



PENGARUH PROSES QUENCHING DAN HEATTREATMENT PADA VELG BESI MOBIL TOYOTA KIJANG LGX

Bambang HP¹, Achmad Hafid², Aryananta Lufti³
^{1,2,3} Teknik Mesin Pertahanan Akademi Militer Magelang
bambanghadipriyanto@nikmesinhan.akmil.ac.id¹,
achmadhafid@nikmesinhan.akmil.ac.id²,
aryanantalufti@nikmesinhan.akmil.ac.id³.

ABSTRAK

Logam mulia besi telah digunakan sejak jaman purbakala, meskipun yang memiliki titik lebur lebih rendah, yang digunakan lebih awal dalam sejarah manusia, besi murni relatif lebih lembut tapi tidak bisa didapat melalui peleburan. Materi ini mengeras dan diperkuat secara signifikan oleh kotoran karbon khususnya dalam proses peleburan. Dengan proporsi karbon tertentu (antara 0,002% dan 2,1%) akan menghasilkan baja yang lebih keras dari besi murni mungkin mencapai 1000 kali lipat. Senyawa besi sangat banyak manfaatnya dalam kehidupan sehari - hari. Besi sangat mempunyai nilai ekonomis yang sangat tinggi sehingga banyak orang menjadikan besi sebagai lahan bisnis. Sebagian besar kegunaan besi terdapat dalam dunia konstruksi. Banyak unsur - unsur material yang digunakan dalam dunia konstruksi berbahan dasar besi karena kekuatan besi yang telah dimodifikasi lebih banyak menguntungkan dan bermanfaat.. Hal ini dikarenakan sifat mampu cor dari paduan ini tergolong baik, disamping ketahanannya terhadap korosi serta mudah untuk diproses mesin, jenis paduan ini banyak dipakai pada industri otomotif. Benda uji yang digunakan adalah velgmobil Toyota kijang LGX. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan data melakukan beberapa tes yaitu Heat Treatment, Quenching, Aneling, pengujian komposisi, dan pengujian tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pengaruh Heat Treatment dan quenching terhadap specimen Velg besi yaitu meningkatnya nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik, bila dibandingkan dengan spesimen non heat treatment. Sedangkan kekuatan luluhnya tidak terukur karena specimen terlalu getas.

Kata Kunci: Velg mobil, Uji Tarik, Uji Komposisi, Heat Treatment, Quenching.

ABSTRACT

Iron precious metals have been used since antiquity, although those with lower melting points, which were used earlier in human history, pure iron are relatively softer but cannot be obtained through smelting. This material hardens and is significantly strengthened by carbon impurities, especially in the smelting process. With a certain proportion of carbon (between 0.002% and 2.1%) it will produce harder steel than pure iron which may reach 1000 times. Iron compounds have many benefits in daily life. Iron has a very high economic value so many people make iron as a business land. Most of the usefulness of iron is in the world of construction. Many material elements are used in the world of iron-based construction because the strength of the modified iron is more beneficial and useful. This is because the cast properties of this alloy are classified as good, in addition to corrosion resistance and easy to process machines, alloy types this is widely used in the automotive industry object used is the LGX Toyota kijang alloy wheels. In this study, to obtain data, several tests were carried out, namely Heat Treatment, Quenching, Aneling, composition testing, and tensile testing. The results showed that the effect of heat treatment and quenching on iron alloy specimens was the increase in the value of hardness and tensile strength values, when compared with non-heat treatment specimens. While the strength of the pulses is not measurable because the specimens are too brittle .

Keywords: Car wheels, Tensile Test Equipment, Composition Test Equipment, Heat Treatment, Quenching.

PENDAHULUAN

Latar Belakang.

