

ANALISA PENGARUH PWHT PADA BAJA ST41 PADA PROSES LAKU PANAS DENGAN VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN DAN HOLDING TIME TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

Bani Sofwansyah¹⁾, Moch. Ridho Nur Iksan²⁾, Edi Santoso³⁾
Program Studi Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya¹⁾²⁾³⁾
Email: banisofwansyah@gmail.com¹⁾, edisantoso@untag-sby.ac.id^{3)*}

ABSTRAK

Pengelasan banyak dipakai dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi bangunan, kendaraan, mesin dan pekerjaan teknik lainnya. Disamping kegunaannya yang sangat luas proses pengelasan juga menimbulkan pengaruh pada material, yaitumunculnya tegangan sisa akibat efek panas dan laju pendinginan yang tidak merata. Tegangan sisa dapat mempengaruhi sifat mekanik suatu material. Salah satu cara untuk membebaskan tegangan sisa adalah dengan cara *Post Weld Heat Treatment*. Dalam penelitian ini menggunakan las *SMAW* dengan posisi pengelasan 1G. *PWHT* menggunakan metode *normalizing* dengan variasi temperatur yang digunakan adalah 900°C, 925°C, 950°C dan waktu tahan 10,20,30 menit. Pengujian yang dilakukan menggunakan uji impact charpy, uji kekerasan rockwell C dan uji struktur mikro. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, variasi temperatur dan *holding time PWHT* dapat mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro baja ST 41. Hasil uji impact menunjukkan sampel *PWHT* temperatur 925°C *holding time* 10 menit memiliki harga impact tertinggi dari beberapa sampel variasi pengujian lainnya, yaitusebesar 3,53 j/mm² lebih tangguh dan ulet dari sampel tanpa *PWHT* 2,19 j/mm². Sedangkan pada uji kekerasan memiliki nilai sebaliknya, sampel tanpa *PWHT* memiliki nilai kekerasan tertinggi dari beberapa sampel variasi pengujian lainnya, yaitu sebesar 53,17 HRC sehingga sifatnya keras namun getas. Pada uji struktur mikro menunjukkan bahwa semakin lama waktu tahan disetiap variasi temperatur akan cenderung menaikkan persentase fasa perlit, sedangkan dengan waktu tahan lebih pendek akan cenderung menaikkan persentase fasa ferit. Dimana semakin tinggi persentase fasa perlit, material akan bersifat keras namun getas sedangkan semakin tinggi persentase fasa ferit material akan bersifat tangguh dan ulet.

Kata kunci: Baja ST41, Impact Charpy, Las SMAW, Normalizing, PWHT, Rockwell Skala C, Struktur Mikro.

ABSTRACT

Welding is widely used in the implementation of building construction work, vehicles, machinery and other engineering work. Besides its very wide use, the welding process also has an effect on the material, namely the emergence of residual stress due to the effects of heat and uneven cooling rates. Residual stress can affect the mechanical properties of a material. One way to free the residual stress is by means of Post Weld Heat Treatment. In this study using SMAW welding with a welding position of 1G. PWHT using normalizing method with temperature variations used are 900°C, 925°C, 950°C and holding time 10,20,30 minutes. The tests were carried out using the Charpy impact test, the Rockwell C hardness test and the microstructure test. From the results of research that has been carried out, variations in temperature and holding time of PWHT can affect the mechanical properties and microstructure of ST 41 steel. The impact test results show that the PWHT sample at 925°C holding time 10 minutes has the highest impact value from several samples of other test variations, which is 3.53 j/mm² which is tougher and more ductile than the sample without PWHT 2.19 j/mm². While the hardness test has the opposite value, the sample without PWHT has the highest hardness value from several samples of

other test variations, which is 53.17 HRC so that it is hard but brittle. The microstructure test shows that the longer holding time at each temperature variation will tend to increase the percentage of pearlite phase, while with a shorter holding time will tend to increase the percentage of ferrite phase. Where the higher the percentage of the pearlite phase, the material will be hard but brittle, while the higher the percentage of the ferrite phase the material will be tough and ductile.

