemutaran panas. Proses pengerjaan panas yang dikerjakan diatas temperatur rekristalisasi akan menghasilkan fenomena *dynamic recrystalization*. Fenomena *dynamic recrystalization* ditandai dengan adanya butiran-butiran baru yang halus. Berbeda dengan fenomena *strain hardening* yang ditemukan pada pengerjaan dingin maka fenomena *dynamic recrystalization* ini akan menimbulkan efek pelunakan pada spesimen karena butiran rekristalisasi baru mempunyai densitas dislokasi yang kecil (Siswo Suwarno, 2018).

Umumnya pandai besi tradisional melakukan pengontrolan temperatur secara manual berdasarkan warna dari baja api yang dihasilkan. Secara tidak langsung warna api dapat menunjukkan temperturnya, seperti pada Tabel 2.2 dibawah ini. Warna api atau baja yang digunakan ketika melakukan penempaan pada umumnya berwarna *cherry red* atau pada temperatur tempa sekitar 800°C.

Tabel 2.2 Variasi Warna dan Temperatur api

Temperatur (°F/°C)	Warna
1200°F/648°C	Dull red
1400°F/760°C	Red
1500°F/815°C	Cherry red
1600°F/871°C	Full cherry red
1800°F/982°C	Orange
1900°F/1037°C	Orange yellow
2000°F/1093°C	Yellow
2200°F/1204°C	Full yellow
2400°F/1315°C	Light yellow

Hrisoulas, 1987

(Sumber : Siswo Suwarno,dkk 2018)

2.6 Media Pendingin

Media pendingin pada proses perlakuan panas sangat penting dalam pembentukan stuktur logam. “Pendinginan adalah pemindahan panas dari suatu tempat ke tempat yang lain yang diikuti oleh adanya perubahan-perubahan pada tempat yang didinginkan (dari panas ke dingin)” (Jensen 1989:24).

Arief M., (2012) Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan bermacam-macam. Berbagai bahan pendingin yang digunakan dalam proses perlakuan panas antara lain :

1. Air

Pendinginan dengan menggunakan air akan memberikan daya pendinginan yang cepat. Biasanya ke dalam air tersebut dilarutkan garam dapur sebagai usaha mempercepat turunnya temperatur benda kerja dan mengakibatkan bahan menjadi keras. Air memiliki

karakteristik yang khas yang tidak dimiliki oleh senyawa kimia yang lain.

Karakteristik tersebut adalah sebagai berikut (Dugan, 1972; Hutchinson, 1975; Miller, 1992). Pada kisaran suhu yang sesuai bagi kehidupan, yakni 0°C (32°F) – 100°C , air berwujud cair. Suhu 0°C merupakan titik beku (*freezing point*) dan suhu 100°C merupakan titik didih (*boiling point*) 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 untuk proses *quenching* agar dapat memberikan kekerasan yang maksimal pada benda uji.

2. Minyak

Minyak yang digunakan sebagai fluida pendingin dalam perlakuan panas adalah benda kerja yang diolah. Selain minyak yang khusus digunakan sebagai bahan pendingin pada proses perlakuan panas, dapat juga digunakan oli, minyak bakar atau solar. Kekurangan dalam proses pendinginan dengan menggunakan minyak adalah resiko material mudah terbakar. Oleh karena itu penting bagi pekerja logam untuk mengetahui

batas-batas minyak yang mereka kerjakan dalam hal suhu dan beban-beban untuk menghindari kebakaran

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.

4. Garam

Garam dipakai sebagai bahan pendingin disebabkan memiliki sifat mendinginkan yang teratur dan cepat. Bahan yang didinginkan di dalam cairan garam yang akan mengakibatkan ikatannya menjadi lebih keras karena pada permukaan benda kerja tersebut akan meningkat zat arang. Kemampuan suatu jenis media dalam mendinginkan spesimen bisa berbeda-beda, perbedaan kemampuan media pendingin disebabkan oleh temperatur, kekentalan, kadar larutan dan bahan dasar media pendingin.

Air garam biasanya terbuat dari larutan garam 5% - 10% (natrium klorida) dalam air. Selain kecepatan pendinginannya yang lebih besar, air asin memiliki kemampuan untuk “membuang” skala dari baja selama pendinginan. Kemampuan pendinginan air dan air garam, terutama air,

sangat dipengaruhi oleh suhu, keduanya harus dijaga tetap dingin jauh dibawah 15°C.

Agus setiyawan, dkk (2018) melakukan penelitian studi pengaruh campuran air garam pada pembuatan sabit diboyolali hasil penelitian menunjukkan bahwa kekerasan tertinggi diperoleh pada persentase air garam 15%, dimana pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa semangkin tinggi persentase air garam yang digunakan maka material akan semangkin mudah rapuh/mudah patah, maka pada penelitian kali ini kali ini digunakan persentase air garam sebesar 5%,10% dan 15% pada proses perlakuan *quenching*.

2.7 Uji Sifat Mekanis Baja

Sifat mekanis adalah ketahanan suatu material untuk mampu menahan pembebanan pada besi baja pegas daun dalam suatu pengujian Untuk mengetahui sifat mekanis suatu material baja karbon adalah melalui pengujian kekerasan dan uji tarik (Syaripuddin, 2017).

2.7.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan diartikan sebagai kemampuan suatu produk untuk menahan beban identasi ataupun penetrasi (penekanan) akibat beban dinamis dan statis. Hasil pengujian kekerasan dapat di aplikasikan sebagai acuan untuk menentukan klasifikasi suatu material, menentukan penggunaan material maupun kontrol kualitas suatu produk. Adapun beberapa teknik pengukuran kekerasan dengan

indentasi yang banyak dilakukan adalah pengujian kekerasan *Rockwell* sesuai dengan yang ditetapkan oleh ASTM Standar E-18, pengujian kekerasan *Brinell* sesuai dengan ASTM Standar E-10, dan Pengujian kekerasan *Vickers* sesuai dengan ASTM Standar E-29.

1. Uji kekerasan *Rockwell*

Pengujian kekerasan *rockwell* diperlukan untuk mengetahui seberapa keras material yang telah di *treatment*, menurut Djaprie, (1987 : 335) berpendapat; “Uji kekerasan yang paling banyak dipergunakan di Amerika Serikat adalah uji kekerasan *rockwell*. Hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yaitu cepat, bebas dari kesalahan manusia, mampu untuk membedakan perbedaan kekerasan yang kecil pada baja yang diperkeras, dan ukuran lekukannya kecil, sehingga bagian yang mendapat perlakuan panas yang lengkap, dapat diuji kekerasannya tanpa menimbulkan kerusakan. Seperti yang dijelaskan diatas maka alasan pada penelitian ini digunakannya pengujian *rockwell* ini adalah karena benda uji yang diteliti termasuk baja karbon tinggi, dimana pembacaan nilai kekerasan dapat mudah diketahui hanya dengan melihat *dial gauge* yang terdapat pada mesin uji kekerasan *rockwell* diatas maka skala yang sesuai untuk digunakan pada pengujian ini adalah skala C. Dengan penekan (indenter) berupa baja berbentuk kerucut (*cone*).

Pada pengujian kekerasan *Rockwell C* ini digunakan penumbuk berupa kerucut intan 120° , mula-mula diterapkan beban kecil (beban minor F_0) sebesar 10 kg untuk menempatkan benda uji, kemudian pengukuran kedalam diatur pada posisi nol dengan demikian pengaruh alas uji dan kelonggaran instrumen uji di tiadakan, maka jarum penunjuk yang menunjukkan penetrasi bertambah dalam dan proses ini dapat dilihat pada pengukurnya. Setelah penurunan beban dari F ke F_0 kedalam penetrasi menjadi h yang merupakan kedalam tetap yang dinyatakan dalam harga 0,002 mm waktu penekanan sekitar 15 detik.

