

**ANALISA PERBEDAAN KEKERASAN DAN KETANGGUHAN BAJA S45C BILA DI *QUENCH* DAN DI *TEMPER* PADA MEDIA PENDINGIN UDARA BERTEKANAN, AIR DAN OLI UNTUK APLIKASI POROS MOTOR RODA TIGA**

**Mochamad Basuki Widodo**

S1 Teknik Mesin Manufaktur, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [Wbasuki605@gmail.com](mailto:Wbasuki605@gmail.com)

**Arya Mahendra Sakti**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri  
Surabaya

e-mail: [aryamahendra@unesa.ac.id](mailto:aryamahendra@unesa.ac.id)

**Abstrak**

Salah satu benda yang membutuhkan ketangguhan yang tinggi dalam pengaplikasiannya adalah poros motor roda tiga. Pembebanan vertikal yang diberikan pada poros mengakibatkan perubahan bentuknya yang disebut defleksi, dengan kata lain suatu poros akan mengalami pembebanan, baik itu beban terpusat atau terbagi merata. Kebanyakan poros terbuat dari baja karbon rendah dan medium yang dirol panas (*hot rolled*) maupun dingin (*cold rolled*). Ketika menerima beban secara konstan dan beban kejutan material baja rendah akan kurang maksimal. Poros motor yang banyak beredar di toko sparepart kebanyakan terbuat dari medium yang dipakai beban yang tidak sesuai dengan kapasitas. Baja paduan dengan pengerasan kulit yang sangat tahan terhadap keausan namun tidak begitu kuat terhadap beban kejutan yang diterima secara konstan oleh poros. Baja S45C misalnya merupakan jenis baja "*Medium Carbon Steel*" (0.3-0.5% C) jenis baja yang cocok untuk digunakan bahan poros dimana baja tersebut masuk dalam kategori baja kelas menengah yang tahan terhadap keausan dan beban kejutan, baja karbon ini mempunyai komposisi kimia dengan kandungan utamanya antara lain: karbon 0.44% C, *manganese* antara 0.57-0.69% Mn, 0.013-0.037% P, 0.033-0.038% S, 0.16-0.20% Si. Untuk meningkatkan kekerasan dan ketangguhan salah satunya dengan perlakuan Heat Treatment dengan menggunakan media pendingin udara bertekanan, air dan oli.

**Kata kunci:** Perbedaan kekerasan dan ketangguhan baja S45C bila di *Quench* menggunakan media pendingin Udara bertekanan, Air dan Oli.

**Abstract**

*One of the objects that require high toughness in its application is the tricycle motor shaft. The vertical loading given to the shaft causes a change in its shape which is called deflection, in other words a shaft will experience loading, whether the load is concentrated or evenly distributed. Most shafts are made of low and medium carbon steel which is hot rolled or cold rolled. When receiving a constant load and a shock load, the low carbon steel material will be less than optimal. The motor shafts that are widely available in spare parts stores are mostly made of a medium carbon steel that uses loads that are not in accordance with the capacity. A hardened alloy steel that is highly resistant to wear but not very strong against the shock loads that the shaft is constantly subjected to. S45C steel, for example, is a "Medium Carbon Steel" (0.3-0.5% C) type of steel that is suitable for use as a shaft material where the steel is included in the middle class steel category that is resistant to wear and shock loads, this carbon steel has a chemical composition with the main ingredients include: carbon 0.44% C, manganese between 0.57-0.69% Mn, 0.013-0.037% P, 0.033-0.038% S, 0.16-0.20% Si. To increase hardness and toughness, one of them is Heat Treatment by using compressed air, water and oil cooling media.*

**Keywords:** The value of hardness and toughness of S45C Steel when Quenched with compressed air, water and oil cooling media

**PENDAHULUAN**

Seiring dengan perkembangan jaman dan teknologi banyak industri yang menggunakan logam sebagai bahan utama operasional atau sebagai bahan baku produksinya, baja karbon banyak digunakan terutama untuk membuat. Dalam aplikasi pemakaiannya, semua struktur logam termasuk baja karbon akan terkena pengaruh dari luar yaitu beban kejutan sehingga

menimbulkan defleksi yang dapat mengakibatkan perubahan bentuk. Seiring dengan banyaknya kegagalan mekanik yang ditemui perkembangan ilmu pengetahuan dan banyaknya penemuan baru, menyebabkan faktor faktor perancangan bertambah. Pemakaian baja paduan, penggunaannya dalam pembuatan seperti poros, roda gigi.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas baja adalah dengan perlakuan

panas (*heat treatment*). Proses ini meliputi pemanasan baja pada temperatur tertentu (*temperature*)

