

Pengaruh Perlakuan Panas *Normalizing* Terhadap Sifat Kekerasan dan Sifat Ketangguhan Pada Material API 5L Grade X65

Ilham Maulana, Adhe Aryswan 1 and Andrew W. P. Mantik 2

Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin
Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia
¹E-mail: ilhaam.maulana300802@gmail.com

Abstrak

Kekerasan dan ketangguhan merupakan sifat penting dalam material yang dapat dimodifikasi melalui perlakuan panas. Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah proses utama yang digunakan untuk meningkatkan kekuatan, kekerasan dan menghilangkan tegangan sisa dari material. Penelitian ini berfokus pada sifat kekerasan dan ketangguhan pada material pipa baja API 5L Grade X65 sebelum dan setelah perlakuan panas *normalizing*. Pendinginan *normalizing* merupakan pendinginan secara perlahan diluar tungku (*furnace*) atau udara terbuka. Pengujian yang digunakan adalah uji kekerasan untuk nilai kekerasan dan uji impak untuk ketangguhan. Metodologi penelitian mencakup proses perlakuan panas, pembuatan spesimen uji, pengujian kekerasan, dan pengujian impak. Perlakuan panas dilakukan dengan metode *normalizing* pada temperatur 850°C selama 1 jam, diikuti oleh pendinginan di udara terbuka. Pengujian kekerasan Vickers menunjukkan bahwa material tanpa perlakuan panas memiliki nilai tertinggi sebesar 201 HV, sementara material dengan perlakuan panas memiliki nilai tertinggi sebesar 172 HV. Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa rata-rata nilai ketangguhan material tanpa perlakuan panas adalah 171 J, sedangkan material dengan perlakuan panas memiliki rata-rata nilai sebesar 202 J. Berdasarkan pada hasil pengujian, nilai yang didapatkan tersebut memenuhi standar yang ditentukan. Eksperimen ini menunjukkan bahwa perlakuan panas *normalizing* memengaruhi sifat mekanik dari material, dengan mengurangi kekerasan dan meningkatkan ketangguhan.

Kata kunci : perlakuan panas, *normalizing*, ketangguhan, kekerasan, API 5L-46th

Abstract

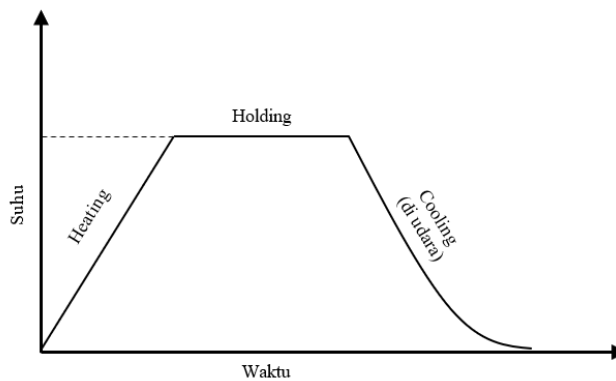
Hardness and toughness are essential properties in materials that can be modified through heat treatment. Heat treatment is a primary process used to enhance strength, hardness, and relieve residual stresses from the material. This study focuses on analyzing the hardness and toughness properties of API 5L Grade X65 steel pipe material before and after normalizing heat treatment. Normalizing cooling is a slow cooling process outside the furnace or in open air. The tests used are hardness testing for hardness values and impact testing for toughness. The research methodology includes the heat treatment process, specimen preparation, hardness testing, and impact testing. Heat treatment is performed using the normalizing method at a temperature of 850°C for 1 hour, followed by cooling in open air. Hardness testing is conducted using the Vickers method with a pyramid-shaped indenter made of diamond, while the impact testing utilizes the Charpy V-notch method with an 8 mm striker. The results obtained from these experiments will be examined based on the API 5L-46th standard. The Vickers hardness testing shows that the untreated material has the highest value at 201 HV, while the heat-treated material has a maximum value of 172 HV. Impact testing results indicate that the average toughness value of the untreated material is 171 J, whereas the heat-treated material has an average value of 202 J. Based on these test results, the obtained values meet the specified standards. This experiment demonstrates that normalizing heat treatment affects the mechanical properties of the material by reducing hardness and increasing toughness.

