

# PEMBUATAN PEGAS TEKAN DARI MATERIAL *LOW CARBON STEEL ST 37* SEBAGAI ALTERNATIF PEGAS TEKAN STANDAR PADA KONSTRUKSI *MOULD* MELALUI PROSES KARBURASI PADAT

Fitriliani Amaliah<sup>1</sup> dan Umen Rumendi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Teknik Mesin dan Manufaktur (Teknik dan Sistem Produksi) Polman Bandung

<sup>2</sup>Dosen Material Teknik, Teknik Manufaktur Polman Bandung

Jl. Kanayakan No. 21 – Dago, Bandung – 40135

Phone/Fax : 022. 250 0241 / 250 2649

e-mail: [fitrilianiamaliah@gmail.com](mailto:fitrilianiamaliah@gmail.com) <sup>2</sup>[umen\\_rumendi2012@yahoo.com](mailto:umen_rumendi2012@yahoo.com)

## Abstrak

Kebutuhan komponen mesin standar yang semakin meningkat seperti mur, baut, pegas dan yang lainnya baik di bidang industri otomotif, industri manufaktur ataupun di bidang pendidikan yang berbasis manufaktur seperti Polman Bandung untuk digunakan sebagai penunjang kegiatan praktikum merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi. Kondisi seperti ini merupakan sebuah peluang besar untuk dilakukan sebuah penelitian tentang kemungkinan dibuat komponen alternatif dengan menggunakan jenis material lain yang mudah didapat di pasaran dengan direkayasa melalui proses *heat treatment*. Pegas tekan merupakan salah satu jenis komponen standar yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, seperti halnya pada konstruksi *mould* yang berfungsi untuk mengembalikan posisi *ejector mould* ke posisi semula. Penelitian ini bertujuan untuk mencari material alternatif pegas tekan standar dengan menggunakan spesimen uji *low carbon steel St 37* dalam bentuk pegas tekan yang dibuat melalui proses *coiling* dilanjutkan dengan proses perlakuan panas seperti karburasi padat, *hardening*, *quenching* dan *tempering*. Untuk menjamin kualitas hasil proses, dilakukan pengujian laboratorium berupa uji kekerasan, distribusi kekerasan, struktur mikro dan uji defleksi pegas. Proses karburasi padat dilakukan pada suhu 925°C dengan *holding time* 2,5 jam, dilanjutkan dengan proses *case hardening* pada suhu 870°C dengan *holding time* 12,5 menit dan *diquench* pada media oli serta *ditemper* pada suhu 350°C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metoda yang digunakan menghasilkan nilai rata-rata kekerasan sebesar 456,57 HV dan memiliki struktur mikro  $\alpha$  – *martensite* serta rata-rata nilai defleksi sebesar 32,22 mm pada pembebanan 613,9 N. Data-data ini mendekati data-data pegas tekan standar dengan nilai rata-rata kekerasan sebesar 455,71 HV dan memiliki struktur mikro *martensite tempered* serta nilai defleksi sebesar 32 mm pada pembebanan 613,9 N. Berdasarkan data dan analisa data yang dilakukan, material *low carbon steel St 37* bisa menjadi material alternatif pegas tekan standar.

**Kata Kunci :** Pegas tekan, *low carbon steel St 37*, karburasi padat.

## Abstract

*The needs of standard machine components are increasing such as nuts, bolts, springs and others in automotive industry, manufacturing industry or education Institute-based manufacturing like Polman Bandung for supporting the practical work is necessary needed. These conditions are a great opportunity to do a research about alternative component with other material which easily available in the market that are researched using heat treatment process. Compression Spring is one of standard components type that are widely used in machinery construction, as well as in mold construction that serves to restore the position of the ejector mould into position. This study aims to find alternative materials for standard compression spring using specimen test of low carbon steel St 37 in the form of a compression spring is made by using coiling process followed to heat treatment processes such as pack carburizing, hardening, quenching and tempering. To ensure the quality process, the tests should be done in the laboratory such as the hardness test, the distribution of hardness, microstructure and deflection of the spring test. The pack carburizing is done at a temperature of 925°C with a holding time of 2.5 hours, followed by a case hardening process at a temperature of 870°C with a holding time of 12.5 minute and quenched on medium oil and tempered at a temperature of 350°C. The results of this research show that the method used to generate the average value of 456.57 HV and have  $\alpha$  – martensite microstructure and also also the compression spring deflection average value of 18.625 N/mm on 613.9 N. Those data approaches the compression spring standard value of hardness, microstructure and deflection. Based on the data analysis, low carbon steel St 37 can be alternative material for standard compression spring.*

