

## Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat mekanik Baja AISI 1045 Dengan Media Pendingin Air

### (The Effect of Heat Treatment to The Mechanical Properties of AISI 1045 Under Water Cooling Media)

Irwan Anwar, Jhonni Rahman\*, Heru Setiawan, dan Syawaladi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau

\*E-mail Koresponden: jhonni\_rahman@eng.uir.ac.id

**Abstrak**--Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan panas pada Baja AISI 1045 menggunakan pendingin air terhadap sifat mekanik. Analisis dilakukan dengan membandingkan antara Baja AISI 1045 tanpa perlakuan panas dan Baja AISI 1045 dengan perlakuan panas pada suhu 800°C dan 850°C. Hasil penelitian didapatkan bahwa kekerasan Baja AISI 1045 meningkat menjadi 47,95 HRC pada heat treatment suhu 800°C dan 53,5 HRC pada suhu 850°C, meningkat dari 41,23 HRC bagi Baja AISI 1045 tanpa perlakuan panas. Begitu juga halnya dengan kekuatan tarik, kekuatan tarik specimen yang mendapat perlakuan panas meningkat dari 624,28 MPa menjadi 741,72 MPa pada suhu 800°C dan 998,61 MPa pada suhu 850°C. Selain itu uji lelah juga menunjukkan peningkatan keuletan pada Baja AISI 1045 yang mengalami perlakuan panas. Hal ini dapat dilihat dari jumlah siklus yang terjadi pada material yang mengalami perlakuan panas lebih tinggi dibandingkan dengan material yang tidak mengalami perlakuan panas.

**Kata Kunci:** Baja AISI 1045, kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan lelah

**Abstract**--This study was conducted to determine how heat treatment with water cooling media affect the mechanical properties of AISI 1045 Steel. The analysis was carried out by comparing AISI 1045 Steel without heat-treatment and AISI 1045 Steel with heat-treatment at 800°C and 850°C. The results showed that the hardness of AISI 1045 steel increased to 47.95 HRC at 800°C and 53.5 HRC at 850°C, increased from 41.23 HRC for AISI 1045 steel without heat-treatment. Likewise, heat-treatment also increased the strength of AISI 1045 carbon steel from 624.28 MPa to 741.72 MPa at 800°C and 998.61 MPa at 850°C. In addition, the fatigue test also showed an increase in the ductility of AISI 1045 Steel which was subjected to heat-treatment. This can be seen as the number of cycles that occur in the heat-treated material which was higher than that of non-heat-treated material.

**Keywords:** AISI 1045 steel, hardness, tensile strength, fatigue strength

#### 1. PENDAHULUAN

Baja ialah sebuah paduan besi karbon dan unsur-unsur lain dengan kandungan kadar karbonnya jarang melebihi 2% [1]. Baja memiliki peranan yang sangat penting dalam dunia industri dimana banyak rancangan komponen-komponen mesin pabrik menggunakan material tersebut. Sifat mekanik yang dimiliki material ini cukup mampu untuk berbagai tujuan aplikasi. Didalam melakukan perancangan konstruksi mesin, sifat bahan selalu menjadi faktor yang sangat penting untuk dipertimbangkan dalam menjaga kestabilan dan keamanan konstruksi yang dibangun. Sehingga sifat suatu bahan selalu menjadi hal yang diperhitungkan dalam proses desain sebuah mesin.

Salah satu contoh penggunaan material Baja pada permesinan adalah untuk membuat poros yang digunakan untuk melakukan transfer daya. Diantara karakteristik dari poros yang diharapkan pada sebuah mesin adalah memiliki umur

pemakaian yang lama, memiliki kekuatan dan kekerasan yang baik. Kegagalan yang sering terjadi pada poros umumnya diakibatkan karena beban dinamik yang berlebihan. Hal ini sering terjadi pada kondisi pemakaian *severe operation* [2]. Sebagai bahan poros yang baik, biasanya dibutuhkan material yang memiliki nilai kekuatan tarik, kekerasan dan kekuatan lelah yang cukup tinggi.

Salah satu metode yang sering digunakan untuk meningkatkan kekuatan material tanpa harus mengganti dengan material yang lebih mahal adalah dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) [3][4][5][6][7]. Perlakuan panas adalah sebuah metode yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas material melalui proses pemanasan tertentu. Ada beberapa hal yang sangat berpengaruh dalam meningkatkan kualitas sebuah material logam pada proses perlakuan panas, diantaranya ialah temperatur pemanasan [8][9], lama pemanasan [10][11], waktu

penahanan [10][12] dan metode pendinginan [13][14].