Keywords: *ST 41 Steel, Impact Charpy, SMAW Welding, Normalizing, PWHT, Rockwell C, Microstructure.*

Pendahuluan

Mengutip dari DIN (Deutsche Industrie Normen) las merupakan gabungan metalurgi yang terdapat pada sambungan logam saat keadaan leleh ataupun cair. Dari pengertian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwasannya las merupakan gabungan setempat dari sejumlah logam memanfaatkan energi panas (Harsono Wiryosumarto, 2000:1). Bahan yang umum digunakan sebagai konstruksi las biasanya terbuat dari bahan baja karbon rendah. Hal ini dilatarbelakangi karena baja karbon memiliki harga yang relatif terjangkau serta mudah didapatkan di pasaran. Selain itu, alasan pemakaian material baja karbon rendah sebagai konstruksi las karena baja karbon rendah mempunyai sifat mampu las yang baik. Baja karbon rendah memiliki unsur kimia diantaranya ialah kadar C kurang dari 0,30%, kadar Si <0,01 dan kadar Mn \pm 0,25-0,45 (Harsono Wiryosumarto, 2000:90). Baja ST 41 termasuk ke dalam jenis baja karbon rendah. Baja ST 41 umumnya dimanfaatkan pada pembuatan konstruksi jembatan, handle rem sepeda motor, pipa saluran, dan body mobil dll.

Dalam praktek pengelasan, umumnya meninggalkan tegangan sisa. Tegangan sisa terjadi di daerah hasil lasan karena adanya deformasi plastis akibat perlakuan panas dan laju pendinginan yang tidak merata dalam bahan. Hal tersebut dapat berakibat pada perubahan sifat mekanik material contohnya kekuatan, ketangguhan, keuletan, dan kekerasan. Selain itu, tegangan sisa yang terjadi setelah pengelasan juga menimbulkan retak las. Akibat dari adanya retak las ini, apabila diberi beban maka akan dapat membahayakan bagi konstruksi pengelasan. Salah satu cara yang digunakan untuk membebaskan tegangan sisa adalah dengan cara *PWHT*. Selain itu, *PWHT* juga berfungsi untuk menaikkan ketangguhan pada sambungan las serta memperbaiki butir-butir kristal material.

Berdasarkan uraian diatas, penulis melakukan penelitian mengenai pengaruh *PWHT* menggunakan variasi temperatur pemanasan dan waktu tahan (*holding time*) pada sifat mekanik dan *microstructure* baja ST 41 pasca pengelasan *SMAW*. Pada penelitian ini, penulis melakukan pengujian berupa uji impact, uji kekerasan dan uji *microstructure*.

Metode

Alat dan Bahan

Alat :

1. Mesin las SMAW
2. Mesin frais
3. Mesin gergaji
4. Dapur pemanas (furnace)
5. Alat uji impact

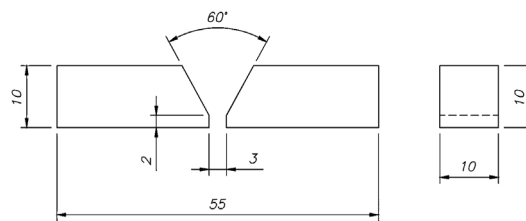
6. Alat uji kekerasan
7. Alat uji struktur mikro

Bahan :

1. Raw material baja ST 41
2. Elektroda E 7018
3. Amplas atau kertas gosok
4. Autosol
5. Cairan asam nitrat (HNO_3)

Pembuatan Kampuh Las

Pengujian diawali dengan proses pemotongan material baja ST 41 yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan spesimen pengelasan kampuh V dengan sudut 60° menggunakan mesin frais.



