

## ANALISA KETANGGUHAN DAN PERUBAHAN STRUKTUR MIKRO PATAHAN AKIBAT *HEAT TREATMENT* DAN VARIASI SUDUT *IMPACT* PADA BAJA ST 60

Oleh:

Dimas Surya Widodo<sup>1</sup>, Siswanto<sup>2</sup>, dan Rr. Poppy Puspitasari<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang

<sup>2,3</sup> Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

Email: d.surya86@yahoo.co.id; Poppy.Phd@gmail.com

**ABSTRAK:** Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menganalisa: (1) Ketangguhan baja St 60 akibat *heat treatment* dengan suhu 600 °C dan dengan variasi sudut  $\alpha = 90^\circ$  dan  $\alpha = 120^\circ$ . (2) Ketangguhan baja St 60 akibat *heat treatment* dengan suhu 900 °C dan dengan variasi sudut  $\alpha = 90^\circ$  dan  $\alpha = 120^\circ$ . (3) Bentuk patahan baja St 60 setelah mengalami perlakuan panas dan uji ketangguhan dengan variasi sudut  $\alpha = 90^\circ$  dan  $\alpha = 120^\circ$ . Desain penelitiannya adalah penelitian eksperimental yang dilakukan di laboratorium. Teknik analisis data menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian adalah baja St 60 setelah dipanaskan, ketangguhan baja akan meningkat. Serta pada struktur mikro patahan baja St 60 terjadi fenomena *ductile to brittle transition*, salah satu penyebab fenomena ini adalah laju regangan tinggi. awalnya merupakan material ulet tetapi mengalami patah getas. Transisinya juga bisa diamati dari permukaan patahan, akan tampak serabut-serabut pada patahan yang benar-benar bersifat ulet, dan tampak butiran-butiran kecil yang terlihat mengkilap pada patahan yang benar-benar bersifat getas.

**Kata Kunci:** Ketangguhan, Struktur Mikro Patahan, *Heat Treatment*, Variasi sudut *Impact*, Baja St 60

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah proses memanaskan bahan sampai suhu tertentu dan kemudian didinginkan dengan metode tertentu (Amanto, 1999:63). Syarat-syarat perlakuan panas adalah suhu pemanasan harus naik secara teratur dan merata, dan alat ukur hendaknya seteliti mungkin (Amstead, 1995). Pengujian *impact* adalah suatu pengujian yang digunakan untuk menentukan sifat-sifat suatu material yang mendapatkan beban dinamis, sehingga dari pengujian ini dapat diketahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. *Ductile to brittle transition* adalah fenomena perubahan sifat yang disebabkan faktor-faktor ter-

tentu di mana pada saat suatu material mengalami patah mengalami pergeseran sifat, awalnya merupakan material ulet tetapi mengalami patah getas. Menurut Tipper (1962), dalam sebuah transisi, saat suhu tinggi energi impak secara relatif juga besar karena patahannya bersifat ulet. Saat suhu menurun, energi impak menurun drastis bersamaan dengan berubahnya patahan menjadi lebih bersifat getas. Faktor-faktor yang menyebabkan *Ductile to Brittle Transition* (Puspitasari, 2007): (1) Temperatur, (2) Kecepatan regangan pada pembebanan kejut, (3) Tegangan tiga sumbu (*triaxial stress*). *Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengamati detail

permukaan sel atau struktur mikroskopik lainnya yang mampu menampilkan pengamatan obyek secara tiga dimensi. SEM adalah elektron yang menggambarkan sampel dengan memindai seberkas elektron dalam pola scan raster. Elektron berinteraksi dengan atom yang menyusun sampel yang menghasilkan sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan, komposisi dan sifat-sifat konduktivitas listrik.

## METODE

Dalam menentukan ketangguhan dan perubahan struktur mikro, data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Data tersebut diperoleh dari hasil *heat treatment* dan pengujian *impact* dengan variasi sudut *impact*. Objek yang digunakan pada penelitian ini baja St 60, dengan dimensi 10 x 10 x 55 mm tepat pada tengah spesimen ditakik V dengan sudut 45°. Takik V mempunyai kedalaman 2 mm dan jari-jari dasar 0.25 mm. Jumlah spesimen yang digunakan dalam penelitian ini 14 buah. Alat-alat yang digunakan (1) *Furnace*, temperatur max. 1100 °C, (2) Mesin uji *impact charpy*, dimana  $W=26.32$  kg,  $L=0.075$  m,  $R=0.647$  m, (3) Alat foto mikro: *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Langkah-langkah pengambilan data penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) spesimen yang telah dibentuk, dipanaskan dengan suhu 600 °C sebanyak 6 spesimen dan 900 °C sebanyak 6 spesimen, spesimen ditahan (*holding*) pada suhu 600 °C selama 30 menit, spesimen ini kemudian di