Baja S45C misalnya, merupakan jenis baja "*Medium Carbon Steel*" (0.3-0.5% C) dengan kandungan karbon medium ini memungkinkan baja ini untuk ditingkatkan lagi sifat mekaniknya. Dilihat dari fungsinya, baja karbon medium ini diklasifikasikan sebagai *machinery steel* baja yang biasa dipakai dalam komponen/*sparepart* seperti: roda gigi, *coupling*, *pulley*, *axles*, piston, *rails* (rel kereta api).

Baja karbon atau Material S45C sangat sering digunakan karena harganya yang lebih murah dan mudah didapat dibanding *machinery steel* lainnya seperti VCL140 (AISI4140), VCN 150 (AISI 4340). Baja karbon ini umumnya mempunyai komposisi kimia dengan kandungan utamanya antara lain: karbon 0.44% C, *manganese* antara 0.57-0.69% Mn, 0.013-0.037% P, 0.033-0.038% S, 0.16-0.20% Si. Sedangkan kandungan-kandungan lain dalam jumlah yang relatif sangat kecil dapat untuk memperbaiki sifat mekanik seperti : Cr, Ni, Cu, dan Al. Untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik, dapat pula diberikan dengan perlakuan panas seperti: *quenching*, *tempering*, *normalizing* dan *annealing*. Pada umumnya tipe baja karbon S45C proses normalisasi nya dilakukan pada temperatur antara 800–915 °C di ikuti dengan pendinginan udara atau air untuk menghasilkan nilai kekerasan antara 156–217 BHN (*Brinell Hardness*) dan kuat tarik dapat mencapai antara 500–700Mpa.

Salah satu benda yang membutuhkan ketangguhan yang tinggi dalam pengaplikasiannya adalah poros motor roda tiga. Pembebanan vertikal yang diberikan pada poros mengakibatkan perubahan bentuknya yang disebut defleksi, dengan kata lain suatu poros akan mengalami pembebanan, baik itu beban terpusat atau terbagi merata. Pada poros motor roda tiga menerima beban dari atas dan juga dari bawah, dari atas biasanya terjadi pada kedua ujung poros yang menjadi tumpuan, sedangkan dari bawah ialah pada saat roda mendapat beban dari atas diteruskan ke roda, karena roda disini terhubung melalui poros maka, beban akan terjadi melalui bagian bawah poros karena roda akan memantul ke aspal sehingga memberikan gaya dorong dari bawah tepat kebagian tengah poros, selain itu putaran mesin yang tinggi dan pembebanan berulang-ulang menyebabkan terjadinya defleksi pada poros yang menyebabkan poros tidak lurus lagi akibat material mengalami kelelahan akibat pembebanan secara terus menerus (*fatik*).

Menurut pengalaman pemilik motor roda tiga kerusakan ditimbulkan dari beban muatan berlebihan mengakibatkan kerukan pada suspensi mengalami

kebocoran seal yang mengakibatkan fungsi suspensi tidak maksimal untuk meredam kejutan. Dari tidak rusaknya suspensi tersebut beban kejutan yang diterima oleh poros menjadi bertambah yang dapat mengakibatkan kerusakan komponen poros karena menerima beban berlebih. Dengan terjadinya kerusakan tersebut maka untuk meningkatkan tingkat ketangguhan dari poros perlu dilakukan perlakuan panas diharapkan mampu untuk meningkatkan tingkat ketangguhan dengan melakukan *Heat Treatment*

Berdasarkan uraian diatas tersebut maka mahasiswa melakukan penelitian terhadap baja S45C bahan untuk poros motor roda tiga buatan pabrik sebagai sampel pembandingan tingkat kekerasan dan ketangguhan terhadap beban kejutan.

### Variabel Penelitian

Variabel Bebas.

Menurut Sugiyono (2011) Variabel yang yaitu media pendingin Udara Bertekanan, Air dan Oli.

