

PENGARUH TEMPERATUR TEMPERING TERHADAP ENERGI IMPAK DAN POLA PATAHAN PADA BAJA AISI 1045

Harnowo Supriadi^{1*}, Abbit Primartin², Zulhanif³, Ahmad Su'udi⁴

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

²Prodi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

³Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

⁴Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung

Jln. Prof.Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedung H FT Lt. 2 Bandar Lampung

Telp.(0721)3555519, Fax.(0721)704947

*Email: harnowo1969@gmail.com

Abstract

The study of quenching and tempering practices on steel will affect the mechanical properties of carbon steel, including those related to toughness, impact price and ductility of the material. Various studies have shown that quenching heat treatment will increase the hardness and strength of steel. On the other hand, the increase in hardness value will have an impact on the decrease in ductility and toughness of the material. This study was conducted to determine the effect of tempering temperature variations on toughness and to determine the effect of tempering temperature on the type of fracture in AISI 1045 carbon steel. The material used for research is AISI 1045 carbon steel. The material was quenched at a heating temperature of 8500C, held for 60 minutes and cooled in water media. AISI 1045 steel then undergoes a tempering process with temperature variations of 3500C, 4500C, 5500C and 6500C.

From the research results, it is found that tempering temperature is able to increase the toughness of AISI 1045 steel, in this case impact energy and impact price compared to AISI 1045 base material and steel that undergoes quenching process. Tempering temperature of 3500C produces impact energy of 18 Joules. Tempering temperature of 4500C causes the impact energy to increase to 80 Joules. Tempering temperature 5500C, is able to produce energy to 121 Joules and at 6500C temperature produces the largest impact energy of 136 Joules.

Keywords: AISI 1045 Steel, Quenching, Tempering, Impact Energy, Types of Fractures.

Abstrak

Studi tentang laku panas quenching dan tempering pada baja akan mempengaruhi sifat mekanik baja karbon, diantaranya adalah terkait dengan ketangguhan, harga impact dan keuletan bahan tersebut. Berbagai riset menunjukkan bahwa laku panas quenching akan menyebabkan meningkatnya nilai kekerasan dan kekuatan suatu baja. Pada sisi lain, meningkatnya nilai kekerasan akan berdampak terhadap menurunnya keuletan dan ketangguhan bahan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur tempering terhadap ketangguhan dan mengetahui pengaruh temperatur tempering terhadap jenis patahan pada baja karbon AISI 1045. Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah baja karbon AISI 1045. Bahan tersebut mengalami quenching pada temperatur pemanasan 850⁰C, *holding* selama 60 menit dan didinginkan dalam media air. Baja AISI 1045 kemudian mengalami proses tempering dengan variasi temperatur 350⁰C, 450⁰C, 550⁰C dan 650⁰C.

Dari hasil penelitian didapatkan fakta data bahwa temperatur tempering mampu meningkatkan ketangguhan baja AISI 1045, dalam hal ini energi impact dan harga impact dibandingkan bahan dasar AISI 1045 maupun baja yang mengalami proses quenching. Temperatur tempering 350⁰C menghasilkan energi impact sebesar 18 Joule. Temperatur tempering 450⁰C menyebabkan energi impact meningkat menjadi 80 Joule. Temperatur tempering 550⁰C, mampu menghasilkan energi menjadi 121 Joule dan pada temperatur 650⁰C menghasilkan energi impact terbesar yaitu 136 Joule.

Kata kunci: Baja AISI 1045, quenching, tempering, energi impact, pola patahan

1. Pendahuluan

Di masa sekarang ini logam masih menjadi material yang banyak digunakan

dalam pembuatan peralatan dan bahan baku kendaraan karena sifatnya yang kuat. Material baja karbon adalah salah satu dari

jenis logam yang banyak digunakan dalam pembuatan berbagai peralatan, seperti roda gigi dan poros. Agar karakter material yang kita gunakan sesuai dengan karakter yang dibutuhkan maka sebaiknya perlakuan panas (*heat treatment*) dilakukan pada material tersebut. Tujuan dilakukannya perlakuan panas adalah agar karakter yang dibutuhkan dari material tersebut meningkat.