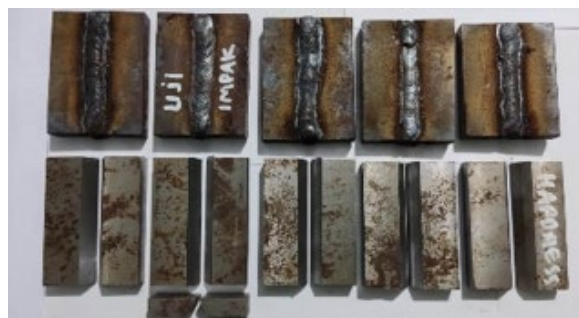
Gambar 1. Dimensi Kampuh Las



Gambar 2. Kampuh V

Proses pengelasan SMAW

Setelah proses pembuatan kampuh V, spesimen akan melalui proses pengelasan SMAW. Proses pengelasan menggunakan elektroda E 7018 dengan arus 120 A, tegangan 26 V, dan posisi pengelasan 1G.



Gambar 3. Spesimen Pengelasan

Pembentukan Spesimen Uji

Spesimen uji dibentuk menjadi ukuran $P = 55 \text{ mm}$, $L = 10 \text{ mm}$, $T = 10 \text{ mm}$. Pembentukan spesimen uji menggunakan mesin frais. Jumlah keseluruhan spesimen pengujian adalah 60 buah. Spesimen *PWHT* berjumlah 54 buah dengan rincian 27 buah spesimen Uji Impact dan 27 buah spesimen Uji Kekerasan Rockwell C. Sedangkan spesimen tanpa perlakuan *PWHT* berjumlah 6 buah dengan rincian 3 buah spesimen Uji Impact dan 3 buah spesimen Uji Kekerasan Rockwell C.



Gambar 4. Spesimen Hasil Pembentukan

Proses PWHT Normalizing

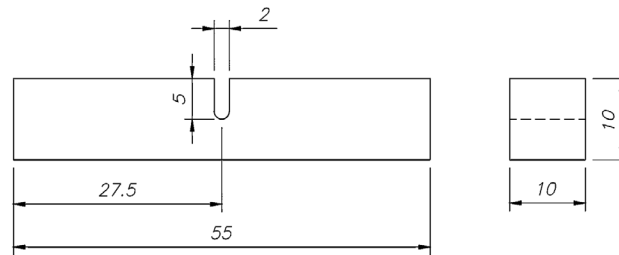
PWHT menggunakan variasi temperatur 900, 925, 950°C dan waktu tahan selama 10,20,30 menit. Spesimen uji dimasukkan ke dalam dapur pemanas pada temperatur yang telah ditentukan sebelumnya lalu ditahan (*holding time*), selanjutnya spesimen dikeluarkan dari dalam dapur pemanas dan didinginkan menggunakan media pendingin udara.



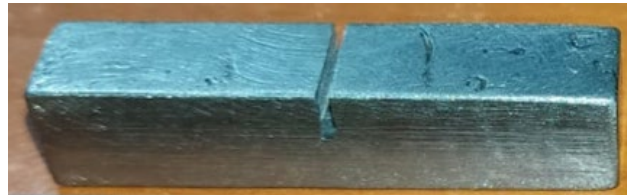
Gambar 5. Spesimen PWHT

Pengujian Impact

Spesimen uji impact berjumlah 30 buah dengan rincian spesimen *PWHT* variasi temperatur dan *holding time* berjumlah 27 buah dan tanpa perlakuan *PWHT* berjumlah 3 buah. Uji impact menggunakan metode charpy. Benda uji ditumpu pada kedua ujungnya dan permukaan takik berlawanan dengan ayunan bandul. Pendulum ditarik dengan sudut awal 110° dan dilepaskan hingga menabrak benda uji lalu mencatat setiap nilai sudut yang diperoleh setelah pembebanan.



