

**PENGARUH *HEAT TREATMENT* DENGAN VARIASI MEDIA
QUENCHING OLI DAN SOLAR TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN
NILAI KEKERASAN BAJA PEGAS DAUN AISI 6135**

(Skripsi)

Oleh

Okti Bela Palupi



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRAK

PENGARUH HEAT TREATMENT DENGAN VARIASI MEDIA QUENCHING OLI DAN SOLAR TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN BAJA PEGAS DAUN AISI 6135

Oleh

Okti Bela Palupi

Heat treatment dengan variasi media *quenching* oli dan solar terhadap struktur mikro dan nilai kekerasan baja pegas daun AISI 3165 dilakukan proses austenisasi dengan temperatur 800°C selama 60 menit. Proses selanjutnya, *quenching* dengan variasi media *quenching* 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar, kemudian *tempering* dengan temperatur 600°C selama 40 menit. Hasil uji komposisi kimia baja pegas daun mengandung 0,3383% C untuk *raw material*, 0,3156% C untuk *quench-temper* menggunakan media 100% oli, dan 0,3333% C untuk *quench-temper* menggunakan media campuran 50 % oli : 50 % solar. Hasil uji kekerasan untuk sampel *raw material* yaitu 42,2 HRc, untuk sampel hasil *tempering* dengan media *quenching* 100% oli maupun campuran 50% oli : 50% solar berturut-turut yaitu 36,8 HRc dan 37,3 HRc. Hasil uji struktur mikro pada sampel *raw material* terbentuk fasa ferit dan perlit, sedangkan untuk sampel hasil *quench-temper* campuran 50% oli : 50% solar fasa yang terbentuk yaitu martensit temper yang lebih menyebar dibanding 100% oli.

Kata Kunci: AISI 6135, austenit, ferit, HRc, martensit, perlit, *quenching*, *raw material*, *tempering*.

ABSTRACT

THE EFFECT OF HEAT TREATMENT WITH VARIATIONS OF THE OIL AND DIESEL FUEL QUENCHING MEDIUM TO MICROSTRUCTURE AND HARDNESS VALUE IN THE LEAF SPRING STEEL AISI 6135.

By

Okti Bela Palupi

Heat treatment with variations of the oil and diesel fuel quenching medium to microstructure and hardness value in the leaf spring steel AISI 6135 conducted austenitasi process with temperature of 800°C for 60 minutes. The next process, quenching with a variation of 100% oil and mixture of 50% oil : 50% diesel fuel quenching medium, then tempering with temperature 600°C for 40 minutes. Chemical composition test result of steel leaf springs containing 0.3383% C for the raw material, 0.3156% C to quench-tempering using 100% oil medium, and 0.3333% C to quench-tempering using mixture of 50% oil: 50 % diesel fuel medium. Hardness test results for samples of raw material that is 42,2 HRc, for samples of tempering with 100% oil nor mixture of 50% oil : 50% diesel fuel quenching medium respectively are 36,8 HRc dan 37,3 HRc. The test results microstructure on the samples raw material formed ferrite and pearlite phase, while the samples of quench-temper mix of 50% oil : 50% diesel fuel formed martensit temper phase more spread out than 100% oil.

Keywords: AISI 6135, austenit, ferit, HRc, martensit, perlit, *quenching*, *raw material*, *tempering*.

**PENGARUH HEAT TREATMENT DENGAN VARIASI MEDIA
QUENCHING OLI DAN SOLAR TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN
NILAI KEKERASAN BAJA PEGAS DAUN AISI 6135**

Oleh
Okti Bela Palupi

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar
SARJANA SAINS

Pada
Jurusan Fisika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Skripsi

**: PENGARUH HEAT TREATMENT DENGAN VARIASI
MEDIA QUENCHING OLI DAN SOLAR TERHADAP
STRUKTUR MIKRO DAN NILAI KEKERASAN
BAJA PEGAS DAUN AISI 6135**

Nama Mahasiswa

: Okti Bela Palupi

Nomor Pokok Mahasiswa : 1217041040

Jurusan

: Fisika

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Drs. Pulung Karo Karo, M.Si.
NIP 19610723 198603 1 003

Yayat Iman Supriyatna, S.T., M.T.
NIP 19850427 200912 1 003

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

Dr. Yanti Yulianti, S.Si, M.Si.
NIP 19751219 200012 2 003

MENGESAHKAN

1. Tim Pengaji

Ketua

: Drs. Pulung Karo, M.Si.

Sekretaris

: Yayat Iman Supriyatna, S.T., M.T.

Pengaji

Bukan Pembimbing : Dra. Safradi, M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

: Prof. Dr. Warsito, S.Si., D.E.A.
NIP. 19710212 199512 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2016



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, kecuali yang tertulis disebut dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Juni 2016



**Okti Bela Palupi
NPM. 1217041040**

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Campang Tiga Lampung Utara, 07 Oktober 1994 yang merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Puryanto dan Ibu Listyowati. Penulis menyelesaikan pendidikan dimulai dari SDN 3 Srimulyo OKUT, Sum-Sel pada tahun 2006, SMPN II Belitang Mulya OKUT, Sum-Sel pada tahun 2009, SMAN I Mojo Kediri Jawa-Timur pada tahun 2012.