Proses yang dilakukan untuk meningkatkan ketangguhan material logam disebut dengan *heat treatment*. Proses ini diawali dengan memanaskan material tersebut hingga temperatur *austenit* lalu dilakukan proses pendinginan (*quench*) dengan cepat. Lalu dilakukan *tempering* dengan temperatur dibawah temperatur *austenitnya* guna menghilangkan tegangan sisa dalam baja tersebut yang timbul akibat proses *quenching*.

Dari banyaknya unsur karbon dalam material tersebut, baja karbon dibagi kedalam tiga klasifikasi yaitu baja karbon rendah (kandungan karbonnya (0,10-0,30%)) biasanya berbentuk plat, *strip*, batang dan prifil. Baja karbon sedang (kandungan karbonnya 0,30-0,60%) biasanya diperuntukan untuk bahan baku membuat alat-alat, suku cadang kendaraan, roda gigi dan poros. Dan baja karbon tinggi (kandungan karbonnya 0,60-1,7%) biasanya digunakan sebagai pembuat palu, gergaji, dan mata pahat [1].

Menurut penelitian yang dilakukan oleh [2] tentang pengaruh suhu dan waktu *tempering* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja 13Cr3Mo3Ni dengan variasi waktu *tempering* yang digunakan ialah 400 °C, 500 °C, 600 °C, 650 °C, dan 700 °C menyatakan bahwa kekerasan baja tahan karat 13Cr3Mo3Ni menurun dengan naiknya suhu *tempering*, kecuali pada suhu 500-650 °C terjadi peningkatan kekerasan akibat adanya *secondary hardening* dan karbida logam berukuran sub-mikron teramati sebagai penyebabnya.

Dalam penelitian pengaruh *tempering* terhadap kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1045 yang di *quenching* dalam media pendingin tersirkulasi menyatakan bahwa variasi media yang paling baik yaitu media air garam karena menghasilkan nilai kekerasan baja dan menghasilkan *martensite* yang banyak. Struktur mikro yang terbentuk proses *quenching* adalah *martensite* lalu setelah proses *temper*, struktur mikro menjadi *temper martensite* serta struktur lain yang terbentuk adalah *austenite* sisa [3].

Penelitian yang dilakukan oleh [4] tentang analisa pengaruh lama waktu tahan *tempering* terhadap struktur mikro dan sifat mekanik *Coulper* Baja AAR-M201 Grade E menyatakan bahwa uji tarik untuk mengetahui kekuatan maksimum, keuletan dan ketangguhan baja. Hasil pengujian *metalografi* pada *tempering* menghasilkan struktur mikro asikular *ferrit*, dan hasil sifat mekanik paling optimal didapat dari proses *hardening-tempering* pada lama waktu tahan 3 jam, menghasilkan nilai kekuatan tarik 870 MPa, kekuatan luluh 782 MPa, elongasi 14%, reduksi area 38%, kekerasan 264 BHN, kekuatan dampak sebesar 35 *Joule*.

Pola patahan pada material pasca uji secara umum terbagi menjadi tiga yaitu patahan getas (*Granular/Kristalin*) yang ditandai dengan permukaan rata dan mengkilap, kedua patahan ulet yang ditandai dengan bentuk permukaan patahan berserat, dan yang terakhir patahan campuran yang memiliki ciri-ciri gabungan dari perpatahan getas dan perpatahan ulet dengan permukaan agak kusam dan sedikit berserat satu contoh dari perpatahan campuran adalah pada baja temper [5].

Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur *tempering* terhadap ketangguhan bahan dan mengetahui pengaruh temperatur *tempering* terhadap

jenis patahan yang terjadi pada baja karbon AISI 1045.

Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi (Fe) merupakan unsur dasar dan karbon (C) sebagai unsur paduan utamanya. Dalam proses pembuatan baja dapat ditemukan pula penambahan kandungan unsur kimia lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), mangan (Mn) dan unsur kimia lainnya sesuai dengan sifat baja yang diinginkan. Baja karbon umumnya memiliki kandungan unsur karbon dalam besi sebesar 0,2 % hingga 2,14 %, dimana kandungan karbon memiliki fungsi sebagai unsur peneras dalam struktur baja.

Baja spesifikasi AISI 1045 merupakan baja karbon menengah dengan komposisi karbon berkisar 0,43- 0,50 %. Baja ini umumnya dipakai sebagai komponen otomotif misalnya untuk komponen roda gigi pada kendaraan bermotor yang pada aplikasinya sering mengalami gesekan dan tekanan maka ketahanan terhadap aus dan kekerasan sangat diperlukan sekali [6].