Oleh karena itu, sebagai upaya dalam meningkatkan kualitas Baja AISI 1045 untuk menjamin keberlangsungan komponen dalam sebuah mesin (contoh poros) penelitian ini melakukan study tentang *heat treatment* dengan melakukan beberapa variasi kondisi seperti perbedaan antara heat treatment dan non heat treatment, serta variasi temperatur. Penelitian ini berfokus pada investigasi pengaruh perlakuan pada *heat treatment* terhadap sifat mekanik karakteristis bahan yang dibutuhkan dalam berbagai fungsi pemakaian seperti penelitian yang dilakukan oleh Hastuti [15][16] dan Panuh [17]. Sedangkan sifat material berupa kekuatan tarik adalah analisa sifat bahan untuk mengetahui kekuatan bahan untuk tujuan tertentu, seperti yang penelitian yang dilakukan oleh Sardi [18]. Dan yang terakhir adalah sifat bahan kekuatan lelah yang biasa diperlukan untuk mengukur umur pemakaian suatu alat.

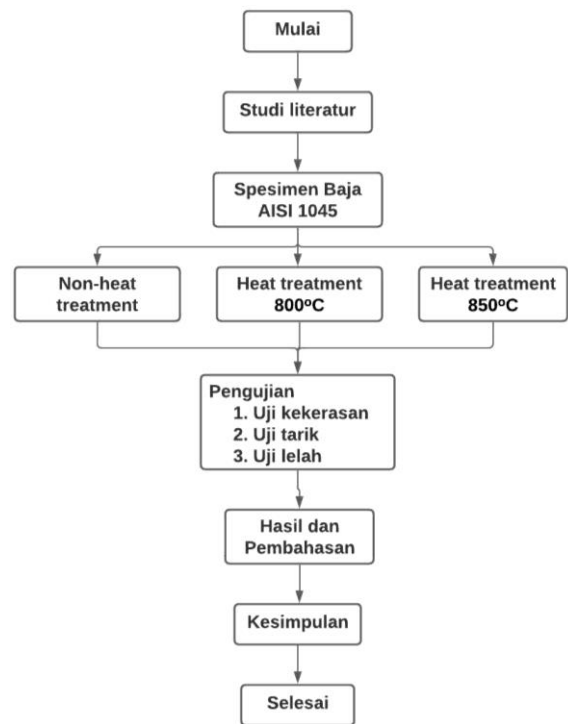
**2. METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan sebuah material yang sering digunakan dalam pembuatan poros yakni AISI 1045. Baja AISI 1045 termasuk dalam golongan baja karbon sedang karena memiliki kandungan karbon antar 0,42 – 0,50%. Perubahan sifat mekanik pada Baja AISI 1045 yang diakibatkan oleh perlakuan panas (*heat treatment*) dianalisa berdasarkan tiga pengujian mekanik yaitu uji tarik, uji kekerasan dan uji lelah.

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini adalah seperti yang terlihat dalam diagram alir pada gambar 1. Sebagaimana yang tercermin dalam diagram alir, pengujian dilakukan pada tiga jenis kondisi, yaitu material yang tidak mengalami perlakuan panas dan material yang mengalami perlakuan panas pada dua temperature yang berbeda. Penelitian ini dilakukan pada spesimen sebanyak 9 sampel, 3 sampel untuk pengujian yang tidak mendapat perlakuan dan 6 sample untuk pengujian specimen yang mendapat perlakuan panas 800°C dan 850°C.

Proses perlakuan panas dilakukan dengan cara memanaskan spesimen hingga mencapai temperatur 800°C dan 850°C selama 80 menit dan ditahan selama 20 menit. Setelah itu dilanjutkan dengan *quenching* menggunakan media air, lalu didinginkan hingga mencapai 40°C.