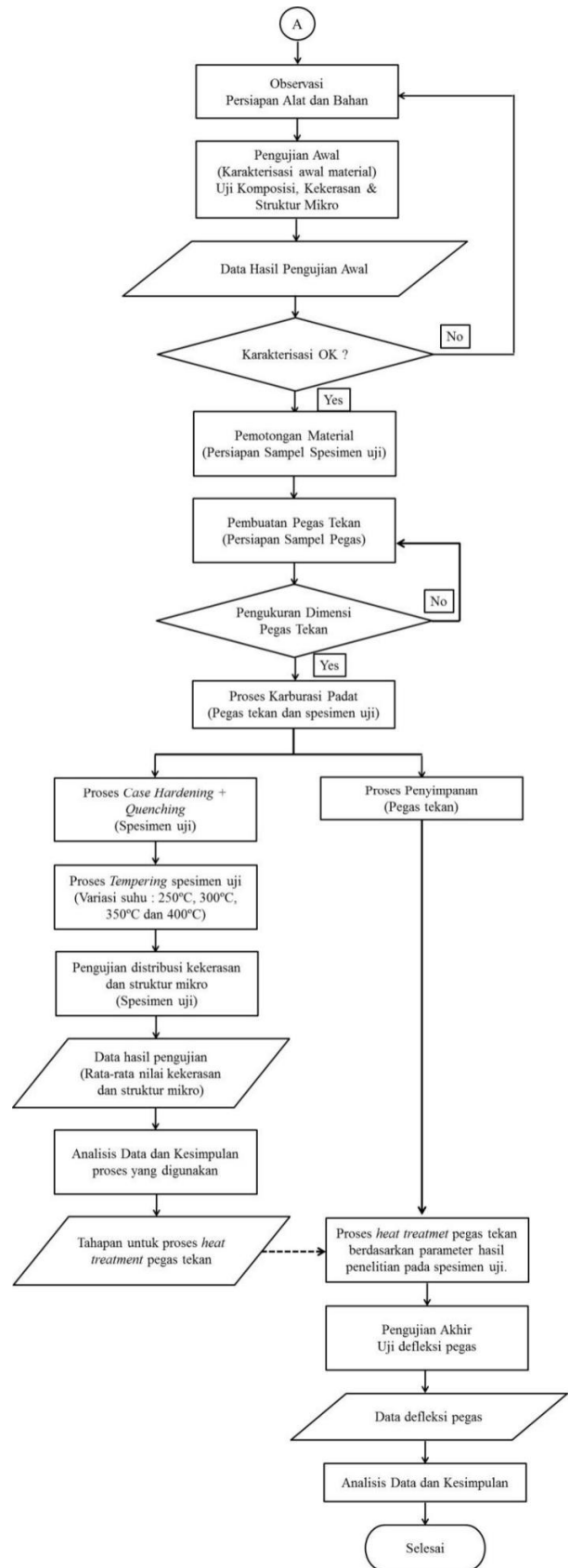
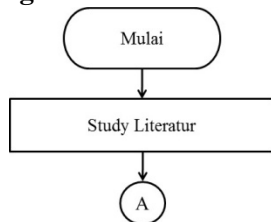
**Keywords :** Compression spring, *low carbon steel St 37*, pack carburizing.

**1. Pendahuluan**

Kebutuhan komponen mesin standar yang semakin meningkat seperti mur, baut, pegas dan yang lainnya baik di bidang industri otomotif, industri manufaktur ataupun di bidang pendidikan yang berbasis manufaktur seperti Polman Bandung untuk digunakan sebagai penunjang kegiatan praktikum merupakan kebutuhan yang harus dipenuhi. Kondisi ini menjadi dasar penelitian tentang pembuatan pegas tekan sebagai alternatif pengganti pegas tekan standar. Pegas tekan merupakan salah satu jenis dari komponen standar yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, seperti halnya pada konstruksi *mould* yang berfungsi untuk mengembalikan posisi ejector *mould* ke posisi semula. Material pegas tekan standar adalah JIS B 5012. Material ini termasuk material yang sulit dicari dipasaran. Kondisi seperti ini merupakan sebuah peluang besar yang bisa dilakukan penelitian tentang kemungkinan dibuat komponen alternatif dengan menggunakan jenis material lain yang direkayasa melalui proses *heat treatment*. Penelitian ini dilakukan pada material baja karbon rendah St 37 melalui metoda proses *heat treatment* dengan jenis proses karburasi padat. Metoda ini adalah salah satu proses perlakuan panas dengan penambahan unsur *carbon* pada baja karbon rendah secara difusi yang bertujuan untuk peningkatan kekerasan permukaan material. Hasil dari penelitian ini bertujuan untuk mencari material alternatif yang bisa digunakan untuk produk pegas tekan yang dapat dijadikan sebagai pegas tekan alternatif dengan kualitas produk yang mendekati dengan produk standar dan bisa digunakan dalam berbagai konstruksi pada mesin seperti pada konstruksi *mould*. Selain itu, menjadi suatu produk yang bisa digunakan oleh suatu perusahaan atau instansi pendidikan sebagai bahan pembelajaran (literatur).

