

## PENGARUH PENGGUNAAN PENDINGIN UDARA, AIR DROMUS DAN OLI PADA PROSES *HEAT TREATMENT* BAJA KS 16 TERHADAP KEKUATAN TARIK

*The Effect of Use of Air Cooling, Dromus Water and Oil in The Heat Treatment Process of KS 16 Steel on Tensile Strength*

Suwarto<sup>1\*</sup>, Suparno<sup>2</sup>, Imam<sup>3</sup>, Wajilan<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Prodi.Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Samarinda, Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Prodi Perawatan dan Perbaikan Mesin, Politeknik Negeri Samarinda, Jl.Dr.Ciptomangunkusumo Kampus Gunung Lipan, Samarinda Seberang, Kota Samarinda

e-mail: <sup>1</sup>suwartopoltek78@gmail.com, <sup>2</sup>suparno@polnes.ac.id, <sup>3</sup>imam@polnes.ac.id, <sup>4</sup>wajilan@polnes.ac.id

### Info Artikel

Riwayat Artikel:

Diterima: 10/05/2024

Diterima dalam bentuk revisi:

21/05/2024

Diteima/publis: 27/05/2024

Kata Kunci:

*Heat Treatment*, Kekuatan tarik, Baja KS 16

### Abstrak

Sifat baja dapat dibentuk dengan mudah. Salah satunya dengan proses *heat treatment* yang dapat membentuk (merubah) sifat baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat dan ulet atau juga dapat merubah sifat baja dari yang lunak menjadi sangat keras. Baja adalah merupakan suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C), dimana unsur karbon (C) menjadi bahan dasar. Disamping unsur Fe dan C, baja juga mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi. Baja karbon terbagi menjadi tiga macam yaitu : baja karbon rendah ( $< 0,30\% C$ ), baja karbon sedang ( $0,30\% < C < 0,70\%$ ), baja karbon tinggi ( $0,70\% < C < 1,40\%$ ). Sedangkan baja paduan terdiri dari baja paduan rendah dan baja paduan tinggi. Bahan Uji Tanpa Pemnasan Beban maksimum bahan uji ( $F_{max}$ ) = 50.5 KN, Beban patah bahan uji ( $F_{patah}$ ) 33.5 KN, Beban lumer bahan uji ( $F_{yield}$ ) 38 KN. didapatkan hasil rata-rata kekuatan tarik dengan (MPU) sebesar = 622.08 N/mm<sup>2</sup>, (MPD) sebesar = 617 N/mm<sup>2</sup> dan (MPO) sebesar = 558.39 N/mm<sup>2</sup>. Bila dibandingkan antara ketiga media pendingin, maka (MPU) yang mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih besar.

### Abstract

*The nature of the steel itself can be formed easily. One of them is the heat treatment process which can shape (change) the properties of steel from easily broken to stronger and more ductile or can also change the properties of steel from soft to very hard. Steel is a mixture of iron (Fe) and carbon (C), where the element carbon (C) is the basic ingredient. Apart from the elements Fe and C, steel also contains other mixed elements such as sulfur (S), phosphorus (P), silicon (Si) and manganese (Mn) which are limited in quantity. Carbon steel is divided into three types, namely: low carbon steel ( $< 0.30\% C$ ), medium carbon steel ( $0.30\% < C < 0.70\%$ ), high carbon steel ( $0.70\% < C < 1, 40\%$ ). Meanwhile, alloy steel consists of low alloy steel and high alloy steel. Test Material Without Heating Maximum load of test material ( $F_{max}$ ) = 50.5 KN, Fracture load of test material ( $F_{fracture}$ ) 33.5 KN, Melting load of test material ( $F_{yield}$ ) 38 KN. The average tensile strength results were obtained with (MPU) = 622.08 N/mm<sup>2</sup>, (MPD) = 617 N/mm<sup>2</sup> and (MPO) = 558.39 N/mm<sup>2</sup>. When compared between the three cooling media, (MPU) has a greater tensile strength value*

## PENDAHULUAN

Teknologi telah menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari dunia industri sebab adanya teknologi akan menghasilkan produk industry yang berkualitas tinggi sehingga mampu bersaing dipasaran. Selain itu teknologi dapat mengoptimalkan sumberdaya manusia juga dalam perkembangan teknologi baru dalam proses pembuatan atau dalam rekayasa suatu material. Untuk mendapatkan suatu material yang sesuai dengan yang diinginkan, diperlukan suatu proses untuk membentuk material yang mempunyai sifat-sifat fisis dan mekanis yang juga sesuai dengan fungsi dan kondisi yang diinginkan, Dengan proses tersebut diharapkan dapat menghasilkan material yang lebih baik dibanding dengan material aslinya (*raw material*), seperti meningkatkan kekuatan, kekerasan, keuletan, ketangguhan, ketahanan terhadap korosi.

