

PEMILIHAN PARAMETER PERLAKUAN PANAS UNTUK MENINGKATKAN KEKERASAN BAJA PEGAS 55 Si 7 YANG DIGUNAKAN SEBAGAI PENAMBAT REL KERETA API

oleh :

Anrinal

Dosen Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Padang

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter perlakuan panas yang sesuai untuk meningkatkan kekerasan Baja Pegas 55 Si 7. Peningkatan kekerasan diperoleh melalui variasi temperature pemanasan 950°C, dan 1050°C kemudian dicelupkan kedalam media pendingin oli dengan viskositas SAE 20, SAE 50, SAE 90, dan SAE 140. Kemudian ditemper pada suhu 250°C, 350°C, dan 450°C.

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa parameter hardening yang termasuk dalam batas kekerasan yang diizinkan adalah pemanasan pada temperature 1050°C dengan media pendingin oli SAE 140, sedangkan parameter temper yang termasuk dalam batas kekerasan yang diizinkan adalah pemanasan pada temperatur 1050°C dengan media pendingin oli SAE 50 dan SAE 90, dan selanjutnya ditemper pada suhu 250°C.

Abstract

The purpose of this research is to find suitable parameter of heat treatment to increase hardness of spring steel 55 Si 7. This research was done in many variations. Heating variety were 950°C, and 1050°C, viscosity of quenching media oil variety are SAE 20, 50, 90, and 140. Tempering temperature were 250, 350 and 450°C.

The result shows that suitable parameter of hardening to increase hardness of spring steel 55 Si 7 by using Heating at 1050°C with viscosity of quenching media oil SAE 140, and the suitable parameter of hardening-tempering to increase hardness of spring steel 55 Si 7 by using Heating at 1050°C, viscosity of quenching media oil SAE 50 or SAE 90, with tempering temperature 250°C.

Key words: hardening, tempering, quenching media, hardness

1. Pendahuluan

Kereta rel atau biasanya disebut dengan kereta api merupakan salah satu alat transportasi darat yang memiliki banyak keunggulan, yaitu antara lain kemampuan untuk mengangkut orang atau barang dalam jumlah yang banyak untuk jarak yang cukup jauh, kereta api hampir tidak mengalami kemacetan dalam perjalanannya, dan memiliki tingkat polusi yang lebih rendah dibandingkan dengan kendaraan bermotor.

Semua itu mengakibatkan kebutuhan akan kendaraan kereta api semakin meningkat dan sejalan dengan itu pula prasarana jalan kereta api yang mampu memberikan keamanan dan kenyamanan perjalanan kereta api sangat dibutuhkan. Salah satu kebutuhan akan prasarana jalan kereta api itu, sebenarnya juga tidak lepas pada kebutuhan terhadap penggunaan penambat elastis rel kereta api (*elastic rail fastening*) yang selanjutnya disebut penambat elastis. Yaitu alat yang digunakan untuk mengikat rel kereta api pada

bantalan sedemikian rupa, sehingga kedudukan rel adalah tetap, kokoh dan tidak bergeser.

Proses manufaktur merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengubah suatu design menjadi produk dan menghasilkan produk yang dapat berfungsi sesuai dengan spesifikasinya atau dapat diterima oleh konsumen, dan mempunyai nilai ekonomis bagi produsen maupun konsumen (Dieter, 1987).

Proses manufaktur penambat elastis rel kereta api menggunakan proses *metal forming* dan diikuti proses *heat treatment* dengan menggunakan raw material baja pegas. Baja pegas sebenarnya tidak mempunyai kekerasan yang tinggi sebagai sifat utamanya, karena sifat utama baja pegas adalah modulus elastik dan batas elastiknya tinggi.

Baja pegas adalah baja karbon yang mengandung 0,5 – 1,0 % karbon atau baja karbon rendah yang dicampur dengan Si, Mn dan Cr sampai 1 %, selanjutnya dengan Mo, V sampai 0,25% dan dengan B yang jarang dilakukan sampai 0,0005%.