Besi adalah unsur kimia dengan lambing Fe (berasal dari bahasa latin : *ferrum*) dan nomor atom 26 yang merupakan logam dalam deret transisi pertama. Besi adalah unsure keempat terbesar dalam kerak bumi. Karena melimpahnya produksi akibat reaksi fusi dalam bintang bermassa besar (dalam planet berbatu seperti bumi) dimana dalam produks inikel - 56 (yang menyeluruh menjadi isotop besi paling umum) adalah reaksi fusi nuklir terakhir yang bersifat eksotermal. Logam mulia besi telah digunakan sejak jaman purbakala, meskipun yang memiliki titik lebur lebih rendah, yang digunakan lebih awal dalam sejarah manusia, besi murni relative lebih lembut tapi tidak bisa didapat melalui peleburan. Materi ini mengeras dan diperkuat secara signifikan oleh kotoran karbon khususnya dalam proses peleburan. Dengan proporsi karbon tertentu (antara 0,002% dan 2,1%) akan menghasilkan baja yang lebih keras dari besi murni mungkin mencapai 1000 kali lipat. Senyawa besi sangat banyak manfaatnya dalam kehidupan sehari - hari. Besi sangat mempunyai nilai ekonomis yang sangat tinggi sehingga banyak orang menjadikan besi sebagai lahan bisnis. Sebagian besar kegunaan besi terdapat dalam dunia konstruksi. Banyak unsur - unsur material yang digunakan dalam dunia konstruksi berbahan dasar besi karena kekuatan besi yang telah dimodifikasi lebih banyak menguntungkan dan bermanfaat.

Hal ini dikarenakan sifat mampu cor dari paduan ini tergolong baik, disamping ketahanannya terhadap korosi serta mudah untuk diproses mesin, jenis paduan ini banyak dipakai pada industri otomotif. Salah satu contohnya adalah untuk pembuatan velg pada kendaraan bermotor. Pada umumnya proses karburisasi diikuti dengan perlakuan pendinginan Cepat (*quenching*) untuk meningkatkan kekerasannya sehingga permukaan Besi menjadi lebih tahan aus. Metode proses ini dibedakan menurut media karburasinya yaitu gas, cair dan padat. Proses karburisasi telah dikembangkan sedemikian

rupa menggunakan teknologi canggih, misalnya metode karburisasi cair sistem vakum untuk pembuatan rod gigi helix. Namun demikian, karburisasi padat yang merupakan metode yang paling sederhana masih digunakan pada industri - industri kecil di Indonesia. Misalnya untuk penyepuhan pisau yang memanfaatkan arang baterai bekas. Berbagai usaha telah dilakukan untuk memperbaiki proses karburisasi padat dengan menambahkan energizer atau bahan pengaktif seperti Barium Karbonat , Natirum Karbonat dan Kalsium Karbonat . Bahan pengaktif tersebut akan mempercepat terbentuknya gas CO Rendah. (Amstead dkk,1992).

Setelah memperhatikan masalah diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian untuk mengetahui perubahan fisik dan mekanik dari Alumunium paduan yang telah di karburisasi setelah mengalami proses quenching maka penulis mengambil judul penelitian Pengaruh proses quenching dan heat treatment pada velg besi mobil kijang Krista.

Rumusan Masalah.

Berdasarkan latar belakang diatas, perumusan masalah yang dibahas dalam hal ini adalah :

- Bagaimana pengaruh proses *quenching* pada bahan dengan menggunakan media pendingin terhadap kekerasan dan sifat pada bahan ?
- Bagaimana pengaruh *Heat treatment* dan *Quenching* pada uji tarik besi?
- Media pendingin yang memiliki pengaruh terhadap proses *quenching* ?

Batasan Masalah.

Penelitian ini penulis membahas tentang :

- Material yang digunakan yaitu Velg mobil kijang Kijang LGX.
- Pengujian yang dilakukan hanya Perlakuan Panas, Quenching, Dan Tarik.