Pada saat ini baja merupakan material yang paling banyak digunakan sebagai bahan industri, karena baja mempunyai sifa-tsifat fisis dan mekanis yang bervariasi. Yaitu bahwa baja mempunyai sifat dari yang paling lunak dan mudah dibentuk sampai yang paling keras, faktor yang menyebabkan mengapa baja menjadi pilihan utama dalam pemilihan material bahan industri karena baja memiliki nilai ekonomis. Sifat baja itu sendiripun dapat dibentuk dengan mudah. Salah satunya dengan proses *heat treatment* yang dapat membentuk (merubah) sifat baja dari yang mudah patah menjadi lebih kuat dan ulet atau juga dapat merubah sifat baja dari yang lunak menjadi sangat keras, Proses *heat treatment* itu sendiri merupakan salah satu bagian dari proses produksi, namun *heat treatment* ini hendaknya dipandang terpisah dari rangkaian proses produksi. *Heat treatment* merupakan proses kombinasi antara pemanasan dan pendinginan terhadap logam

Bagaimana pengaruh kekuatan tarik suatu bahan setelah mengalami pemanasan. pada suhu tertentu dengan pendinginan berbagai media.

1. Bahan Yang digunakan Besi KS 16
2. Bahan uji yang digunakan adalah jenis Dp 10 diameter 10 mm
3. Pemanasan dilakukan selama 60 menit.
4. Media pendinginan :
  - Udara
  - Air Dromus
  - Oli
5. Data akhir yang diambil adalah hasil Kekuatan Tarik

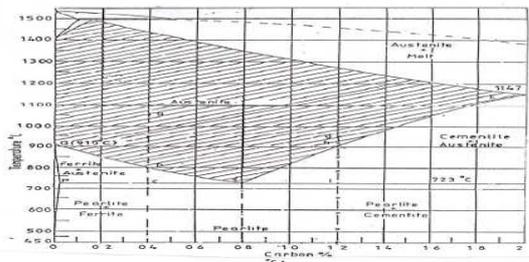
Selanjutnya dibandingkan dengan hasil uji tarik bahan uji sebelum pemanasan. Baja adalah merupakan suatu campuran dari besi (Fe) dan karbon (C), dimana unsur karbon (C) menjadi bahan dasar. Disamping unsur Fe dan C, baja juga mengandung unsur campuran lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silicon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Baja dapat dibentuk melalui pengecoran, pencanaian, atau penemperan. Karbon merupakan salah satu unsur terpenting karena dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan baja. Baja merupakan logam yang paling banyak digunakan dalam teknik, dalam bentuk pelat, pipa, batang, profil dan sebagainya. Secara garis besar baja dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu baja karbon dan baja paduan. Baja karbon ini terbagi menjadi tiga macam yaitu : baja karbon rendah ( $< 0,30\% C$ ), baja karbon sedang ( $0,30\% < C < 0,70\%$ ), baja karbon tinggi ( $0,70\% < C < 1,40\%$ ). Sedangkan baja paduan terdiri dari baja paduan rendah dan baja paduan tinggi.

Berdasarkan hasil perpaduan antara besi dengan karbon, karbon berada di dalam besi dapat berbentuk larutan atau berkombinasi membentuk karbida besi ( $Fe_3C$ ). Diagram fasa menggambarkan besi karbon untuk seluruh rentang paduan besi dengan karbon yang mencakup baja dan besi cor. Kadar karbon pada diagram tersebut bervariasi dari nol sampai 2% seperti pada tabel atau diagram fasa besi karbon dibawah ini. Karbon adalah unsur penstabil *austenite*. Larutan maksimum dari karbon pada *austenite* adalah 1,7% pada  $1140^{\circ}C$ . sedangkan larutan karbon pada ferrit naik

dari 0% pada 910°C menjadi 0,025% pada 723°C. Pada pendinginan lanjut, larutan karbon pada ferrit menurun menjadi 0,08% pada temperatur kamar. Pada saat presentasi karbon mencapai 0,8% pada temperatur 723°C, titik ini disebut titik *eutectoid*. Baja untuk kadar karbon lebih dari 0,8% disebut baja *hypereutectoid*