dinginkan dengan media udara, spesimen berikutnya dipanaskan kembali sampai dengan suhu 900 °C kemudian di *holding* 30 menit di dinginkan dengan media udara. (2) Dilakukan uji ketangguhan dengan mesin uji *impact*. 2 spesimen tanpa perlakuan di uji *impact* dengan variasi sudut *impact* 90° dan 120°. 3 spesimen dengan suhu 600 °C di uji *impact* dengan sudut *impact* 90°. 3 spesimen dengan suhu 600 °C di uji *impact* dengan sudut *impact* 120°. 3 spesimen dengan suhu 900 °C di uji *impact* dengan sudut *impact* 90°. 3 spesimen dengan suhu 900 °C di uji *impact* dengan sudut *impact* 120°. Dilakukan di laboratorium ITN Malang. (3) Pengujian struktur mikro dengan mikroskop elektron (SEM) dengan pembesaran 27x, 5000x, 1500x, dan 2000x. Dilakukan di laboratorium FMIPA Universitas Negeri Malang.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian analisa ketangguhan dan perubahan struktur mikro akibat *heat treatment* dan variasi sudut *impact* adalah analisis deskriptif, yakni menjabarkan perbandingan spesimen yang diberi perlakuan dengan tanpa perlakuan menggunakan bantuan *software microsoft excel*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Ketangguhan

Hasil pengujian spesimen pada penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel di bawah ini:

**Tabel 1** Tabel Rata-rata Nilai Ketangguhan *non treatment* dan *heat treatment*

spesimen	$\alpha$	Rata-rata HI (J/mm <sup>2</sup> )
Tanpa perlakuan	90°	0.782
	120°	0.4335
Hardening 600 °C	90°	0.7926
	120°	0.5152
Hardening 900 °C	90°	1.2729
	120°	1.6152

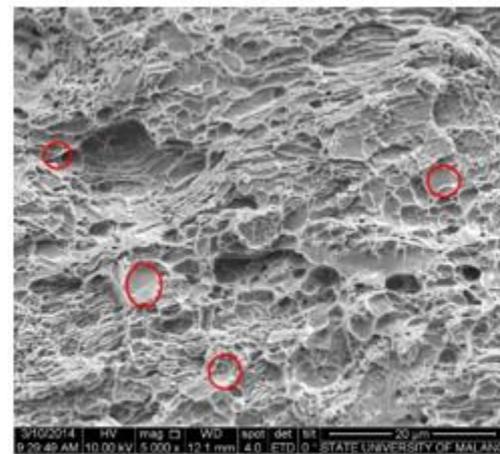
Pada baja St 60 *hardening* 600 °C dengan sudut *impact*  $\alpha=90^\circ$  mengalami peningkatan ketangguhan sebesar 1,4 % (0.7926 J/mm<sup>2</sup>) dari spesimen *non treatment*, demikian juga dengan spesimen baja St 60 *hardening* 600 °C dengan sudut *impact*  $\alpha=120^\circ$  mengalami peningkatan sebesar 18,7 % (0.5152 J/mm<sup>2</sup>), ini menunjukkan karakteristik baja bersifat ulet (*ductile*). Hal ini membuktikan bahwa temperatur *hardening* berpengaruh terhadap ketangguhan baja St 60 dan proses *treatment* yang diberikan kepada setiap pengujian mempunyai perbedaan ketangguhan pada masing-masing spesimen yang di uji.

Pada baja St 60 *hardening* 900 °C dengan sudut *impact*  $\alpha=90^\circ$  mengalami peningkatan ketangguhan sebesar 62,9 % (1.2729 J/mm<sup>2</sup>). Hal ini membuktikan bahwa terdapat hubungan antara suhu dengan harga *impact* atau nilai *impact*, semakin besar suhu maka nilai *impact* akan meningkat.