LANDASAN TEORI.

a. Besi. Merupakan logam yang berasal dari bijih besi (tambang) yang banyak digunakan untuk kehidupan manusia sehari-hari. Dalam tabel periodik, besi mempunyai simbol Fe dan nomor atom 26. Besi juga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Besi telah ditemukan sejak zaman dahulu dan tidak diketahui siapa penemu sebenarnya dari unsur ini. Besi dan unsur keempat banyak di bumi dan merupakan logam yang terpenting dalam industri. Besi murni bersifat agak lunak dan kenyal. Oleh karena itu, dalam industri, besi selalu dipadukan dengan baja. Baja adalah berbagai macam paduan logam yang dibuat dari besi tuang kedalamnya ditambahkan unsur-unsur lain seperti Mn, Ni, V, atau W tergantung keperluannya. Besi tempa adalah besi yang hampir murni dengan kandungan sekitar 0.2% karbon. (C. Chambers and a. K. Holiday. 1975).

b. Kegunaan.

Besi adalah logam yang paling banyak dan paling beragam penggunaannya. Hal itu karena beberapa hal, diantaranya :

- 1) Kelimpahan besi di kulit bumi cukup besar
- 2) Pengolahannya relatif lebih mudah dan murah
- 3) Besi mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan dan mudah dimodifikasi
- 4) Menjadi hal yang tidak mungkin jika kita menuliskan semua bentuk manfaat besi dalam berbagai produk.

c. Tingkat Bahaya Besi.

Adapun besi terlarut yang berasal dari pipa atau tangki-tangki besi adalah akibat dari beberapa kondisi, di antaranya adalah :

- 1) Akibat pengaruh pH yang rendah (bersifat asam), dapat melarutkan logam besi.
- 2) Pengaruh akibat adanya CO₂ agresif yang menyebabkan larutnya logam besi.

3) Pengaruh tingginya temperature air akan melarutkan besi-besi dalam air.

4) Kuatnya daya hantar listrik akan melarutkan besi.

5) Adanya bakteri besi dalam air akan memakan besi. Apabila konsentrasi besi terlarut dalam air melebihi batas tersebut akan menyebabkan berbagai masalah, diantaranya: Gangguan teknis Endapan Fe (OH) bersifat korosif terhadap pipa dan akan mengendap pada saluran pipa, sehingga mengakibatkan pembuntuan dan efek-efek yang dapat merugikan seperti mengotori bak yang terbuat dari seng. Mengotori wastafel dan kloset.

d. Proses Pembuatan Besi

Besi diekstraksi dari oksida besi dengan reduktor karbon. Besi diolah dari bijihnya dalam suatu tungku yang disebut tanur tiup (blast furnace) (lihat Gambar). Tanur tiup berbentuk silinder raksasa dengan tinggi 30 m atau lebih dan diameter bagian tengah sekitar 8 m. Bahan yang digunakan pada pengolahan besi, selain bijih besi adalah kokas (C) dan batu kapur (CaCO₃). Kokas berfungsi sebagai reduktor, sedangkan batu kapur berfungsi sebagai fluks, yaitu bahan yang akan bereaksi dengan pengotor dalam bijih besi dan memisahkan pengotor itu dalam bentuk cairan kental yang disebut terak (slag). Komposisi bahan-bahan tersebut bergantung pada pengotor dalam bijih besi. Bijih besi mengandung pengotor, baik yang bersifat asam seperti SiO₂ (pasir), Al₂O₃, dan P₂O₅, maupun pengotor yang bersifat basa seperti CaO, MgO, dan MnO. Akan tetapi, biasanya pengotor yang bersifat asam lebih banyak sehingga perlu ditambahkan fluks yang bersifat basa, yaitu CaCO₃. Proses/reaksi yang terjadi pada pengolahan besi dalam garis besarnya adalah sebagai berikut. Bijih besi, kokas, dan batu kapur diumpangkan dari puncak tanur,

sementara dari bagian bawah ditiupkan udara panas.

e. Proses Pembuatan Velg.

Proses pembuatan velg terdiri dari proses casting dan proses forging. Proses yang banyak dilakukan adalah proses casting, karena berbiaya murah dan teknologi proses casting sudah banyak digunakan dibanding dengan proses forging yang memerlukan teknologi tinggi dan biaya produksi yang tinggi.

- 1) Tipe One-piece Cast Wheels. Ini merupakan tipe velg besi yang banyak ditemukan dan merupakan proses paling simpel. Casting merupakan proses pencetakan (menggunakan mould bentuk velg sesuai desainnya) melalui penuangan besi yang dilelehkan.