Gambar 1. Diagram Fe-C fasa  
Sumber: Rajan. T.J. Sharma. 1997

Proses pengerasan baja merupakan salah satu dari proses perlakuan panas yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan baja, hal ini dilakukan dengan memanaskan suatu baja karbon ke dalam daerah temperatur yang dianjurkan untuk pengerasan baja. Proses pengerasan baja dilakukan dalam 2 tahap pengerjaan:

1. Pengerjaan pertama dalam pengerasan baja adalah memanaskan baja sampai pada temperatur yang lebih tinggi dari temperatur kritis (gambar 1). Suhu ini dipengaruhi oleh kandungan karbon. Berdasarkan kandungan karbon EMS 45 yang sebesar 0,452%, *quenching* dilakukan pada suhu 820°C. Tujuan pemanasan adalah untuk mengubah baja dari keadaan normal dan tipe struktur perlit lunak ke struktur larutan padat yang disebut austenit. Pemanasan harus dilakukan secara bertahap (*preheating*) dan perlahan-lahan untuk memperkecil deformasi ataupun resiko retak. Setelah temperature pengerasan (*austenitizing*) tercapai, ditahan dalam selang waktu tertentu (*holding time*).
2. Pengerjaan kedua adalah baja yang dipanaskan tersebut kemudiadidinginkan secara cepat (*quenching*). Pada dasarnya pengerjaan kedua dalam pengerasan baja adalah mendinginkan atau melindungi suatu perubahan austenit dari

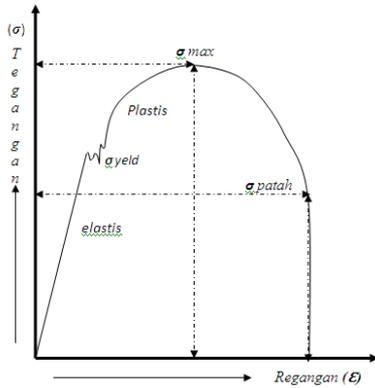
pendinginan lain sampai temperatur mendekati 7900C. Jika berhasil mendinginkan austenite sampai 7900C akan mengubah dengan cepat ke suatu struktur yang keras dan relatif rapuh yang dikenal martensit. Martensit adalah fasa metastabil terbentuk dengan laju pendinginan cepat. Martensit yang keras mempunyai susunan kristal BCT (*Body Centred Tetragonal*). Kekerasan yang dapat dicapai dalam proses pengerasan akan tergantung dari kandungan karbon, temperatur pemanasan, sistem pendinginan serta bentuk dan ketebalan bahan (Amanto, 1999:77)

Karbon meningkat maka temperatur menjadi rendah, selain itu kandungan karbon akan meningkat pula jumlah grafit akan membentuk senyawa karbida yang semakin banyak. Proses perlakuan panas selalu diawali dengan transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain. Struktur mikro yang dihasilkan lewat transformasi tergantung pada parameter proses perlakuan panas yang diterapkan dan jenis proses proses perlakuan panas. Struktur mikro yang berubah melalui transformasi dekomposisi austenit menjadi struktur mikro yang lain, dimaksudkan untuk memperoleh sifat mekanik dan fisik yang diperlukan untuk suatu aplikasi proses pengerjaan logam. Proses selanjutnya setelah fasa tunggal austenit terbentuk adalah pendinginan, dimana mekanismenya dipengaruhi oleh temperatur, waktu, serta media yang digunakan. Bila pendinginan dilakukan secara cepat, maka perubahan fasanya berdasarkan mekanisme geser menghasilkan struktur mikro dengan sifat mekanik yang keras dan getas. Kekuatan tarik suatu material dapat diukur dengan menggunakan suatu pengujian merusak yang disebut dengan uji tarik. Pengujian ini adalah peregangannya sebuah batang uji secara merata dan terus menerus sampai dengan putus. Beban yang bekerja pada batang uji serta perubahan panjang yang terjadi akibat beban itu semuanya dicatat pada suatu diagram, alat ini dikenal dengan nama Mesin Uji Tarik (*Tensile Test*)