Variabel Terikat.

Variabel terikat tingkat ketangguhan dan kekerasan Baja S45C poros motor roda tiga VIAR.

Variabel Kontrol

Variabel kontrol. Pada penelitian ini

- Jenis media pendinginan yang digunakan
- Suhu pemanasan yang digunakan
- Kekerasan dan ketangguhan
- Nilai energi beban kejutan yang di terima sampel uji dengan variasi media pendinginan
- Matrial yang digunakan adalah baja S45C poros motor roda tiga VIAR.

### Alat, dan Bahan Penelitian

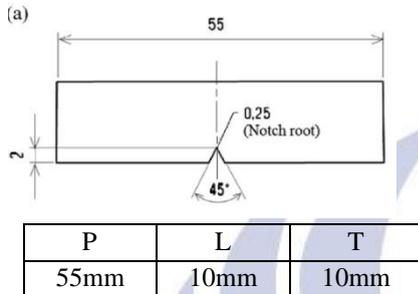
- Tungku Pemanas
- Mesin uji Impack
- Mesin uji Kekerasan
- Tang
- Kertas Amplas
- Sarung tangan
- Kain majun
- Gerinda

### Bahan

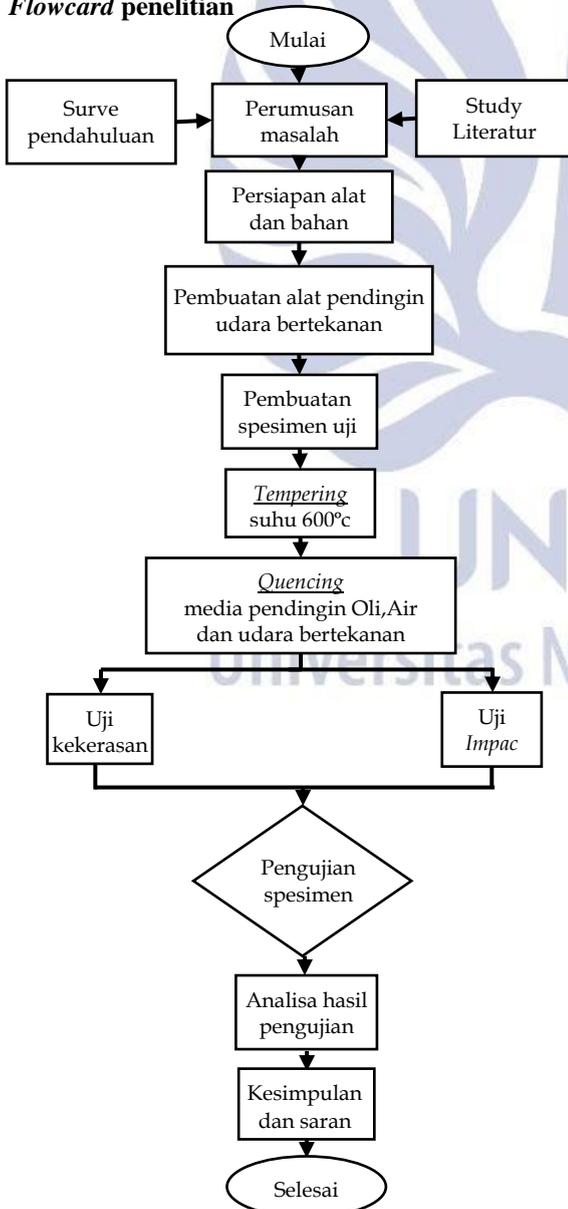
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi poros roda orijinal motor roda tiga yang berjenis baja S45C berbentuk silinder dengan diameter 20mm. Baja di potong dan berbentuk menjadi persegi panjang untuk uji impack dan kekerasan

### Preparasi Spesimen uji

Pengujian baja S45C poros motor roda tiga menggunakan metode pengujian ketangguhan *Impact* dengan dimensi spesimen uji mengacu pada standar ASTM A370. Bentuk dimensi uji yang digunakan adalah sebagai berikut:



### Flowcard penelitian



### Teknik Pengumpulan Data

Melakukan eksperimen terhadap spesimen uji untuk mengetahui nilai kekerasan dan ketangguhan spesimen yang sudah di panaskan dengan media pendingin. media pendingin nilai kekerasan dan ketangguhan.