Keywords : heat treatment, *normalizing*, toughness, hardness, API 5L-46th

1 Pendahuluan

Kebutuhan suatu material saat ini sangat penting dalam dunia industri misalnya pada dunia *oil and gas*, dalam hal untuk meningkatkan kebutuhan bahan sesuai pada penempatannya. Hal ini disebabkan karena sifat kekerasan dan ketangguhan dari suatu material yang dapat diubah. Kekerasan yang dimaksud merupakan kemampuan suatu bahan untuk tahan terhadap suatu penetrasi atau daya tembus dari benda lain yang lebih keras [1]. Sedangkan ketangguhan merupakan ketahanan material terhadap beban kejut atau beban secara tiba-tiba [2]. Pada kedua sifat tersebut berbanding terbalik yang dimana ketika material tersebut terdapat patahan yang getas (*brittle*) maka sifat kekerasan yang didapatkan tinggi dan ketangguhan yang rendah kemudian jika material tersebut terdapat patahan yang ulet (*ductile*) maka sifat kekerasan akan rendah dan sifat ketangguhan akan tinggi [3]. Karbon yang berada dalam besi sudah pasti mempengaruhi kualitas baja, maka dari itu untuk kekerasan dan ketangguhan baja yang dibutuhkan diperlukannya perlakuan panas dengan berbagai macam proses [1].

Perlakuan panas (*Heat Treatment*) merupakan suatu proses pemberian panas yang dilakukan untuk meningkatkan keuletan, kekerasan dan menghilangkan tegangan sisa material dengan cara mengubah sifat atau struktur logam dari material tersebut. Menurut studi yang dilakukan oleh Purwaningrum, perlakuan panas mempunyai tiga prinsip dasar yaitu *heating*, *holding*, dan *cooling*. *Heating* merupakan proses pemanasan sampai temperatur di atas temperatur kritis pada material. *Holding* merupakan penahanan pada temperatur pemanasan untuk memberikan kesempatan adanya perubahan struktur mikro. *Cooling* adalah mendinginkan dengan kecepatan tertentu tergantung pada sifat akhir material yang diinginkan [4]. Seperti gambar di bawah ini.



Gambar 1 Proses Perlakuan Panas [4]

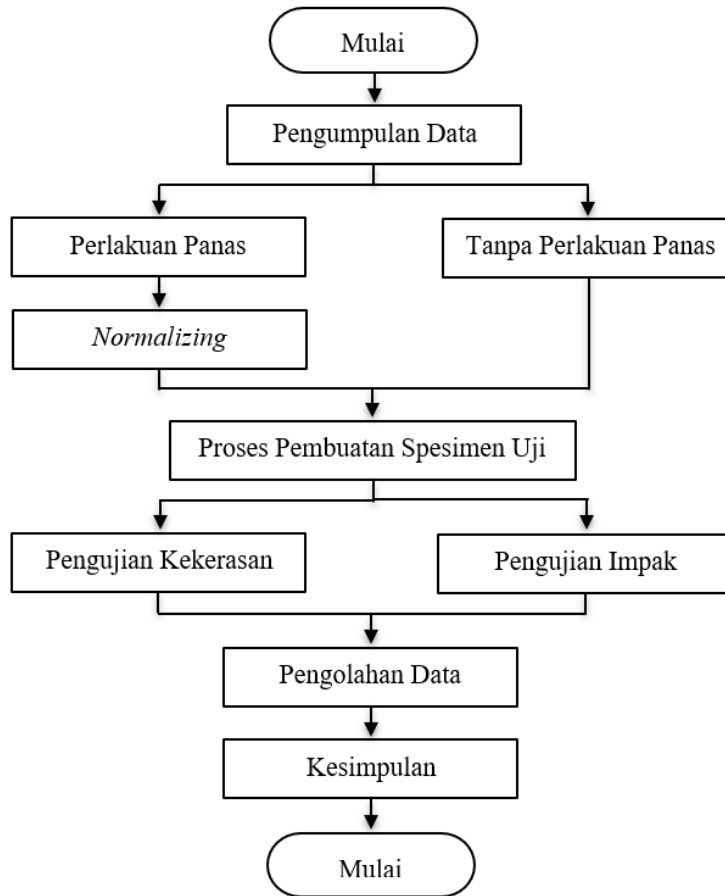
Laju pendinginan inilah yang mempengaruhi sifat mekanik dari baja, semakin lama pendinginannya maka akan menghasilkan baja dengan sifat mekanik yang berupa kekuatan dan kekerasan yang lebih rendah dan jika pendinginannya semakin cepat maka akan terjadi hal sebaliknya [5]. Proses perlakuan panas yang digunakan dalam eksperimen ini ialah *normalizing*.