Step selanjutnya adalah tahapan pengujian pengujian mekanik berupa uji tarik, uji kekerasan dan uji lelah, yang masing-masing dilaksanakan sebanyak 3 kali.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Uji Kekerasan (Hardness Test)**

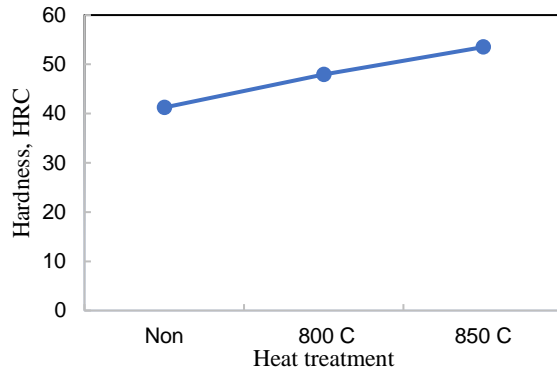
Hardness (kekerasan) test dilakukan untuk mendapatkan sifat material akibat beban indentasi. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan angka kekerasan dari spesimen yang diuji dengan menggunakan metode Rockwell. Hasil pengujian Baja AISI 1045 untuk tiga jenis material berdasarkan model perlakuan ditunjukkan pada tabel 1.

Material yang diuji adalah baja AISI 1045 yaitu specimen standar (tanpa pemanasan), specimen dengan pemanasan 800°C, dan specimen dengan pemanasan 850°C. pengujian dilakukan dengan metode Rockwell (HRC) dapat dilihat pada table 1 berikut:

Table 1. Hasil pengujian kekerasan pada baja AISI 1045.

Temperatur	Spesimen	Kekerasan (HRC)	Rata-rata kekerasan (HRC)
Non-HT	1	37,9	41,23
	2	43,4	
	3	44,0	
HT 800°C	4	39,6	47,95
	1	43,3	
	2	48,3	
	3	45,0	
HT 850°C	4	55,2	53,50
	1	54,4	
	2	57,2	
	3	54,0	
	4	48,4	

HT = Heat Treatment



**Gambar 2.** Perubahan nilai kekerasan akibat perlakuan panas

Gambar 2 menunjukkan hubungan antara nilai kekerasan terhadap tipe perlakuan yang panas yang diberikan. Kurva tersebut menjelaskan nilai kekerasan material yang meningkat sebagai akibat perlakuan panas dan temperatur perlakuan yang diberikan. Nilai rata-rata kekerasan awal material Baja AISI 1045 sebelum mendapat perlakuan panas sebesar 41,225 HRC. Selanjutnya, setelah mendapatkan perlakuan panas pada suhu 800°C, nilai rata-rata kekerasannya meningkat menjadi sebesar 47,95 HRC, dan nilai rata-rata kekerasan meningkat menjadi 53,5 HRC ketika suhu perlakuan panas pada spesimen ditingkatkan menjadi 850°C. Perbedaan nilai kekerasan pada spesimen Baja AISI 1045 terjadi karena timbulnya perubahan struktur mikro spesimen akibat perlakuan panas yang menyebabkan berubahnya sifat fisik material tersebut.

**3.2 Uji Tarik (Tensile Test)**

**3.2.1 Kekuatan tarik**

Uji tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari baja AISI 1045 sebagai akibat proses *heat treatment* dan perbedaan temperatur perlakuan panas dengan media pendinginan yang sama yaitu air. Kekuatan tarik material dapat dihitung berdasarkan data Beban yang diberikan (P) dan pertambahan panjang yang terjadi ( $\Delta L$ ). Tabel 2 menunjukkan data beban P dan pertambahan panjang  $\Delta L$  yang didapatkan dari hasil pengujian spesimen. Sedangkan nilai kekuatan tarik didapatkan berdasarkan perhitungan tegangan material yang ditunjukkan pada formula (1) sampai (3) sebagai berikut,

a. Luas Penampang (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D)^2 \tag{1}$$

Dimana :

A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

D = Diameter spesimen uji (mm)

b. Tegangan ( $\sigma$ )

$$\sigma_{maks} = \frac{P_{maks}}{A} \tag{2}$$

Dimana :

$\sigma_{maks}$  = Tegangan Maksimal (MPa)

$P_{maks}$  = Gaya Maksimum (N)

c. Regangan total ( $\epsilon$ )

$$\epsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \tag{3}$$

Dimana :