Gambar 2.1 Velg mobil tipe standart

- 2) *Low Pressure Casting.* *Low pressure casting* menggunakan tekanan tambahan untuk menuangkan lelehan besi ke dalam cetakan, sehingga proses penuangan lebih cepat dan kondisi aluminium bisa lebih padat daripada gravity casting. Tekanan bisa didapat dari pemutaran cetakan itu sendiri, ada juga yang dibantu beberapa alat.

- 3) *Forging.* Teknologi ini menggunakan logam besi yang tidak dilebur untuk mencetaknya menjadi velg. Teknologi forging mengandalkan kekuatan mesinnya untuk mencetak velg menggunakan bahan baku besi yang masih dalam bentuk logam yang terlihat pada gambar 2.13, berbeda

dengan die casting dimana bahan baku besi harus dilebur. Produk velg yang dihasilkan dengan menggunakan teknologi forging ini umumnya dikategorikan dengan sebutan forged wheels. Hasilnya, sebuah produk besi yang sangat padat, kuat dan bisa sangat ringan.



Gambar 2.2 Proses pembuatan velg sistem forging

- 4) Tipe Multi-Piece Wheels. Velg tipe ini menggunakan 2 atau 3 komponen terpisah yang dirakit menjadi satu wujud velg. Umumnya multi-piece wheels menerapkan lebih dari 1 metode pembuatan. Misalnya, bagian tengah dibuat secara casting atau forged, sedangkan lingkaran pinggir velg nya dibuat dengan sistem spun dari aluminium. Komponen terpisah tersebut kemudian dibaut, di-sealant atau dilas (welded) menjadi satu. Model 3-piece sendiri mulai berkembang pada awal 1970-an untuk racing, dengan pertimbangan untuk mengejar light-weight. Gak heran pada perkembangan selanjutnya model ini jadi banyak diterapkan pada R17 ke atas, dengan tujuan yang sama.

f. Kekuatan Tarik .

Kekuatan tarik adalah besar tegangan yang didapatkan ketika dilakukan pengujian tarik. Kekuatan tarik ditunjukkan oleh nilai tertinggi dari tegangan pada kurva

tegangan-regangan hasil pengujian, dan biasanya terjadi ketika terjadinya necking. Kekuatan tarik bukanlah ukuran kekuatan yang sebenarnya dapat terjadi di lapangan, namun dapat dijadikan sebagai suatu acuan terhadap kekuatan bahan. Kekuatan tarik pada Besi pada berbagai perlakuan umumnya sangat rendah, yaitu sekitar 90 Mpa, sehingga untuk penggunaan yang memerlukan kekuatan tarik yang tinggi, Besi perlu dipadukan. Dengan dipadukan dengan logam lain, ditambah dengan berbagai perlakuan termal, Besi akan memiliki kekuatan tarik hingga 600 Mpa .

Perhitungan Kekuatan Tarik Kekuatan tarik dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana: σ = kekuatan tarik (Mpa)

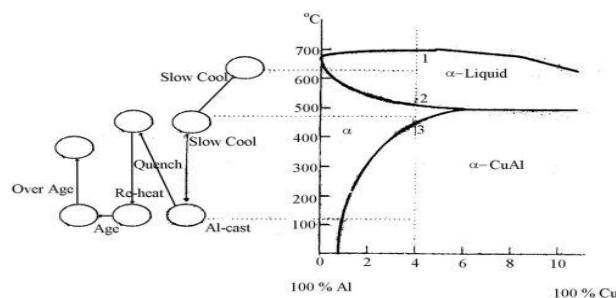
F = beban tarik (N)

A = luas penampang (m²)

g. Proses Perlakuan Panas Pada Besi.

Perlakuan panas pada Besi dilakukan dengan memanaskan sampai terjadi fase tunggal kemudian ditahan beberapa saat dan diteruskan dengan pendinginan cepat hingga tidak sempat berubah ke fase lain.