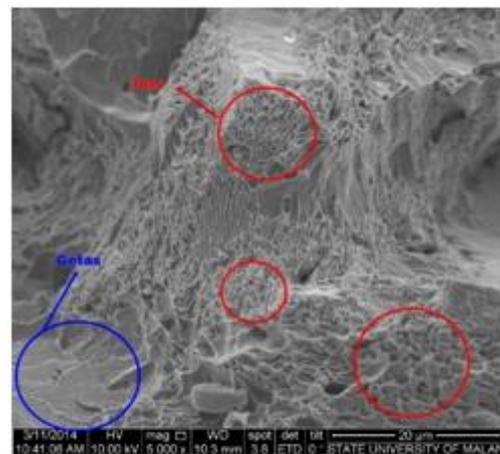
Pada pengujian *impact* baja St 60 *hardening* 600 °C dan 900 °C dengan variasi sudut *impact* berbanding lurus dengan penelitian Lagiyono, Suwandono, Mukhammad Masykur yang menyimpulkan “bahwa terdapat hubungan antara suhu dengan harga

*impact*, ini berarti bahwa jika suhu diperbesar atau dikurangi maka harga *impact*nya akan menurun atau meningkat”.

**Struktur Mikro Patahan**



(a)



(b)

○ Patah Ulet                      ○ Patah Getas

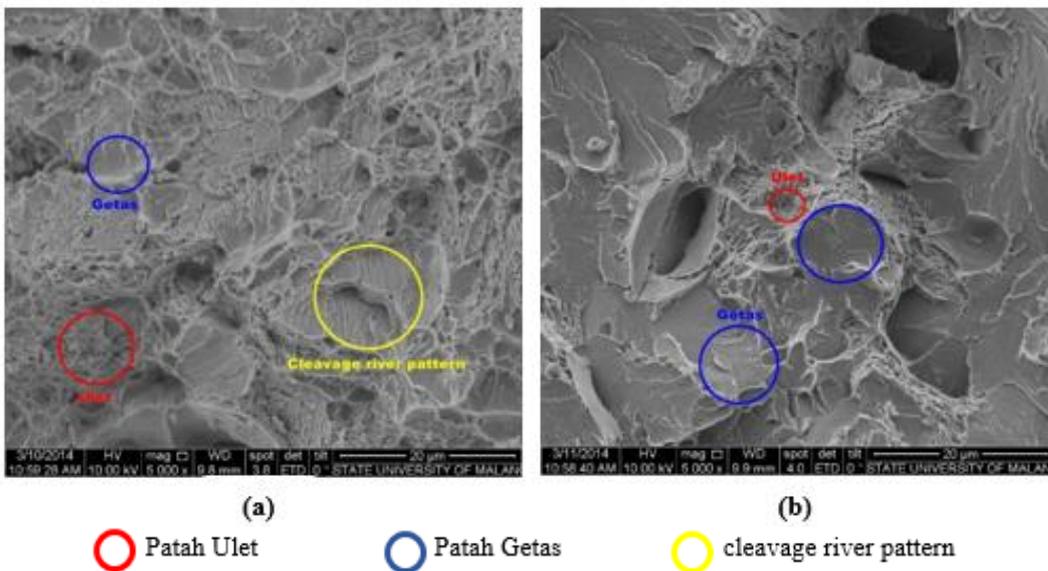
**Gambar 1** a. Struktur Mikro Patahan Baja St 60 suhu 600 °C,  $\alpha = 90^\circ$   
 b. Struktur Mikro Patahan Baja St 60 suhu 600 °C,  $\alpha = 120^\circ$

Struktur Mikro atau metalografi adalah suatu bentuk susunan struktur yang terbentuk pada material logam dan ukurannya sangat kecil dan tidak beraturan, bentuknya berbeda-beda tergantung pada unsur dan proses yang dialami pada saat pembentukannya (ASM Handbook Committee, 2002:9).

Berikut hasil pengujian struktur mikro menggunakan SEM pada spesimen baja St 60 suhu 600 °C,  $\alpha = 90^\circ$  dan suhu 600 °C,  $\alpha = 120^\circ$ . Pada Gambar 2 (a), hasil pengamatan struktur mikro patahan pada baja St 60 *hardening* 600°C dengan  $\alpha = 90^\circ$ , bentuk struktur mikro patahan yang mendominasi adalah patah ulet (*ductile*

*fracture*), hal ini dikarenakan pada gambar terlihat bentuk patahan *dimple fracture* lebih merata. Pada baja St 60 *hardening* 600 °C dengan  $\alpha = 120^\circ$  pada gambar 5.5 (b), terlihat *dimple fracture* hampir disemua bagian dan *cleavage fracture*. Sehingga diperoleh analisa dari hasil *heat treatment* dengan suhu dan media pendinginan sama namun sudut *impact* berbeda, diperoleh hasil morfologi dengan menggunakan SEM secara keseluruhan memiliki sifat baja yang ulet (*ductile*).