Tempering adalah proses memanaskan kembali baja yang telah dikeraskan melalui perlakuan panas untuk menghilangkan tegangan sisa dalam dan mengurangi kekerasannya. Secara prinsip proses *tempering* yaitu memanaskan kembali material berkisar pada suhu 150—650°C dan didinginkan secara perlahan-lahan tergantung sifat akhir baja tersebut [3].

Adapun proses *Tempering* dibagi dalam:

1. *Tempering* pada suhu rendah (150—300°C). Tujuannya untuk mengurangi tegangan-tegangan kerut dan kurapuhan dari baja. Proses ini digunakan untuk alat-alat kerja yang tak mengalami beban yang berat, seperti misalnya; alat-alat potong, mata bor yang dipakai untuk kaca dan lain-lain.

2. *Tempering* pada suhu menengah (300—500°C). Tujuannya untuk menambah keuletan dan kekerasannya menjadi sedikit berkurang. Proses ini digunakan pada alat-alat kerja yang mengalami beban berat, seperti palu, pahat, pegas-pegas.

3. *Tempering* pada suhu tinggi (500—650°C). Tujuannya untuk memberikan daya keuletan yang besar dan sekaligus kekerasan menjadi agak rendah. Proses ini digunakan pada; roda gigi, poros, batang penggerak dan lain-lain

Pengujian impact merupakan salah satu uji mekanik yang dapat digunakan untuk menganalisis karakteristik bahan, seperti kemampuan bahan terhadap benturan dan karakteristik keuletan bahan terhadap perubahan suhu. Alat uji impact merupakan salah satu alat uji yang sering digunakan dalam pengembangan bahan struktur material dalam mengukur kemampuan beban kejut. Material yang ulet akan menunjukkan harga impact yang besar, dengan menyerap energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian yang menumbuk benda uji sehingga benda uji mengalami perubahan bentuk [7].

2. Metode Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja AISI 1045 dengan ukuran panjang yaitu 55 mm lebar 10 mm dan tebal 10 mm sesuai standar ASTM E23.

Proses laku panas dalam penelitian ini menggunakan tungku furnace dengan model L64/14 tahun 2000 dan alat uji impact metode *charpy* serta pengujian pengamatan jenis patahan yang dilakukan di Laboratorium Material Teknik Universitas Lampung. Pengujian jenis patahan ini menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 50x.

Prosedur Penelitian

- a. Persiapan Bahan Uji yaitu Baja AISI 1045

Persiapan bahan uji adalah dengan melakukan penyesuaian dimensi baja AISI 1045 dari bentuk plat ke bentuk yang sesuai. Dengan cara dilakukan pemotongan dengan menggunakan gerinda potong sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan, yaitu panjang 55 mm, lebar 10 mm dan dengan tebal 10 mm.

b. Perlakuan Panas

Baja AISI 1045 yang telah sesuai dimensi dimasukkan kedalam tungku pemanas untuk dipanaskan ke temperatur austenitnya. Untuk baja AISI 1045 jika dilihat dari diagram fasa Fe₃C adalah sebesar 850°C. Setelah temperatur baja AISI 1045 telah mencapai temperatur austenitnya dilakukan penahanan selama 60 menit pada temperatur tersebut agar terjadi keseragaman fasa. Kemudian bahan uji dilakukan pendinginan ke temperatur ruang dengan kecepatan yang tinggi dengan cara mencelupkan pada media air bertemperatur rendah. Setelah bahan uji bertemperatur ruangan, bahan uji kemudian dikeringkan dan dilakukan pengamplasan untuk membersihkannya.

c. Perlakuan *Tempering* Terhadap Spesimen Baja AISI 1045. Dilakukan pada temperatur temper 350 °C, 450 °C, 550 °C, dan 650 °C dengan holding time 60 menit. Kemudian setelah material dingin baja AISI 1045 di lakukan proses penghalusan permukaan dengan cara diamplas dengan menggunakan amplas.

d. Pengujian Impak

Pengujian impak dengan menggunakan metode *charpy* dengan *universal impact tester*. Adapun tahapan dari pengujian impak ini adalah melakukan kalibrasi pada alat pengujian impak untuk meminimalisir kesalahan perhitungan. Meletakkan spesimen pada meja uji. mengangkat pendulum pada mesin uji impak. Melepaskan tuas pada mesin uji impak. Melakukan pengereman setelah pendulum mencapai ketinggian maksimum. Menentukan jenis perpatahan yang terjadi.