Usaha untuk meningkatkan kekerasan Baja pegas dapat dilakukan melalui perlakuan panas, yang secara langsung dapat meningkatkan batas elastiknya, tetapi karena baja pegas memiliki kadar karbon rendah, diduga peningkatan kekerasan yang diberikan melalui perlakuan panas tidak meningkat secara *significant*, karena baja karbon rendah memiliki sifat mampu keras (*hardenability*) yang rendah.

Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian untuk me ningkatkan kekerasan baja pegas melalui pemilihan parameter perlakuan panas yang sesuai.

1.1. Identifikasi Masalah

Keberhasilan peningkatan kekerasan suatu material melalui perlakuan panas sangat ditentukan oleh sifat mampu kerasnya. Baja

pegas memiliki dasar baja karbon rendah yang memiliki sifat mampu keras rendah.

Maka diperlukan pemilihan jenis perlakuan panas dan parameternya yang dapat meningkatkan kekerasan baja pegas secara *significant*, tanpa mengurangi sifat elastik yang dimilikinya, karena baja pegas ini akan digunakan sebagai bahan baku pembuatan penambat elastis rel kereta api.

1.2. Pembatasan Masalah

Untuk lebih terarahnya penelitian tentang pemilihan parameter perlakuan panas baja pegas ini, dan dengan mempertimbangkan keterbatasan kemampuan, waktu, biaya, dan fasilitas maka permasalahannya dibatasi sebagai berikut :

1. Jenis perlakuan panas yang dipilih untuk meningkatkan kekerasan baja pegas ini adalah hardening-temper
2. Temperatur hardening 950⁰ C, dan 1050⁰ C.
3. Media pendingin yang digunakan adalah oli produk Pertamina dengan tingkat viscositas SAE 20, 50, 90, dan SAE 140.
4. Temperatur *tempering* 250, 350, dan 450⁰ C dengan waktu tahan 2,5 jam.
5. Pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Brinell, dengan acuan batasan kekerasan standar untuk material penambat elastis rel kereta api berkisar antara 383 sampai dengan 429 HBN.
6. Material yang digunakan 55 Si 7 (standar DIN 17222)

1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan di atas, akan diteliti lebih lanjut tentang parameter hardening dan temper yang sesuai untuk meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7 melalui proses hardening dengan variasi temperatur pemanasan 950⁰ C, dan 1050⁰ C dengan menggunakan media pendingin oli viscositas SAE 20, 50, 90, dan SAE 140. Selanjutnya ditemper pada temperatur

tempering 250, 350, dan 450 °C dengan waktu tahan 2,5 jam dan kemudian dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Brinell.

1.4. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter hardening dan temper yang sesuai untuk meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7.

1.5. Manfaat Penelitian

Memberikan informasi tentang parameter yang optimal untuk proses hardening dan temper yang dapat meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7.

2. Metodologi

Proses penelitian dilakukan melalui tahapan pelaksanaan seperti terlihat pada diagram alir metode penelitian (gambar 1). Diagram alir menunjukkan awal proses penelitian dari proses penyiapan sampel uji, kemudian dilakukan proses hardening dan tempering dan diteruskan dengan pengujian

Untuk lebih memudahkan dalam penganalisaan, maka dalam penelitian ini digunakan metoda penelitian yang dijabarkan dalam langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembuatan sampel uji
2. Proses hardening
3. Proses tempering
4. Pengujian sifat mekanik
5. Pengolahan data dan interpretasi
6. Kesimpulan

2.1. Penyiapan Sampel Uji

Sampel uji dibuat sejumlah 77 buah. Terdiri dari 2 buah uji komposisi, dan 3 buah untuk langsung di uji kekerasan tanpa mengalami perlakuan yang akan digunakan sebagai pembanding. Sampel uji yang tinggal 72 buah untuk dilakukan hardening temper dan diberi kode sebagai berikut:

I = temperatur hardening 950 °C
II = temperatur hardening 1050 °C

A = SAE 20
B = SAE 50
C = SAE 90
D = SAE 140

1 = Temperatur temper 250 °C
2 = Temperatur temper 350 °C
3 = Temperatur temper 450 °C

Contoh :

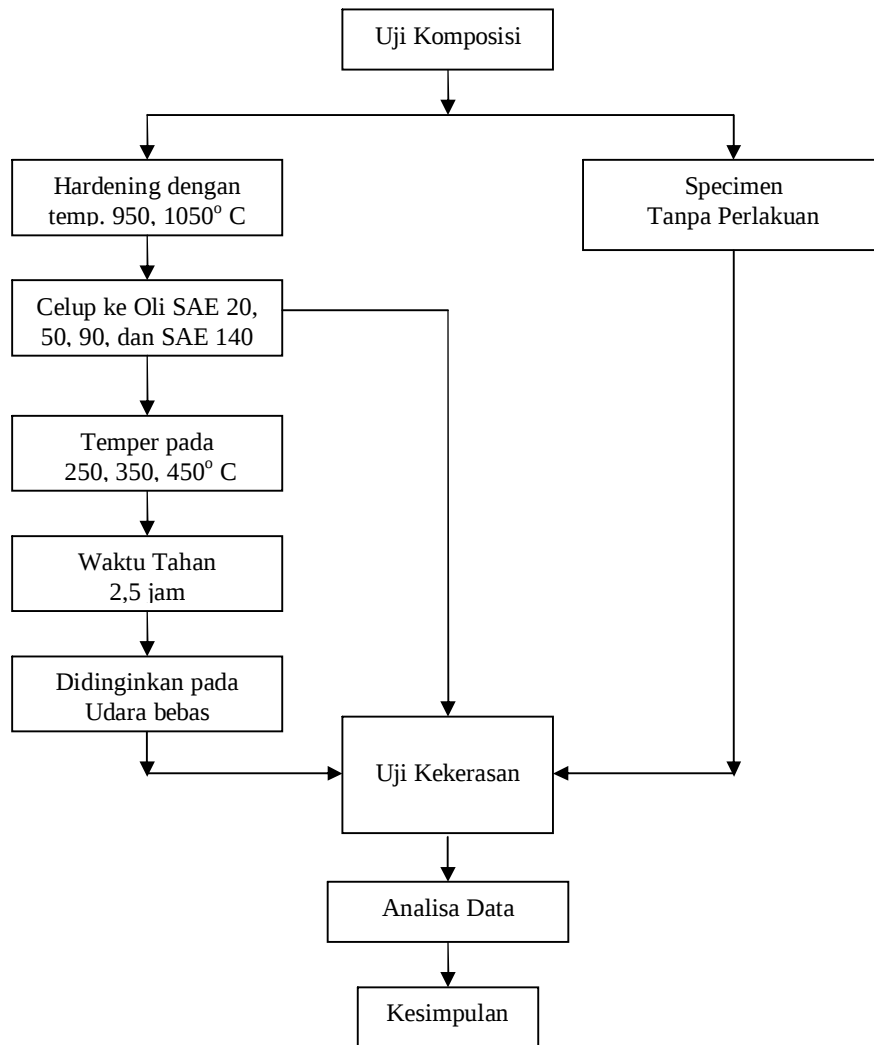
IA1 = temperatur hardening 950 °C, dicelup
Pada oli SAE 20, dan selanjutnya
Ditemper pada suhu 250 °C

2.2. Uji komposisi kimia

Uji komposisi dilakukan dengan menggunakan alat uji komposisi kimia spektrometer, dengan hasil dari pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1: Hasil uji komposisi kimia

Unsur	%
C	0,5603
Si	1,6510
Mn	0,8051
P	0,0059
S	0,0076
Cr	0,1250
Mo	0,0697
Ni	0,1367
Cu	0,1404
V	0,0037
W	0,0081
Al	0,0327
Co	0,0405



Gambar 1 : Diagram alir Metode Penelitian

2.3. Proses Perlakuan Panas

Perlakuan Panas adalah proses pemanasan dan pendinginan material yang terkontrol dengan maksud merubah sifat fisik dari material untuk tujuan tertentu. Secara umum proses *heat treatment* adalah sebagai berikut :

a. Pemanasan material sampai suhu tertentu dengan kecepatan tertentu pula.