### Teknik Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data agar mendapatkan informasi yang diperlukan untuk mendapatkan tujuan dari penelitian. Tujuan dalam bentuk hipotesis adalah jawaban sementara untuk pertanyaan penelitian.

### Teknik Analisis Data

Analisis data yaitu metode atau cara merubah data menjadi sebuah informasi sehingga mudah dipahami yang nantinya dapat digunakan untuk menangkap peluang serta mencari solusi digunakan dalam eksperimen. Data yang diperoleh dari penelitian ini didapatkan dengan alat ukur setelah itu hasilnya dimasukkan pada tabel, kemudian dihitung secara teoritis selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik supaya mudah dipahami

Analisis data yaitu metode atau cara merubah data menjadi sebuah informasi sehingga mudah dipahami yang nantinya dapat digunakan untuk menangkap peluang serta mencari solusi digunakan dalam eksperimen. Data yang diperoleh dari penelitian ini didapatkan dengan alat ukur setelah itu hasilnya dimasukkan pada tabel, kemudian dihitung secara teoritis selanjutnya disajikan dalam bentuk grafik supaya mudah dipahami.

### Hasil Penelitian

#### Hasil Uji Ketangguhan *Impact*

Pengujian ketangguhan *Impact* yang dilakukan pengujian dengan spesimen uji berjumlah 12 spesimen, spesimen diukur dimensinya kemudian diletakan pada tempat spesimen yang ada di mesin *Impact* kemudian spesimen diberi pukulan (beban kejut) berupa ayunan pendulum besar pada spesimen hingga patah. Pengukuran energi kejut dilakukan dengan menghitung selisih energi pendulum spesimen dan saat *dry run*. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali tiap variasi media pendinginan, sehingga dilakukan 3 kali pengujian *Impact* di setiap variasi media pendinginan. Nilai ketangguhan maksimal ketika spesimen menerima beban kejut tercatat pada tabel sebagai berikut:

### Hasil Penelitian

#### Hasil Uji Ketangguhan *Impact*

Pengujian ketangguhan *Impact* yang dilakukan pengujian dengan spesimen uji berjumlah 12 spesimen. Spesimen diukur dimensinya kemudian diletakan pada tempat spesimen yang ada di mesin *Impact* kemudian spesimen diberi. Kejut dilakukan dengan menghitung nilai Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali tiap variasi media pendinginan, sehingga dilakukan 3 kali pengujian *Impact* di setiap variasi media pendinginan. Nilai

ketangguhan maksimal ketika spesimen menerima beban kejut tercatat pada tabel sebagai berikut:

Spesimen uji	Kode Spesimen	Energy (J)	Toughness (J/cm <sup>2</sup> )
Non Treatment	NT1	128,17	160,21
	NT2	142,05	177,56
	NT3	161,85	202,31
	Nilai Rata-Rata	144,02	180,03
Air	A1	318,95	398,41
	A2	321,93	402,42
	A3	309,91	382,38
	Nilai Rata-Rata	316,93	394,43
Udara Bertekanan	UB1	318,40	398,00
	UB2	325,45	406,81
	UB3	330,69	413,36
	Nilai Rata-Rata	324,85	406,06
Oli	O1	309,50	386,87
	O2	305,91	382,38
	O3	311,90	389,11
	Nilai Rata-Rata	308,90	366,12

Dimana :

- E = enesgi Impack (J)
- m = masa Pendulum (kg)
- g = percepatan gravitasi (9,8m/s<sup>2</sup>)
- r = Panjanglengan pendulum (m)
- α = sudut awal sebelum pendulum diayunkan (titik A)
- β = sudut pendulum setelah menumpuk spesimen (titik B)

Perhitungan energi yang diserap spesimenuji tanpa perlakuan dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

- Diketahui
- m = 24 kg
  - r = 0.800 m
  - α = 150°
  - β = 147°

1. Uji Sampel NT1

Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 128,17^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,83 - (-0,86))$$

E = 99,37 Joule

2. Uji Sampel NT2

Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 147^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,83 - (-0,86))$$