Normalizing adalah proses perlakuan panas pada material dengan pemanasan temperatur tertentu, kemudian didinginkan diluar tungku (*furnace*) secara perlahan dengan menggunakan media pendinginan udara. Tujuan dari *normalizing* adalah untuk mengurangi tegangan sisa, memperbaiki sifat mekanik baja serta mengembalikan keuletan [5].

Untuk mendapatkan nilai kekerasan dan ketangguhan dari suatu material diperlukan pengujian rusak (*destructive test*). Pengujian rusak yang paling tepat digunakan ialah uji kekerasan (*hardness test*) dan uji impak (*impact test*). Uji kekerasan merupakan salah satu pengujian untuk mendapatkan nilai kekerasan pada material dengan menggunakan metode *vickers*. Kemudian pada uji impak merupakan pengujian untuk mendapatkan nilai ketangguhan pada material uji dengan menggunakan metode *charpy v-notch*.

Pada penelitian ini material yang digunakan ialah pipa API 5L Grade X65 yang biasanya digunakan sebagai kebutuhan fabrikasi untuk alur dari minyak, uap, air dan hal sejenisnya untuk kebutuhan industri. Material ini akan dilakukan perlakuan panas *normalizing* dengan tujuan untuk melihat seberapa besar perubahan kekerasan dan ketangguhan akibat perlakuan panas tersebut.

2 Metodologi Penelitian



Gambar 2 *Flowchart*

Flowchart atau diagram alur penelitian seperti gambar diatas merupakan suatu rancangan proses yang akan digunakan, sehingga pelaksanaan dapat dilakukan dengan baik dan teratur. Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan berupa hasil dari eksperimen perlakuan panas kemudian diuji dengan pengujian kekerasan dan pengujian impak.

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan ialah mempersiapkan sampel yang akan digunakan. Pemilihan sampel berupa material pipa API 5L *Grade X65* dengan diameter 20 in dan *thickness* 17.48 mm. Material ini sebagai bahan utama untuk dilakukannya eksperimen yang diambil dari sisa potongan (*scrap*) sampel sebelumnya. Sampel yang disiapkan sebanyak dua sampel, yang dimana terdapat satu sampel untuk dilakukan perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas.

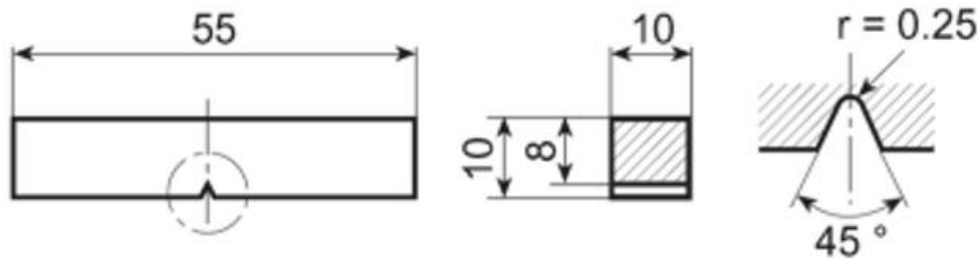
2.2 Perlakuan Panas (*Normalizing*)

Pada pelaksanaan perlakuan panas dimulai dengan suhu ruangan sehingga mencapai temperatur 850°C dan ditahan selama 1 jam. Penahanan dilakukan selama 1 jam agar pemanasan yang diberikan merata dan mendapatkan hasil yang maksimal. Setelah penahanan selama 1 jam material tersebut dikeluarkan dari tungku (*furnace*) dan didinginkan diudara terbuka hingga suhu material tersebut kembali normal.

2.3 Proses Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibuat dari material yang diberi perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas. Pembuatan spesimen ini memiliki beberapa tahapan dimulai dari memotong, meratakan dan menghaluskan. Spesimen yang dibuat ialah spesimen uji kekerasan dan spesimen uji impak.

- Pembuatan spesimen *hardness vicker* dipotong menggunakan mesin *band saw* kemudian dipoles dengan mesin *polisher* menggunakan amplas *grade 80*. Spesimen *hardness vickers* yang dibuat terdiri dari dua spesimen yang diantaranya spesimen dengan perlakuan panas dan spesimen tanpa perlakuan panas.
- Untuk pembuatan spesimen *charpy v-notch* dilakukan proses pemotongan dengan menggunakan mesin potong *band shaw* menjadi 2 set (6 pcs). Kemudian di *surface* menggunakan mesin *surface grinding* hingga mendapatkan *thickness* 10mm dan *width* 10mm serta panjang 55mm. Kemudian membuat *v-notch* dengan *angle* 45° dan radius 0.25mm. Seperti pada gambar di bawah ini.