Tabel 2.3 Uji kekerasan *Rockwell-C*

Simbol	Arti	Satuan
-	Sudut lancip kerucut diamond (=120°)	°
-	Radius ujung kerucut diamond (=0,002mm)	Mm
F_0	Beban uji awal (=98,1 Newton)	N
F_1	Beban uji utama (137,4 Newton)	N
F	Beban uji total (=1471,5 Newton)	N
E_a	Dalamnya luka tekan akibt beban uji awal	Mm
E_g	Dalamnya luka tekan akibt beban uji utama	Mm
E	Dalamnya luka permanen jika beban utama F_1 dihilangkan F_1	Mm
-	Angka kekerasan rockwell-C = $100 \frac{e (mm)}{0,002}$	HRC

Pada skala *rockwell*, jarak 0,2 mm dibagi kedalam 100 bagian yang sama yaitu masing-masing 0,002 mm. Penunjukkan skala *rockwell* dinyatakan : HRA, C, D = 100-e dan HRF 130-e, di mana lambang e adalah kedalaman penetrasi yang dinyatakan dalam satuan 0,002 mm, jadi $e = h / 0,002$.

Cara mengetahui dalamnya penetrasi dapat dihitung berdasarkan petunjuk angka kekerasan, misalnya 60 HRC maka dalamnya penetrasi $(h) = (100-60) \times 0,002 = 0,08$ mm dan HRF dalamnya penetrasi $(h) = (130-60) \times 0,002 = 0,14$ mm. Jadi rumus ini hanya untuk mengetahui tingkat kekerasan *rockwell*, dapat dihitung dengan rumus :

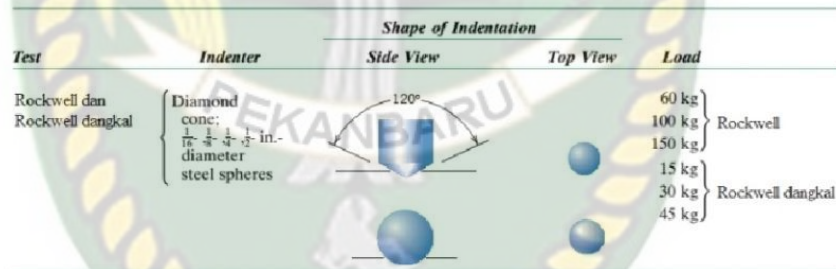
$$HR = E - e \dots\dots\dots(\text{pers 2.8})$$

Keterangan : E = Nilai konstanta 130 untuk indenter bola dan 100 pada indenter intan
 e = Nilai kedalaman penekanan yang diberikan beban utama (F_1)

Tabel 2.4 Standar Pengujian *Rockwell* menurut DIN 50103

Skala	Penekan	Beban			Skala Kekerasan	Warna Angka
		Awal	Utama	Jumlah		
A	Kerucut intan 120°	10	50	60	100	Hitam
B	Bola baja 1,558 mm (1/16")	10	90	100	130	Merah
C	Kerucut intan 120°	10	140	150	100	Hitam
D	Kerucut intan 120°	10	90	100	100	Hitam
E	Bola baja 3,175 mm (1/8")	10	90	100	130	Merah
F	Bola baja 1,558 mm	10	50	60	130	Merah
G	Bola baja 1,558 mm	10	140	150	130	Merah
H	Bola baja 3,175 mm	10	50	60	130	Merah
K	Bola baja 3,175 mm	10	140	150	130	Merah
L	Bola baja 6,35 mm (1/4")	10	50	60	130	Merah
M	Bola baja 6,35 mm	10	90	100	130	Merah
P	Bola baja 6,35 mm	10	140	150	130	Merah
R	Bola baja 12,7 mm (1/2")	10	50	60	130	Merah
S	Bola baja 12,7 mm	10	90	100	130	Merah
V	Bola baja 12,7 mm	10	140	150 </td <td>130</td> <td>Merah</td>	130	Merah

Berikut ini merupakan gambar bentuk indentor dari pengujian kekerasan *rockwell* beserta ukuran indentornya :



Gambar 2.8. Bentuk indentor uji kekerasan *Rockwell*
 (Sumber : Erizal, 2017)

2.7.2 Uji Tarik

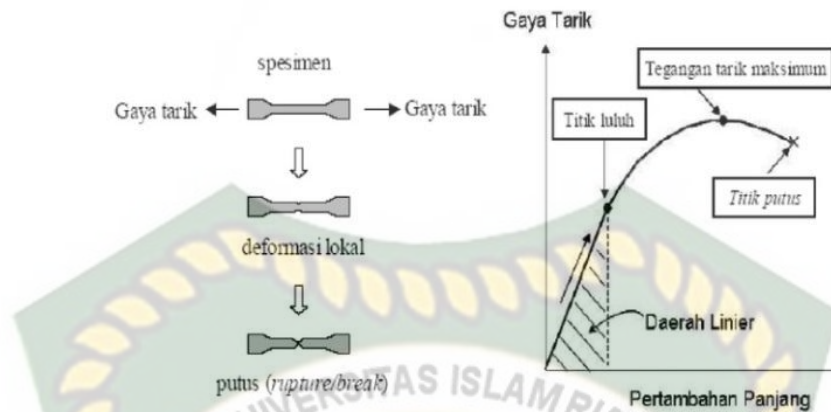
Uji tarik rekayasa banyak digunakan untuk melengkapi informasi suatu rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan juga sebagai data pendukung untuk spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara

kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Gambar 2.9 dibawah ini menunjukkan bentuk alat uji tarik.



Gambar 2.9 Gambaran umum alat uji tarik
(Sumber : Muhammad Arief, 2012)

Hasil dari uji tarik dapat mencatat fenomena hubungan antara regangan regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji gambar 2.10, menunjukkan kurva hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.



Gambar 2.10 Gambaran singkat uji tarik dan datanya
(Sumber : Jata Budiman, 2016)

Beberapa Istilah lain yang penting terkait interpretasi hasil pengujian tarik (polsri, 2011) ;

1. Kelenturan (*ductility*)

Merupakan sifat mekanik pada bahan yang menunjukkan derajat deformasi plastis yang terjadi sebelum bahan putus. Bahan disebut lentur (*ductile*) bila regangan plastis yang terjadi sebelum putus lebih dari 5%, bila kurang dari itu suatu bahan disebut getas (*brittle*).

2. Derajat kelentingan (*resilience*)

Derajat kelentingan didefinisikan sebagai kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase perubahan elastis. Sering disebut dengan Modulus Kelentingan (*Modulus of Resilience*), dengan satuan *strain energy per unit volume* (Joule/m³ atau Pa). Dalam modulus kelentingan ditunjukkan oleh luas daerah yang diarsir.

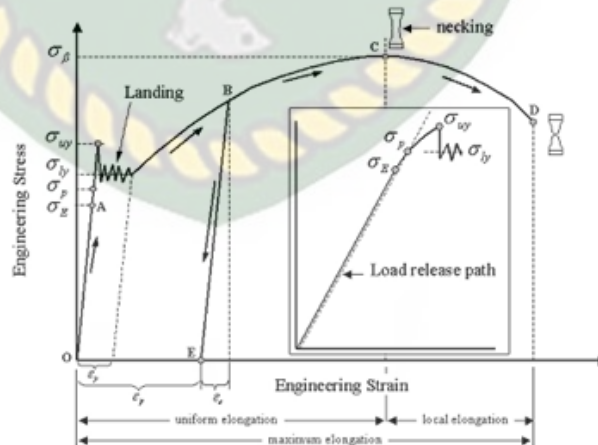
3. Derajat ketangguhan (*Toughness*)

Kapasitas suatu bahan menyerap energi dalam fase plastis sampai bahan tersebut putus. Sering disebut dengan Modulus Ketangguhan (*Modulus of toughness*).