**2. Metodologi Penelitian**

**2.1 Diagram Alir Penelitian**

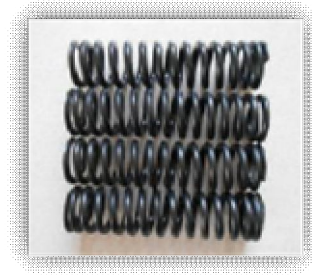


**Gambar 2.1** Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian ini menunjukkan tahapan-tahapan yang dilakukan pada penelitian dari awal sampai akhir penelitian.

**2.2 Persiapan Sampel Penelitian**

Sampel penelitian terdiri dari dua jenis yaitu spesimen uji dan pegas tekan. Sampel dalam bentuk spesimen uji digunakan untuk menentukan parameter proses *heat treatment* yang akan digunakan pada pegas tekan hasil proses *machining* sedangkan sampel dalam bentuk pegas tekan digunakan sebagai sampel pengujian defleksi pegas yang sebelumnya dilakukan proses *heat treatment* berdasarkan parameter hasil proses *heat treatment* pada spesimen uji

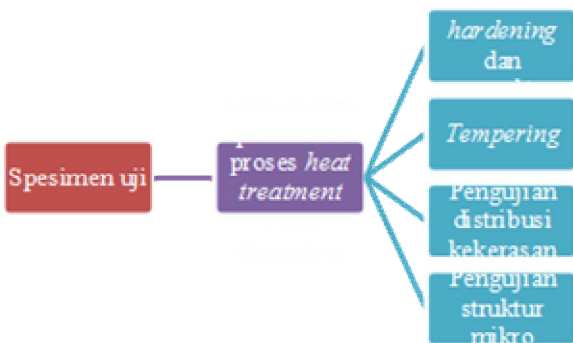


**Gambar 2.5** Pegas tekan hasil penelitian

**2.3 Pembuatan Pegas Tekan**

Spesifikasi pegas tekan diambil dari katalog ACME yang merupakan produsen pegas tekan. Berikut spesifikasi pegas tekan yang dibuat pada penelitian ini :

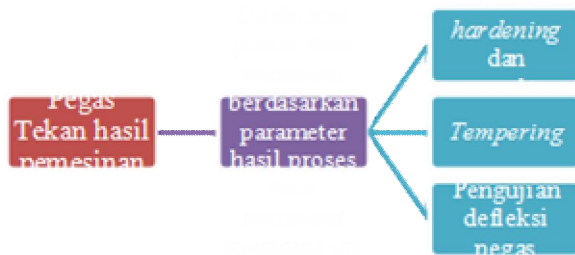
- Diameter material pegas tekan = 4 mm.
- Diameter dalam pegas tekan = 17 mm.
- Diameter luar pegas tekan = 25 mm.
- Panjang pegas tekan = 100 mm.
- Pitch = 8 mm.
- Jumlah lilitan = 14 buah.
- Jenis ujung pegas tekan = *Squared and Ground Ends left-hand*.