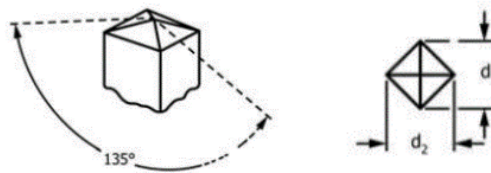
Gambar 3. Dimensi spesimen uji impak *charpy v-notch* mengikuti (ASTM E23-2018) [6].

2.4 Pengujian Rusak

Pengujian rusak yang akan digunakan pada eksperimen ini ialah pengujian kekerasan (*hardness test*) dan pengujian impak (*impact test*).

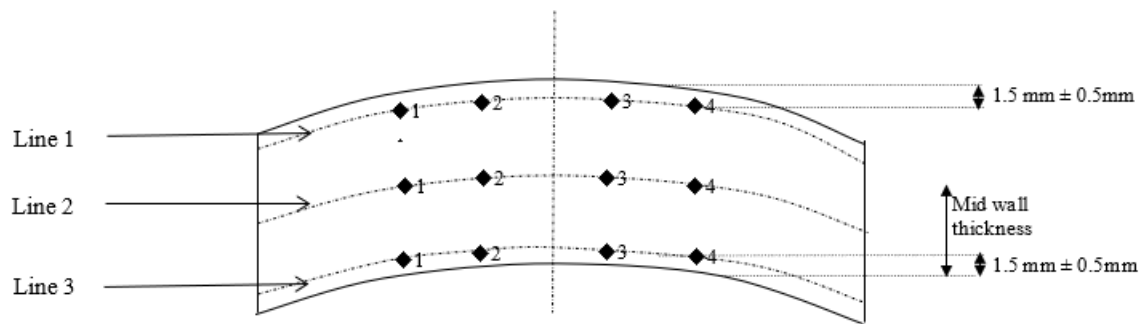
2.4.1 Pengujian Kekerasan (*Hardness Test*)

Metode pengujian kekerasan yang dilakukan ialah dengan metode *vickers* mengikuti *test method* ASTM E92-2017 yang terdapat dalam API 5L-46th pada paragraf H.7.3.3 dengan menggunakan pembebanan 10 kgf. Uji kekerasan metode *vickers* menggunakan indenter yang berbentuk piramid dan berbahan intan dengan sudut piramid 135° , seperti pada gambar 4.



Gambar 4. *Vickers Indentor* mengikuti (ASTM E92-2017 pada *Figure A3.1*)

Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekerasan dari material dengan proses perlakuan panas (*normalizing*) dan tanpa perlakuan panas. Titik lokasi pengambilan *indentasi hardness* mengikuti (API 5L-46th pada *Figure H.1*) yang sudah disempurnakan seperti gambar di bawah ini.



Gambar 5. Lokasi indentasi uji kekerasan

2.4.2 Pengujian Impak (*Impact Test*)

Metode pengujian impak *charpy v-notch* yang akan dilakukan menggunakan *test method* ASTM E23-2018 dengan *striker* 8 mm. Pengujian ini dilaksanakan menggunakan suhu temperatur 0°C sesuai dengan API 5L-46th pada paragraf 9.8.2.1. Prosedur pelaksanaan pengujian impak yaitu.

- Pada pelaksanaan awal pengujian impak spesimen harus melalui tahapan *conditioning temperature* dengan kondisi spesimen dan cairan *acetone* di dalam *temperature box*.
- Suhu cairan *acetone* diatur menggunakan gas CO₂ yang sudah dipadatkan hingga mencapai suhu 0°C.
- Suhu temperatur yang sudah mencapai 0°C akan dilakukan *holding temperature* selama minimum 5 menit.
- Spesimen akan diuji satu persatu dengan posisi spesimen *vertical* dan posisi *v-notch* membelakangi pendulum kemudian dipukul secara tiba-tiba.

2.5 Pengolahan Data

Pengolahan data yang didapatkan dari hasil pengerjaan di atas merupakan hasil yang diperoleh dari pengujian kekerasan berupa satuan HV. Sedangkan hasil pada pengujian impak berupa satuan Joule. Data tersebut dikumpulkan dan dibuat dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil pengujian tersebut akan dibuat kesimpulan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh perlakuan panas *normalizing* terhadap material API 5L *grade* X65. Kemudian hasil yang sudah didapatkan pada eksperimen tersebut akan disesuaikan dengan standar yang digunakan yaitu API 5L-46th.