Melakukan analisis pada perpatahan. Dan menghitung energi impak yang terjadi.

e. Pengamatan Jenis Patahan

Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik untuk mengetahui jenis patahan yang terjadi pada spesimen setelah pengujian impak.



Gambar 1. Tungku Pemanas (*Furnace*)



Gambar 2. *Universal Impact Testing Machine*

3. Hasil dan Pembahasan

Adapun hasil yang didapatkan dalam penelitian ini antara lain komposisi baja AISI 1045 yang digunakan sebagai spesimen dalam penelitian, hasil uji *impact* baja AISI 1045 dari raw material hingga spesimen yang sudah diberi perlakuan *quenching* dengan media pending air dan

tempering dengan variasi temperature 350°C, 450°C, 550°C, 650°C sebagai berikut :

Tabel 1. Energi impact Raw Material (RM) Baja AISI 1045.

Laku Panas	Energi impact (J)	Rerata Energi impact (J)	Harga impact (J/mm ²)	Rerata harga impact (J/mm ²)
	35		0,389	
RM	36	33,13	0,400	0,375
	32		0,337	

Pada pengujian ini menggunakan alat uji impact dengan metode *charpy*, pada pengujian pertama dilakukan pengujian pada baja AISI 1045 yang tidak diberikan perlakuan (raw material), dapat di lihat (tabel 1) pengujian raw material ini menggunakan tiga spesimen dengan hasil harga *impact* sebagai berikut: 0.389 J/mm², 0.400 J/mm² dan 0.337 J/mm².

Tabel 2. Energi Impact Baja AISI 1045 dengan Perlakuan *Quenching* dalam Media Air.

Laku panas	Energi Impact (J)	Rerata Energi Impact (Joule)	Harga Impact (Joule)	Rerata Harga Impact (J/mm ²)
Q	7		0,069	
850°C	6	6,13	0,059	0,065
	6		0,067	

Pengujian kedua yang dilakukan pada baja AISI 1045 yang di *quenching* menggunakan temperatur 850°C yang ditahan selama 60 menit dengan media pendingin air. Pada (tabel 2) pengujian ini dilakukan dengan tiga spesimen dengan nilai harga *impact* sebagai berikut: 0.069 J/mm², 0.059 J/mm² dan 0.067 J/mm² dengan rerata 0,065 J/mm².

Tabel 3. Energi Impact Baja AISI 1045 dengan *Tempering* pada Temperatur 350 °C.

Laku Panas	Energi impact (J)	Rerata Energi impact (J)	Harga impact (J/mm ²)	Rerata harga impact (J/mm ²)
	17		0,179	
T	20	18,33	0,198	0,192
350°C	18		0,200	

Pengujian ketiga yang dilakukan pada baja AISI 1045 dengan proses perlakuan *quenching-tempering* temperatur 350°C dan waktu penahanan 60 menit. Pada (tabel 3) pengujian ini menggunakan tiga spesimen dengan nilai harga *impact* sebagai berikut: 0.179 J/mm², 0.198 J/mm² dan 0.200 J/mm² dengan rerata 0.192 J/mm².

Tabel 4. Energi Impact Baja AISI 1045 dengan Perlakuan *Quenching* dalam Media Air disertai *Tempering* pada Temperatur 450 °C.

Laku panas	Energi Impact (J)	Rerata Energi Impact (Joule)	Harga Impact (Joule)	Rerata Harga Impact (J/mm ²)
T	85		0,842	
450°C	87	80	0,967	0,855
	68		0,756	

Pengujian keempat yang dilakukan pada baja AISI 1045 dengan proses perlakuan *quenching-tempering* temperatur 450°C dan waktu penahanan 60 menit. Pada (tabel 4) pengujian ini menggunakan tiga spesimen dengan nilai harga *impact* sebagai berikut: 0.842 J/mm², 0.967 J/mm² dan 0.756 J/mm² dengan rerata 0.855 J/mm².

Tabel 5. Energi Impact Baja AISI 1045 dengan Perlakuan *Tempering* pada Temperatur 550 °C.