*Machine*). Regangan adalah perbandingan antara pertambahan panjang dengan pertambahan panjang mula-mula yang ditulis dengan rumus:

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (1)$$

Diagram tegangan regangan disebut juga dengan kurva tarik lihat gambar 2



Gambar 2. Kurva Tarik

Sumber:

Untuk mengetahui batas elastisitas dengan rumus  $\sigma_e = \frac{F_e}{A_o} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$  (2)

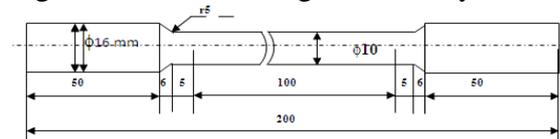
Mengetahui batas lumer tertinggi dengan rumus ;  $\sigma_{vb} = \frac{F_{vb}}{A_o} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$  (3)

Mengetahui batas lumer terendah dengan rumus  $\sigma_w = \frac{F_w}{A_o} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$  (4)

kekuatan tarik adalah tegangan maksimum dengan rumus;  $\sigma_p = \frac{F_{max}}{A_o} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$  (5)

Kekuatan patah ialah tegangan bahan sampai terputusnya rumus ;  $\sigma_{pt} = \frac{F_{pt}}{A_o} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$  (6)

Berikut ini gambar uji (test price) yang digunakan beserta dengan ukurannya



Gambar 3. bahan Uji Dp10 φ 10 mm

Sumber: Rajan. TJ. Sharma. 1997

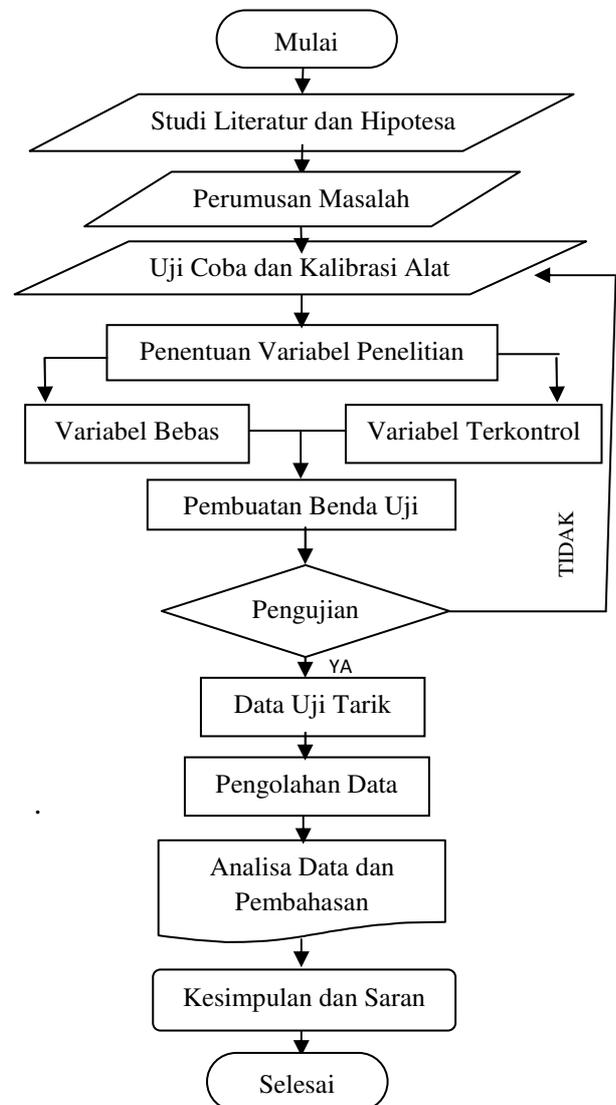
## METODE PENELITIAN

### Mesin Uji Tarik (*Tensile Test*)

Berikut data dan spesifikasi mengenai Mesin Uji Tarik yang digunakan pada pengujian:

- Type Mesin Uji Tarik : Galdabini
- Merk : Cesare Galdabini
- Skala : 1 / 10
- Beban Maksimum : 100 kN
- Buatan : Italia