3. Analisa Data

Data yang diambil merupakan data yang didapatkan dari hasil pengujian yang dilakukan di atas. Data tersebut dijelaskan sebagai berikut.

3.1 Pengujian kekerasan

Berikut merupakan spesimen dari pengujian kekerasan sesudah diuji yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Spesimen hasil uji kekerasan tanpa perlakuan panas



Gambar 7. Spesimen hasil uji kekerasan dengan perlakuan panas

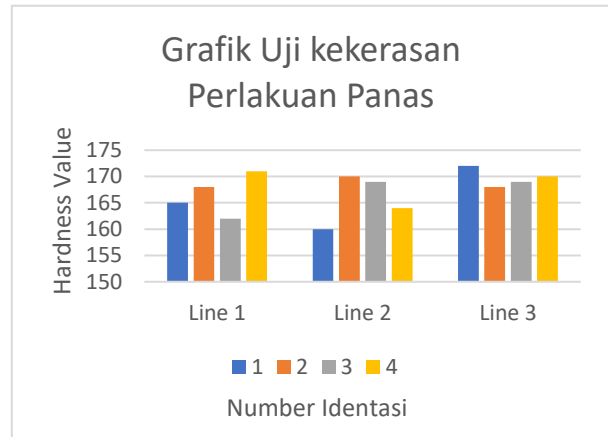
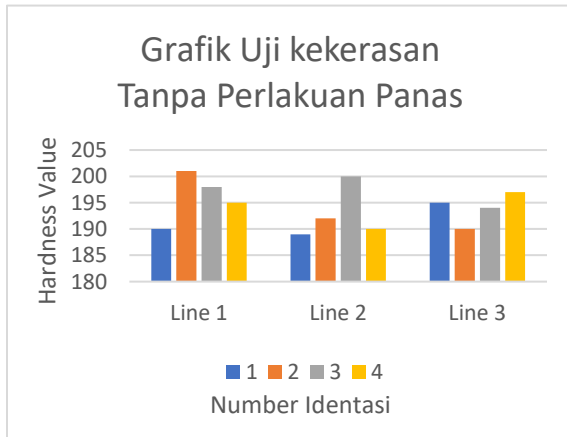
Dari hasil pengujian kekerasan yang didapatkan maka dapat diperoleh seperti pada table 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan Tanpa Perlakuan Panas

Sample Identification	No Identasi	Line 1	Line 2	Line 3
API 5L Grade X65 Tanpa Perlakuan Panas	1	190	189	195
	2	201	192	190
	3	198	200	194
	4	195	190	197

Tabel 2. Hasil Pengujian Kekerasan dengan Perlakuan Panas

Sample Identification	No Identasi	Line 1	Line 2	Line 3
API 5L Grade X65 Perlakuan Panas Normalizing	1	165	160	172
	2	168	170	168
	3	162	169	169
	4	171	164	170



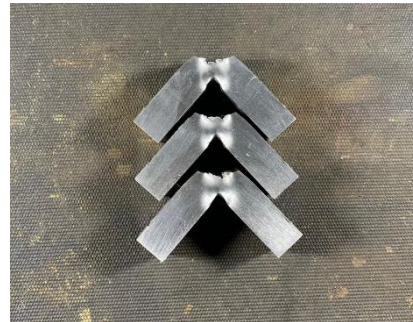
Acceptance criteria pada pengujian *hardness vickers* mengikuti API 5L-46th pada paragraf H.4.4 *Hardness Test* yang menjelaskan bahwa nilai tertinggi pengujian adalah ≤ 250 HV [6]. Dari hasil pengujian kekerasan yang didapatkan menunjukkan bahwa nilai tertinggi pada material tanpa perlakuan panas sebesar 201 HV pada line 1 identasi 2. Sedangkan untuk nilai tertinggi pada material perlakuan panas sebesar 172HV pada line 3 identasi 1. Pada hasil yang didapatkan terdapat penurunan nilai kekerasan sebesar 14.42%.