4. Pengerasan regang (*Strain hardening*).

Sifat kebanyakan logam yang ditandai dengan naiknya nilai tegangan berbanding regangan setelah memasuki fase plastis. tegangan sejati , regangan sejati (*True stress, true strain*).

Dalam beberapa kasus definisi tegangan dan regangan seperti yang telah dibahas di atas tidak dapat dipakai. Untuk itu dipakai definisi tegangan dan regangan sejati, yaitu tegangan dan regangan berdasarkan luas penampang bahan secara *real time*. Untuk keperluan kebanyakan analisa teknik, data yang didapatkan dari uji tarik dapat digenerasi seperti pada gambar 2.11.



Gambar 2.11 Profil data hasil uji tarik

(Sumber : Jata Budiman, 2016)

Tegangan yang digunakan adalah tegangan maksimum dan dapat diperoleh dengan membagi beban (F) dengan luas penampang mula (A_0) dari benda uji :

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(\text{pers. 2.9})$$

- Keterangan :
- σ = Tegangan (N/mm^2)
 - F = Gaya/Beban (N)
 - A_0 = Luas penampang mula (mm^2)

Regangan yang digunakan adalah regangan linier rata-rata yang diperoleh dengan membagi perubahan panjang ukur (ΔL) dengan panjang mula benda uji. Regangan dapat dihitung dengan rumus :

$$e = \frac{F}{A_0} = \frac{L_i - L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{pers 2.10})$$

- Keterangan :
- e = Regangan (%)
 - L_i = Panjang setelah pengujian (mm)
 - L_0 = Panjang awal (mm)

Adapun beberapa Istilah mengenai sifat mekanik bahan dengan berpedoman pada hasil uji tarik :

- a. Batas elastic σ_E (*elastic limit*), Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan

“nol” Tetapi bila beban ditarik sampai melewati titik A, hukum *Hooke* tidak lagi berlaku.

- b. Batas proporsional σ_p (*proportional limit*). Titik di mana penerapan *Hooke* masih ditolerir. Tidak ada standarisasi tentang nilai ini. Dalam praktek, biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
- c. Deformasi plastis (*plastic deformation*). Perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula.
- d. Tegangan luluh (*yield stress*). adalah tegangan mekanis pada titik ini.
- e. Tegangan tarik maksimum (UTS, *Ultimate Tensile Strength*) merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

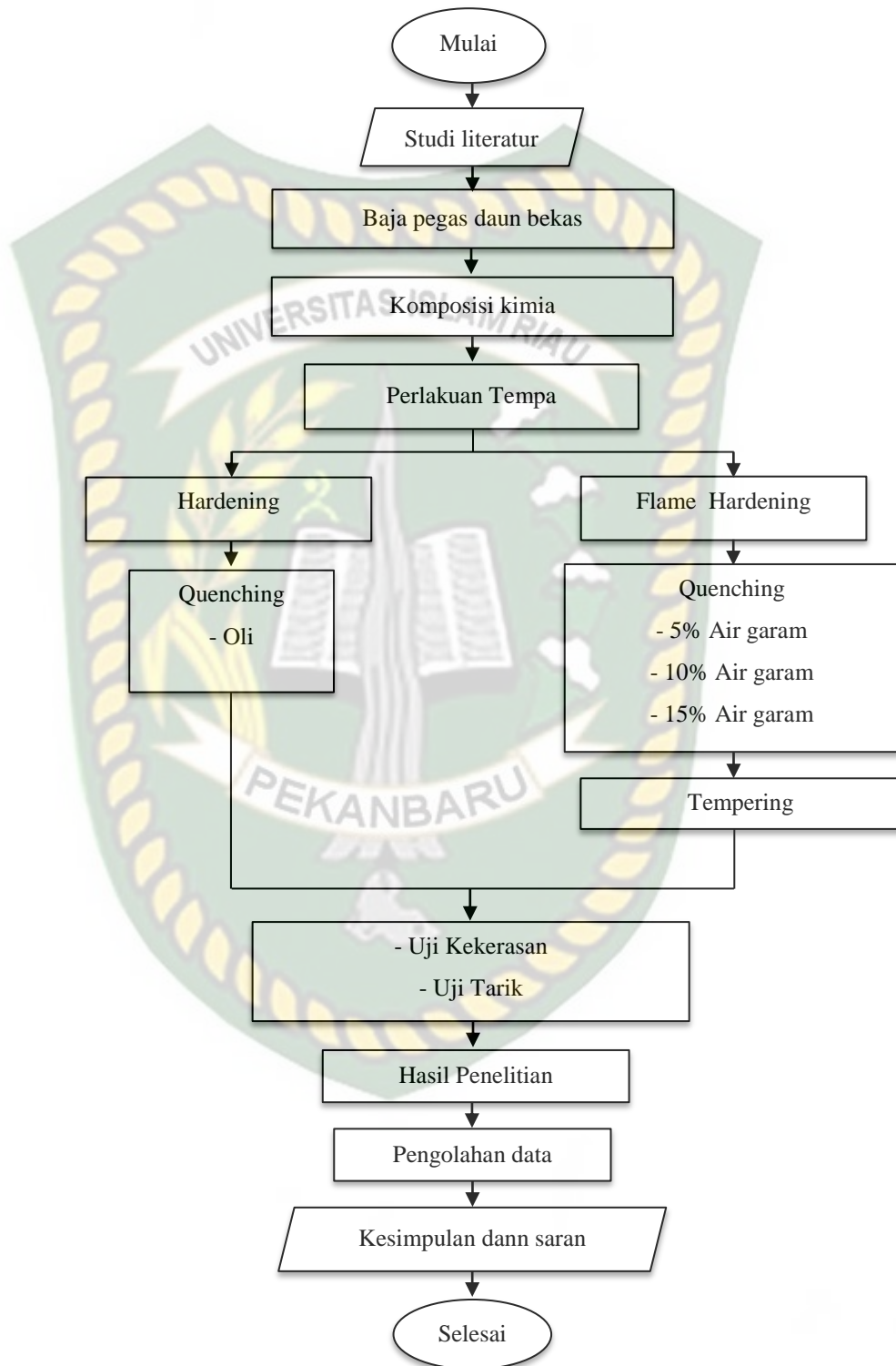
BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian korelatif yaitu membandingkan hasil penelitian terhadap beberapa variabel untuk kemudian didapatkan hasil yang menegaskan hubungan antara variabel yang diteliti. Penelitian ini bermaksud untuk membandingkan hasil kekerasan dari baja yang telah dikeraskan oleh pandai besi (*hardening*) dengan baja yang akan dikeraskan dengan api oksi asetilen (*flame hardening*) dengan menggunakan larutan media air garam sebagai media pendingin selama proses pengerasan. Pada pengujian ini digunakan baja pegas daun bekas *truck colt diesel* dengan dimensi tebal 1,2 cm, lebar 7 cm dan panjang 60 cm, kemudian baja pegas daun ini di potong dengan panjang 15 cm.

Material yang telah dipotong tersebut kemudian dilakukan proses perlakuan tempa yang bertujuan untuk merubah dimensi ukurannya seperti alat potong pahat. Pada perlakuan pengerasan oleh pandai besi (*hardening*) digunakan tungku api terbuka selama proses pengerasan dengan suhu 800°C, sedangkan pada metode *flame hardening*, nyala api karburasi digunakan selama proses pengerasan pada suhu 750°C. Proses pengerasan dengan metode *flame hardening* ini bertujuan untuk mendapatkan material alat potong dengan sifat yang keras pada bagian permukaan mata potongnya tetapi lunak pada bagian inti/tengahnya.