Bahan uji yang digunakan adalah KS 16 pemilihan dari bahan Baja karbon ini dikarenakan bahan tersebut banyak digunakan di dunia industri, dan Baja karbon ini dibentuk menjadi spesimen kekuatan tarik, yang mengacu pada spesimen berpenampang bulat menggunakan standar pengujian ASTM E8 A48 dengan jumlah 12 buah yang terdiri dari 3 buah pembanding utama (*raw material*), 9 buah sebagai kontrol *Quenching* dan *Austenisasi*



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di Bengkel Teknik Mesin dan Laboratorium Uji Tarik Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda. Data hasil pengujian Bahan uji KS 16 Dp 10 φ 10 mm

Tabel 1. Hasil uji tanpa pemanasan

No	D0 mm	D1 mm	L0 mm	L1 mm	F yield KN	F maks § KN	F patah KN	Deviasi	Plastis §
1	10	6	100	118	38	50.5	33.5	2	35
2	10	5.5	100	117	35.5	47	30.5	1	33
3	10	6	100	118	37.5	51	34	2	36

Tabel 2. Hasil uji pendingin Udara

No	D0 (mm)	D1 (mm)	L0 (mm)	L1 (mm)	F yield (KN)	F maks (KN)	F patah (KN)	Deviasi	Plastis
1	10	6	100	113	34.5	48	33	1	33
2	10	6	100	115	36	50.5	33.5	2	35.5
3	10	5.5	100	118	38	48	31.5	2	34.5

Tabel 3 Hasil uji pendingin air Dromus

No	D0 (mm)	D1 (mm)	L0 (mm)	L1 (mm)	F yield (KN)	F maks (KN)	F patah (KN)	Deviasi	Plastis
1	10	5.6	100	115	34.5	46.5	32	2	33
2	10	6	100	116	36	49	34	2	35
3	10	6	100	117	38	50	33.5	2	37

Tabel 4. Hasil uji pendingin Oli

No	D0 (mm)	D1 (mm)	L0 (mm)	L1 (mm)	F yield (KN)	F maks (KN)	F patah (KN)	Deviasi	Plastis
1	10	6	100	120	33.5	45	30.5	2	33
2	10	6	100	117	34.5	44.5	30	2	34
3	10	6	100	115	33	42	30.5	2	32

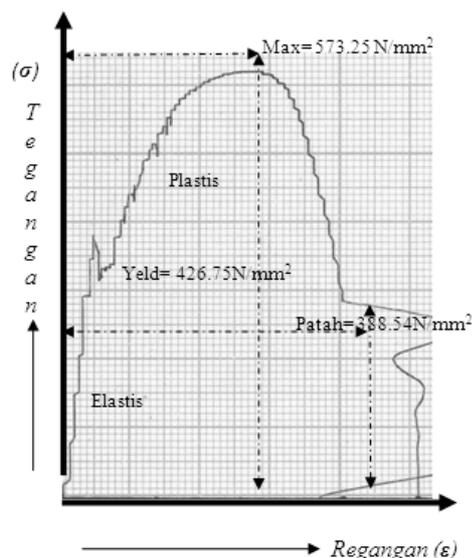
Penelitian ini menghasilkan data-data yang berupa angka dalam tabel, dan gambar grafik hasil pengujian tarik. Pada pengujian tarik digunakan bahan uji Dp 10 φ 10 mm masing-masing sebanyak 3 buah bahan uji, dan masing-masing memiliki data-data hasil pengujian yang dapat dilihat pada tabel hasil pengujian, di bawah ini akan diberikan contoh perhitungan untuk mewakili masing media pendingin maupun yang tanpa pemanasan

### Bahan Uji Tanpa Pemanasan

Beban maksimum bahan uji ( F max ) = 50.5 KN = 50500 N

Beban patah bahan uji ( F patah ) 33.5 KN = 33500 N

Beban lumer bahan uji ( F yield ) 38 KN = 38000 N



Gambar 4. Kurva uji tarik media pendingin tanpa pemanasan

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

$$= \frac{118 - 100}{100} \times 100\% = 18\%$$

Tegangan lumer (σ<sub>yield</sub>)

$$\sigma_{yield} = \frac{F_{yield}}{A_0}$$

$$= \frac{38000N}{78.5 \text{ mm}^2} = 484.08 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan maksimum (σ<sub>max</sub>)

$$\sigma_m = \frac{F_{max}}{A_0}$$

$$= \frac{50500N}{78.5 \text{ mm}^2} = 643.31 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan patah (σ<sub>patah</sub>)