E = 99,37 Joule

3. Uji Sampel NT3

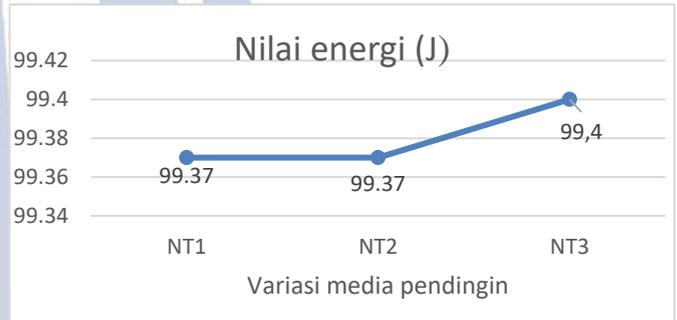
Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 147^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,83 - (-0,86))$$

E = 99,40 Joule



**Grafik** Nilai energi uji *Impack* energi yang

Perhitungan besar energi yang diserap spesimenuji dengan media pendinginan Air dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

Diketahui

- m = 24 kg
- r = 0,800 m
- α = 150°
- β = 145°

1. Uji Sampel A1

Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 145^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,82 - (-0,86))$$

E = 99,40 Joule

2. Uji Sampel A2

Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 145^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,76 - 0,86)$$

E = 99,40 Joule

3. Uji Sampel A3

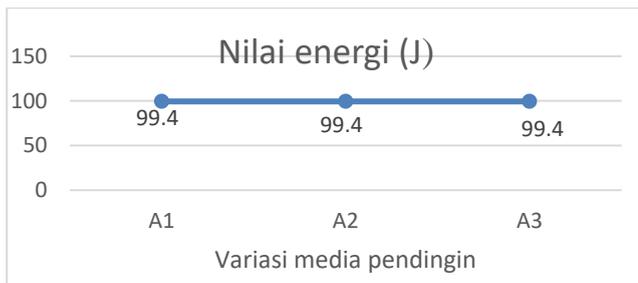
Ditanya E =.....?

$$E = m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

$$= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 145^\circ - \cos 150^\circ)$$

$$= 188,16 (-0,76 - (-0,86))$$

E = 99,40 Joule



**Grafik 4.2** Nilai energi uji *Impack* yang diserap oleh spesimen dengan media pendinginan Air

Perhitungan besar energi yang diserap spesimenuji dengan media pendinginan Udara Bertekanan dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

Diketahui

$$m = 24 \text{ kg}$$

$$r = 0.800 \text{ m}$$

$$\alpha = 150^\circ$$

$$\beta = 124^\circ$$

1. Uji Sampel UB1

Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 124^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,56 - (-0,86)) \\ E &= 100,13 \text{ Joule} \end{aligned}$$

2. Uji Sampel UB2

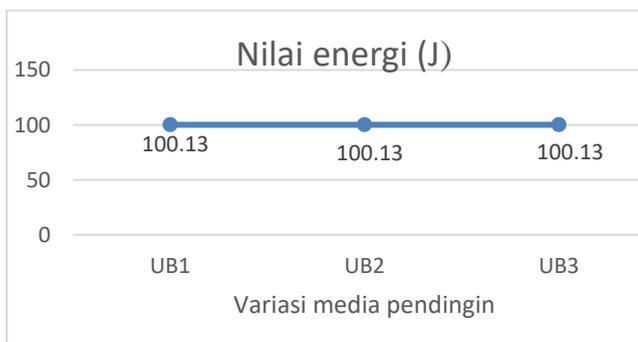
Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 124^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,56 - (-0,86)) \\ E &= 100,13 \text{ Joule} \end{aligned}$$

3. Uji Sampel UB3

Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 124^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,56 - (-0,86)) \\ E &= 100,13 \text{ Joule} \end{aligned}$$



**Grafik** Nilai energi uji *Impack* pada spesimen dengan media pendinginan Udara

Perhitungan besar energi yang diserap spesimenuji dengan media pendinginan Oli dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

Diketahui

$$m = 24 \text{ kg}$$

$$r = 0.800 \text{ m}$$

$$\alpha = 150^\circ$$

$$\beta = 137^\circ$$

1. Uji Sampel O1

Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 137^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,73 - (-0,86)) \\ E &= 99,65 \text{ Joule} \end{aligned}$$