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

3.2.1 Tempat

Penelitian dan pengujian ini dilaksanakan pada empat lokasi yaitu di Laboratorium Teknik Mesin UIR untuk pembuatan sampel uji, Lab Teknik Mesin UNRI untuk pengujian kekerasan, Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Kampar untuk proses uji tarik dan Las Teknik Pekanbaru untuk pengerjaan panas *flame hardening*.

3.2.2 Waktu

Pelaksanaan Penelitian ini dimulai pada bulan Oktober sampai dengan akhir bulan Februari 2020.

3.3 Peralatan Yang Digunakan

Alat yang digunakan selama proses pembuatan dan pengujian adalah :

- Mesin uji tarik
- Mesin uji kekerasan *Rockwel*
- Alat las oksi asetilen
- Jangka sorong (*vernier calliper*)
- Mesin potong tangan (gerinda)
- Kikir
- Amplas halus dan kasar
- Stopwatch
- Kamera
- Alat tulis

Adapun bahan yang digunakan pada prose pengujian ini yaitu :

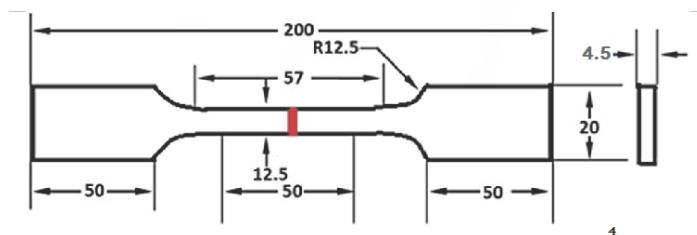
- Material pegas daun bekas *colt diesel*
- Air
- Garam
- Autosol
- Amplas Halus dan Kasar

3.4 Pembuatan Bahan Uji

Pembuatan bentuk spesimen untuk pengujian kekerasan dan pengujian tarik ini dibentuk dengan cara memotong material plat pegas daun yang sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan. Proses pembuatan spesimen uji di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Islam Riau. Dimensi atau ukuran material untuk uji kekerasan dan tarik dapat dilihat pada Gambar 3.2 Gambar 3.3 dibawah ini:



Gambar 3.2 Spesimen uji kekerasan



Gambar 3.3 Spesimen uji tarik menurut ASTM E-8.

3.5 Tahap Pengelompokan Spesimen

Baja pegas daun yang mulanya berbentuk batangan panjang kemudian dipotong dengan panjang 15 cm. Pengelompokan spesimen dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengelompokan Spesimen Uji

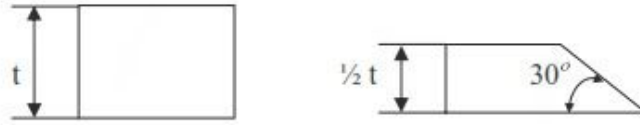
Kode Spesimen	Perlakuan uji	Media pendingin
R	Tampa perlakuan	Tampa pendingin
H	Hardening oleh Pandai Besi	Oli
F5	Flame hardening	Air garam 5%
F10		Air garam 10%
F15		Air garam 15%

3.6 Tahap Perlakuan Specimen Uji

Tahapan dalam proses perlakuan panas terhadap spesimen uji meliputi ;

1. Perlakuan Tempa

Pada proses ini spesimen dikenai perlakuan tempa pada suhu 800°C dengan reduksi 50% dari dimensi awal. Perlakuan tempa ini dikerjakan oleh pandai besi lokal. Metode tempa yang dipakai sama dengan metode tempa ketika membuat alat potong perkakas.



Gambar 3.4 Spesimen uji (a) sebelum (b) sesudah ditempa

3.7 Perlakuan Panas Spesimen Uji

Pada proses ini spesimen sebelumnya telah dikenai perlakuan tempa. Proses pengerasan dengan *flame hardening* dikerjakan dengan memanfaatkan las gas oksi asetilen sedangkan pada proses *hardening* digunakan tungku api terbuka. Bagian yang dikenai *flame hardening* adalah sepanjang bagian ujung tirus material untuk proses uji kekerasan dan permukaan material untuk uji tarik.

. Berikut ini peralatan yang digunakan dalam pengujian perlakuan panas ;

1. Tungku api terbuka

Tungku api terbuka merupakan dapur pemanas yang berfungsi sebagai proses *heat treatment* sebelum baja ditempa oleh pandai besi dan sekaligus berguna sebagai tahap dalam perlakuan *hardening*.



Gambar 3.5 Tungku api terbuka

2. Las Oksi Asetilen

Oksi asetilen merupakan seperangkat alat yang digunakan sebagai proses pengelasan berbahan logam, dan juga dapat digunakan sebagai alat pemotongan maupun pemanasan. Untuk proses pengerasan pada pengujian ini digunakan nyala api karburasi dari gas oksii asetilen, sedangkan pada poses *tempering* digunakan nyala api normal, selama proses pembakaran dilakukan secara manual. Berikut ini merupakan gambar alat pemanasan dengan oksii asetilen.



Gambar 3.6 Las oksii asetilen

3. Media pendinginan

Dibawah ini merupakan gambar dari media air dan garam yang akan digunakan sebagai media pendingin pada proses perlakuan panas permukaan pada metode *flame hardening*.



Gambar 3.7 Air dan garam

3.8 Prosedur Perlakuan Panas *Flame Hardening*

Pada proses perlakuan panas mengikuti prosedur berikut ini :

- Siapkan benda uji yang akan dilakukan *flame hardening*.
- Panaskan spesimen uji dengan menyetel brander las agar nyala api karburasi dapat dihasilkan.
- Lamanya waktu untuk pemanasan selama 2 menit/cm dan diikuti proses pendinginan dengan menyemprotkan larutan air garam.
- Setiap spesimen yang akan di *flame hardening* divariasikan pendinginannya dengan presentase air garam 5%,10% dan 15%.
- Lakukan pemanasan kembali untuk proses *tempering* pada spesimen dengan memanfaatkan nyala api normal dari gas oksi asetilen pada suhu 200°C selama 2 menit.
- Pada perlakuan *tempering* pemanasan dilakukan pada bagian penampang spesimen.
- Setelah semua proses diatas selesai, selanjutnya spesimen dibersihkan untuk dilakukan pengujian kekerasan dan pengujian tarik.

3.9 Pengujian Spesimen Pegas Daun

3.9.1 Uji kekerasan

Kekerasan merupakan salah satu sifat mekanik pada suatu material dimana pada pengujian kekerasan akan diketahui kemampuan suatu material untuk dapat menahan beban indentor ataupun penetrasi, meskipun pengukuran hanya dilakukan pada satu titik ataupun pada daerah tertentu maka harga kekerasannya cukup valid untuk menyatakan kekuatan suatu produk (Budi, 2016).

Prinsip kerja pengujian kekerasan pada metode *Rockwell* ditunjukkan pada Gambar 3.10 yaitu dengan menekan penetrator ke dalam benda kerja dengan pembebanan dan kedalaman indentasi yang didapatkan dari beban mayor dan minor. Uji kekerasan *Rockwell C* menggunakan indikator yang ditekan pada permukaan berupa penetrator *speroconical diamond* (permata berbentuk kerucut) dengan sudut 120° dengan beban minor 10 kg serta beban mayor 150 kg atau beban awal $F_0 = 10$ kg, beban tambahan $F_1 = 140$ kg, jadi beban total $F = 10 + 140 = 150$ kg.

Metode *Rockwell* sering dipakai karena kemudahannya yaitu dapat digunakan untuk mengukur benda kerja yang dikeraskan dan mesin uji kekerasan *Rockwell* dapat memberikan harga kekerasan secara langsung atau digital tanpa menghitung dan mengukur dari benda kerja yang diuji pada penunjuk (indikator) sehingga membuat waktu pengujian relatif lebih cepat (Effendi, 2009).