$$\sigma_r = \frac{F_p}{A_0}$$

$$= \frac{33500N}{78.5 \text{ mm}^2} = 426.75 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan Elastisitas (σ<sub>e</sub>)

$$\sigma_e = \frac{F_e}{A_0}$$

$$= \frac{35000N}{78.5 \text{ mm}^2} = 445.85 \text{ N/mm}^2$$

Modulus Elastis ( E )

$$E = \frac{\sigma_e}{\epsilon} = \frac{445.88}{18\%}$$

$$= \frac{42038}{18} = 2477.00 \text{ N/mm}^2$$

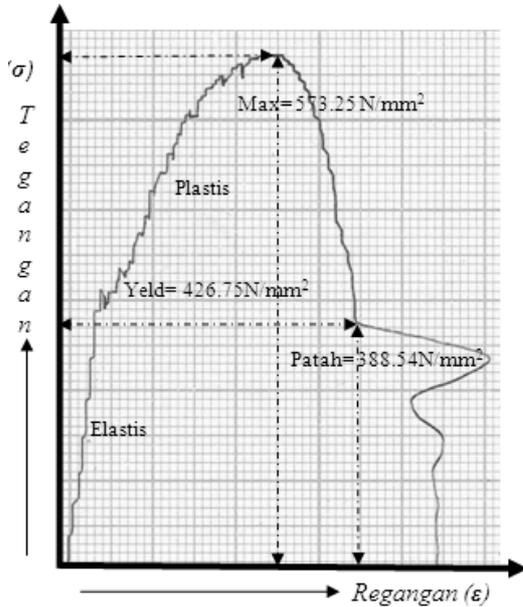
Pelentikan ( φ )

$$\varphi = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100\%$$

$$= \frac{78.5 - 28.26}{78.5} = 64\%$$

**Bahan Uji Dengan Pendingin Udara**

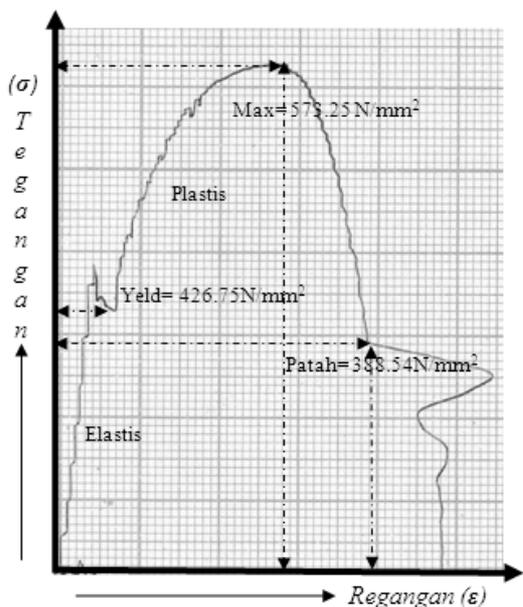
Beban maksimum bahan uji (  $F_{max}$  ) = 48 KN = 48000 N  
 Beban patah bahan uji (  $F_{patah}$  ) 33 KN = 33000 N  
 Beban lumer bahan uji (  $F_{yield}$  ) 34.5 KN = 34500



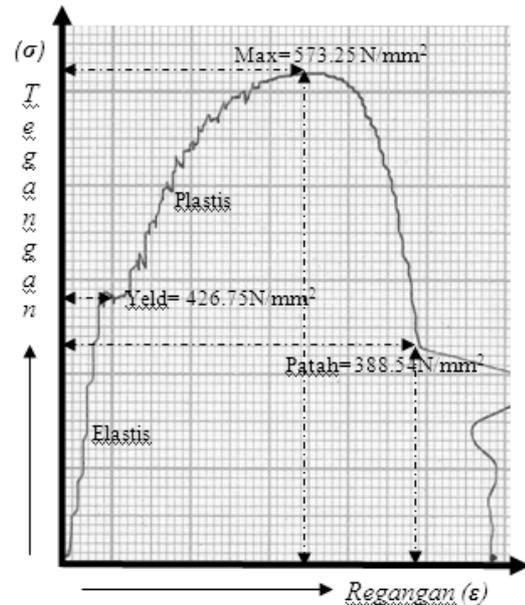
Gambar 5. Kurva uji tarik media pendingin Udara