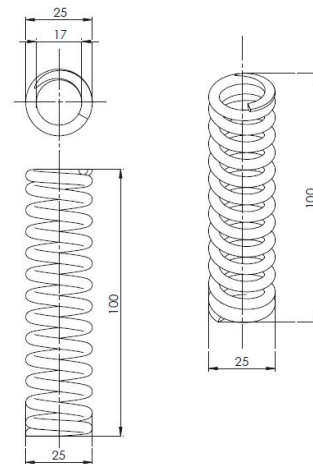
**Gambar 2.2** Penggunaan spesimen uji



**Gambar 2.3** Spesimen uji

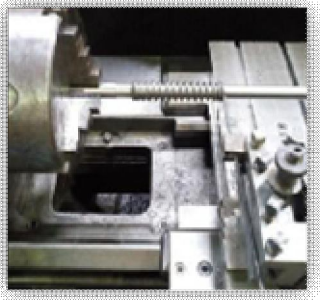


**Gambar 2.4** Penggunaan pegas tekan



**Gambar 2.6** Spesifikasi pegas tekan

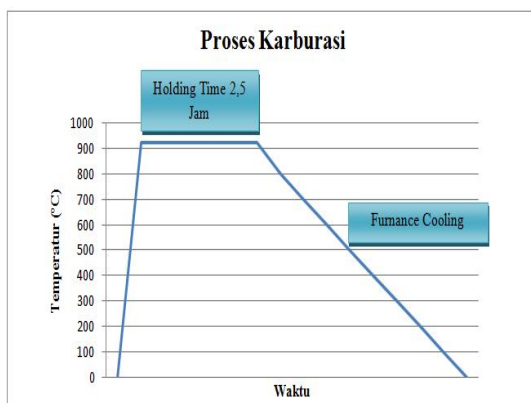
Pegas tekan dibuat dengan menggunakan mesin *Grazioli Dania 180*. Material yang digunakan adalah *low carbon steel St 37* diameter 4 mm. Proses yang digunakan berupa proses *coiling*, dimana material dicekam dan diarahkan menggunakan alat pengarah pegas dan dililitkan pada poros alat bantu pembuat pegas sampai membentuk pegas tekan sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 2.7 Proses coiling

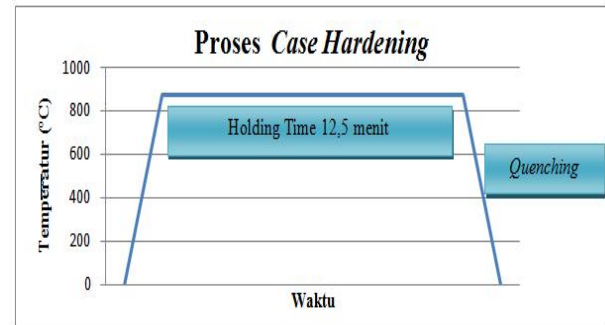
## 2.4 Proses Karburasi Padat

Proses ini dilakukan di lab. *heat treatment* Polman Bandung menggunakan tungku *heat treatment*. Temperatur yang digunakan yaitu  $925^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* 2,5 jam. Media karbon yang digunakan adalah arang batok kelapa dengan campuran 10 %  $\text{BaCO}_3$ . Proses pendinginan dilakukan didalam tungku sampai dengan temperatur ruangan. Berikut ini merupakan skema proses karburasi



Gambar 2.8 Skema proses karburasi

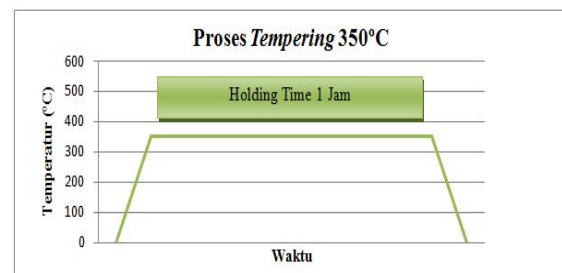
Proses *case hardening* dilakukan di lab. *heat treatment* Polman Bandung. Temperatur yang digunakan yaitu  $870^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* selama 12,5 menit. Ketika proses *case hardening* selesai, kotak sementasi dikeluarkan dari tungku *heat treatment*. Spesimen dikeluarkan dari kotak sementasi untuk kemudian dilakukan proses *quenching*. Spesimen didinginkan menggunakan media air dan oli.



Gambar 2.9 Skema proses case hardening

## 2.6 Proses Tempering

Proses *tempering* dilakukan setelah proses *hardening* dan *quenching*. Tujuan dari proses ini adalah untuk *stress relieving* yaitu menurunkan kegetasan akibat proses *quench hardening* serta meningkatkan ketangguhan spesimen. Proses ini menggunakan empat variasi suhu yaitu  $250^{\circ}\text{C}$ ,  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $350^{\circ}\text{C}$  dan  $400^{\circ}\text{C}$  dengan *holding time* selama 1 jam. Berikut merupakan skema proses *tempering*.