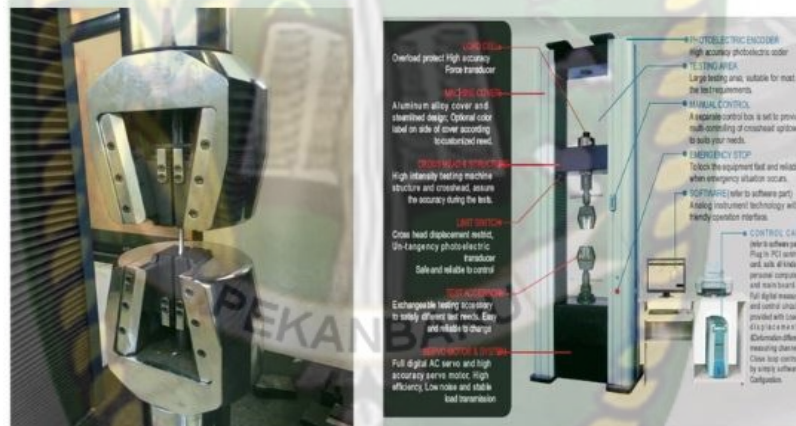
Gambar 3.8 Mesin uji *Rockwell Hardness Tester* model HR-150A N0 0946

Pelaksanaan uji kekerasan mengikuti prosedur berikut :

- Spesimen yang akan diuji diampelas hingga permukaan rata dan halus serta bersih.
- Spesimen diletakkan diatas dudukan spesimen pada mesin uji
- Permukaan spesimen dibuat rata dan sejajar terhadap dudukan.
- Pengujian kekerasan dengan metode penekanan pada permukaan spesimen.
- Titik penekanan pada satu spesimen berjumlah 3 titik, dimulai dari bagian ujung, tengah dan dalam.
- Waktu penekanan selama 30 detik dengan jarak yang berbeda.
- Lakukan hal yang sama pada spesimen berikutnya.

3.9.2 Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu uji *sress-strain* mekanik yang bertujuan guna memperoleh kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat dengan memotong pegas daun dengan ukuran menurut standart ASTM E8. Pengujian tarik akan dilakukan di Politeknik Kampar dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine Hung Ta HT-8503* kapasitas 100 kN). Gambar 3.9 adalah gambaran umum mesin uji tarik.



Gambar 3.9 Mesin uji tarik Hung Ta HT-8503

Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian tarik :

- Menyiapkan specimen sesuai dengan ukuran standar yang telah ditentukan.
- Spesimen dipasang pada *chuck* mesin uji tarik.
- Pembebanan dilakukan dengan cara memutar *handle* berlawanan arah jarum jam secara pembebanan.
- Lakukan pengujian dengan menarik specimen hingga patah.

- Setelah specimen patah, kemudian hentikan pembebanan dengan memutar *handle* searah jarum jam.
- Catat data yang didapatkan dengan menggabungkan kedua bagian specimen yang telah putus, kemudian panjang dan diameter diukur.

3.10 Jadwal Kegiatan Penelitian

Agar penelitian tentang pengaruh media air garam terhadap kekerasan dari proses perlakuan panas menggunakan api oksidasi asetilen ini dapat berjalan optimal sesuai dengan waktu yang ditentukan maka perlu dibuat jadwal penelitian seperti yang terlihat pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan									
		6	7	8	9	10	11	12	1	2	
1	Pembuatan Proposal										
2	Studi Literatur										
3	Persiapan Alat Dan Bahan										
4	Seminar Proposal										
5	Pengujian Dan Pengumpulan Data										
6	Analisa Data										
7	Seminar Hasil										

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui perubahan kekerasan material pegas daun hasil dari proses pengerasan permukaan. Pengolahan data uji kekerasan yaitu dengan cara mencatat langsung hasil uji kekerasan yang ditampilkan dari alat uji kekerasan metode *rockwell* dari setiap pengujian yang mana data yang ditampilkan dari alat uji kekerasan adalah kekerasan HRC (*Hardness Rockwell Cone*), atau dapat dikonversikan kedalam satuan lain. Sehingga dapat dianalisa sifat mekanis material pegas daun hasil dari *flame hardening* dengan komposisi pendinginan air garam yang bervariasi.

Spesimen yang diuji adalah material pegas daun *colt diesel* yang sebelumnya telah ditempa dan telah dikenai perlakuan panas permukaan. Adapun proses pada perlakuan pengerasan dibagi dalam 2 tahap perlakuan yaitu perlakuan *hardening* dengan pendingin oli dan perlakuan *flame hardening* dengan pendingin air garam 5%, 10% dan 15%. Dibawah ini merupakan gambar titik pengujian kekerasan pada spesimen uji setelah dikeraskan.



Gambar 4.1 Titik indentasi uji kekerasan

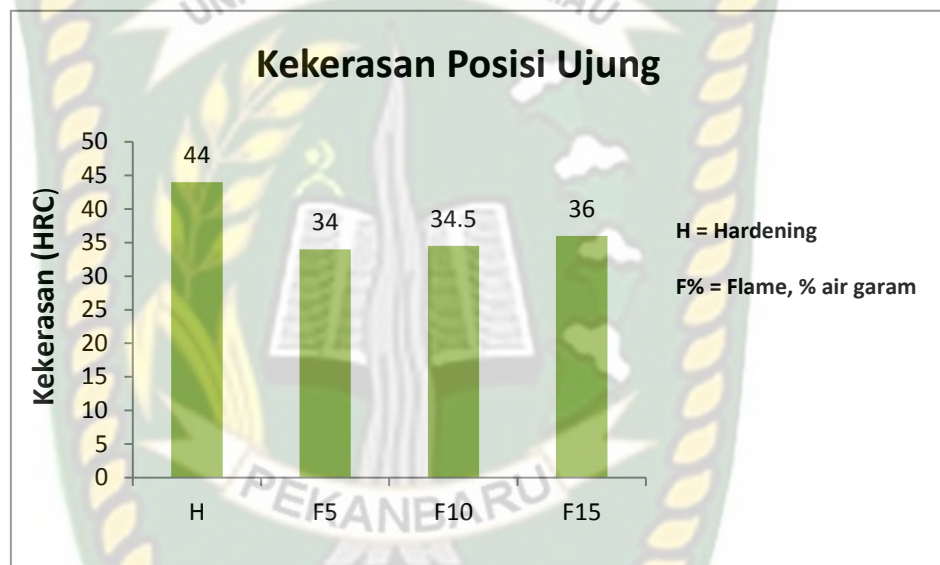
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan *Rockwell C*

Kode spesimen	Perlakuan	Media pendingin	Kekerasan Titik Indentasi (HRC)		
			1	2	3
R	Tampa perlakuan	-	32,5	33	33,5
H	Hardening	Oli	52,5	48	44
F5	Flame hardening	Air garam 5%	48	40	34
F10		Air garam 10%	54	42	34,5
F15		Air garam 15%	58,5	44	36

Dari tabel diatas dapat dilihat secara jelas nilai kekerasan pada setiap spesimen uji dan mengetahui nilai spesimen yang terkeras, dimana pada perlakuan *flame hardening* spesimen uji memiliki perbedaan kekerasan pada tiap titik pengujian. Perbedaan kekerasan tersebut dipengaruhi dari proses perlakuan pemanasan dan perlakuan pendinginan yang mana pada proses tersebut baja hanya dikeraskan pada bagian ujungnya saja dan diikuti dengan proses pendinginan yang cepat sehingga pada bagian ujung baja mempunyai harga kekerasan yang tinggi sedangkan pada bagian yang tidak dikeraskan maupun didinginkan tidak mengalami peningkatan kekerasan yang signifikan. Sedangkan pada perlakuan *hardening* spesimen uji memiliki peningkatan kekerasan pada semua titik pengujian, ini terjadi karena lamanya proses pemanasan pada tungku terbuka mengakibatkan bagian spesimen uji ikut mengeras setelah didinginkan dengan oli sehingga pengaruh dari proses pembakaran tersebut mempengaruhi pada bagian inti material setelah di celupkan dengan oli. Adapun hasil dari setiap posisi ataupun titik pegujian ini dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini.