Penulis melanjutkan pendidikan pada tahun 2012 dan diterima di Universitas Lampung, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Jurusan Fisika melalui jalur Mandiri. Penulis mengikuti Lembaga Kemahasiswaan (LK) Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) dan memilih bidang keilmuan material sebagai salah satu bidang yang terdapat di Jurusan Fisika. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Sains Dasar Fisika di semester 3 dan Fisika Dasar di semester 5, 6 dan 7. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di BBKKP Yogyakarta pada tahun 2015 dan Tugas Akhir (TA) di UPT. BPML LIPI Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

MOTTO

**“Jangan Pernah Takut Menghadapi Masalah yang Besar
Karena Kita Punya TUHAN Yang Jauh Lebih Besar”**

**Dengan Ketulusan, Ku Persembahkan
Skripsi Ini Untuk :**

Kedua Orang Tuaku Tercinta

Saudara-saudariku Tersayang

Orang-orang yang Selalu Mendoakan & Memotivasi-Ku

Serta

Almamater Tercinta

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya milik Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan kuliah dan skripsi dengan judul **“Pengaruh Heat Treatment Dengan Variasi Media Quenching Oli Dan Solar Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Baja Pegas Daun Aisi 6135”** sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana. Dalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran untuk pengembangan selanjutnya. Akhir kata penulis menyampaikan terima kasih dan semoga skripsi ini bermanfaat. Amiin..

Bandar Lampung, Juni 2016
Penulis

Okti Bela Palupi

SANWACANA

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang selalu mendo'akan, mendukung, membantu dan membimbing dalam menyelesaikan skripsi ini, diantaranya :

1. Bapak Drs. Pulung Karo Karo, M.Si. sebagai pembimbing utama, yang selalu memberikan pengertian dan meluangkan waktunya untuk membimbing.
2. Bapak Yayat Iman Supriyatna, S.T., M.T. sebagai pembimbing kedua atas kesediaannya yang selalu sabar membimbing, memberikan saran dan memperbaiki penulisan skripsi.
3. Bapak Drs. Safriadi, M.Si. sebagai dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan untuk memperbaiki penulisan skripsi.
4. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph. D. selaku Pembimbing Akademik.
5. Ibu Dr. Yanti Yulianti, M.Si. selaku Ketua Jurusan Fisika FMIPA Unila.
6. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Sekretaris Jurusan.
7. UPT. BPML LIPI Tanjung Bintang, Lampung Selatan dan pihak-pihak terkait yang telah membimbing selama pelaksanaan penelitian.
8. Kedua orang tua (Bapak Puryanto dan Ibu Listyowati) tercinta.
9. Saudara dan saudari tersayang (adek Okta, adek Nando dan adek Nanda) beserta keluarga besar Rosela.

10. Sahabat tersayang dan pihak-pihak yang memotivasi serta teman-teman Fisika Angkatan 2012.

Bandar Lampung, Juni 2016

Penulis

Okti Bela Palupi

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|----------------------------------|---------|
| ABSTRAK | i |
| ABSTRACT | ii |
| HALAMAN JUDUL | iii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iv |
| HALAMAN PENGESAHAN | v |
| HALAMAN PERNYATAAN | vi |
| RIWAYAT HIDUP | vii |
| MOTTO | viii |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| SANWACANA | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR TABEL | xvi |

I. PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 1 |
| 1.3 Batasan Masalah | 2 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | 3 |

II. TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|---|----|
| 2.1 Baja | 4 |
| 2.2 Pengaruh Unsur Paduan Baja..... | 6 |
| 2.3 Baja Pegas Daun | 7 |
| 2.4 Diagram Fasa Fe-C | 8 |
| 2.5 Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>) | 9 |
| 2.6 Pelumas Oli | 10 |
| 2.7 Solar | 11 |
| 2.8 Pengujian Sifat Fisik Baja..... | 11 |
| 2.9 Pengujian Sifat Mekanik Baja | 13 |

III. METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian | 14 |
| 3.2 Alat dan Bahan Penelitian..... | 15 |
| 3.3 Prosedur Percobaan | 15 |
| 3.4 Diagram Alir | 19 |

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

| | |
|--|----|
| 4.1 Hasil Analisis Komposisi Kimia..... | 21 |
| 4.2 Hasil Analisis Kekerasan Rockwell..... | 23 |
| 4.3 Hasil Analisis Struktur Mikro..... | 24 |

V. KESIMPULAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 27 |
| 5.2 Saran..... | 28 |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|---|---------|
| 1. Baja pegas daun..... | 7 |
| 2. Diagram Fe-C/fasa | 8 |
| 3. Analisis komposisi kimia dengan OES | 11 |
| 4. Analisis struktur mikro dengan mikroskop optik..... | 12 |
| 5. Uji kekerasan dengan metode <i>rockwell</i> | 13 |
| 6. Siklus perlakuan panas baja pegas daun | 17 |
| 7. Diagram alir penelitian..... | 20 |
| 8. Diagram nilai kekerasan dengan variasi media pendingin..... | 23 |
| 9. Struktur mikro baja pegas daun <i>raw material</i> | 24 |
| 10. Hasil uji struktur mikro pada proses <i>heat treatment (quench-temper)</i> dengan variasi media pendingin; (a) 100% oli dan (b) campuran 50% oli : 50% solar..... | 25 |
| 11. Struktur mikro fasa martensit <i>temper</i> | 26 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Preparasi jumlah dan pengkodean sampel baja pegas daun..... | 15 |
| 2. Hasil analisis komposisi kimia baja pegas daun | 21 |
| 3. Komposisi kimia baja pegas daun AISI 6135 | 22 |
| 4. Hasil analisis nilai kekerasan baja pegas daun..... | 23 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri permesinan dan konstruksi memacu perkembangan teknologi pembuatan berbahan dasar logam seperti baja. Baja yang digunakan untuk proses pembentukan berbagai keperluan harus berkualitas tinggi. Salah satu contohnya yaitu baja pegas daun yang digunakan pada kendaraan darat terutama roda empat yang harus memiliki ketangguhan dan keuletan untuk membuat stabil kendaraan bermotor saat menerima beban statik dan dinamik. Dibutuhkan sifat-sifat mekanis yang memadai agar umur pakai baja pegas daun tersebut dapat ditingkatkan. Salah satu caranya yaitu menggunakan proses perlakuan panas (*heat treatment*).