Gambar 2.10 Skema proses tempering

## 2.7 Proses Pengujian

Proses pengujian meliputi :

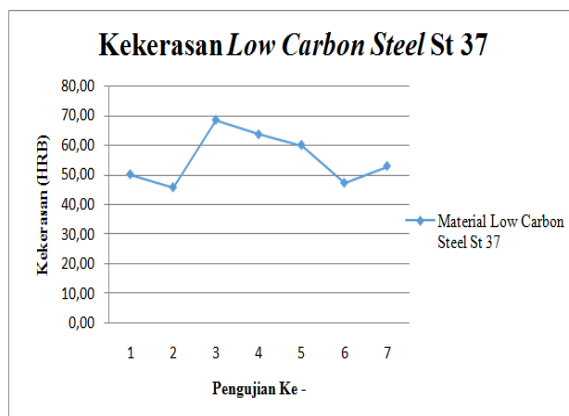
- Pengujian kekerasan dan distribusi kekerasan yang mengacu pada standar ASTM E18 dan ASTM E92 – 82.
- Pengujian struktur mikro yang mengacu pada standar ASTM E3 – 01.
- Pengujian defleksi pegas yang mengacu pada *Indian Standard Helical Compression Spring* {IS 7906 (Part 5) : 2004} dengan empat variasi gaya tekan (*load*) yang digunakan adalah 613,9 N, 460,9 N dan 307 N mengacu pada katalog ACME (*Standard Components for Plastic Mold*).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen awal (*low carbon steel St 37* diameter 4 mm) sebelum dilakukan proses karburasi, spesimen pegas tekan standar, spesimen hasil proses karburasi padat dan spesimen hasil proses *case hardening quenching* serta spesimen setelah tempering.

##### 3.1.1 Hasil Uji Kekerasan Spesimen Awal



Grafik 3.1 Hasil uji kekerasan spesimen awal

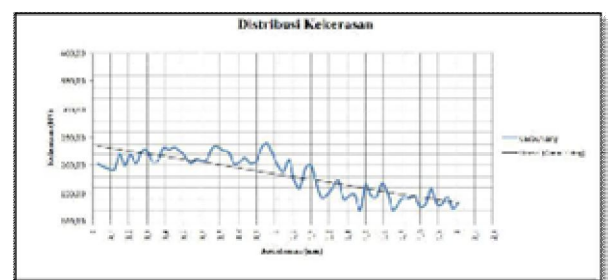
Berdasarkan hasil pengujian kekerasan menggunakan mesin uji kekerasan *rockwell B* dan menggunakan beban 100 kgf, material *low carbon steel St 37* memiliki kekerasan awal dengan rata-rata sebesar 55,43 HRB atau setara dengan 120 HV. Hal ini menunjukkan bahwa material yang diuji merupakan baja karbon rendah yang mempunyai kekerasan tidak terlalu tinggi (baja ulet).

##### 3.1.2 Hasil Uji Kekerasan Pegas Tekan Standar (STD)

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada 10 titik pengujian dengan menggunakan mesin uji kekerasan *vickers* dan menggunakan beban 200 kgf, spesimen pegas tekan standar memiliki kekerasan rata-rata sebesar 455,71 HV serta grafik kekerasan yang stabil.



Grafik 3.2 Hasil uji kekerasan pegas tekan STD



Grafik 3.3 Distribusi kekerasan hasil proses karburasi padat

##### 3.1.3 Hasil Uji Kekerasan Hasil Proses Karburasi Padat

Berdasarkan hasil pengujian distribusi kekerasan pada 67 titik pengujian dengan *range* kedalaman 0,03 mm sampai dengan kedalaman 2,01 mm menggunakan mesin uji kekerasan *vickers* dan menggunakan beban 200 kgf, spesimen hasil proses karburasi padat memiliki kekerasan rata-rata sebesar 183,9 HV dengan *case depth* sedalam 1,47 mm. Grafik 3.3 menunjukkan distribusi kekerasan yang cenderung mengalami penurunan dari bagian permukaan ke inti. Kekerasan pada bagian permukaan memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kekerasan pada bagian inti. Hal ini disebabkan oleh difusi karbon pada saat proses karburasi.