2. Uji Sampel O2

Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 137^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,73 - (-0,86)) \\ E &= 99,65 \text{ Joule} \end{aligned}$$

3. Uji Sampel O3

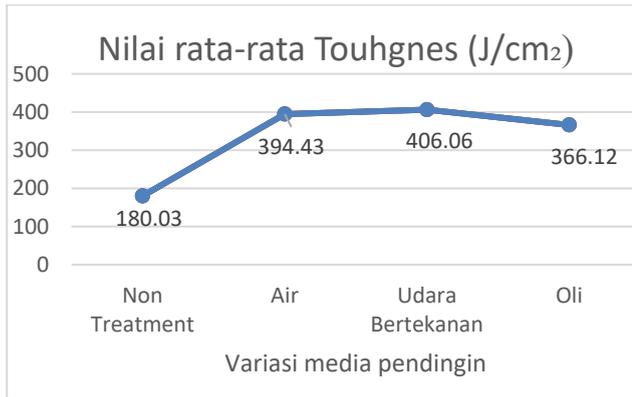
Ditanya E =.....?

$$\begin{aligned} E &= m.g.r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 24 \times 9,8 \times 0,800 (\cos 137^\circ - \cos 150^\circ) \\ &= 188,16 (-0,73 - (-0,86)) \\ E &= 99,65 \text{ Joule} \end{aligned}$$



**Grafik** Nilai energi uji *Impack* yang diserap oleh spesimen dengan media pendinginan Oli

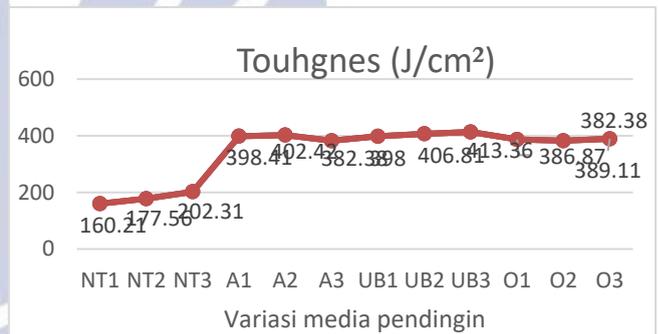
Nilai rata-rata uji *Impact raw material* yang merupakan baja S45C poros motor roda tiga VIAR yang tercatat sebesar 144,04 J, kenaikan pada semua pendingin, media pendinginan Oli sebesar 308,09 J. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan pendinginan cepat *Quenching* maka energi yang dihasilkan semakin meningkat.



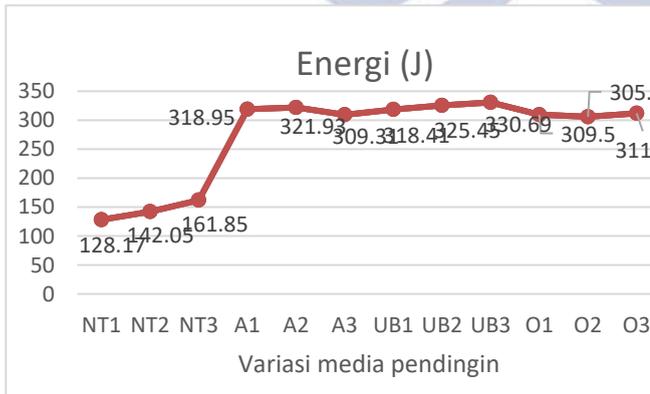
**Grafik 4.2** nilai Rata-rata Toughnes uji Impact (sumber: Data Pribadi)

Berdasarkan hasil di atas, nilai rata-rata pada *raw material* yang merupakan baja S45C poros motor roda tiga VIAR yang tercatat sebesar 180,03J, kenaikan pendinginan Oli sebesar 366,12J. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan pendinginan cepat *Quenching* maka ketangguhan terhadap beban kejut yang dihasilkan semakin meningkat.