Secara umum *heat treatment* bisa dilakukan dengan banyak cara, misalnya saja pemanasan sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu dan mempertahankannya (*holding time*) untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata, lalu didinginkan dengan media pendingin (proses *quenching*). Salah satu jenis media *quenching* adalah minyak. Jenis fluida minyak yang dapat digunakan sebagai media *quenching* adalah oli dan solar. Penggunaan pelumas oli dan solar sebagai media pendingin dalam proses perlakuan panas akan menyebabkan timbulnya lapisan karbon pada bagian permukaan sampel yang akan

mempengaruhi sifat mekanis sampel. Baja yang dihasilkan setelah *quenching* tidak baik digunakan karena bersifat keras dan rapuh sehingga perlu dilakukan pemanasan lanjut atau *tempering* untuk menurunkan nilai kekerasan dan mengurangi tegangan sisa.

Menurut penelitian Purwanto pada tahun 2011 menyimpulkan bahwa kandungan karbon yang terdapat pada solar memerlukan adanya pencampuran dari media yang lain. Penelitian lainnya dilakukan oleh Sahwendi pada tahun 2013 dengan kesimpulan bahwa pengaruh *tempering* dengan media *quenching* oli menunjukkan penurunan nilai kekerasan dan diperoleh fasa martensit *temper*.

Berdasarkan latar belakang penelitian-penelitian tersebut, peneliti menggunakan baja pegas daun yang dipanaskan pada temperatur 800°C selama 60 menit. Setelah baja dipanaskan kemudian didinginkan secara cepat (*quenching*) dengan variasi media pendingin, yaitu 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar. Proses selanjutnya *tempering* pada temperatur 600°C selama 40 menit dan *normalizing*. Tahap terakhir analisis kekerasan, komposisi dan struktur mikro baja pegas daun. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat baja hasil *heat treatment* dan pengambilan kesimpulan media pendingin yang tepat untuk mendapatkan sifat baja yang diinginkan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana komposisi kimia, nilai kekerasan dan struktur mikro baja pegas daun?

2. Bagaimana pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja pegas daun?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut :

1. Sampel yang digunakan adalah baja pegas daun bekas AISI 6135.
2. Pemanasan pada temperatur 800°C selama 60 menit dengan variasi media pendingin, yakni 100% olidan campuran 50% oli:50% solar. *Tempering* pada temperatur 600°C selama 40 menit kemudian *dinormalizing*.
3. Pengujian baja yang dilakukan adalah komposisi kimia, kekerasan dan struktur mikro.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui komposisi kimia baja pegas daun.
2. Mengetahui nilai kekerasan dan struktur mikro baja pegas daun.
3. Mengetahui pengaruh variasi media pendingin terhadap nilai kekerasan dan struktur mikro baja pegas daun.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Dapat memberikan informasi tentang komposisi kimia, uji kekerasan dan struktur mikro dari baja pegas daun.
2. Dapat dijadikan sumber referensi ilmiah bidang metalurgi khususnya dalam pengembangan dunia otomotif berbasis baja pegas daun.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baja

2.1.1 Klasifikasi Baja

1. Menurut komposisi kimianya

a. Baja Karbon

Baja karbon terdiri dari besi dan karbon. Baja karbon merupakan baja yang mengandung karbon antara 0,3% sampai 1,7% (Wulandari, 2011). Berdasarkan kandungan karbon, baja dibagi kedalam tiga macam yaitu:

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*)

Baja yang mengandung karbon kurang dari 0,3% karbon seperti pembuatan komponen bodi mobil, struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, kaleng, pagar dan lain-lain (*ASM handbook*, 1993).

2. Baja karbon sedang (*medium carbon steel*)

Baja yang mengandung karbon 0,3%-0,6% karbon seperti poros, rel kereta api, roda gigi, pegas, baut dan lain-lain (*ASM handbook*, 1993).

3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

Baja karbon tinggi merupakan baja yang mengandung 0,6% - 1,7% karbon seperti palu, gergaji, atau pahat potong dan lainnya (*ASM handbook*, 1993).

b. Baja paduan

Merupakan suatu baja karbon yang telah ditambahkan satu atau lebih unsur-unsur tambahan ke dalamnya untuk menghasilkan sifat-sifat yang dikehendaki, yang tidak dimiliki oleh baja karbon (Mulyanti, 1996).