3.2 Pengujian Impak

Berikut merupakan spesimen dari pengujian impak sesudah diuji yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8. Spesimen hasil uji Impak tanpa perlakuan panas



Gambar 9. Spesimen hasil uji kekerasan tanpa perlakuan panas

Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan maka dapat diperoleh sebagai berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Impak Tanpa Perlakuan Panas

Testing Temperature (°C) : 0		
Sample Identification	No Spesimen	Impact Value (J)
API 5L Grade X65 Tanpa Perlakuan Panas	1	169
	2	174
	3	170
	<i>average</i>	171

Tabel 4. Hasil Pengujian Impak dengan Perlakuan Panas

Testing Temperature (°C) : 0		
Sample Identification	No Spesimen	Impact Value (J)
API 5L Grade X65 Perlakuan Panas <i>Normalizing</i>	1	205
	2	198
	3	201
	<i>average</i>	202

Acceptance criteria pada pengujian impak sama seperti pengujian hardness yang mengacu pada API 5L-46th yang terdapat pada table 8-CVN dengan minimum nilai uji impak ialah 27 Joule. Berdasarkan hasil pengujian tersebut terdapat rata-rata hasil pada material tanpa perlakuan panas dengan nilai 171 J dan sedangkan rata-rata nilai material perlakuan panas ialah 202 J. pada hasil pengujian impak terdapat kenaikan nilai ketangguhan sebesar 15.34%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil eksperimen yang dilakukan mengenai pengaruh perlakuan panas *normalizing* terhadap sifat kekerasan dan ketangguhan pada material API 5L Grade X65, maka dapat disimpulkan bahwa proses perlakuan panas dengan temperatur 850°C dan penahanan selama 1 jam dapat mempengaruhi sifat mekanik dari suatu material terutama pada sifat kekerasan dan ketangguhan. Perlakuan panas *normalizing* biasanya digunakan untuk mengembalikan keadaan struktur pada material ke keadaan normal. Pengujian kekerasan *Vickers* dengan *test method* ASTM E92-2017 dan pembebanan 10 kgf mendapatkan hasil nilai kekerasan tertinggi pada material tanpa perlakuan panas sebesar 201HV, pada material dengan perlakuan panas mengalami penurunan nilai kekerasan sebesar 172HV. Pengujian impak *charpy v-notch* menggunakan *test method* ASTM E23-2018 dengan temperatur pengujian 0°C mendapatkan nilai rata-rata pada material tanpa perlakuan sebesar 171 J, pada material yang mengalami perlakuan panas terdapat peningkatan nilai dengan rata-rata 202 J. Sifat kekerasan dan ketangguhan berbanding terbalik, dimana setelah material diberikan perlakuan panas *normalizing* sifat kekerasan semakin menurun, sedangkan pada sifat ketangguhan semakin tinggi. Hasil eksperimen ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan panas (*normalizing*) pada material API 5L grade X65 mengalami penurunan sifat kekerasan 14,42% sedangkan pada sifat ketangguhan mengalami kenaikan 15,34%.

5 Daftar Pustaka

- [1] I Ketut Rimpung, Jurnal Logic, Vol. 17, No. 1, Maret 2017, *Analisa perubahan kekerasan permukaan baa (St. 42) dengan perlakuan panas 800°C menggunakan metode vickers*, Politeknik Negeri Bali.
- [2] Jandri Fan HT Saragi, Angga Bahri Pratama, Eka Putra Dairi Boangmanalu, Al Qadry, Franklin Tarayun Hudeardo Sinaga, Jurnal Mesin (Mesin Elektro Sipil), Vol. 04, Juni 2023 Hal 45-51, *Pengaruh temperatur terhadap kekuatan impak pada material besi Nako 10 mm*.
- [3] Iman Saefuloh, Haryadi, Abdurrofi Zahrawan, Bintang Adjiantoro, Jurnal Teknik Mesin, Vol. IV, No. 1, April 2018, hal 56-64. *Pengaruh Proses Quenching Dan Tampering Terhadap Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Baja Karbon Rendah Dengan Paduan Lateral*.
- [4] Yustiasih Purwaningrum, Jurnal TEKNOIN, Vol. 11, No. 3, September 2006, 233-242. *Karakterisasi sifat fisi dan mekanis sambungan las SMAW baja A-287 sebelum dan sesudah PWHT*, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.
- [5] Sarjito Jokosisworo, Jurnal Ilmu Pengetahuan & Teknologi Kelautan, Vol. 15, No. 2, Juni 2018, *Pengaruh normalizing dengan variasi waktu penahanan panas (holding time) terhadap sifat mekanik baja ST 46*, Universitas Diponegoro.
- [6] ASTM E23-2018
- [7] API 5L-46th
- [8] ASTM E92-2017