##### 3.1.4 Hasil Uji Kekerasan Hasil Proses Case Hardening Quenching Oli dan Air

Berdasarkan hasil pengujian kekerasan spesimen uji hasil proses *case hardening* dan *quenching* pada media oli memiliki kekerasan dengan rata-rata nilai kekerasan sebesar 708,67 HV dengan

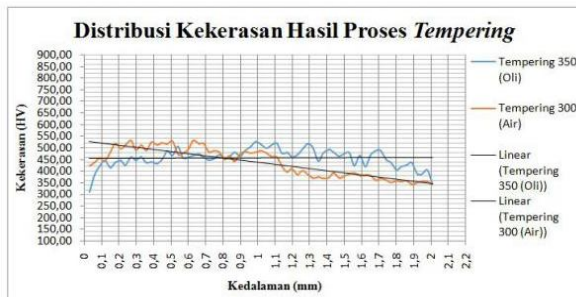
*effective case depth* pada kedalaman 1,77 mm. Untuk spesimen hasil proses *case hardening* dan *quenching* pada media air memiliki rata-rata kekerasan sebesar 642,99 HV dengan *effective case depth* pada kedalaman 1,53 mm.



**Grafik 3.4** Distribusi kekerasan hasil proses *case hardening quenching* oli dan air

Berdasarkan grafik 3.4 penggunaan kedua media ini mempunyai persamaan distribusi kekerasan yang cenderung mengalami penurunan nilai kekerasan dari permukaan ke inti. Sedangkan perbedaan antara keduanya adalah penggunaan media air mempunyai distribusi kekerasan dengan kecenderungan penurunan nilai kekerasan yang lebih stabil dibandingkan penggunaan dengan media oli.

**3.1.5 Hasil Uji Kekerasan Hasil Proses Tempering**



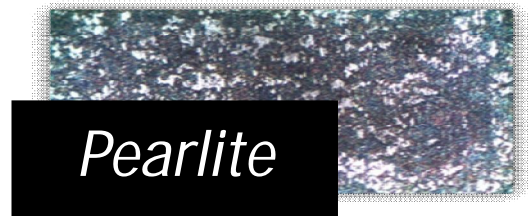
**Grafik 3.5** Distribusi kekerasan hasil proses *tempering*

Berdasarkan hasil pengujian distribusi kekerasan pada 67 titik pengujian dengan *range* kedalaman 0,03 mm menunjukkan bahwa spesimen hasil proses *case hardening quenching* oli dan *ditemper* pada suhu 350°C mempunyai distribusi kekerasan yang lebih stabil dibandingkan dengan spesimen hasil proses *hardening quenching* air dan *ditemper* pada suhu 300°C. Kedua hasil ini memiliki rata-rata nilai kekerasan yang mendekati dengan rata-rata nilai kekerasan pegas tekan standar, hanya saja

spesimen hasil proses *hardening quenching* oli dan *ditemper* pada suhu 350°C mempunyai selisih kekerasan yang lebih kecil dibandingkan dengan spesimen hasil proses *hardening quenching* air dan *ditemper* pada suhu 300°C. Dari hasil perbandingan ini, maka diambil metode yang digunakan untuk menghasilkan material alternatif pegas tekan standar yaitu spesimen dengan proses perlakuan panas yang digunakan berupa proses karburasi padat dilanjutkan dengan proses *hardening* dan *diquench* pada media oli kemudian *ditemper* pada suhu 350°C.

**3.2 Hasil Uji Struktur Mikro**

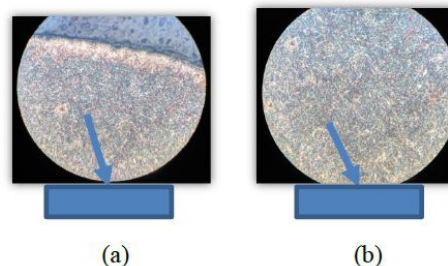
**3.2.1 Hasil Uji Struktur Mikro Spesimen Awal**



**Gambar 3.2.1** Struktur mikro material awal pembesaran 1000x

Berdasarkan hasil pengamatan struktur mikro yang ditunjukkan pada gambar 3.1 terdapat struktur *ferrite* dan struktur *pearlite*. Dilihat dari rata-rata nilai kekerasan dan struktur mikro, spesimen awal merupakan material baja karbon rendah.