$\epsilon$  = Regangan total

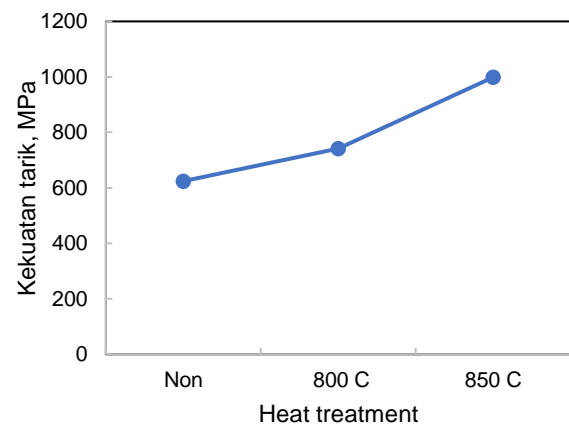
$L_1$  = Panjang akhir (mm),

$L_0$  = Panjang awal (mm).

Data hasil uji tarik dan perhitungan kekuatan tarik ditunjukkan pada table 2.

**Tabel 2.** Hasil uji tarik Baja AISI 1045

Spesimen	Beban max (kN)	Pertambahan panjang (mm)	Kekuatan Tarik (MPa)
Non-HT	20,705	7,2	624,28
HT 800°C	24,6	5,3	741,72
HT 850°C	33,12	1,3	998,61



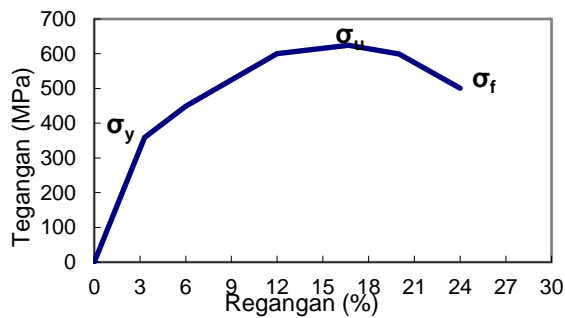
**Gambar 3.** Grafik kekuatan tarik dan temperatur pendingin air

Gambar 3 menunjukkan data kekuatan tarik sebagai akibat perbedaan perlakuan pada Baja AISI 1045. Kurva menunjukkan bahwa kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada spesimen yang mengalami perlakuan panas pada temperatur 850°C, yaitu sebesar 998,61 MPa dan nilai kekuatan tarik spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas lebih rendah dari pada dua spesimen yang mengalami perlakuan panas. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik Baja AISI 1045 meningkat setelah dilakukan *heat treatment*.

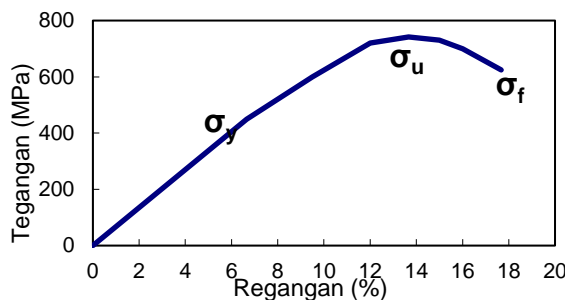
c. Kurva tegangan-regangan

Gambar 4 menunjukkan tiga kurva tegangan-regangan Baja AISI 1045 berdasarkan kondisi perlakuan panas. Gambar 4 (i) adalah kurva tegangan regangan untuk spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas. Sedangkan gambar 4 (ii) dan (iii) menunjukkan kurva tegangan-regangan untuk spesimen yang mengalami perlakuan panas pada suhu 800°C dan 850°C secara berurutan.

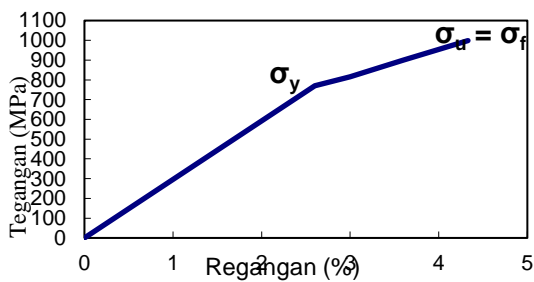
Ada beberapa point didapatkan dari kurva-kurva pada gambar 4. Pertama, regangan spesimen yang mendapat perlakuan panas menjadi lebih kecil dibandingkan spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas. Dan temperature yang tinggi pada proses perlakuan panas menyebabkan nilai regangan menjadi semakin kecil. Kedua, kurva pada gambar 4 menunjukkan perubahan trend-line sebagai akibat perlakuan panas. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan panas menyebabkan perubahan yang dominan pada sifat mekanik baja AISI 1045, terutama pada daerah deformasi plastis.