Sedangkan hasil pengujian struktur mikro menggunakan SEM pada spesimen baja St 60 suhu 900 °C,  $\alpha = 90^\circ$ , dan suhu 900 °C,  $\alpha = 120^\circ$  sebagai berikut:



Gambar 2 a. Struktur Mikro Patahan Baja St 60 suhu 900 °C,  $\alpha = 90^\circ$   
 b. Struktur Mikro Patahan Baja St 60 suhu 900 °C,  $\alpha = 120^\circ$

Baja St 60 *hardening* 900 °C, hasil pengamatan struktur mikro patahan *mix fracture*. Hal ini dapat dilihat pada gambar 5.6 (a), terlihat *dimple fracture*, *cleavage fracture* dan *cleavage river pattern*. Sedangkan gambar 5.6 (b) *dimple fracture* dan *cleavage fracture*. Secara keseluruhan baja St 60 *hardening* 900 °C bentuk patahannya *brittle*.

Pengujian yang dilakukan menghasilkan analisa struktur mikro yaitu spesimen dengan *hardening* 600 °C membentuk patahan permukaan bersifat *ductile fracture*, sedangkan spesimen dengan *hardening* 900 °C menghasilkan bentuk permukaan *brittle fracture*. Hal ini berbanding terbalik dengan Tipper (1962) yang menyatakan “Dalam sebuah transisi, saat suhu tinggi energi impak secara relatif juga besar karena patahannya bersifat ulet. Saat suhu menurun, energi impak menurun drastis bersamaan dengan berubahnya patahan menjadi lebih bersifat getas”. Hal ini hanya berlaku pada *low temperature treatment*.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan di atas dapat ditarik kesimpulan, yakni: (1) Nilai ketangguhan rata-rata pada baja St 60 proses *hardening* 600 °C dengan  $\alpha = 90^\circ$  mengalami peningkatan 1,4 % (0.7926 J/mm<sup>2</sup>) dari spesimen *non treatment* dan pada proses *hardening* 600 °C dengan  $\alpha = 120^\circ$  nilai ketangguhan rata-rata mengalami peningkatan 18,7 % (0.5152 J/mm<sup>2</sup>) dari spesimen *non treatment*. Hal ini disebabkan

perlakuan panas dengan suhu 600 °C belum melewati batas transisi dan mengalami perubahan fasa menjadi *perlite* dan *ferrite*. (2) Nilai ketangguhan rata-rata pada baja St 60 proses *hardening* 900 °C dengan  $\alpha = 90^\circ$  nilai ketangguhan rata-rata mengalami peningkatan cukup tinggi sebesar 62,9 % (1.2732 J/mm<sup>2</sup>) dari spesimen *non treatment*. Dan pada proses *hardening* 900 °C dengan  $\alpha = 120^\circ$  nilai ketangguhan rata-rata mengalami peningkatan yang sangat tinggi hampir 3 kali dari ketangguhan *non treatment* (1.6152 J/mm<sup>2</sup>). Hal ini terjadi karena pada suhu 900 °C sudah melewati batas transisi pada fasa *austenit* dan didinginkan secara normal membentuk *fine perlite* (perlit halus) yang keras dan getas dibandingkan spesimen *non treatment*. (3) Bentuk struktur mikro patahan yang terjadi pada spesimen dengan *hardening* 600 °C membentuk patahan permukaan bersifat *ductile fracture*, sedangkan spesimen dengan *hardening* 900 °C menghasilkan bentuk permukaan *brittle fracture*.

### Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, maka saran/rekomendasi yang diajukan dirumuskan sebagai berikut: (1) Bagi peneliti selanjutnya, Diadakan penelitian lebih lanjut dari analisa ketangguhan dan perubahan struktur mikro patahan akibat *heat treatment* dengan menambahkan pengujian mekanik dan dengan perlakuan yang berbeda, yakni variasi media pendingin. (2) Bagi industri, perlu diperhatikan dalam memilih material, terutama material yang berhubungan dengan

perlakuan panas. (3) Bagi jurusan teknik mesin FT UM, penelitian ini bisa dijadikan referensi untuk dikembangkan lebih lanjut

untuk mengetahui data mengenai ketangguhan material dan fenomena *ductile to brittle transition*.