- b. Mempertahankan suhu untuk waktu tertentu sehingga temperaturnya merata.
- c. Pendinginan dengan media pendingin (air, oli atau udara).

Ketiga hal di atas tergantung dari material yang akan di *heat treatment* dan sifat-sifat akhir yang diinginkan. Melalui perlakuan

panas yang tepat, tegangan dalam dapat dihilangkan, besar butir diperbesar atau diperkecil, ketangguhan ditingkatkan atau dapat dihasilkan suatu permukaan yang keras disekelilingi inti yang ulet. Untuk memungkinkan perlakuan panas yang tepat, susunan kimia logam harus diketahui karena perubahan komposisi kimia, khususnya karbon (C) dapat mengakibatkan perubahan sifat fisis (Thelning,1984).

Biasanya baja yang dikeraskan diikuti dengan proses penemperan untuk menurunkan tegangan yang ditimbulkan akibat *quenching* karena adanya pembentukan martensit (Suratman,1994).

Tempering dilaksanakan dengan cara mengkombinasikan waktu dan temperatur. Proses temper tidak cukup hanya dengan memanaskan baja yang dikeraskan sampai pada temperatur tertentu saja. Benda kerja harus ditahan pada temperatur temper untuk jangka waktu tertentu. Proses temper dikaitkan dengan proses difusi, karena itu siklus penemperan terdiri dari memanaskan benda kerja sampai dengan temperatur dibawah A_1 dan menahannya pada temperatur tersebut untuk jangka waktu tertentu sehingga perubahan sifat yang diinginkan dapat dicapai. Jika temperatur temper yang digunakan relatif rendah maka proses difusinya akan berlangsung lambat. Baja karbon, baja paduan medium dan baja karbon tinggi, pada saat dipanaskan sekitar 200 C kekerasannya akan menurun 1-3 HRC akibat adanya penguraian martensit tetragonal menjadi martensit lain (martensit temper) dan karbida epsilon.

Peningkatan lebih lanjut temperatur *tempering* akan menurunkan kekerasan, kekuatan tarik dan batas luluhnya sedangkan elongasi dan pengecilan penampangnya meningkat. Perubahan sifat mekanik baja yang dikeraskan dikaitkan dengan proses penemperan.

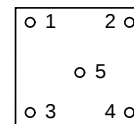
Umumnya makin tinggi temperatur temper, makin besar penurunan kekerasan dan kekuatannya dan makin besar pula peningkatan keuletan dan ketangguhannya. *Tempering* pada temperatur rendah 150-

230⁰ C bertujuan meningkatkan kekenyalan / keuletan tanpa mengurangi kekerasan (Amstead B.H, 1979).

Tempering pada temperatur tinggi 300-675 C meningkatkan kekenyalan / keuletan dan menurunkan kekerasan. Temperatur maksimum dari oli yang digunakan harus 25 C dibawah titik didih oli yang bersangkutan (Suratman,1994).

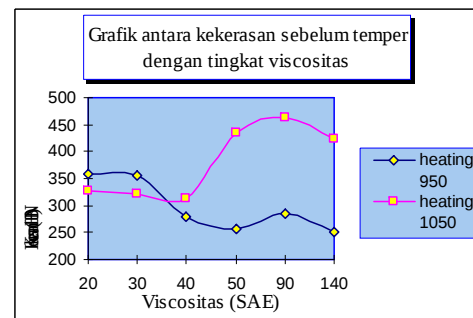
2.4. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan menggunakan hardness Brinell Tester Merek Karl Frank GMBH tipe 38505 dengan standard pengujian SII 0394 - 80. Pengujian ini dilakukan masing masing dengan 5 titik pada bagian dalam.