**3.2.2 Hasil Uji Struktur Mikro Hasil Proses Tempering 350°C**



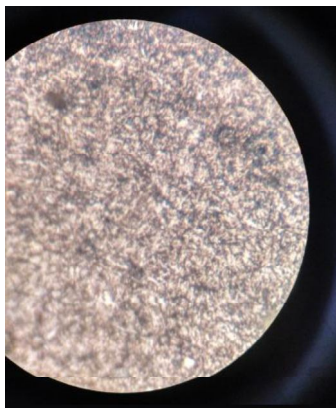
**Gambar 3.2.2** Struktur mikro hasil proses *case hardening quenching* oli *temper* 350°C

- (a) Struktur mikro bagian permukaan hasil *tempering* pembesaran 400x
- (b) Struktur mikro bagian inti hasil *tempering* pembesaran 400x

Seperti yang terlihat pada gambar 3.2 (a), struktur mikro pada bagian permukaan spesimen yang terbentuk dari hasil proses *tempering* adalah struktur *α-martensite* yang tersebar secara merata. Hal ini terjadi karena proses *tempering* membuat struktur mikro spesimen lebih halus dan merata dibandingkan struktur mikro hasil proses sebelumnya.

Seperti yang terlihat pada gambar 3.2 (b), struktur mikro pada bagian inti spesimen yang terbentuk dari hasil proses *tempering* mempunyai struktur mikro yang sama dengan struktur mikro pada bagian permukaan spesimen. Hal ini terjadi karena proses *tempering* membuat struktur mikro spesimen lebih halus dan merata sehingga spesimen mempunyai sifat yang tangguh dan ulet.

**3.2.3 Hasil Uji Struktur Mikro Pegas Tekan STD**



**Gambar 3.2.3** Struktur mikro pegas tekan standar pembesaran 1000x

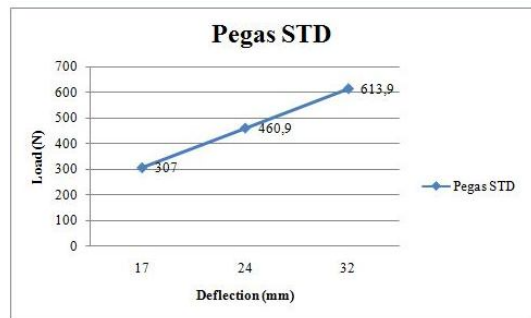
Berdasarkan hasil analisa struktur mikro yang dilakukan, diambil struktur mikro spesimen hasil proses karburasi padat, *hardening quenching* oli untuk proses perlakuan panas yang digunakan pada pegas tekan penelitian. Hal ini dikarenakan struktur mikro spesimen hasil proses karburasi padat, *hardening quenching* oli yang mempunyai struktur mikro

yang lebih halus dibandingkan dengan struktur mikro spesimen hasil proses karburasi padat *hardening quenching* air. Untuk mendapatkan struktur mikro yang lebih halus dan merata, spesimen hasil proses karburasi padat, *hardening quenching* oli kemudian *ditemper* pada suhu 350°C.

**3.3 Hasil Uji Defleksi Pegas**  
**3.3.1 Pegas Tekan Standar (STD)**

Data defleksi pegas tekan standar diambil dari katalog pegas tekan ACME. Pada beban 613,9 N defleksi pegas menunjukkan 32 mm sedangkan pada pembebanan 460,9 N pegas terdefleksi sebesar 24 mm dan pada pembebanan 307 N, pegas terdefleksi sebesar 17 mm. Berdasarkan data pada tabel 3.1 dengan menggunakan formulasi :

.....(1)  
 maka diperoleh konstanta pegas standar sebesar 18,82 N/mm.

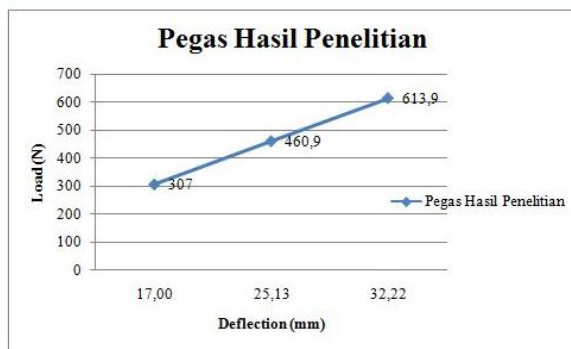


**Grafik 3.6** Defleksi pegas tekan standar

**3.3.2 Pegas Tekan Hasil Penelitian**

Pengujian defleksi pegas dilakukan di lab. Teknik Produksi FTMD ITB menggunakan mesin uji tekan. Dari 6 buah pegas yang dibuat, diambil 4 buah pegas untuk dilakukan uji defleksi pegas. Pengujian dilakukan sebanyak 4 kali pengujian untuk masing-masing pegas. Seperti yang terlihat pada grafik 3.7 pada beban 613,9 N defleksi pegas menunjukkan 32,22 mm sedangkan pada pembebanan 460,9 N pegas terdefleksi sebesar 25,13 mm dan pada pembebanan 307 N, pegas terdefleksi sebesar 17 mm. Dari data hasil pengujian, maka diperoleh konstanta pegas tekan hasil penelitian sebesar 18,52 N/mm. Hal ini menunjukkan rata-rata nilai defleksi dan konstanta

pegas tekan hasil penelitian mendekati nilai defleksi dan konstanta pegas tekan standar sehingga pegas tekan hasil penelitian bisa dijadikan alternatif pegas tekan standar.