Gambar 6. Dimensi Spesimen Uji Impact



Gambar 7. Spesimen Uji Impact

Pengujian Kekerasan Rockwell C

Rockwell hardness test menggunakan skala C (HRC) dengan indentor penekanan berupa *diamond cone* yang memiliki sudut 120° dan beban total pengujian yaitu 150 kgf. Spesimen uji kekerasan berjumlah 30 buah dengan rincian spesimen *PWHT* variasi temperatur dan *holding time* berjumlah 27 buah dan tanpa perlakuan *PWHT* berjumlah 3 buah. Uji kekerasan difokuskan pada daerah *Weld Metal*.

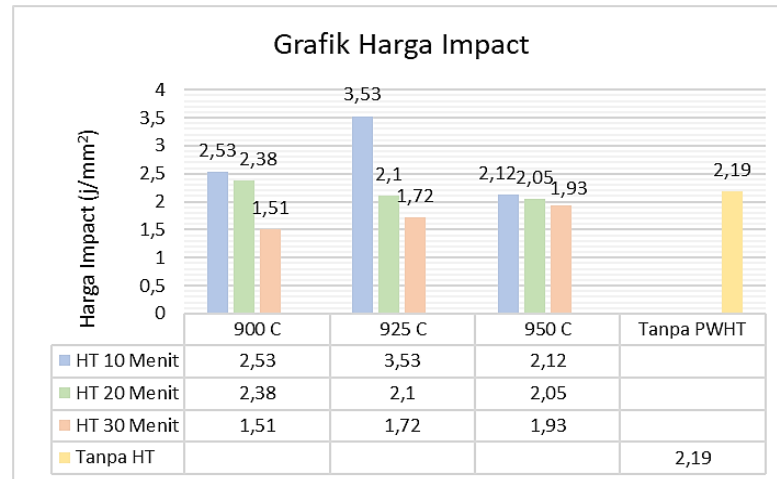
Pengujian Struktur Mikro

Uji Struktur Mikro dapat memberikan informasi berupa kandungan fasa-fasa yang terdapat pada spesimen uji. Spesimen uji struktur mikro berjumlah 10 buah diambil dari spesimen uji kekerasan yang memiliki nilai kekerasan terendah disetiap variasi pengujiannya dengan rincian 9 buah spesimen *PWHT* variasi temperatur dan *holding time* dan 1 buah spesimen tanpa perlakuan *PWHT*. Proses pengamatan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 500x dan fokus pengamatan pada daerah *weld metal*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Impact

Hasil uji impact berupa Energi (Joule) dan Harga Impact (Joule/mm²). Hasil perhitungan uji impact disajikan ke grafik di bawah