1. Baja paduan rendah, unsur paduan $\leq 2,5\%$ (Mulyanti, 1996).
2. Baja paduan menengah, unsur paduan $2,5\% - 10\%$ (Mulyanti, 1996).
3. Baja paduan tinggi, unsur paduan $> 10\%$ (Mulyanti, 1996).

2. Menurut jumlah komponennya

- a. Baja tiga komponen, terdiri dari satu unsur pemanfaat dalam penambahan Fe dan C (Mulyanti, 1996).
- b. Baja empat komponen atau lebih, terdiri dari dua atau lebih pemanfaat dalam penambahan Fe dan C (Mulyanti, 1996).

2.1.2 Sifat-Sifat Baja

1. Sifat mekanik baja

Kemampuan bahan untuk menahan beban dinamis maupun statis (Karmin dan Ginting, 2012).

- a. Keuletan (*ductility*) adalah sifat bahan yang mempunyai gaya regangan (*tensile strain*) relatif besar sampai dengan titik kerusakan, yang memungkinkannya dibentuk secara permanen (Karmin dan Ginting, 2012).
- b. Ketangguhan (*oughness*) adalah sifat bahan yang menunjukkan besarnya energi untuk mematahkan bahan (Karmin dan Ginting, 2012).

- c. Kekuatan tarik (*tensile test*) adalah kekuatan tarik yang ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula (Karmin dan Ginting, 2012).
2. Sifat fisik baja
Merupakan sifat yang berhubungan dengan dengan struktur atomnya.
 - a. Komposisi kimia berfungsi untuk mengetahui kandungan unsur kimia pada suatu logam (Yogantoro, 2010).
 - b. Struktur mikro berfungsi untuk mengetahui susunan fasa pada suatu spesimen (Yogantoro, 2010).

2.2 Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja

1. Unsur karbon (C)
Berfungsi meningkatkan sifat mekanik seperti kekuatan dan kekerasan meskipun demikian karbon juga dapat menurunkan keuletan dan ketangguhan (Widyatmadji, 2001).
2. Unsur mangan (Mn)
Kandungan mangan kurang lebih 0,6% guna menaikkan kuat tarik sehingga memiliki sifat kuat dan ulet (Widyatmadji, 2001).
3. Unsur silikon (Si)
Meningkatkan kekuatan, kekerasan, kekenyalan, ketahanan aus, ketahanan terhadap panas dan karat (Widyatmadji, 2001).
4. Unsur nikel (Ni)
Unsur nikel pada suatu baja sering ditambahkan untuk memperoleh sifat-sifat baja sesuai yang diinginkan, fungsinya seperti memperbaiki kekuatan tarik dan

menaikkan sifat ulet, tahan panas, jika pada baja paduan terdapat unsur nikel maka baja tahan terhadap korosi (Widyatmadji, 2001).

5. Unsur *chrom* (Cr)

Meningkatkan kekerasan baja, kekuatan tarik, ketangguhan, ketahanan abrasi, korosi, dan tahan terhadap suhu tinggi (Widyatmadji, 2001).

2.3 Baja Pegas Daun

2.3.1 Definisi Baja Pegas Daun

Baja pegas daun dikenal sebagai baja pelat datar yang dibuat melengkung untuk membawa beban, merendam getaran, melunakkan tumbukan dengan memanfaatkan sifat elastisitas bahan dan menambah daya cengkeram ban terhadap permukaan jalan (Venkatesan and Devaraj, 2012).



Gambar 1. Baja pegas daun

2.3.2 Kelebihan dan Kelemahan Baja Pegas Daun

1. Kelebihan baja pegas daun:

Konstruksi sederhana, gesekan antar lembaran per daun berfungsi sebagai gaya peredam, mengganti lembaran per yang patah saja dan dapat memainkan kombinasi panjang per dan jumlah per untuk mendapat ayunan yang ringan (Sahwendi, 2013).

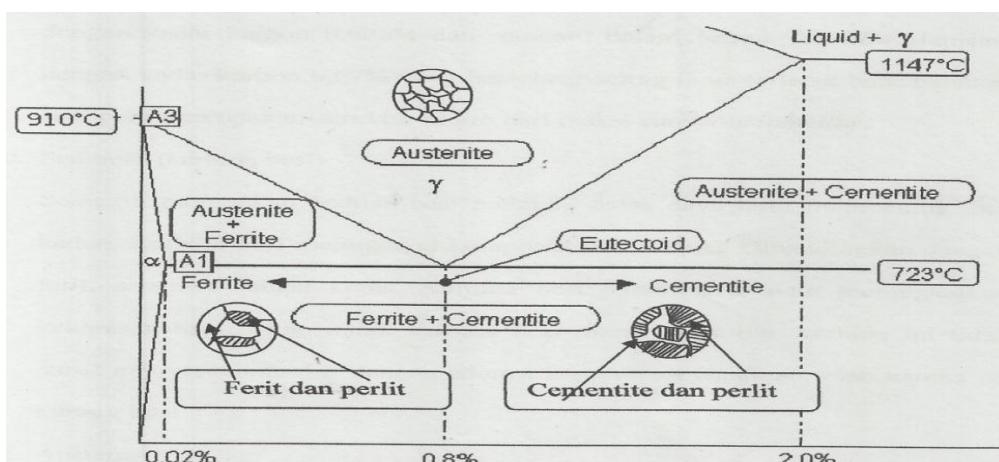
2. Kelemahan baja pegas daun:

Bobot berat, kurang baik menyerap getaran yang memiliki frekuensi tinggi, misal jalan bergelombang dalam kecepatan tinggi (Sahwendi, 2013).