Grafik 3.7 Defleksi pegas tekan hasil penelitian

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan data dan analisa data penelitian maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

Kekerasan awal *low carbon*

1. *teel* St 37 sebesar 55,43 HRB atau setara dengan 120 HV. Setelah dilakukan proses karburasi padat, *hardening*, *quenching* pada media oli dan *tempering* pada suhu 350°C terjadi peningkatan kekerasan menjadi 456,57 HV. Hal ini mendekati kekerasan pegas tekan standar dengan kekerasan sebesar 455,71 HV.
2. Pegas tekan hasil penelitian memiliki struktur mikro *martensite tempered* yang hampir sama dengan struktur mikro pegas tekan standar yaitu  $\alpha$  – *martensite*.
3. Rata-rata nilai defleksi pegas tekan hasil penelitian sebesar 18,625 N/mm mendekati nilai defleksi pegas tekan standar sebesar 19,19 N/mm.
4. Material *Low carbon steel* St 37 bisa menjadi material alternatif pegas tekan standar.

#### Referensi/Daftar Pustaka

[1] Natasa, D., Pengaruh Proses Karburasi Padat dengan Medium Arang Batok dan *Energizer* Cangkang Kerang Darah (*Anadara Granosa*) Pada *Helical Spring* dari Baja Karbon Rendah, (2009), Institut Teknologi Bandung, Bandung.

- [2] Rinaldi, G., Analisa Perbandingan Kekerasan Permukaan, Distribusi Kekerasan, dan Struktur Mikro Material St 37 pada Proses Karburasi dengan Metoda *Single Quenching* dan *Direct Quenching*, (2014), Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung.
- [3] Stolk and Kros, Elemen Konstruksi Bangunan Mesin, (1994), Hal. 149.
- [4] Sularso dan Suga, Kiyokatsu, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, (2002), Pradnya Paramita, Jakarta.
- [5] Mischke C. R., Mechanical Engineering Design, hal. 421, (1989), McGraw-Hill, Singapore.
- [6] Rochim, T., Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, hal. 13, (1993), Higher Education Development Support Project.
- [7] Schrader, G. F., & Elshenawy, A. K., Manufacturing Process and Materials (Vol. 4), (2000), Michgan: Society of Nabufacturing Engineers.
- [8] Lampman, S., ASM Handbook of Heat Treating (Vol. 4), (1991), United States of America, ASM International.
- [9] William D. Callister, J., & Rethwisch, D. G., Fundamentals of Material Science and Engineering: An Integrated Approach, (2012), John Wiley & Sons.
- [10] Totten, G. E., Steel Heat Treatment Metallurgy and Technologies, (2006), New York : Taylor & Francis.
- [11] Lange, N. A., Lange's Handbook of Chemistry (Vol. 13), (1985). (J. A. Dean, Ed.) McGraw-Hill.
- [12] Adwan, N. N., Analisis Proses Pack Carburizing Dengan Campuran Media Karbon Sekam Padi + 10%, 20% Dan 30% Baco3 Untuk Meningkatkan Kekerasan Permukaan Baja St41, (2013).
- [13] Voort, G. F., Metallography: An Introduction, Metallography and Microstructures (Vol.9), (2004), ASM International.
- [14] Supriadi, Y., Analisa Kekerasan dan Struktur Mikro pada Material St 37 Carburized melalui Proses Dekarburasi Menggunakan Media Abu Gosok dan Udara, (2014), Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, Bandung.



- [15] Murthy, V. S., *Structure And Properties Of Engineering Materials*, (2003), Tata McGraw-Hill Education.
- [16] Katalog ACME (*Standard Components for Plastic Mold*).
- [17] ASTM E18 (*Standard Test Method for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials*), ASTM International, Amerika.
- [18] ASTM E92 – 82 (*Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials*), ASTM International, Amerika.
- [19] ASTM E3–01 (*Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*), ASTM International, Amerika.
- [20] *Indian Standard Helical Compression Spring* {IS 7906 (Part 5) : 2004}.