**Bahan Uji dengan Pendingin Air Dromus**

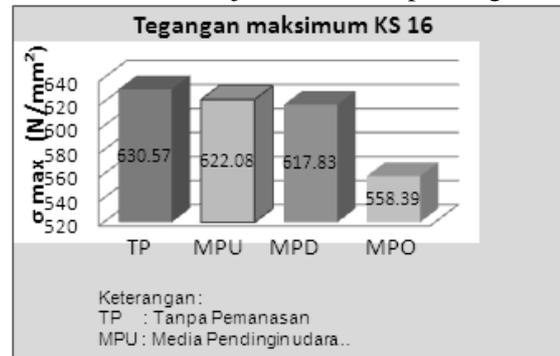
Beban maksimum bahan uji (  $F_{max}$  ) = 46.5 KN = 46500 N  
 Beban patah bahan uji (  $F_{patah}$  ) 32 KN = 32000 N  
 Beban lumer bahan uji (  $F_{yield}$  ) 3834.5 KN = 34500



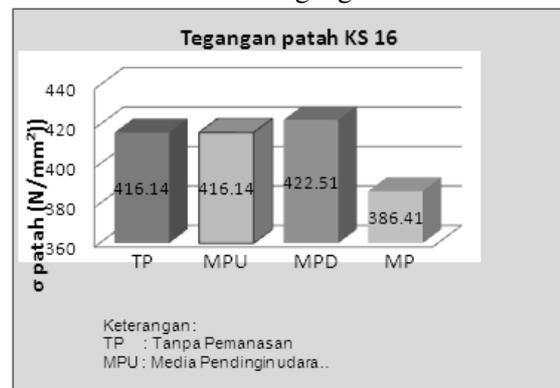
Gambar 6. Kurva uji Tarik media pendingin Air dromus