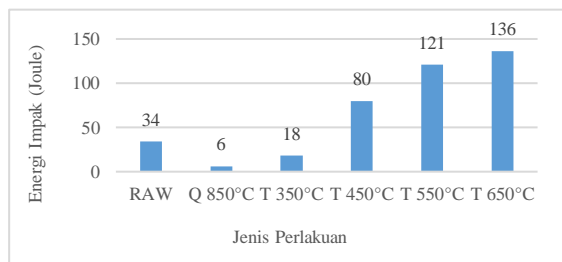
Laku panas	Energi Impact (J)	Rerata Energi Impact (Joule)	Harga Impact (Joule)	Rerata Harga Impact (J/mm ²)
T	109		1,079	
550°C	132	121,33	1,307	1,251
	123		1,367	

Pengujian kelima yang dilakukan pada baja AISI 1045 dengan proses perlakuan *quenching-tempering* temperatur 550°C dan waktu penahanan 60 menit. Pada (tabel 5) pengujian ini menggunakan tiga spesimen dengan nilai harga *impact* sebagai berikut: 1.079 J/mm², 1.307 J/mm² dan 1.367 J/mm² dengan rerata 1.251 J/mm².

Pengujian keenam yang dilakukan pada baja AISI 1045 dengan proses perlakuan *quenching-tempering* temperatur 650°C dan waktu penahanan 60 menit. Pada (tabel 6) pengujian ini menggunakan tiga spesimen dengan nilai harga *impact* sebagai berikut: 1.317 J/mm², 1.656 J/mm² dan 1.389 J/mm² dengan rerata 1.454 J/mm².

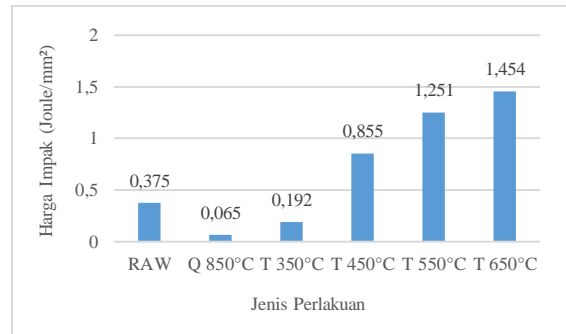
Tabel 6. Energi Impact Baja AISI 1045 dengan Perlakuan *Quenching* dalam Media Air disertai *Tempering* pada Temperatur 650 °C.

Laku panas	Energi Impact (J)	Rerata Energi Impact (Joule)	Harga Impact (Joule)	Rerata Harga Impact (J/mm ²)
T 650°C	133 149 125	135,67	1,317 1,656 1,389	1,454



Gambar 3. Diagram Energi Impact dengan Variasi Temperatur *Tempering*

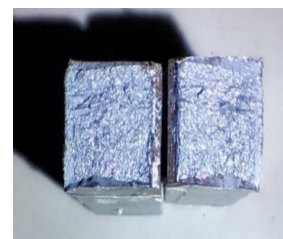
Setelah diberikan perlakuan menunjukkan bahwa nilai energi yang diserap untuk proses raw material sebesar 34 joule, nilai ini turun pada proses *quenching* sebesar 6 joule. Kemudian nilai energi yang diserap pada proses *tempering* suhu 350°C sebesar 18 joule, angka naik pada proses *tempering* suhu 450°C sebesar 80 joule. Selanjutnya diikuti nilai energi yang diserap pada suhu *tempering* 550°C mencapai sebesar 121 joule, nilai ini bertambah tinggi di temperatur *tempering* pada suhu 650°C sebesar 136 joule.



Gambar 4. Diagram Harga Impact dengan Variasi Temperatur *Tempering*

Dapat dilihat kenaikan pada setiap variasi temperatur yang dimana hasil pengujian ketangguhan yang memiliki nilai paling kecil adalah spesimen yang diberikan perlakuan *quenching* tanpa *tempering* yang dengan nilai rata-rata harga impactnya 0.065 J/mm². Dan yang memiliki nilai harga impact tertinggi yaitu di temperatur *tempering* 650°C dengan nilai rata-rata ketangguhan harga impact 1.454 J/mm².