Perubahan akan terjadi berupa presipitasi (pengendapan) fase kedua yang dimulai dengan proses nukleasi dan timbulnya kluster atom yang menjadi awal dari presipitat. Presipitat ini dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya.



Gambar 2.3 Diagram fasa perubahan mikrostruktur paduan Al-Cu

h. Heat Treatment

Perlakuan panas atau *Heat Treatment* mempunyai tujuan untuk meningkatkan keuletan, menghilangkan tegangan internal (internal stress), menghaluskan ukuran butir kristal dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik logam. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi perlakuan panas, yaitu suhu pemanasan, waktu yang diperlukan pada suhu pemanasan, laju pendinginan dan lingkungan atmosfer

1) *Quenching* Pengertian pengerasan ialah perlakuan panas terhadap besi dengan sasaran meningkatkan kekerasan alami besi. Perlakuan panas menuntut pemanasan benda kerja menuju suhu pengerasan dan pendinginan secara cepat dengan kecepatan pendinginan kritis.

2) *Tempering* Tempering didefinisikan sebagai proses pemanasan logam setelah dikeraskan (*quenching*) pada temperatur tempering (di bawah suhu kritis) sehingga diperoleh ductility tertentu, yang dilanjutkan dengan proses pendinginan (Koswara, 1999). Prosesnya adalah memanaskan kembali berkisar antara suhu 150°C – 650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir baja tersebut.

i. Media Pendingin.

Media pendingin yang digunakan untuk mendinginkan baja 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 0oC (32o F) – 100oC, air berwujud cair. Suhu 0oC merupakan titik beku (freezing point) dan suhu 100o C merupakan titik didih (boiling point) air. Perubahan suhu air berlangsung lambat sehingga air memiliki sifat sebagai penyimpan panas yang sangat baik.

j. 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.

k. 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.

l. Uji Tarik.

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan atau material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Sifat mekanis logam yang dapat diketahui setelah proses pengujian ini seperti kekuatan tarik, keuletan dan ketangguhan. Pengujian tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu

bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan.

Gambar 2.4. Gambaran singkat uji tarik dan datanya.

Biasanya yang menjadi fokus perhatian adalah kemampuan maksimum bahan tersebut dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut “*Ultimate Tensile Strength*” disingkat dengan UTS, dalam bahasa Indonesia disebut tegangan tarik maksimum. *Hukum Hooke (Hooke’s Law)* Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

| NO | NAMA ALAT | JUMLAH |
|----|--------------------------|--------------------|
| 1 | Tensilon RTF | 1 set |
| 2 | Mickroskop optik olympus | 1 set |
| 3 | Furnace Carbolite ELF | 1 set |
| 4 | Mesin gergaji | 1 set |
| 5 | Jangka sorong | 1 buah |
| 6 | Specimen draiyer | 1 buah |
| 7 | Amplas | 1 buah / perukuran |
| 8 | Metal polis | Secukupnya |
| 9 | Media Pendingin | Secukupnya |



Bahan.

Bahan yang digunakan penulis untuk penelitian adalah 1 Velg Toyota Kijang LGX bekas berbasis Besi. Bahan Velg mobil ini penulis peroleh dari Bengkel Kendaraan Peralatan Akademi Militer