Gambar 7. Kurva uji Tarik media pendingin Oli



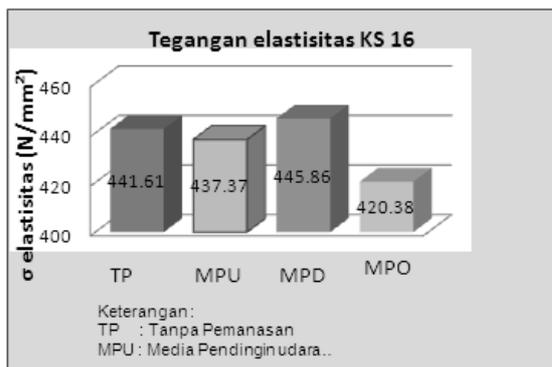
Gambar 8 Grafik Tegangan Maksimum



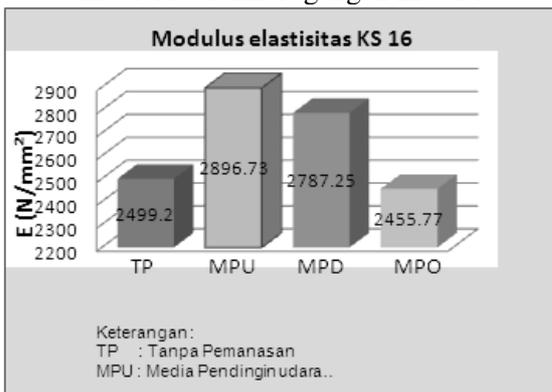
Gambar 9 Grafik Tegangan Patah



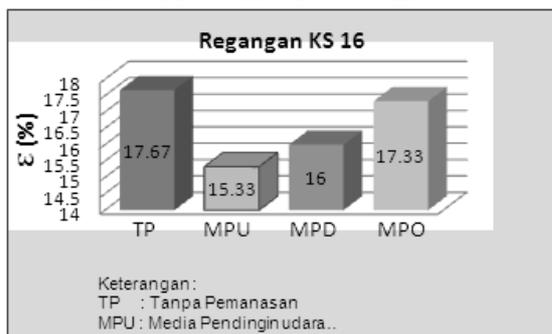
Gambar 10 Grafik Tegangan Yield



Gambar 11 Grafik Tegangan Elastisitas



Gambar 12 Grafik Modulus Elastisitas



Gambar 13 Grafik Regangan

Kekuatan tarik rata-rata row material adalah = 630.57 N/mm<sup>2</sup> sedangkan di bandingkan setelah dilakukannya quenching menggunakan berbagai media diatas, didapatkan hasil rata-rata kekuatan tarik dengan (MPU) sebesar = 622.08 N/mm<sup>2</sup>, (MPD) sebesar = 617 N/mm<sup>2</sup> dan (MPO) sebesar = 558.39 N/mm<sup>2</sup> dan Pada row material media pendingin air dromus dapat meningkatkan tegangan patah ( $\sigma_P$ ) menjadi = 422.51N/mm<sup>2</sup>, tegangan elastisitas ( $\sigma_e$ ) menjadi = 445.86 N/mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas (E) menjadi =2787.25 N/mm<sup>2</sup> .

Pada media pendingin udara menghasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan media pendingin

Air Dromus dan Oli (E) yaitu sebesar = 2896.73 N/mm<sup>2</sup> dan media pendingin Oli bila dibandingkan dengan bahan asli dan bahan (MPU), (MPD), semua nilai kekuatan menjadi turun kecuali regangan yang hampir mendekati raw material

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa dari pengujian dan evaluasi data serta pembahasan pada proses pemanasan yang di dinginkan dengan media pendingin Udara (MPU), air Dromus (MPD) dan Oli (MPO), maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Besar kekuatan tarik rata-rata row material adalah = 630.57 N/mm<sup>2</sup> sedangkan di bandingkan setelah dilakukannya quenching menggunakan berbagai media diatas, didapatkan hasil rata-rata kekuatan tarik dengan (MPU) sebesar = 622.08 N/mm<sup>2</sup>, (MPD) sebesar = 617 N/mm<sup>2</sup> dan (MPO) sebesar = 558.39 N/mm<sup>2</sup>. Bila dibandingkan antara ketiga media pendingin, maka (MPU) yang mempunyai nilai kekuatan tarik yang lebih besar.
2. Bila di bandingkan dengan row material media pendingin air dromus dapat meningkatkan tegangan patah ( $\sigma_P$ ) menjadi = 422.51N/mm<sup>2</sup>, tegangan elastisitas ( $\sigma_e$ ) menjadi = 445.86 N/mm<sup>2</sup> dan modulus elastisitas (E) menjadi =2787.25 N/mm<sup>2</sup> .
3. Kekuatan tarik rata-rata dari semua bahan uji KS 16 = 630.57 N/mm<sup>2</sup> , sementara kekuatan tarik St 60 menurut standar yang digunakan pada tabel ikhtisar baja = 600-700 N/mm<sup>2</sup>, maka dapat di simpulkan bahwa bahan KS 16 kekuatan tariknya sama (*setara*) dengan St 60. Bahan uji KS 16 hasil pengujian benar dan sesuai dengan standar yang digunakan.
4. Dengan media pendingin udara menghasilkan nilai modulus elastisitas yang lebih tinggi dibandingkan media pendingin Air Dromus dan Oli (E) yaitu sebesar = 2896.73 N/mm<sup>2</sup>.
5. Sementara media pendingin Oli bila dibandingkan dengan bahan asli dan

bahan (MPU), (MPD), semua nilai kekuatan menjadi turun kecuali regangan yang hampir mendekati bahan asli (*row material*), tapi ada kemungkinan kekerasan akan jauh lebih meningkat. Ini dikarenakan dengan adanya penambahan unsur karbon yang diakibatkan oleh media pendingin Oli

## REFERENSI

- [1] Amstsead. BH. 1993. *Teknik Mekanik Jilid 1* Jakarta Airlangga.
- [2] Brand d. A. 1985. *Metalurgi Fundamentals*, South Hollan. Will Cox Company
- [3] Bradbury.EJ. 1990. *Dasar Metalurgi untuk rekayasawan*, Jakarta. Gramedia Pustaka Utama
- [4] Groenendijk. G. 1984. *Pengujian Material*, Jakarta, Bina Cipta
- [5] Rajan. TJ. Sharma. 1997 *Heat Treatment Principlea and Tecniques*. New Delhi. Prantice Hall of India Private Limited
- [6] Sudira Tata. 1985. *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta, Pradya Paramita
- [7] Vliet V. 1984. *Teknologi Untuk Bangunan Mesin Bahan-bahan I*, Jakarta, Airlangga
- [8] Vohdin K.W. 1982. *Mengolah Logam*, Jakarta, Pradya Paramitha