4.1.1 Kekerasan Pada Posisi Ujung

Pada proses ini diuji kekerasan pada titik 1 (posisi ujung) spesimen pegas daun yang telah dikenai perlakuan panas permukaan, adapun nilai harga kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



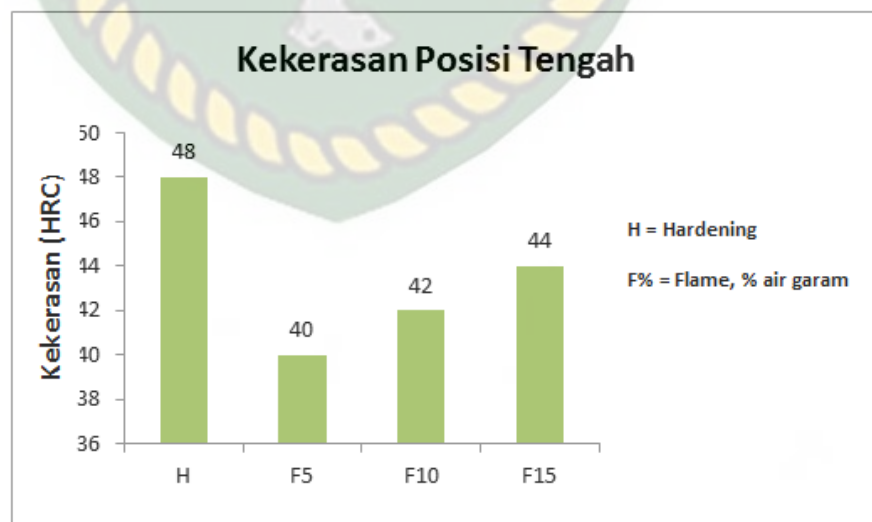
Gambar 4.2 Harga kekerasan pada posisi ujung

Pada gambar 4.2 diatas berdasarkan hasil pengujian kekerasan terlihat bahwa spesimen yang dikenai perlakuan *flame hardening* memiliki harga kekerasan tertinggi yaitu 58,5 HRC dimana peningkatan kekerasan ini terjadi adanya proses perlakuan pemanasan pada daerah yang dikeraskan yang mana tujuan dari proses tersebut hanya meningkatkan pada bagian yang akan dikeraskan. Sedangkan pada perlakuan *hardening* nilai kekerasan masih dibawah pada perlakuan *flame hardening* ini disebabkan

karena waktu pemanasan berlangsung lama dan meliputi seluruh bagian material sehingga kekerasan yang dicapai masih rendah dari pada perlakuan *flame hardening*. Nilai kekerasan pada posisi ujung ini juga diperoleh karena adanya pengaruh deformasi akibat dari proses penempaan serta pengaruh media pendingin pada saat proses *quenching* dimana air garam bersifat cepat dalam menurunkan suhu panas dibandingkan dengan oli sehingga kekerasan (*martensit*) dapat terbentuk jika pendinginan dilakukan secara cepat.

4.1.2 Kekerasan Pada Posisi Tengah

Pada proses ini diuji kekerasan pada titik 2 (posisi tengah) spesimen pegas daun yang telah dikenai perlakuan panas permukaan, adapun nilai harga kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

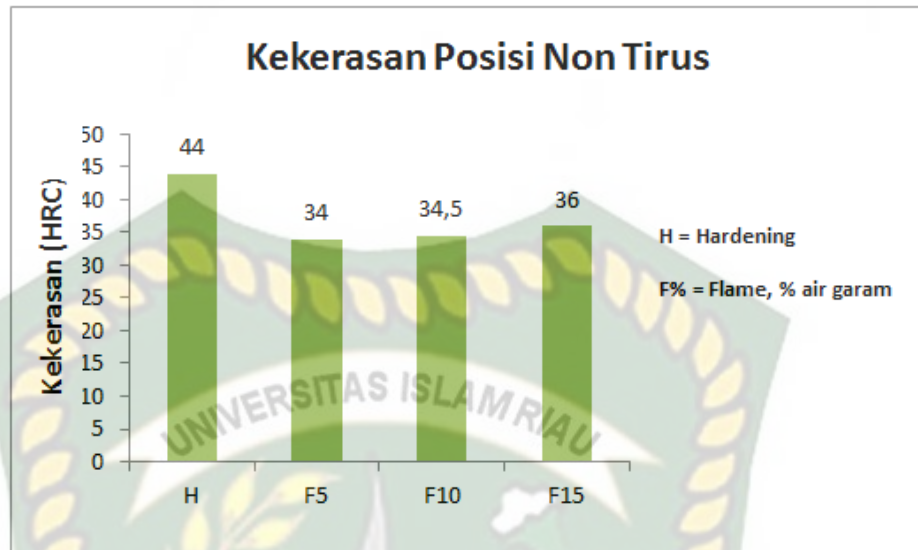


Gambar 4.3 Harga kekerasan pada posisi tengah

Pada gambar 4.3 diatas dilihat bahwa pada kekerasan tertinggi diperoleh pada perlakuan *hardening* ini disebabkan karena temperatur pemanasannya yang tinggi serta waktu pemanasannya lama pada saat pembakaran dengan tungku terbuka sehingga inti material mengeras setelah didinginkan, pada perlakuan *flame hardening* pada bagian tengah juga terjadi peningkatan kekerasan ini disebabkan karena adanya proses perlakuan panas pada daerah ujung tirus yang mana pada bagian tersebut panas juga mendekati mendekati bagian tengah dan material, sedangkan perbedaan kekerasan pada masing-masing perlakuan tersebut disebabkan adanya adanya perlakuan *tempering*, dimana panas dilakukan sepanjang bagian permukaan spesimen sehingga pada proses tersebut bertujuan agar bagian yang tidak dikeraskan mempunyai ketahanan gesek dan kekuatan impak sebesar mungkin.

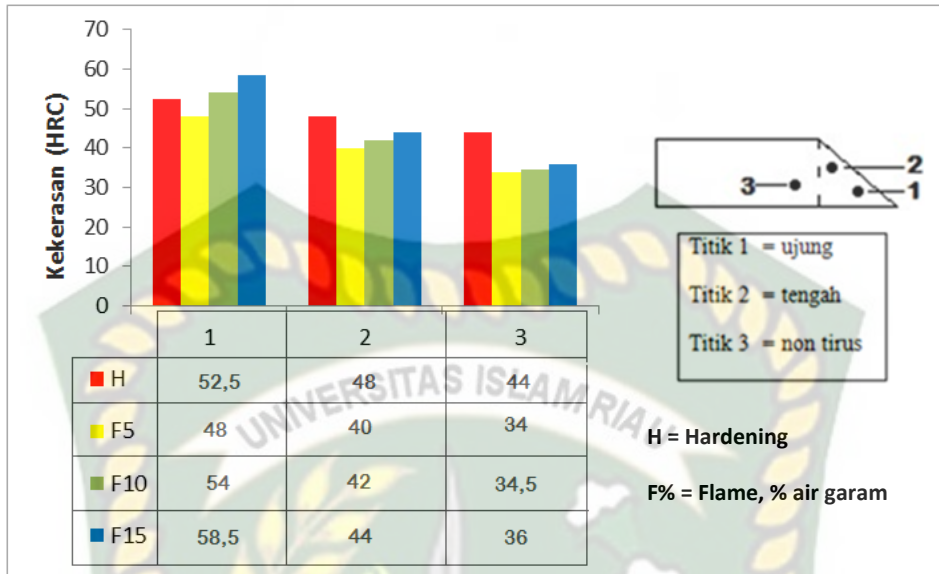
4.1.3 Kekerasan Pada Posisi Non Tirus

Pada proses ini diuji kekerasan pada titik 3 (posisi non tirus) spesimen pegas daun yang telah dikenai perlakuan panas permukaan, adapun nilai harga kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Harga kekerasan pada posisi non tirus