Gambar 3-5: Titik tempat pengujian

3. Hasil dan Pembahasan



Gambar 2: Grafik antara Kekerasan Sebelum Temper dengan Viscositas

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara kekerasan sebelum temper dengan tingkat kekentalan media pendingin oli yang bervariasi dari SAE 20 sampai dengan SAE 140. Dari grafik tersebut terlihat bahwa kekerasan sebelum temper pada pengerasan dengan temperatur 950⁰C mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kekentalan media pendingin.

Menurunnya nilai kekerasan dengan meningkatnya kekentalan media pendingin diduga disebabkan oleh larutnya karbida-karbida ke dalam matrik austenit dan adanya austenit sisa yang banyak.

Dengan makin banyaknya karbida yang larut terlalu besar, akan terjadi peningkatan ukuran butiran disertai dengan penurunan kekerasan, selain hal tersebut karbida yang telah larut pada temperatur austenisasi ini lebih sedikit mendapat kesempatan untuk mengendap pada pendinginan oli dengan kekentalan yang lebih rendah

Tabel 2: Perbandingan kekerasan pada pemanasan temperatur 950°C sebelum temper

Sampel	Kekerasan (HBN)
ID	251
IB	254
IC	284
IA	360
Batas Bawah	383
Batas Atas	429

Dari tabel 2 terlihat bahwa semua data berada dibawah batas kekerasan yang diharapkan, dan ini berarti bahwa tidak ada variabel perlakuan yang masuk dalam batas kekerasan penambat elastik rel kereta api.

Bila di *quench* dari temperatur pengerasan 1050°C kekerasan akan semakin tinggi sejalan dengan naiknya kekentalan media pendingin. Hal ini berlawanan penyebabnya dengan temperatur pengerasan 950°C, yaitu dengan di-*quench* dengan oli yang memiliki kecepatan pendinginan yang lambat karbida-karbida mempunyai kesempatan untuk mengendap pada temperatur ruang dan juga austenit sisa yang terbentuk akan semakin sedikit, sehingga kekerasan akan meningkat dengan naiknya temperatur austenisasi.

Dari gambar 2 terlihat suatu fenomena yang menarik, dimana *trend* kekerasan yang harusnya menurun untuk temperatur pemanasan 1050°C, ternyata *trend* kekerasannya malah naik untuk tingkat viskositas SAE 50 ke atas. fenomena ini diduga merupakan pengaruh dari karakteristik aditif media pendingin oli yang biasanya digunakan untuk minyak pelumas, dan faktor-faktor lain seperti perilaku oli yang berbeda pada suhu yang berbeda akibat adanya transfer panas dari sampel kepada media pendingin oli tersebut.

Hal-hal tersebut tidak dapat terjawab pada penelitian ini, karena karakteristik media pendingin yang digunakan hanyalah tingkat viskositas oli.

Tabel 3: Perbandingan kekerasan pada pemanasan temperatur 1050°C sebelum temper

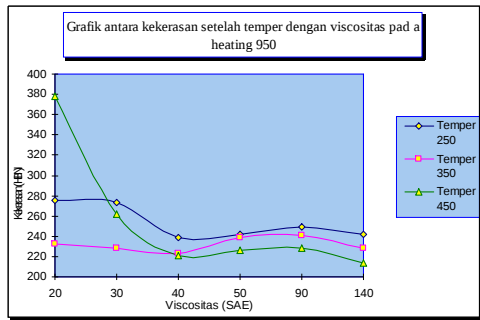
Sampel	Kekerasan (HBN)
IIA	328
Batas Bawah	383
<u>IID</u>	<u>423</u>
Batas Atas	429
IIB	436
IIC	462

Dari tabel 3 terlihat bahwa hanya sampel IID yang berada di antara batas bawah dan batas atas kekerasan yang diharapkan, dan ini berarti bahwa hanya parameter pemanasan hardening pada temperatur 1050°C dengan media pendingin oli SAE 140 merupakan variabel perlakuan yang memenuhi syarat dan tanpa proses temper.