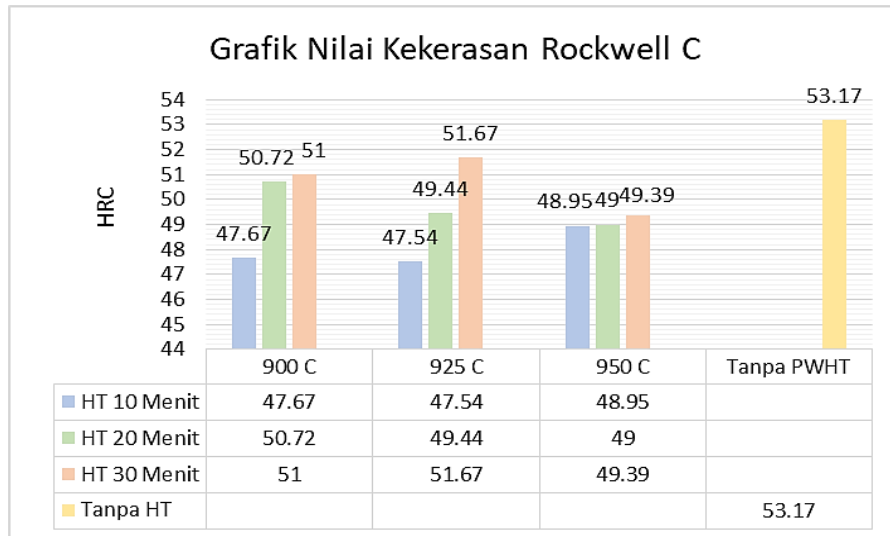


Gambar 8. Grafik Harga Impact

Dari hasil data uji impact dengan variasi temperatur dan *holding time* diatas didapatkan bahwa nilai harga impact tertinggi terdapat pada sampel uji variasi temperatur 925°C dengan waktu tahan 10 menit yaitu sebesar 3,53 j/mm². Untuk nilai harga impact terendah berada pada sampel uji variasi temperatur 900°C dengan waktu tahan 30 menit dengan nilai 1,51 j/mm². Sedangkan, spesimen hasil uji impact tanpa proses laku panas *PWHT* didapatkan nilai harga impact sebesar 2,19 j/mm². Berdasarkan hasil tersebut maka sampel uji yang memiliki nilai ketangguhan tertinggi adalah pada variasi temperatur 925°C dengan waktu tahan 10 menit yang bermakna ulet, sedangkan sampel uji dengan variasi terendah pada temperatur 900°C dengan waktu tahan 30 menit bersifat getas.

Hasil Uji Kekerasan Rockwell C

Pengujian kekerasan dilakukan pada 3 buah sampel disetiap variasi pengujian. Kemudian diambil sebanyak 3 titik pengujian pada setiap sampel yang terfokus untuk menganalisa kekerasan pada daerah logam las (*weld metal*). Hasil dari *Rockwell hardness test* disajikan ke grafik berikut. Spesimen uji dengan nilai kekerasan terendah disetiap variasi pengujian ditandai dengan kolom berwarna ungu pada tabel, spesimen tersebut merupakan spesimen yang akan diuji struktur mikro. Hasil perhitungan rata-rata nilai kekerasan disajikan ke dalam grafik untuk memudahkan analisa.

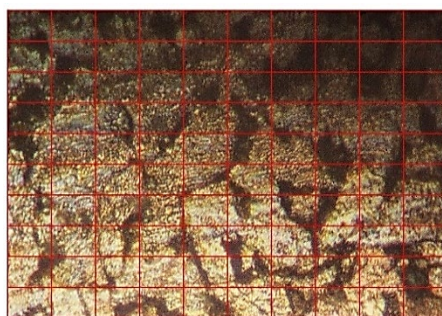


Gambar 9. Nilai Kekerasan Rockwell C

Dari hasil data uji kekerasan dengan variasi temperatur pemanasan dan waktu tahan (*holding time*) diatas dapat diketahui bahwa sampel uji variasi temperatur 925°C dengan waktu tahan 10 menit memiliki nilai kekerasan terendah yaitu 47,54 HRC. Data kekerasan dengan nilai tertinggi diperoleh sebesar 51,67 HRC yaitu pada sampel uji variasi temperatur 925°C waktu tahan (*holding time*) 30 menit. Sedangkan spesimen hasil uji kekerasan tanpa proses laku panas memiliki nilai lebih tinggi sebesar 53,17 HRC jika dibandingkan dengan spesimen uji variasi temperatur dan waktu tahan.

Contoh perhitungan persentase fasa spesimen uji dengan proses laku panas *PWHT* dan spesimen uji tanpa proses laku panas *PWHT* :

Foto struktur mikro spesimen *PWHT* variasi temperatur 925°C waktu tahan 10 menit