2.4 Diagram Fasa Fe-C

Melalui diagram fasa dapat menentukan 3 jenis baja berdasarkan kadar karbonnya yaitu *eutectoid* : baja dengan $C=0,8\%$, *hipoeutectoid* : baja dengan $C<0,8\%$ dan *hypereutectoid* : baja dengan $C>0,8$ (Suratman,1994).

Perubahan struktur mikro pada berbagai suhu dan kadar karbon dapat ditampilkan pada diagram Fe-C/fasa pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Fe-C/fasa (Suratman, 1994).

Beberapa fasa yang sering ditemukan dalam baja karbon :

1. Austenit adalah campuran Fe (besi) dan C (karbon), bersifat lunak dengan keliatan tinggi dan karbon maksimum sebesar 2,14% (Yogantoro, 2010).
2. Ferit (α) mempunyai ruang antar atom kecil dan rapat sehingga sedikit menampung atom karbon. Kadar maksimum karbon sebesar 0,025% pada suhu 723 °C. Kekerasan berkisar 140-180 HVN (Yogantoro, 2010).

3. Perlit merupakan campuran mekanis yang terdiri dari dua fasa, yaitu ferit dengan karbon 0,025% dan sementit dalam bentuk lamellar (lapisan) dengan karbon 6,67%. Kekerasan antara 180-250 HVN (Yogantoro, 2010).
4. Bainit adalah struktur mikro dari reaksi eutektoid ($\gamma \rightarrow \alpha + Fe_3C$) non-lamellar (tidak berupa lapisan). Bainit merupakan struktur mikro campuran fasa ferit dan sementit (Fe_3C). Kekerasan bainit ± 300 -400 HVN (Yogantoro, 2010).
5. Martensit merupakan fasa ferit dan sementit bercampur, tetapi bukan dalam lamellar, melainkan jarum-jarum sementit. Kekerasan dari martensit > 500 HVN (Yogantoro, 2010).
6. Sementit merupakan paduan logam besi melebihi batas daya larut membentuk fasa kedua yang disebut karbida besi (sementit) dengan kekerasan berkisar 800 HVN (Yogantoro, 2010).

2.5 Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)

Perlakuan panas didefinisikan sebagai perpaduan antara proses pemanasan, penahanan temperatur dan pendinginan. Perlakuan panas terdiri atas dua kategori yaitu pelunakan (*softening*) dan pengerasan (*hardening*). Pelunakan adalah usaha menurunkan sifat mekanik dengan mendinginkan material yang sudah dipanaskan dalam tungku (*annealing*) atau udara terbuka (*normalizing*) sedangkan pengerasan adalah usaha meningkatkan sifat material terutama kekerasan dengan cara pendinginan secara cepat (*quenching*) (Haryadi, 2005).

1. Austenisasi

Austenisasi adalah proses pemanasan logam di atas suhu kritis ($723^{\circ}C$) dengan maksud untuk mengubah fasa ferit menjadi austenit (Haryadi, 2005).

2. *Quenching*

Merupakan pendinginan secara cepat. Salah satu ciri dari perlakuan ini adalah material menjadi sangat keras, karenanya sering disebut sebagai proses pengerasan (*hardening*). Perlakuan panas akan menghasilkan material yang optimal, jika selama transformasi seluruh fasa austenit dapat dikonversi ke fasa martensit. Pada umumnya baja yang telah mengalami proses *quenching* memiliki kekerasan yang tinggi merata dapat mencapai kekerasan-kekerasan yang maksimum tetapi agak rapuh (Miftahudin, 2012).

3. *Tempering*

Pemanasan kembali dibawah titik kritis kemudian ditahan dalam waktu yang secukupnya dan didinginkan untuk mengurangi internal *strees* dan menstabilkan struktur dari logam (Miftahudin, 2012).

4. *Normalizing*

Proses *normalizing* dilakukan dengan udara terbuka. Hasil proses *normalizing* baja akan berbutir lebih halus dan homogen (Miftahudin, 2012).

2.6 Pelumas Oli

Pelumas adalah minyak yang mempunyai sifat untuk selalu melekat dan menyebar pada permukaan-permukaan yang bergesekan, sehingga mengurangi pengausan dan kenaikan suhu kecil sekali (Soedjono, 1978).

Oli mengandung lapisan-lapisan halus untuk mencegah terjadinya benturan antar logam seminimal mungkin, mencegah goresan atau keausan. Penggunaan pelumas sebagai media pendingin dalam proses perlakuan akan menyebabkan timbulnya

lapisan karbon pada bagian permukaan spesimen yang akan mempengaruhi sifat mekanis spesimen (James, 1992).

2.7 Solar

Viskositas solar dan bahan dasar solar membawa pengaruh dalam mendinginkan spesimen. Penggunaan solar sebagai media pendingin akan menyebabkan timbulnya selaput karbon pada spesimen tergantung dari besarnya viskositas pelumas (James, 1992).