i. Non heat treatment



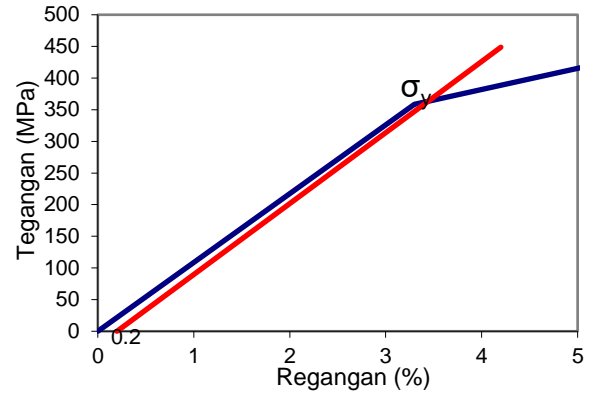
ii. Heat treatment 800°C



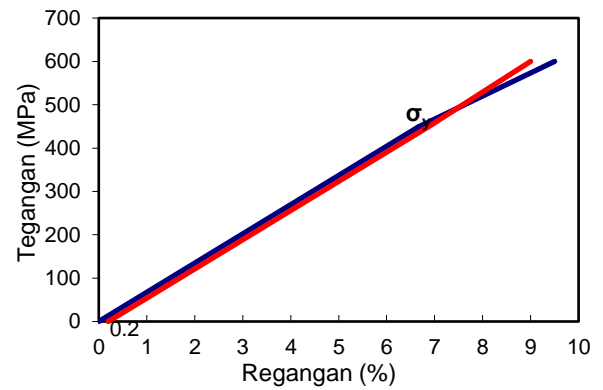
iii. Heat treatment 850°C

**Gambar 4.** Kurva tegangan-regangan Baja AISI 1045

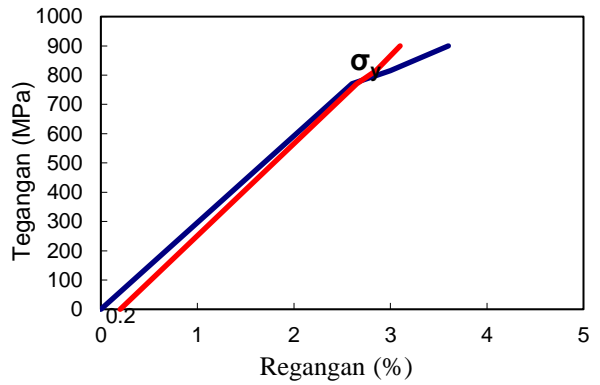
3.2.2 Kekuatan luluh



i. Non heat treatment



ii. Heat treatment 800°C



iii. Heat treatment 850°C

**Gambar 5.** Kurva menentukan tegangan luluh Baja AISI 1045

Gambar 5 memperlihatkan besaran tegangan luluh yang terjadi dengan menggunakan metode offset, yaitu penentuan nilai tegangan luluh dengan cara menarik garis lurus yang sejajar dengan kurva pada titik regangan 0,2%. Gambar 5 (i) adalah kurva yang menjelaskan tentang besarnya tegangan luluh yang terjadi pada Baja AISI 1045 yang tidak mengalami perlakuan panas. Kurva tersebut menunjukkan tegangan luluh yang terjadi pada tegangan sebesar 358,5 MPa dan regangan pada saat 3,3 %. Nilai tersebut berubah sesuai dengan perlakuan yang diberikan kepada spesimen seperti yang ditunjukkan pada gambar

4 (ii), yaitu tegangan luluh sebesar 448,74 MPa pada regangan 6,6 % untuk perlakuan panas 800°C dan tegangan luluh 770,12 MPa pada saat regangan 2,6% untuk perlakuan panas 850°C.