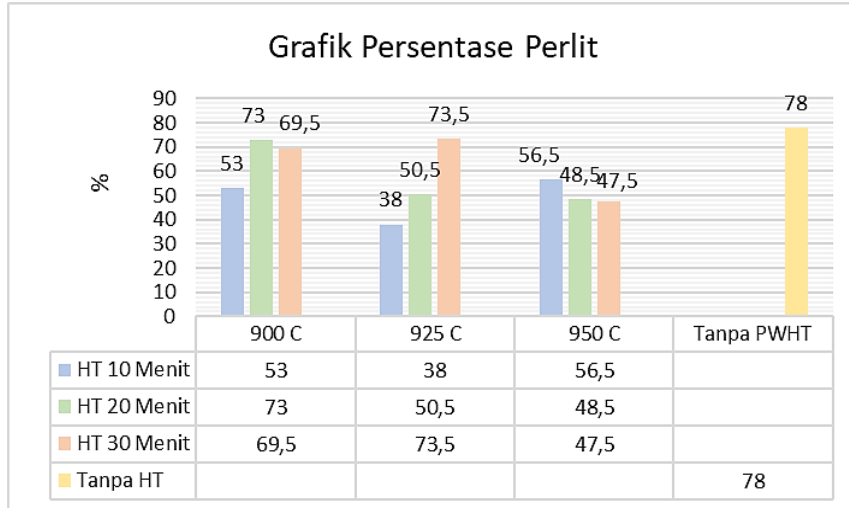


$$\begin{aligned}
 \% \text{ Fasa Perlit} &= \frac{\text{Jumlah titik fasa perlit}}{\text{Jumlah total titik}} \times 100\% \\
 &= \frac{(19 \times 1) + (32 \times \frac{1}{2})}{100} \times 100\% \\
 &= 35\%
 \end{aligned}$$

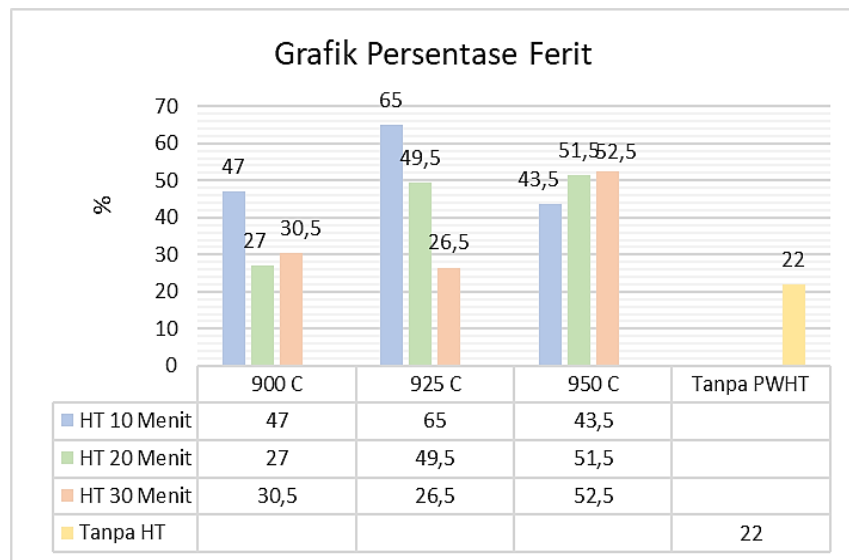
$$\begin{aligned}
 \% \text{ Fasa Ferit} &= \frac{\text{Jumlah titik fasa ferit}}{\text{Jumlah total titik}} \times 100\% \\
 &= \frac{(49 \times 1) + (32 \times \frac{1}{2})}{100} \times 100\% \\
 &= 65\%
 \end{aligned}$$

Gambar 11. Contoh perhitungan presentase perlit dan ferit

Hasil perhitungan data uji struktur mikro, dapat diamati grafik di bawah ini.



Gambar 12. Persentase Fasa Perlit



Gambar 1. Persentase Fasa Ferit

Dari data keseluruhan uji struktur mikro diketahui spesimen uji yang memiliki persentase perlit paling dominan yaitu pada spesimen uji tanpa perlakuan PWHT dengan persentase perlit 78%. Sedangkan persentase perlit terendah yaitu spesimen uji variasi temperatur 925°C waktu tahan 10 menit didapatkan 35%. Sedangkan nilai persentase fasa ferit berbanding terbalik dengan perlit, spesimen uji variasi temperatur 925°C waktu tahan 10 menit, memiliki persentase fasa ferit tertinggi yaitu 65% sedangkan spesimen uji tanpa perlakuan PWHT memiliki nilai persentase ferit terendah yaitu 22%.