2.8 Pengujian Sifat Fisik Baja

2.8.1 Komposisi Kimia

Komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terdapat pada logam. Biasanya uji komposisi kimia dilakukan pada saat kita akan memulai suatu penelitian. Hal tersebut dimaksudkan agar sebelum melakukan suatu penelitian, kita sudah terlebih dahulu mengetahui klasifikasi dari baja atau spesimen yang akan kita gunakan. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan alat uji *Optical Emission Spectroscopy* (OES) (Sahwendi, 2013).



Gambar 3. Analisis komposisi kimia dengan OES.

2.8.2 Struktur Mikro

Uji struktur mikro bertujuan untuk melihat dan menganalisis jenis dan bentuk struktur mikro setelah mengalami proses perlakuan panas (*heat treatment*) agar dapat membandingkan struktur mikro antara sebelum dan sesudah dilakukannya perlakuan panas (Sardjono, 2009).

Proses terjadinya perbedaan warna, besar butir, bentuk dan ukuran butir yang mendasari penentuan dari jenis dan sifat fasa pada hasil pengamatan foto mikro adalah diakibatkan adanya proses pengetsaan. Prinsip pengetsaan merupakan proses pengikisan yang menghasilkan reaksi kimia sehingga terkikis lebih dalam. Akibatnya pada saat adanya cahaya pantulan yang tertangkap oleh lensa maka akan tampak bahwa fasa yang lebih lunak akan terlihat lebih terang dan fasa yang lebih keras akan terlihat gelap. Begitu juga akan terlihat bentuk dan ukuran butirnya sehingga dapat dibedakan fasa-fasa yang terlihat pada bahan yang akan diuji (Yogantoro, 2010).



Gambar 4. Analisis struktur mikro dengan mikroskop optik.

2.9 Pengujian Sifat Mekanik (Kekerasan) Baja

Pengujian kekerasan merupakan suatu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui harga kekerasan dari benda uji pada beberapa bagian sehingga dapat diketahui distribusi kekerasan serta kekerasan rata-ratanya dari semua benda uji.

Kekerasan merupakan ketahanan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaannya. Pada prinsip kerja alatnya, terdapat tiga jenis metode penekanan yaitu: *rockwell*, *brinell* dan *vickers* yang masing-masing memiliki perbedaan dalam cara menentukan angka kekerasannya. Metode *brinell* dan *vickers* menentukan angka kekerasannya dengan menitikberatkan pada penghitungan kekuatan bahan terhadap daya luas penampang yang menerima pembebanan, sedangkan pada metode *rockwell* ditentukan dengan menitikberatkan pada kedalaman indentor pada benda uji (Miftahuddin, 2006).



Gambar 5. Uji kekerasan dengan metode *rockwell*.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 Januari 2016 sampai dengan 18 Maret 2016 di Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung (BPTM) –LIPI yang bertempat di Jl. Ir Sutami km. 15 Tanjung Bintang, Lampung Selatan.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Peralatan

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Furnace* digunakan untuk tempat memanaskan sampel.
2. *Optical Emission Spectrometry (OES)* Spectromaxx digunakan untuk menganalisis komposisi kimia atau kandungan unsur dalam material logam.
3. *Cutting tool* berfungsi sebagai alat pemotong material logam.
4. *Mounting press* sebagai tempat pembentukan bingkai pada material yang telah dilakukan pemotongan.
5. *Polishing machine* UNIPOL 1210 untuk menghaluskan permukaan material logam
6. *Rockwell-Analog Hardness Tester* digunakan untuk mengetahui nilai kekerasan.

7. *Inverted metallurgical microscope* (mikroskop optik) dengan merk *Nikon*, tipe MA-100 digunakan untuk uji metalografi.
8. Alat pengering (*Hair Dryer*) untuk mengeringkan sampel yang sudah di etsa.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Material baja pegas daun AISI 6135.
2. *Bakelite* dan resin, digunakan sebagai bahan untuk membuat bingkai material/sampel logam pada proses *mounting press*.
3. Amplas, kain beludru, dan larutan TiO₂ digunakan sebagai bahan penghalus permukaan logam pada proses *polishing* menggunakan alat *polishing machine*.
4. Larutan Nital 3% digunakan sebagai bahan etsa logam.
5. Oli dan campuran (oli dan solar) sebagai media *quenching*.

3.3 Prosedur Percobaan

3.3.1 Preparasi Sampel

Memotong baja pegas daun menggunakan *cutting tool* dengan ukuran panjang 37 mm, lebar 30 mm, dan tebal 12 mm. Adapun preparasi jumlah dan pengkodean sampel baja pegas daun seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Preparasi jumlah dan pengkodean sampel baja pegas daun

| Jenis Perlakuan | Kode Sampel | Jumlah Sampel (buah) |
|--|--------------------|---------------------------------|
| <i>Raw material</i> | B1, B2, B3 | 3 |
| <i>Quench-temper</i> 100% oli | B4, B5, B6 | 3 |
| <i>Quench-temper</i> campuran 50% oli : 50% solar | B7, B8, B9 | 3 |
| Jumlah total sampel | | 9 |

3.3.2 Uji Komposisi Kimia

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan *spectrometer* tipe OES (*Optical Emission Spectrometry*), model Spectromaxx tipe *benchtop* untuk mengetahui komposisi kimia atau kandungan unsur dalam sampel yang digunakan dalam penelitian dengan standar ASTM. Uji komposisi ini dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung (BPTM) –LIPI.