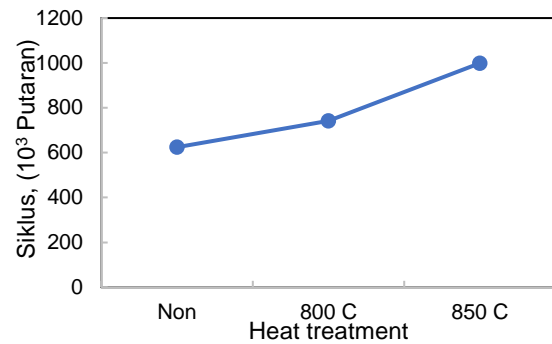
### 3.3 Hasil Uji Lelah (*Fatigue Test*)

Pengujian lelah dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan lelah suatu material terhadap pembebanan berulang yang mengakibatkan terjadinya cacat maupun patah pada waktu dan siklus tertentu. Pengujian lelah dilakukan dengan menggunakan beban 40,60 kg pada tiga jenis spesiman, yaitu logam AISI 1045 yang tidak dilakukan perlakuan heat-treatment, AISI 1045 dengan perlakuan heat-treatment pada temperatur 800°C dan 850°C dengan media pendinginan air. Table 3 menunjukkan detail hasil pengujian lelah yang dilakukan pada tiga spesiman tersebut.

**Tabel 3.** Hasil uji lelah pada baja AISI 1045

Spesimen baja AISI 1045	Siklus ( $10^3$ putaran)	Waktu (Jam)
Non-HT	143,4	3.17
HT 800°C	182,0	4.10
HT 850°C	314,5	7.12

Gambar 17 menunjukkan kurva yang menjelaskan pengaruh perlakuan panas dengan media pendingin air terhadap siklus yang terjadi pada pembebanan 40,6 kg. Data menunjukkan bahwa perlakuan panas dengan media pendingin air dapat meningkatkan daya tahan material pada pengujian lelah. Hal ini dapat dilihat dengan siklus yang tertinggi terjadi pada material yang mengalami perlakuan panas dengan temperature 850°C, yaitu sebesar 637728 putaran yang terjadi dalam waktu 14,36 jam. Sedangkan nilai terendah didapatkan pada material yang tidak mengalami perlakuan panas. Data pada table 3 juga menjelaskan bahwa tingkat ketahanan material yang mengalami perlakuan panas akan lebih tinggi dibandingkan dengan material yang tidak mengalami perlakuan panas. Terjadinya perbedaan ini disebabkan karena terjadinya perubahan pada struktur material yang mengalami perlakuan panas. Perubahan struktur material tersebut mengubah sifat-sifat mekanik material tersebut, dimana perubahan struktur ferit dan pearlit menjadi martensit akibat perlakuan panas menyebabkan terjadinya peningkatan kekerasan dan kekuatan lelah.



**Gambar 6.** Kurva siklus uji lelah untuk spesimen Baja AISI 1045

### 4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perlakuan panas pada baja AISI 1045 menyebabkan terjadinya perubahan pada kekerasan spesimen, dimana nilai kekerasan meningkat setelah mengalami perlakuan panas. Selain itu, suhu yang diberikan pada proses perlakuan panas juga meningkatkan nilai kekerasan spesimen.
2. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh juga menunjukkan fenomena yang sama dengan nilai kekerasan, dimana kekuatan tarik dan kekuatan luluh spesimen meningkat setelah dilakukannya perlakuan panas dengan nilai kekuatan tarik dan kekuatan luluh yang tertinggi terjadi pada spesimen yang mengalami perlakuan panas pada suhu 850°C yaitu sebesar 998,61 MPa dan 770,12 MPa.
3. Regangan menunjukkan tren yang berbeda dengan nilai kekerasan dan kekuatan tarik, dimana regangan berkurang ketika spesimen mengalami perlakuan panas.
4. Hasil uji lelah menunjukkan Baja AISI 1045 yang telah mengalami perlakuan panas memiliki siklus yang lebih panjang dengan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan spesimen yang tidak mengalami perlakuan panas. Selain itu, kenaikan suhu pada perlakuan panas juga membuat siklus dan waktu yang jauh lebih panjang.