Kesimpulan

1. Proses *PWHT* variasi temperatur dan *holding time* berpengaruh pada sifat mekanik hasil lasan baja ST 41. Dari hasil pengujian impact dan kekerasan terdapat perbedaan harga impact dan nilai kekerasan disetiap variasi pengujian. Spesimen uji dengan proses laku panas *PWHT* memiliki harga impact lebih optimum dari spesimen tanpa proses laku panas *PWHT*. Dimana semakin tinggi harga impact menunjukkan spesimen tersebut bersifat tangguh dan cenderung

- ulet. Sedangkan pada uji kekerasan, spesimen tanpa *PWHT* memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dari spesimen *PWHT*. Dimana semakin tinggi nilai kekerasan menunjukkan spesimen tersebut bersifat keras namun cenderung getas.
2. Variasi temperatur dan *holding time* pada proses laku panas *PWHT* juga berpengaruh pada *microstructure* hasil lasan baja ST 41. Pada hasil pengamatan struktur mikro, semakin lama waktu tahan disetiap variasi temperatur akan cenderung meningkatkan fasa perlit, sedangkan waktu tahan yang pendek cenderung meningkatkan fasa ferit. Dimana semakin besar persentase fasa perlit membuat spesimen cenderung getas, sebaliknya semakin besar persentase fasa ferit membuat spesimen cenderung ulet.
 3. Harga impact, nilai kekerasan dan struktur mikro cenderung saling berhubungan. Harga impact berbanding terbalik dengan nilai kekerasan namun berbanding lurus dengan persentase fasa ferit sedangkan nilai kekerasan berbanding lurus dengan persentase fasa perlit. Sehingga dapat disimpulkan semakin tinggi harga impact baja ST 41 akan menurunkan nilai kekerasannya karena struktur mikro yang terbentuk dominan ferit sehingga bersifat tangguh dan ulet, namun sebaliknya semakin tinggi nilai kekerasan akan menurunkan nilai ketangguhan karena struktur mikro yang terbentuk dominan perlit maka bersifat keras namun getas.

Daftar Pustaka

- Amanto, H. d. (2020). *Ilmu Bahan*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Augustino, I. F. (2015). *Pengaruh Lama Waktu Tunggu Pada Proses Pwht Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro dan Tegangan Sisa Pada Pengelasan Baja AAR M201 GR.B+*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hadi, S. (2016). *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Imami, T. G. (2010). Analisis Struktur Mikro Baja Tulangan Karbon Sedang. 2–7.
- International, A. (2019). Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials.
- Iswanto, M. d. (2020). *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*. Sidoarjo: UMSIDA Press.
- Manurung, V. A. (2020). *Panduan Metalografi*. Jakarta: LP2M Politeknik Manufaktur Astra.
- Musaikan. (2002). *Diktat Kuliah Teknologi Pengelasan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Nasra, K. A. (2020). Pengaruh Post Weld Heat Treatment Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Karbon ST 42 dengan Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding). *Actuator Jurnal Teknik Mesin*, 26-36.
- Rofiq, A. (2020). *Analisa Pengaruh Variasi Kampuh Dan Arus Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Komersil*. Surabaya: Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Santi Deliani Rahmawati, H. S. (2020). Uji Kekerasan Vickers dan Rockwell. 3(2017), 54–67.
- Sonawan, H. d. (2006). *Pengantar Untuk Memahami Proses Pengelasan Logam*. Bandung: CV Alfabeta.

- Suherman, W. (2003). *Ilmu Logam I*. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Wirjosumarto, H. d. (2008). *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: PT Balai Persero.