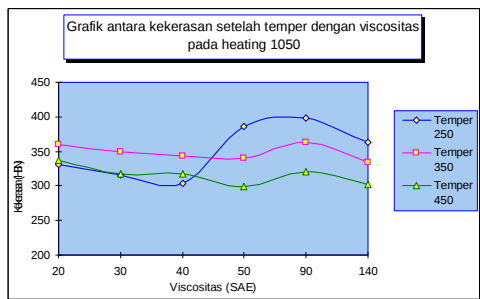
Dari Gambar 3 dan Gambar 4 yang menunjukkan hubungan antara kekerasan setelah temper dengan tingkat kekentalan media pendingin oli yang bervariasi dari SAE 20 sampai dengan SAE 140 terlihat bahwa kekerasan setelah temper pada pengerasan dengan temperatur 950°C

mengalami penurunan sejalan dengan meningkatnya kekentalan media pendingin.

Menurunnya nilai kekerasan dengan meningkatnya kekentalan media pendingin ini terlihat menunjukkan kecenderungan yang sama dengan perlakuan tanpa temper untuk temperatur pemanasan yang sama yaitu 950°C.



Gambar 3: Grafik antara Kekerasan setelah Temper dengan Viscositas pada Pemanasan 950°C



Gambar 4: Grafik antara Kekerasan setelah Temper dengan Viscositas pada Pemanasan 1050°C

Kecenderungan ini menjadi semakin nyata terlihat pada hasil analisa data dengan menggunakan software MICROSTAT yang memperlihatkan kecenderungan yang sama antara hasil perlakuan memakai variabel temperatur pemanasan (X1), temperatur temper (X2), tingkat viskositas (X3) dengan hasil perlakuan yang tanpa temper yakni hanya dengan variabel temperatur pemanasan (X1), dan tingkat viskositas (X3).

Tabel 4: Perbandingan kekerasan pada pemanasan temperatur 950°C setelah temper

Sampel	Kekerasan (HBN)
ID3	213
IB3	227
IC3	228
ID2	229
IA2	233
IB2	238
IC2	240
IB1	242
ID1	242
IC1	249
IA1	275
IA3	378
Batas Bawah	383
Batas Atas	429

Dari tabel 4 terlihat bahwa semua data berada dibawah batas kekerasan yang diharapkan, dan ini berarti bahwa tidak ada variabel perlakuan yang masuk dalam batas kekerasan penambat elastik rel kereta api.

Sedangkan untuk proses *quench* dari temperatur pengerasan 1050°C kekerasan terletak pada area yang lebih tinggi dari pada di-*quench* dari temperatur pengerasan 950°C, dan nilai kekerasannya juga menunjukkan *trend* yang sama terutama antara perlakuan dengan temperatur temper 250°C dan tanpa temper untuk temperatur pemanasan yang sama yaitu 1050°C

Tabel 5: Perbandingan kekerasan pada pemanasan temperatur 1050°C setelah temper

Sampel	Kekerasan (HBN)
IIB3	299
IID3	302
IIC3	320
IIA1	332
IID2	335
IIA3	337
IIB2	341
IIA2	360
IID1	362
IIC2	363
Batas Bawah	383
<u>IIB1</u>	<u>386</u>
<u>IIC1</u>	<u>398</u>

Batas Atas	429
------------	-----

Dari tabel 5 terlihat bahwa hanya sampel IIB1 dan IIC1 yang berada di antara batas bawah dan batas atas kekerasan yang diharapkan, dan ini berarti bahwa hanya parameter pemanasan hardening pada temperatur 1050°C dengan media pendingin oli SAE 50 dan SAE 90, dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C merupakan variabel perlakuan yang memenuhi syarat.