### DAFTAR PUSTAKA

[1] Amanto, H. (1999). Daryanto. *Ilmu Bahan*.  
 [2] Sularso, M. S. M. E., & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemeliharaan Elemen Mesin. PT Pradnya Paramita. Jakarta*.  
 [3] Panuh, D., Yulianto, D., Rahman, H. A., & Baharuddin, N. A. (2019). *Peningkatan Ketangguhan Impact Pisau Mesin Pemotong Rumput Dengan Cara Perlakuan Panas Menggunakan Media Pendingin Coolant*

- Radiator dan Udara. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 2(01).
- [4] Gunawan, A., & Eli, Y. (2004). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Panduan Zirkonium-Alumunium (Al-Zr). *Jurnal Teknik: Media Pengembangan Ilmu dan Aplikasi Teknik*. 3(1): 240-244.
- [5] Isfahany, A. N., Saghafian, H., & Borhani, G. (2011). The effect of heat treatment on mechanical properties and corrosion behavior of AISI420 martensitic stainless steel. *Journal of alloys and compounds*. 509(9): 3931-3936.
- [6] Hastuti, K., Hamzah, E., & Hasyim, J. (2016). Effect of annealing on the microstructures and deformation behaviour of Ti-50.7 at.% Ni shape memory alloy. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*. 230(2): 436-445.
- [7] Sumaraw, E. A. (2010). Pengaruh Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Baja CrMoV dengan Media Quench yang Berbeda. *Majalah Sains dan Teknologi Dirgantara*. 5(2).
- [7] Gunawan, E. (2017). Pengaruh Temperatur Pada Proses Perlakuan Panas Baja Tahan Karat Martensitik AISI 431 Terhadap Laju Korosi Dan Struktur Mikro. *Teknika: Engineering and Sains Journal*. 1(1): 55-66.
- [9] Ruchiyat, A. (2021). Pengaruh Variasi Temperatur Heat Treatment Terhadap Kemampukerasan Baja Komersil Dengan Metode Jominy Test. *INDONESIAN JOURNAL OF VOCATIONAL MECHANICAL ENGINEERING*. 1(1): 1-9.
- [10] Handoyo, Y. (2015). Pengaruh Quenching Dan Tempering Pada Baja Jis Grade S45C Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Crankshaft. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Unisma" 45" Bekasi*. 3(2): 97782.
- [11] Rohman, H. F., Haryadi, G. D., Umardani, Y., & Hardjuno, A. T. (2014). Pengaruh Proses Heat Treatment Annealing Terhadap Struktur Mikro Dan Nilai Kekerasan Pada Sambungan Las Thermite Baja Np-42. *JURNAL TEKNIK MESIN*. 2(3): 195-203.
- [12] Effendi, S. (2009). Pengaruh Perbedaan Waktu Penahanan Suhu Stabil Terhadap Kekerasan Logam. *Jurnal Austenit, Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijawa, Indonesia*.
- [13] Septianto, B. A., & Setiyorini, Y. (2013). Pengaruh Media Pendingin pada Heat Treatment Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Friction Wedge AISI 1340. *Jurnal Teknik ITS*. 2(2): F342-F347.
- [14] Anhar, M. A. (2020). Pengaruh Variasi Media Pendingin Terhadap Nilai Kekerasan Paduan Gear Sprocket AISI 1020 Dengan Timah Melalui Heat Treatment. *JURNAL SIMETRIK*. 10(1): 279-284.
- [15] Andika, R.A., 2019. ANALISA KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO PADA CORAN LOGAM ALUMINIUM BEKAS SEPATU REM (BRAKE SOE) DENGAN PENAMBAHAN UNSUR MANGAN (Mn). *Journal of Renewable Energy and Mechanics*. 2(02): 81-91.
- [16] Saputra, E., 2021. ANALISA KOROSI RETAK TEGANG MATERIAL AISI 304 DENGAN VARIASI PEMBEBANAN PADA MEDIA AIR LAUT. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*. 4(01): 7-13.
- [17] Panuh, D., Yulianto, D., Rahman, H.A. and Baharuddin, N.A., 2019. PENINGKATAN KETANGGUHAN IMPACT PISAU MESIN PEMOTONG RUMPUT DENGAN CARA PERLAKUAN PANAS MENGGUNAKAN MEDIA PENDINGIN COOLANT RADIATOR DAN UDARA. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*. 2(01).
- [18] Sardi, V.B., Jokosisworo, S. and Yudo, H., 2018. Pengaruh Normalizing dengan Variasi Waktu Penahanan Panas (Holding Time) Baja ST 46 terhadap Uji Kekerasan, Uji Tarik, dan Uji Mikrografi. *Jurnal Teknik Perkapalan*. 6(1).