dengan media pendingin Air terlihat adanya peningkatan A1 sebesar 318,95J, A2 sebesar 321,93J namun di A3 mengalami penurunan nilai sebesar 309,91J menurun 0,9%. Sedangkan pada variasi pendingin udara bertekanan UB1 sebesar 318,40J, UB2 sebesar 325,45J, UB3 sebesar 330,69J kemudian tingkat ketangguhan impact menurun pada variasi media pendingin Oli O1 sebesar 309,50J, O2 sebesar 305,91J, O3 sebesar 311,90, atau menurun sebesar 18,8% dari kekuatan material dengan metode pendinginan udara bertekanan. Jadi dapat disimpulkan bahwa teknik *Quenching* dapat meningkatkan ketangguhan material menjadi semakin tinggi



**Grafik Toughnes (J/cm<sup>2</sup>)** uji Impact



**Grafik 4.3** energi uji Impact (Sumber: Data Pribadi)

Nilai *Toughnes* pada S45C poros motor roda tiga VIAR 5,58%, media pendingin, A1 sebesar 398,41J, A2 sebesar 402,41J, A3 mengalami penurunan sebesar 3,33%. Sedangkan pada media pendingin udara bertekanan UB1 sebesar 398,00J, UB2 sebesar 406,81J, Kemudian nilai *Toughnes* paling tinggi terjadi pada UB3 413,36J, mengalami penurunan sebesar 0,26% pada media pendingin oli menjadi sebesar O1 386,87J, O2 sebesar 382,38, O3 sebesar 389,11J. Jadi dapat disimpulkan bahwa *Quenching* dengan menggunakan media pendingin Udara bertekanan dapat meningkatkan ketangguhan paling besar diantara media pendingin yang lainnya.

Keterangan :

Huruf pertama menunjukkan variasi pendinginan  
Angka kedua menunjukkan nomor urut pengujian

- Non Treatment = 1,2,3
- Air = 1,2,3
- Udara Bertekanan = 1,2,3
- Oli = 1,2,3

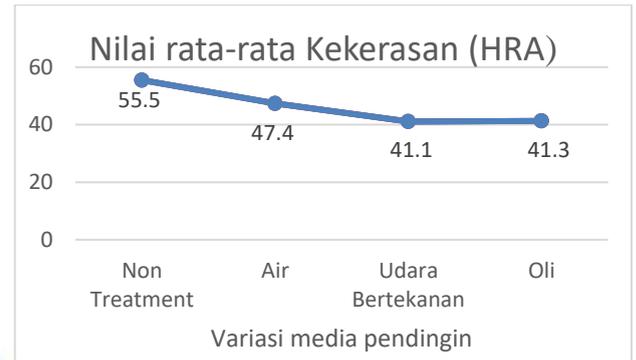
Berdasarkan hasil di atas, energi impact maksimal pada *raw material* yang merupakan baja S45C poros motor roda tiga VIAR yang tercatat sebesar 128,17J, pada baja yang telah mengalami perlakuan panas

**Hasil Uji kekerasan**

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode *Hardnes Rockwell tipe A (HRA)* dengan menggunakan indentor kerucut intan, untuk mengetahui nilai kekerasan aku specimen yang sudah mengalami perlakuan panas dan di dinginkan *Quenching* dengan variasi media pendingin menggunakan Udara Bertekanan, Air dan Oli dengan waktu 30 menit berpengaruh terhadap tingkat

kekerasan baja S45C poros motor roda tiga, Pengujian dilakukan sebanyak 3 titik setiap variasi media pendinginan, hasilnya seperti pada tabel berikut:

Spesimen uji	Titik ke	Nilai kekerasan (HRA)	Rata-Rata (HRA)
Non Treatment	1	54,3	55,7
	2	56,2	
	3	54,7	
Air	1	46,1	47,4
	2	47,6	
	3	48,3	
Udara Bertekanan	1	41,2	41,2
	2	41,4	
	3	41,2	
Oli	1	41,0	41,3
	2	41,4	
	3	41,6	



**Gambar 4.6** Diagram nilai rata-rata uji kekerasan tipe *rockwell A*

Nilai rata-rata S45C poros motor roda tiga VIAR yang tercatat sebesar 55,5 HRA, pendinginan Air sebesar 47,4 HRA. Nilai kekerasan pada baja yang telah mengalami perlakuan panas terus menurun hingga 41,1 HRA pada spesimen dengan media pendingin udara bertekanan. Namun tingkat kekerasan naik 0,02% pada spesimen dengan media pendingin oli sebesar 41,3HRA. Jadi dapat disimpulkan bahwa dengan melakukan pendinginan cepat *Quenching* maka kekerasan pada baja S45C mengalami penurunan.