Prosedur Urutan Penelitian

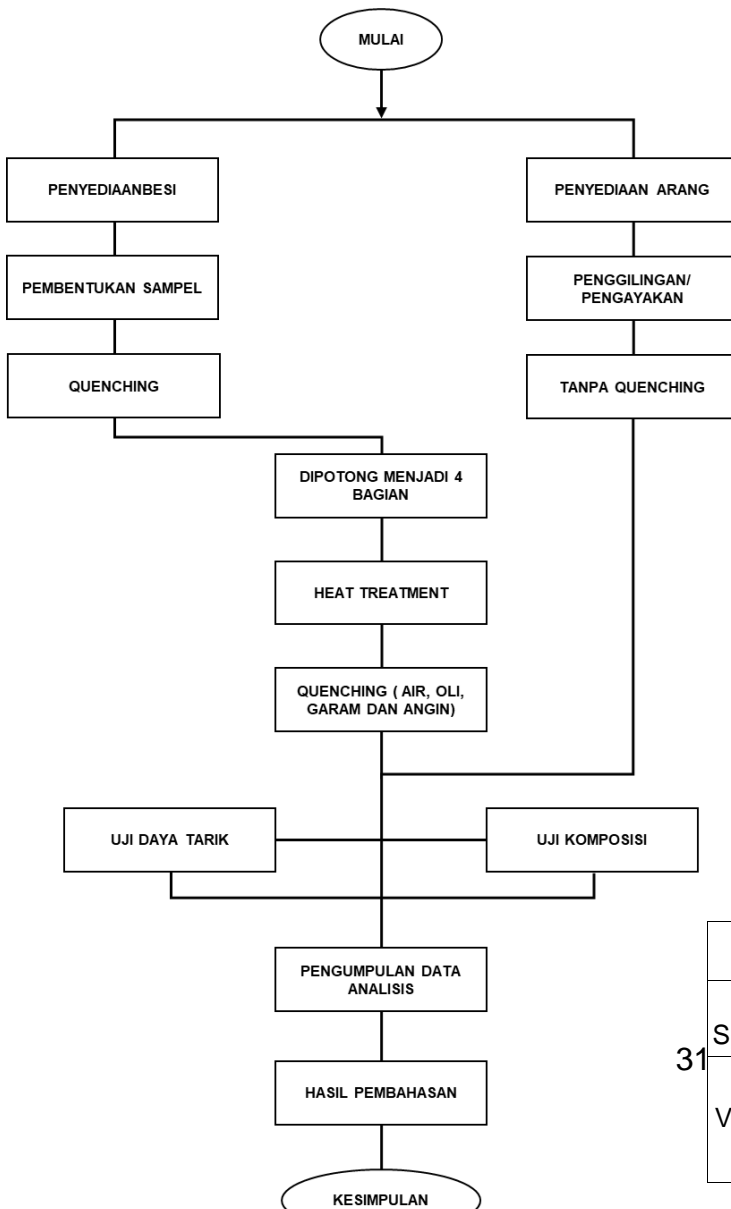
- a. Persiapan Spesimen
 - 1) Velg besi Mobil Kijang LGX
 - 2) Pematangan Spesimen Disesuaikan Dengan Ukuran yg telah ditentukan, lalu dipisahkan sebagai berikut:
 - a) 1 buah potongan spesimen besi akan digunakan sebagai bahan perbandingan yang tidak mengalami proses *Heat treatment* dan *Quenching*.

ANALISA HASIL PENELITIAN

Uji komposisi

Pengujian komposisi adalah pengujian yang dilakukan dengan maksud untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam bahan. Hasil pengujian komposisi kimia material pada penelitian ini dimasukkan dalam.

Diagram penelitian



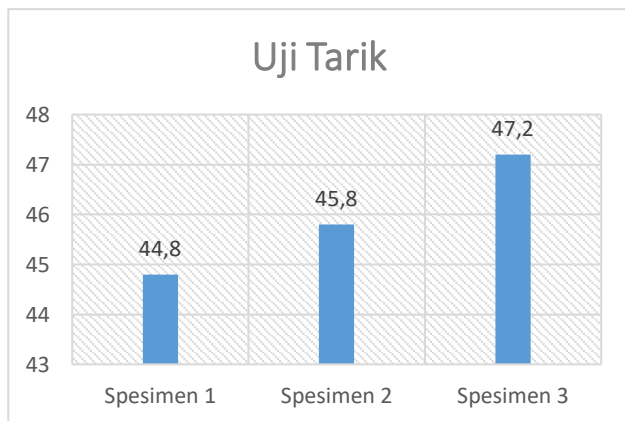
| Unsur | % |
|-------|--------|
| C | 0,1060 |
| Si | 0,0059 |
| S | 0,0044 |
| P | 0,0000 |
| Mn | 0,4011 |
| V | 0,0024 |
| Cr | 0,0288 |
| Mo | 0,0027 |
| Cu | 0,0189 |
| W | 0,0000 |
| Ti | 0,0004 |
| Sn | 0,0001 |
| Al | 0,0091 |
| Nb | 0,0018 |
| Co | 0,0026 |
| Pb | 0,0025 |
| Ca | 0,0007 |
| Zn | 0,0054 |
| Fe | 99,40 |