3.3.3 Proses *Heat Treatment*

Proses perlakuan panas (*heat treatment*) menggunakan tungku pemanas atau *furnace* dan dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung (BPTM) –LIPI.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses perlakuan panas adalah :

1. *Pre-heating*

Sebelum melakukan pemanasan hingga temperatur austenisasi dilakukan pemanasan awal pada temperatur 600°C dengan waktu tahan selama 30 menit.

2. Austenisasi

Setelah proses perlakuan awal, pemanasan dilanjutkan hingga temperatur 800°C selama 60 menit.

3. Pendinginan cepat (*quenching*)

Proses pendinginan cepat dilakukan dengan media pendingin 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar.

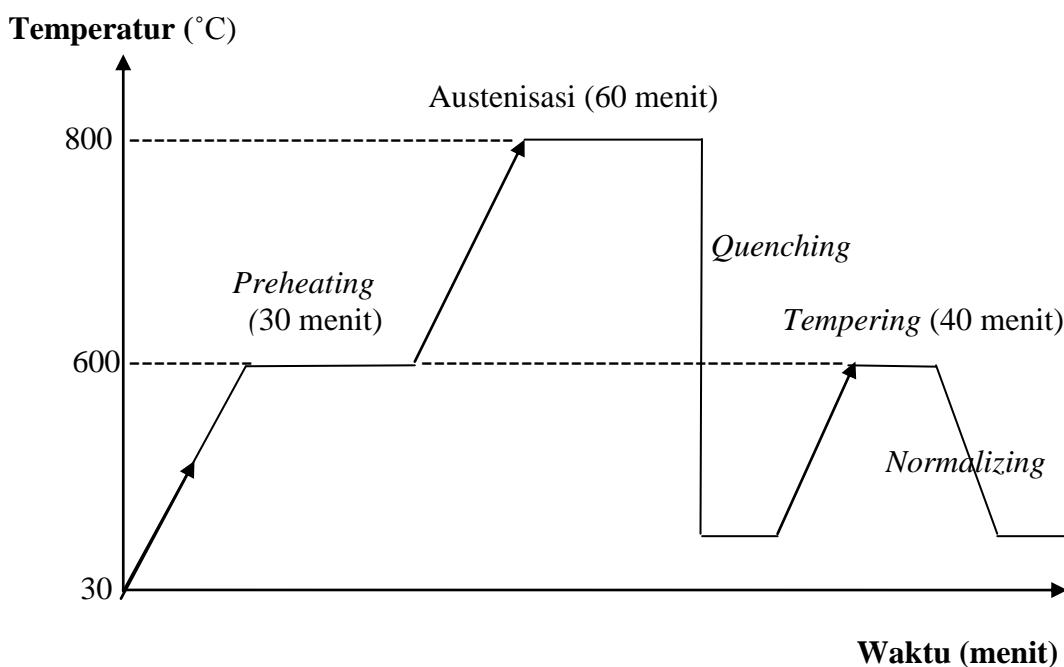
4. *Tempering*

Baja yang telah didinginkan secara *quenching* selanjutnya ditempering pada temperatur 600°C selama 40 menit.

5. Normalizing

Sampel yang telah ditempering dikeluarkan dari *furnace* dan didinginkan secara lambat di udara terbuka.

Siklus *heat treatment* baja pegas daun pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Siklus perlakuan panas baja pegas daun.

3.3.4 Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing sampel. Pengujian ini menggunakan *analog hardness tester* dengan *merk rockwell starret* yang dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung (BPTM) –LIPI. Sebelum diuji permukaan sampel harus dalam keadaan rata. Nilai kekerasan yang diambil adalah nilai dari harga rata-rata, dengan lima kali perlakuan pada daerah yang berdekatan.

3.3.5 Uji Struktur Mikro

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui fasa-fasa serta perubahan struktur kristal dari masing-masing sampel uji. Pengujian ini menggunakan *inverted metallurgical microscope* dengan merk *Nikon*, tipe MA-100 dan dilakukan di Laboratorium Analisis Kimia Balai Penelitian Teknologi Mineral Lampung (BPTM) –LIPI. Sebelum dilakukan uji metalografi, masing-masing material telah melalui proses *polishing* dan pengetsaan agar struktur mikronya dapat teramat jelas pada mikroskop optik. Langkah-langkah yang dilakukan sebelum melakukan pengamatan struktur mikro adalah :

1. Memotong sampel menjadi ukuran yang kecil dengan menggunakan alat *cutting tool*.
2. Membingkai sampel yang telah dipotong dengan menggunakan alat *mounting press*.
3. Penghalusan bertujuan menghaluskan permukaan sampel untuk mengetahui struktur mikro sampel baja pegas daun pada mikroskop optik. Penghalusan sampel menggunakan *grinding* dan *polishing machine* dengan memakai kekasaran amplas dengan nomor: #80, #100, #400, #800, #1000 dan #1200, serta kain bludru dan larutan TiO_2 .
4. Pengetsaan (pengikisan) menggunakan larutan Nital (asam nitrit+larutan etanol) 3%. Pengetsaan bertujuan untuk merusak permukaan sampel pada saat akan diamati pada mikroskop optik. Melakukan pengetsaan dengan cara mencelupkan permukaan sampel kedalam larutan nital selama ± 3 detik. Kemudian membersihkan permukaan dengan air mengalir dan menunggu

permukaan sampel kering untuk dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 10μ , 50μ serta 100μ .