Pada gambar 4.4 diatas terlihat bahwa bagian yang tidak diberikan perlakuan *flame hardening* kekerasannya tidak terjadi peningkatan yang signifikan, hal ini dikarenakan pada proses pemanasan dan pengerasan terjadi hanya pada bagian ujung tirus spesimen uji, sehingga waktu pengerasan menyebabkan bagian inti tidak ikut mengeras sedangkan pada spesimen yang di *hardening* oleh pandai besi bagian tersebut mempunyai kekerasan yang tinggi, ini diakibatkan oleh lamanya waktu pemanasan dengan tungku terbuka serta akibat proses perlakuan pendinginan. Adapun Hubungan kekerasan pada spesimen dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Hubungan kekerasan pada spesimen

Pada gambar 4.5 Dilihat dari hasil pengujian yang telah dilakukan diatas menunjukkan hubungan kekerasan pada tiap spesimen uji pada proses perlakuan panas permukaan. Dari pengujian kekerasan dapat diketahui bahwa terjadi perbedaan kekerasan pada masing-masing bagian/titik material yang dikeraskan, dimana pada bagian ujung spesimen cenderung memiliki nilai kekerasan tertinggi.

4.2 Kekuatan Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari material pegas daun sebagai material uji pada penelitian ini. Sifat mekanis yang didapat adalah kekuatan tarik, elastisitas material dan ketangguhan material. Sampel yang digunakan adalah material pegas daun bekas yang

telah melalui proses perlakuan panas permukaan. Adapun gambar hasil pengujian dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 4.6 Hasil pengujian tarik pegas daun

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium *Quality Control* Politeknik Kampar menggunakan mesin uji tarik Hung-ta HT-8503 dengan standar pengujian ASTM E-18. Pengolahan data uji tarik yaitu dengan mencatat langsung hasil uji tarik yang ditampilkan oleh monitor pada mesin uji tarik. Hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

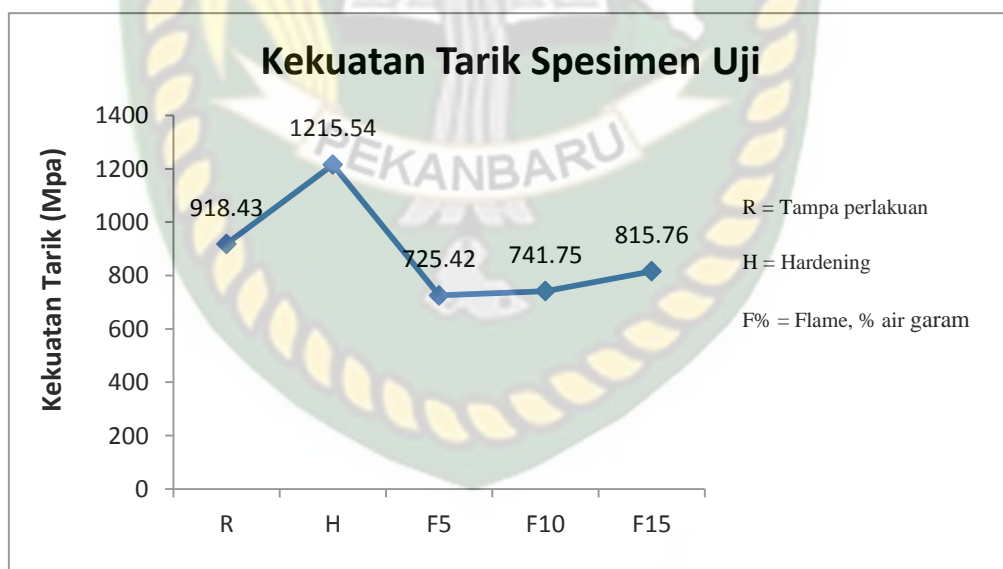
Tabel 4.2 Hasil Uji Tarik

Spesimen	Area (cm ²)	Max.force (kgf)	0.2% Y.S (N/mm ²)	Tensile Strength (Mpa)	Elongation (%)
R	51.434	68643.8	514.53	918.43	13.58
H	52.592	74446.9	811.20	1215.54	6.75
F5	52.037	51138.6	589.26	725.42	11.62
F10	52.575	57070.4	560.48	741.75	10.73
F15	52.960	59928.9	677.80	815.76	9.35

Data yang didapat adalah area, *max.force* (kekuatan maksimum) 0,2% Y.S (tegangan luluh *off-set* pada 0,2%), *tensile strength* (kekuatan tarik) dan *elongation* (keuletan). Pada hasil ini data yang dibahas hanya material yang telah melalui perlakuan panas permukaan. gambar hasil pengujian dapat dilihat dibawah ini.

4.2.1 Nilai kekuatan tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*) merupakan tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh material ketika ditarik. Peningkatan kekuatan tarik pada material pegas daun hasil pengujian tarik dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil kekuatan tarik

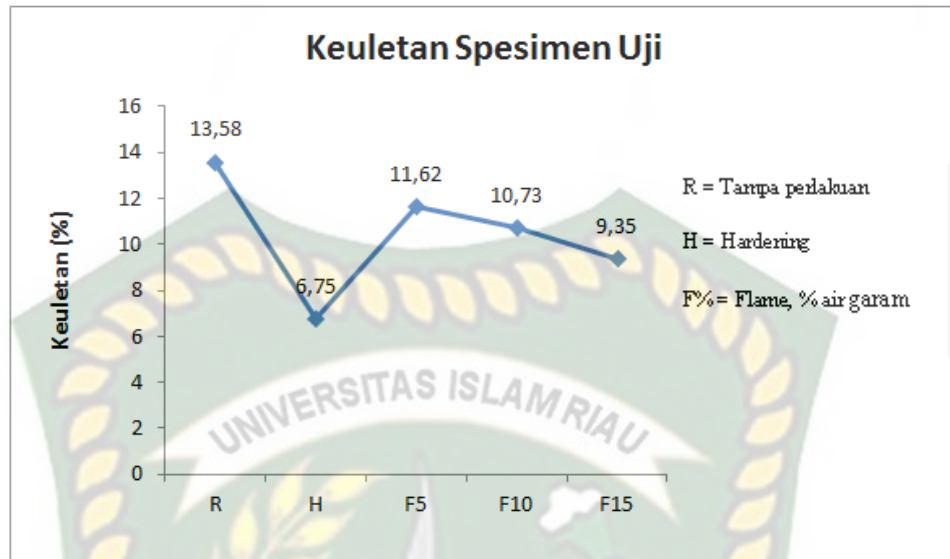
Dari gambar 4.7 diatas dapat dilihat kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan *hardening* oleh pandai besi dengan media pendingin oli yaitu 1215,54 Mpa, sedangkan nilai kekuatan tarik

terendah yaitu pada material yang dikenai perlakuan *flame hardening* dengan persentase air garam 5% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 725,42 Mpa, peningkatan kekuatan tarik naik seiring bertambahnya persentase air garam yaitu pada persentase air garam 10% sebesar 741,75 Mpa dan pada persentase air garam 15% sebesar 815,76 Mpa.