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari specimen Velg besi sebagai specimen pengujian dalam penelitian ini

31

| Kode Spesimen | T (mm) | L (mm) | Lo (mm) | Li (mm) | P max (%) | Beban (Ton) |
|---------------|--------|--------|---------|---------|-----------|-------------|
| Velg Raw | 3,7 | 6,2 | 30 | 34,6 | 44,8 | 2 |
| | 3,7 | 6,2 | 30 | 36,72 | 45,8 | 2 |
| | 3,7 | 6,2 | 30 | 37,55 | 47,2 | 2 |

Dari Tabel 4.1. diperoleh Data uji tarik specimen sebelum mengalami proses perlakuan panas (Heat Treatment) dan Quenching.



Grafik 4.2 Dari grafik diatas maka dapat diperoleh nilai regangan maksimal rata-rata material.

| Data Hasil Percobaan UjiTarik | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|---------|---------|----------|-------------|
| Kode Spesimen | T (mm) | L (mm) | Lo (mm) | Li (mm) | Pmax (%) | Beban (Ton) |
| Velg Besi (Air) | 3,70 | 6,20 | 30 | 39,50 | 46,0 | 2 |
| Velg Besi (Garam) | 3,70 | 6,20 | 30 | 37,52 | 48,4 | 2 |
| Velg Besi (Oli) | 3,70 | 6,20 | 30 | 37,50 | 45,1 | 2 |
| Velg Besi (Udara) | 3,70 | 6,20 | 30 | 39,97 | 44,6 | 2 |

Dari Tabel 4.3. diperoleh Data uji tarik specimen setelah mengalami proses perlakuan panas (*Heat Treatment*) dan *Quenching* dengan menggunakan media pendingins eperti : Air, Oli, Udara, Garam.

(a) Perhitungan nilai Regangan Maksimal specimen Velg Besi (Air)

Regangan maksimal

$$\frac{Li - Lo}{Lo} \times 100\%$$

$$\frac{39,50mm - 30mm}{30mm} \times 100\% = 46,0 \%$$

Jadi, Regangan maksimal specimen Velg Besi (Air) adalah 46,0 % dari panjang mula-mula.

(b) Perhitungan nilai Regangan Maksimal specimen Velg Besi (Garam)

Regangan maksimal =

$$\frac{Li - Lo}{Lo} \times 100\%$$

$$\frac{37,52mm - 30mm}{30mm} \times 100\% = 48,4 \%$$

Jadi, regangan maksimal specimen Velg Besi (Garam) dalah 48,4 % dari panjang mula-mula.

(c) Perhitungan nilai Regangan Maksimal specimen Velg Besi (Oli)

Regangan maksimal

$$\frac{Li - Lo}{Lo} \times 100\%$$

$$\bar{\epsilon} = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3 + \epsilon_4}{4}$$

$$\frac{37,50mm - 30mm}{30mm} \times 100\% = 45,1 \%$$

Jadi, regangan maksimal specimen Velg Besi (Oli) adalah 45,1 % dari panjang mula-mula.