3.4 Diagram Alir

Secara garis besar, langkah kerja pada penelitian ini dapat ditampilkan pada Gambar 7. Penelitian dimulai dengan preparasi sampel baja pegas daun yang melewati proses pemotongan sampel. Kemudian melakukan pengujian komposisi kimia, kekerasan dan struktur mikro melalui dua tahapan yaitu, tahapan pertama melakukan pengujian sebelum perlakuan panas untuk sampel *raw material* dan tahapan kedua melakukan pengujian setelah sampel mengalami proses *pre-heating* pada suhu 600°C dengan waktu tahan 30 menit, kemudian melakukan proses *austenisasi* pada suhu 800°C selama 60 menit dan *diquenching* menggunakan media pendingin 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar, selanjutnya di *tempering* pada temperatur 600°C selama 40 menit lalu *dinormalizing*. Terakhir menganalisis data.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Hasil uji komposisi kimia baja pegas daun pada penelitian mengandung 0,3383% C untuk *raw material*, 0,3156% C untuk *quench-temper* menggunakan 100% oli, dan 0,3333% C untuk *quench-temper* menggunakan campuran 50 % oli : 50 % solar, baja pegas daun pada penelitian ini termasuk baja karbon sedang dan baja paduan medium *chromium-vanadium steel* atau baja AISI 6135.
2. Hasil uji kekerasan *raw material* sebesar 42,2 HRc sedangkan setelah proses *quench-temper* 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar berturut-turut adalah 36,8 HRc dan 37,3 HRc. Hasil uji struktur mikro menunjukkan fasa ferit dan perlit yang terbentuk pada sampel *raw material* sedangkan *quench-temper* 100% oli dan campuran 50% oli : 50% solar terbentuk fasa martensit temper, austenit sisa, dan ferit.
3. Variasi media pendingin campuran 50% oli : 50% solar meningkatkan nilai kekerasan 0,5% dibandingkan media pendingin 100% oli. Struktur mikro *quench-temper* dengan menggunakan campuran 50% oli : 50% solar memperoleh fasa martensit *temper* yang lebih merata dibanding 100% oli.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan variasi variabel persentase media pendingin yang lebih banyak untuk mengetahui pengaruh media pendingin terhadap proses perlakuan panas.

DAFTAR PUSTAKA

- ASM Handbook. 1985. *Metallography and Microstructures*. Metals Handbook. Vol 9. PP 421-424.
- ASM Handbook. 1993. *Properties and Selection : Iron Steel and High Performance Alloys*. Metals handbook Vol 1. PP 249-257 and 329-335.
- Haryadi, G. D. 2005. Pengaruh Suhu Tempering Terhadap Kekerasan Struktur Mikro Dan Kekuatan Tarik Pada Baja K-460. *Jurnal Teknik Mesin Rotasi*. Vol. 7. No. 3. Hal: 35.
- James F. Shackford. 1992. *Introduction to Material Science for Engineers*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Karmin dan Ginting, M. 2012. *Analisis Peningkatan Baja Amuit Menggunakan Media Pendingin Dromis* . Jurnal Austenit. Jurusan Teknik Mesin. Vol.4. No.1. Hal 1-7.
- Miftahudin, N. 2012. *Pengaruh temper Dengan Quench Media Oli Mesran SAE 20W-50 Terhadap Krakteristik Medium Carbon Steel*. (Skripsi). Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Mulyanti. 1996. *Pengaruh Kadar Mangan (Mn) dan Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Baja Mangan Austenit*. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal 75-78.
- Purwanto, H. 2011. Analisa Quenching Pada Baja Karbon Rendah Dengan Media Solar. *Jurnal Momentum*. Vol. 7. No. 1. Hal: 36-37.
- Sahwendi. 2013. *Pengaruh Perlakuan Panas, Variasi Suhu Tempering dan Lama Waktu Penahanan Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro Baja Pegas Daun Karbon Sedang*. (Skripsi). Universitas lampung. Bandar lampung. Hal 59-70.
- Sardjono KP, K. 2009. Pengaruh Hardening Pada Baja JIS G 4051 Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro. *Journal Sains dan Teknologi Indonesia*. Vol. 11. No. 2. Hal 95-100.
- Soejdono. 1978. Pengetahuan Logam I. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Suratman, R. 1994. *Paduan Proses Perlakuan Panas*. Lembaga Penelitian Institut Teknologi Bandung. Bandung.

Venkatesan, M and Devaraj, H.D. 2012. Design and Analysis Of Composite Leaf Spring in Light Vehicle. *International Journal of modern Engineering Research*. Vol. 2. No. 1. Pp 213-218.

Widyatmadji. 2001. *Pengaruh Perlakuan Panas Normalisasi Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja 1K3816AT Untuk Aplikasi Casing Dan Tubing Spesifikasi*. (Skripsi). Universitas Indonesia. Jakarta.

Wulandari, 2011. *Studi Ketahanan Korosi H₂ Pada Baja Karbon Yang Mengalami Canai Hangat 600°c*. (Skripsi) Jurusan Teknik Metalurgi dan Material. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal 8-10.

Yogantoro, A. 2010. *Penelitian Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Low Tempering, Medium Tempering dan High Tempering Pada Medium Karbon Steel Produksi Pengeceron Batur-Klaten Terhadap Kekerasan Dan Ketangguhan*. (Skripsi). Universitas Negeri Surakarta. Surakarta.