Dengan demikian dari hasil pengujian di bawah ini terlihat hubungan antara parameter yang optimal dengan besar sifat mekanik yang diharapkan.

Tabel 6: Parameter perlakuan panas yang Sesuai dengan kekerasan yang Diharapkan

Sampel	Kekerasan (HBN)
Batas Bawah	383
<u>IIB1</u>	<u>386</u>
<u>IIC1</u>	<u>398</u>
<u>IID</u>	<u>423</u>
Batas Atas	429

Untuk mendapatkan kekerasan yang paling tinggi gunakan temperatur hardening 1050°C dengan pencelupan cepat ke dalam oli dengan tingkat kekentalan SAE140. Akan tetapi tingginya tingkat kekerasan ini sejalan dengan meningkatnya kegetasan dan akan berdampak pada menurunnya keuletan.

Sedangkan dengan menggunakan temperatur hardening 1050°C dengan pencelupan cepat ke dalam oli dengan tingkat kekentalan SAE 50 dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C hanya dapat meningkatkan sedikit kekerasan diatas batas bawah.

Maka pilihan parameter yang lebih cocok untuk meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7 sebagai bahan baku pembuatan penambat elastik rel kereta api adalah proses hardening dengan menggunakan temperatur hardening 1050°C, menggunakan pencelupan cepat ke dalam media pendingin oli dengan tingkat

kekentalan SAE 90, dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C.

4. Kesimpulan dan Saran

Melalui hasil analisa dan intepretasi data yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa parameter yang lebih cocok untuk dipilih dalam rangka meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7 untuk bahan baku pembuatan penambat elastik rel kereta api adalah :

- Parameter pemanasan hardening pada temperatur 1050°C dengan media pendingin oli SAE 140 tanpa proses temper dengan tingkat kekerasan sebesar 423 HBN.
- Parameter pemanasan hardening pada temperatur 1050°C memakai media pendingin oli SAE 50 dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C dengan tingkat kekerasan sebesar 386 HBN.
- Parameter pemanasan hardening pada temperatur 1050°C memakai media pendingin oli SAE 90 dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C dengan tingkat kekerasan sebesar 398 HBN.
- Parameter yang lebih sesuai untuk meningkatkan kekerasan baja pegas 55 Si 7 sebagai bahan baku pembuatan penambat elastik rel kereta api adalah proses hardening dengan menggunakan temperatur hardening 1050°C, menggunakan pencelupan cepat ke dalam media pendingin oli dengan tingkat kekentalan SAE 90, dan dilanjutkan dengan proses temper pada temperatur 250°C.

Daftar Pustaka

1. Amstead B.H. et.al, Manufacturing Processes, Seven Edition, John Wiley & Son Inc., Colorado, 1979.
2. De Garmo E. Paul, Material and Processes in Manufacturing, Collier Mac Milan Internasional Edition, New York, 1979
3. Dieter, George E., Engineering Design A Materials and Processing Approach, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1987.
4. John, Vernon, Testing Of Materials, Macmillan Education Ltd, London, 1992
5. Kalpakjian Serope, Manufacturing Engineering and Technology, Addison Wesley Publishing Company, New York, 1989.
6. Smallman.R.E., Metalurgi Fisik Modern, Edisi Ke empat, P.T. Gramedia Jakarta, 1993
7. Suherman Wahid, Prinsip-prinsip Perlakuan Panas, ITS, Surabaya, 1995
8. Suratman, Rochim, Panduan Proses Perlakuan Panas, Lembaga Penelitian ITB, Bandung, 1994
9. Thelning, K.E., Steel and its Heat Treatment, Second Edition, Butterworth, 1984.