## DAFTAR RUJUKAN

- Abdunnaser & Sumiyanto. 2011. *Pengaruh Proses Hardening dan Tempering Terhadap Kekerasan dan Struktur Mikro pada Baja Karbon Sedang Jenis SNCM*. Skripsi tidak diterbitkan. Jakarta: Institut Saint dan Teknologi Nasional.
- Amstead B.H., Ostwald P.F., & Begeman M.L. dan Sriati Dj. 1995. *Teknologi Mekanik edisi ketujuh*. Jakarta: Erlangga.
- Arikunto S. 2002. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik Edisi Revisi V*. Jakarta: PT Asdi Mahastaya.
- ASTM E23-56. *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*.
- ASM Handbook Committe. 2002. *Fractography and Atlas Fractographs 8<sup>th</sup> Edition*. USA.
- Bianconeri. 2014. *Patah Getas*. (Online), (<http://www.scribd.com/doc/202750397/Patah-Getas>), diakses 23 maret 2014.
- Daryanto. 2006. *Ilmu logam*. Jakarta: Bumi Aksara.
- David, G. 2006. *Scanning Electron Microscopy Principle*.
- Dieter, George E. 1986. *Mechanical Metallurgy*, Mc Graw Hill Book Company Printers Ltd. George Krauss, 1990, *Steel Heat Treatment and processing Principle*, ABM International.
- Djaprie, Sriati. 1992. *Metalurgi Mekanik Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Khasanah, Nur. 2010. *Penentuan Kealyalan Material Pipa Elbow Local Content Sebagai Pengganti Pipa Elbow GE N879 pada Lokomotif Kereta Api CC204 Di PT Industri Kereta Api (Persero)*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Kline D. 2001. *Morphology of Polyanhydride Microsphere Delivery System*. Departement of Chemical Engineering.
- Koswara, Engkos. 1999. *Pengujian Bahan Logam*. Bandung: Humaniora Utama Press.
- Lugiyono, Suwandono & M. Mukhamad. 2011. *Pengaruh Temperatur Terhadap Sifat Mekanik pada Baja Karbon Sedang St 60*.
- Munawir, Khairil. 2013. *Diagram Fe-Fe<sub>3</sub>c*. (Online) (<http://sekolah007.blogspot>).

- ca/2013/04/diagram-fe-fe3c.html), diakses 23 Maret 2014.
- Pradani, Yayi Febdia. 2012. *Pengaruh Variasi Temperature Tempering terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, dan Struktur Mikro pada Pengelasan Baja St-60*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Puspitasari, Poppy. 2007. *Perilaku Kuningan Akibat Laju Pembebanan Tarik Yang Tinggi ( $10^2 - 10^4/s$ )*. Thesis tidak diterbitkan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rusli, Taufik Arta. 2013. *Pengaruh Posisi Pengelasan GMAW dan Pola Gerakan Kawat Las Terhadap Ketangguhan Uji Impact pada Baja St. 41*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Setiadji, Widya Mukti. 2007. *Perubahan Ketangguhan Bahan St.40 yang Telah Mengalami Proses Double Hardening dengan Carburizing*. Skripsi tidak diterbitkan. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Sudria, Tata. 1995, *Pengetahuan Bahan Teknik*, Jakarta: Pradya paramita.
- Suharno K, Purnomo C & Widodo S. 2013. *Ketangguhan Impak Baja dan Aluminium akibat Pengaruh Perlakuan Panas*. Magelang: Universitas Tidar Magelang.
- Suherman. 1987. *Ilmu Logam 1*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember: Surabaya.
- Tipper, Constance F E. 1962. *The Brittle Fracture Story*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Universitas Negeri Malang. 2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*. Malang: UM Press.
- University of Cambridge. *Ductile to Brittle Transition*. (Online), (<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/BD6/ductile-to-brittle.php>), diakses 8 Februari 2014.
- Van Vlack, Lawrence H.1995. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Jakarta: Gelora Aksara Pratama.
- Wibowo, Ari. 2006. *Proyek Pembangunan Pabrik Dan Kantor PT. Itokoh Ceperindo Buntalan Klaten Tengah Klaten*. Surakarta: Fakultas Teknik
- Widodo, Basuki. 2007. *Buku Panduan Praktikum Pengujian Material/ Metallografi*. Malang: Institut Teknologi Nasional Malang
- Wirjosumarto, Harsono. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Zuchry, Muhammad. 2012. *Pengaruh Temperatur Dan Bentuk Takikan Terhadap Kekuatan Impak Logam*. Majalah Ilmiah Mektek, XIV No.1