Penurunan kekuatan tarik pada metode *flame hardening* terhadap material tanpa perlakuan disebabkan adanya pengaruh dari proses penempaan, dimana perlakuan tempa bertujuan untuk memperbagiki struktur butir maupun tegangan sisa pada baja, sehingga baja yang telah ditempa terjadi penurunan kekerasan maupun kekuatan tariknya.

4.2.2 Nilai Keuletan

Keuletan material dapat dilihat dengan dua sisi yaitu, dari persen elongasi dan persen reduksi area. Berdasarkan pengujian ini, keuletan material ditunjukkan dengan persen elongasi. Keuletan material pegas daun hasil perlakuan panas ini dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Nilai keuletan

Pada gambar 4.8 diatas bisa dilihat keuletan turun seiring bertambah nya persentase air garam pada setiap perlakuan *flame hardening*, ini disebabkan adanya perbedaan kekerasan pada setiap bagian material setelah melalui proses proses perlakuan panas dan pendinginan dimana turunnya keuletan pada baja dipengaruhi oleh perlakuan panas pada proses tempa.

Metode *flame hardening* mempunyai karakteristik kekerasan yang paling baik, dimana pada aplikasinya alat potong pertanian harus mempunyai kekerasan yang baik pada permukaannya dan ulet pada bagian dalam/inti material. Kekerasan yang tinggi pada permukaan akan menjadikan material lebih awet dalam pemakaian serta menghindari terjadinya patah akibat pemakaian yang terus-menerus yang menjadikan alat petani lebih tahan terhadap beban kejut.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses *hardening* terlihat bahwa baja yang telah dipanaskan dengan tungku pembakar terbuka bagian yang dikeraskan dapat mempengaruhi setiap bagian lainnya, sedangkan pada metode *flame hardening* kekerasan material hanya terjadi pada bagian permukaan yang dikeraskan saja sedangkan bagian dalam/inti material tidak terjadi peningkatan kekerasan yang signifikan
2. Terjadinya peningkatan kekerasan pada metode *flame hardening* dikarenakan adanya proses pendinginan yang cepat, air garam yang langsung disemprotkan setelah pemanasan dapat memberikan penurunan suhu pendinginan yang merata setelah permukaan dikeraskan ini menyebabkan martensit dapat terbentuk. Pengaruh larutan air garam pada proses pengerasan *flame hardening* ini dapat mengurangi bahaya oksidasi, karburisasi atau dekarburisasi. sehingga kerusakan yang diakibatkan oksigen, karbon dioksida dan gas metana, uap air pada proses pembakaran dapat diminimalisir sehingga pembentukan struktur martensit diperoleh.

3. Kekerasan tertinggi diperoleh pada proses *flame hardening* dengan pendinginan 15% air garam yaitu 58,5 HRC, dan terjadi penurunan kekerasan pada persentase air garam 10% yaitu menjadi 48 HRC, namun kekerasannya lebih tinggi pada pendinginan oli sebesar 52,5 HRC daripada pendinginan air garam 5% yaitu 48 HRC.
4. Pada proses perlakuan panas permukaan dapat disimpulkan bahwa nilai kekuatan tarik berbanding terbalik dengan nilai keuletan dimana kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada perlakuan *hardening* dengan menggunakan oli sebesar 1215,54 Mpa, sedangkan nilai keuletan tertinggi diperoleh pada perlakuan panas permukaan *flame hardening* dengan persentase air garam 5% yaitu sebesar 13,58%
5. Proses pendinginan cepat pada metode *flame hardening* dengan menyemprotkan air garam menyebabkan terjadinya oksida besi (Fe_2O_3 dan FeO) yang berwarna (*tarnish*) hitam kebiruan, yang mana pembentukan oksida besi pada permukaan akan menambah kekerasan (*hardness*) tapi juga membuat besi mudah patah maka perlu dilakukan proses *tempering*.

5.2 Saran

Peneliti menyadari bahwa masih banyak permasalahan tentang pengaruh media air garam terhadap kekerasan dari proses perlakuan panas menggunakan api oksi asetilen ini. Oleh karena itu penulis memberikan saran sebagai berikut :

1. Perlunya menggunakan alat burner gas yang otomatis pada metode *flame hardening* agar didapat waktu pemanasan dan pendinginan yang merata pada setiap bagian material dikeraskan.
2. Pada penelitian dengan metode *flame hardening* penggunaan media pendingin dapat divariasikan agar hasil yang lebih baik.
3. Pengujian berikutnya hendaknya melihat struktur mikro yang terbentuk dan parameter dalam pelakuan panas *flame hardening* ditambah agar hasil yang didapat lebih akurat.



Dokumen ini adalah Arsip Milik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

DAFTAR PUSTAKA

- Amanto Hari & Daryanto, 1999, *Ilmu Bahan*, Jakarta, Bumi Aksara.
- Ahmadin, 2015. *Analisa Pengaruh Media Pendingin Air Garam Terhadap Kekerasan Hasil Kerajinan Pandai Besi*. Majalah Teknis Simes, Vol. 9 No.2. Juli 2015, Sumatra Selatan.
- Amstead, B.H, dkk. 1995. *Teknologi Mekanik*, Jakarta, Erlangga.
- Arief M. 2012. *Pengaruh Quenching Dan Tempering Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Serta Struktur Mikro Baja Karbon Sedang Untuk Mata Pisau Pemanen Sawit*. Jurnal E-Dinamis.II.
- Aryadi Harwan 2020. *Pengaruh Quenching Terhadap Kekuatan Golok Produksi Ciseeng-Bogor*, Jurnal PRESISI, Vol 22, No.2 Juli 2020, Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta Selatan.
- Budiman Jata, 2016. *Pembuatan Dan Pengujian Alat bantu Flame Hardening Untuk Meningkatkan Kekerasan Permukaan Poros Dengan Media Quenching Air*. Politeknik Manufaktur Teknologi Bandung.
- Hendrawan Ahmad., 2015, *Pengaruh Proses Sepuh Terhadap Kekerasan Mata Kapak Hasil Pandai Besi di Kabupaten Hulu Sungai Selatan Kaltim*, Jurnal Poros Teknik, Vol.9, No.2 Juni 2015, Politeknik Negeri Banjarmasin, Banjarmasin, Hal. 47-53.
- Mulyadi, 2016. *Pengaruh Model Spesimen Uji Tarik Pada Pengelasan Besi Fc-30 Di Lihat Dari Kekuatan Tarik Pengelasan*, Jurnal 1, Vol 2, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.



Dokumen ini adalah Arsip Miik :

Perpustakaan Universitas Islam Riau

Nurkhozin. Muh. 2009. *Pengaruh Manual Flame Hardening Pada Baja Tempa*,
Jurnal MEKANIKA, vol 7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.

Rizal Yose, dkk. 2013. *Analisis Peristiwakegagalan Pada Leaf Spring Truck Colt
Diesel Pengangkut Pasir*. Jurnal APTEK. Vol. 5 No. 2 Juli 2013.

Saputra Rudi, 2016. *Perbandingan Kekerasan Dan Struktur Mikro Pegas Daun
Yang Mengalami Proses Heat Treatment*, Jurnal.,Institut sains dan Teknologi
Nasional.

Suwarno, dkk, 2018. *Pengaruh temperatur penempaan pada baja 0,5CCrMnSi
dan JIS SUP 9 terhadap kekerasan dan struktur mikro*. Jurnal Teknik ITS Vol
7, No.1, Universitas Teknologi Sepuluh Nopember.

Hing Lay Tan, 1990, *Gas Welding* ATMI Press, E-Journal Surakarta 1990.

Yuri Syaifudin, 2016. *Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening
Material Baja S45C*. Vol 14, Universitas Taramanagara.