**Gambar 4.5** Hasil uji kekerasan tipe *Rockwell HRA*

Nilai besi S45C poros roda NT1 56.2 HRA, media pendingin, Air A1 sebesar 46,1 HRA, A2 sebesar 47,6 HRA, A3 sebesar 48,3 HRA menurun sebesar 5,4%, sedangkan pada media pendingin udara bertekanan UB1 sebesar 41,2 HRA, UB2 sebesar 41,2 HRA, UB3 sebesar 41,2 HRA. metode pendinginan oli O1 sebesar 41,0 HRA, O2 sebesar 41,4 HRA, O3 sebesar 41,6 HRA,menurun sebesar 15,2% dari kekerasan nilai ketangguhan terhadap beban kejut maka tingkat kekerasan akan semakin menurun.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, A. 2010. "Pengujian Kekerasan Material". Palembang: Universitas Sriwijaya. [http://blog.unsri.ac.id/ami\\_r/material\\_teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/](http://blog.unsri.ac.id/ami_r/material_teknik/pengujian-kekerasan-material/mrdetail/6808/).
- Armanto, H. dan Daryanto, 1999. *Ilmu Bahan*. Jakarta, Bumi Aksara.
- ASM Metals Handbook. (2005), "*Vol 04 : Heat treating*", ASM International.
- Askeland., D. R., 1985, "*The Science and Engineering of Material*", Alternate Edition, PWS Engineering, Boston, USA
- ASTM E 18 *Standard Test Methods For Rockwell Hardness of Metallic Materials*.
- Dalil, M., (1999). Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil ( *Holding Time*) Terhadap Kekerasan Logam. - : Jurnal Natur Indonesia II, Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Darmawan, A. S., Masyrukan dan Aryandi R. 2007. Pengaruh *Normalizing* dan *Tempering* pada SCMnCr2 untuk Memenuhi Standar JIS G 5111. *Jurnal Media Mesin*. Volume 8. Nomor 2. Juli 2007. Halaman 73-77.

- Daryanto. 2003. *Dasar-dasar Teknik Mesin*. Jakarta: PT. Bhineka Cipta Jakarta.
- David Roylance. 2008. *Mechanical Properties of Materials*.
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of Engineering Materias*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Dieter, 1987. George E., *Engineering Design A Materials and Processing*
- D Prayitno and R Sugiarto 1028 IOP Conf ser.: Eart environ.Sci. 106012051 .  
<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/106/1/012051>
- Hariandja, Binsar "Mekanika teknik : statika dalam analisis struktur berbentuk rangka / Binsar Hariandja" (1996).
- Hadi, Q. 2010. "Pengaruh Perlakuan Panas pada Baja Konstruksi ST37 terhadap Distorsi, Kekerasan dan Perubahan Struktur Mikro". *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin SNTTM ke-9*. ISBN 978-602-97742-0-7.
- Indra Setiawan, Muhamad Sakti Nur (2014) "meningkatkan mutu baja sup 9 pada pegas daun dengan proses perlakuan panas".
- Nugroho, S dan Haryadi, G. D . Pengaruh Media *Quenching* Air Tersirkulasi (*Circulated Water*) Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Baja Aisi 1045. UNDIP . Vol 7
- R.C.Hibbeler-*Mechanics of Materials 8th Edition*
- Silitonga, P. H. 1993. *Definitonal Of Tensile Testing*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Material.
- Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Penerbit Alfabeta..
- Syamsurizal., Cari., Darsono. 2013. Tahap-tahap Pengujian Bahan yang Baik. *Indonesian Journal of Applied Physics*. Vol. 3, No.1: 99-106.
- Syaifudin Yuri, Sofyan Djamil dan M. Sobrom Yamin Lubis, "Pengaruh Media Pendingin Pada Proses Hardening Material Baja S45C", Poros, Volume 14 Nomor 2, November 2016
- Tipler, P.A. 1998. *Fisika untuk Sains dan Teknik-Jilid I (terjemahan)*. Jakarta : Penebit Erlangga
- Willyanto Anggono (2006) "analisa pengaruh manipulasi proses *tempering* terhadap peningkatan sifat mekanis poros pompa air AISI 1045".