(d) Perhitungan nilai Regangan Maksimal specimen Velg Besi (Udara)

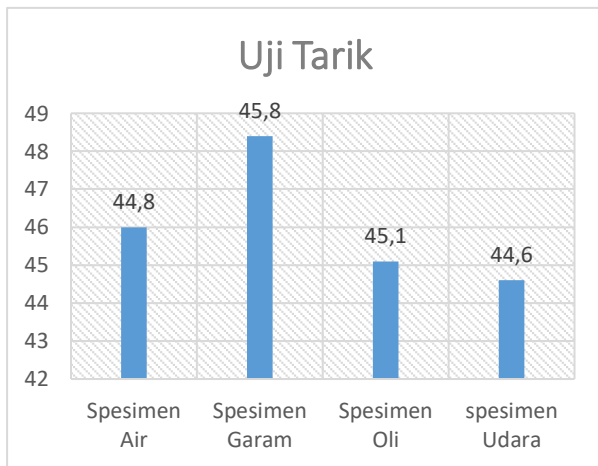
Regangan maksimal

$$\frac{Li - Lo}{Lo} \times 100\%$$

$$\frac{39,97mm - 30mm}{30mm} \times 100\% = 44,6 \%$$

Jadi, regangan maksimal specimen Velg Besi (Udara) adalah 44,6 % dari panjang mula-mula.

Berdasarkan analisis data dan perhitungan di atas maka dapat diperoleh grafik sebagai berikut;



Dari grafik 4.4 diatas maka dapat diperoleh nilai regangan maksimal rata-rata material,

Dimana:

$$\bar{\epsilon} = \text{Rata-rata regangan maksimal}$$

$$\epsilon_1 = \text{Regangan maksimal spesimen Air}$$

$$\epsilon_2 = \text{Regangan maksimal spesimen Garam}$$

$$\epsilon_3 = \text{Regangan maksimal spesimen Oli}$$

$$\epsilon_4 = \text{Regangan maksimal spesimen Udara}$$

Maka:

$$\bar{\epsilon} = \frac{46,0\% + 48,4\% + 45,1\% + 44,6\%}{4} = 46,025 \%$$

Jadi, Velg besi yang telah mendapatkan perlakuan Heat Treatment dan Quenching memiliki rata-rata regangan maksimal sebesar 46,025

KESIMPULAN.

Berdasarkan hasil dari penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan:

- Pengaruh Quenching terhadap specimen Velg besi yaitu meningkatnya nilai keuletan dan nilai kekuatan tarik sehingga specimen menjadi lebih getas, bila dibandingkan dengan specimen semula yang tidak mengalami proses Heattreatment serta Quenching terlebih dahulu.
- Pengaruh Heat Treatment dan Quenching terhadap specimen Velg besi bisa dilihat dari meningkatnya nilai tegangan maksimal dari hasil uji tarik yang telah dilaksanakan, nilai rata-rata tegangan maksimal yg dihasilkan olehs pesimen semula yang tidak mengalami proses perlakuan panas (Heat treatment) serta Quenching yaitu 45,93%. Sedangkan nilai tegangan maksimal yang dihasilkan oleh spesimen yang telah mengalami proses perlakuan panas dan Quenching yaitu 46,025%.
- Spesimen hasil quenching menggunakan 4 macam media pendinginyaitu Air, Garam, Oli, dan Udara. Dari masing-masing media pendingin dihasilkan tegangan maksimal yang berbeda-beda, dan ditemukan bahwa media pendingin menggunakan Garam memiliki hasil teganga nmaksimal yang paling tinggi. Ini membuktikan bahwa garam lebih baik digunakan sebagai media pendingin.

DAFTAR PUSTAKA

- ASHRAE. (2009). *Fundamentals (SI)*. Atlanta, GA 30329: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- ASHRAE. (2006). *REFRIGERATION*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. Inc
- Effendy Marwan, 2005, *Pengaruh kecepatan putar poros kompresor terhadap prestasi kerja mesin pendingin AC*. Penelitian S-1 Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sumarto., 2000 *Pengkondisian Udara*,. Jakarta, Erlangga, "Dasar-Dasar Mesin Pendingin,". Yogyakarta, Andi Offset.
- Stoecker, W.F. dan Jerold, W.J., 1996, *Refrigerasi dan penyegaran udara*. Supratman Hara. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Widodo., 2009, "Prinsip Kerja Sistem Pendingin dan Mesin AC Split,". Semarang, Himpunan Praktisi Tata Udara dan Refrigeran.
- Werlin S. Nainggolan., 1987 "Termodinamika,". Bandung, CV Armico