Pada diagram diatas diperlihatkan bahwa untuk nilai ketangguhan setelah dilakukan *heat treatment (Quenching)* dan setelah itu dilakukan pemanasan kembali yaitu proses *tempering* dengan variasi suhu 350°C, 450°C, 550°C, 650°C. Terlihat untuk suhu temper terendah sampai suhu temper yang tertinggi nilai ketangguhan semakin tinggi. Hal tersebut sesuai teori yang menyatakan, pengaruh suhu penemperan terhadap sifat-sifat baja adalah apabila suhu *tempering* semakin tinggi maka mempunyai sifat ketangguhan yang semakin tinggi juga.



Gambar 5. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 (Raw Material)

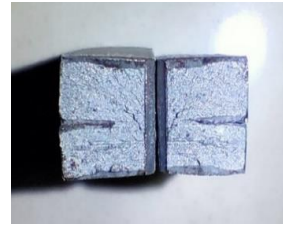
Pada gambar 5 dapat terlihat dari hasil foto pengamatan makro baja AISI

1045 yang tanpa perlakuan atau RAW material dapat dilihat pada permukaan patahan lebih kasar yaitu cenderung ke arah fasa *martensit* hal ini disebabkan tanpa perlakuan panas pada raw material dapat terlihat dari permukaannya rata dan tidak terlalu kasar cenderung lebih halus dan ditandai dengan permukaan perpatahan terdapat batas butir yang lebih besar (*granular/kristalin*) dan halus serta memantulkan cahaya yang lebih tinggi/mengkilat, menandakan bahwa material tersebut cenderung tidak terlalu ulet namun juga tidak getas. Jenis patahan ini deformasinya paling kecil atau permukaan patah yang rata. Spesimen tanpa perlakuan tersebut juga memiliki harga impact yang lebih rendah dibanding spesimen hasil *tempering* 450, 550°C dan 650°C. Ini mengindikasikan jenis patahannya yaitu patahan getas.



Gambar 6. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 Hasil *Quenching* Temperatur 850°C

Pada gambar 6 dapat dilihat proses *quenching* dengan temperatur 850°C yang dilakukan pada baja AISI 1045. Dapat terlihat pada permukaan patahan jauh lebih rata dan lebih halus dan memiliki batas butir *granular/kristalin* lebih banyak yang menandakan bahwa material tersebut tidak ulet, fasa *martensit* dengan kekerasan yang tinggi disebabkan spesimen tersebut mengalami proses pendinginan yang cepat. Spesimen tanpa *tempering* tersebut memiliki harga impact yang paling rendah dibanding spesimen yang lain. Ini mengindikasikan jenis patahannya yaitu patahan getas/rapuh.



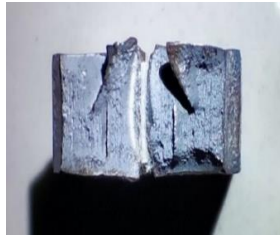
Gambar 7. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 Hasil *Tempering* Temperatur 350°C

Pada gambar 7 dapat dilihat proses *tempering* dengan temperatur 350°C yang dilakukan pada baja AISI 1045. Dapat terlihat pada permukaan patahan sedikit kasar dan berserat atau *fibrous* mengindikasikan bahwa keuletannya naik dibandingkan dengan spesimen perlakuan *quenching*. Ini dikarenakan tegangan sisa proses *quenching* mulai berkurang sehingga mempengaruhi nilai ketangguhan meskipun kekerasan turun. Karena butir-butir logam lebih kecil menyebabkan ikatan pada logam. Jenis perpatahan ini disebut perpatahan campuran.



Gambar 8. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 Hasil *Tempering* Temperatur 450°C

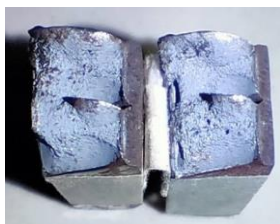
Pada gambar 8 dapat terlihat dari hasil pengamatan baja AISI 1045 yang di *tempering* pada temperatur 450°C. Dapat terlihat pada permukaan patahan lebih kasar dan berserat atau *fibrous* mengindikasikan bahwa keuletannya naik dari suhu *tempering* 350°C karena adanya fasa *bainit* dengan karbida yang halus dalam *ferit* menunjukkan adanya deformasi plastis yang tinggi. Sehingga jenis perpatahan yang terjadi yaitu perpatahan liat/berserat.



Gambar 9. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 Hasil *Tempering* Temperatur 550°C

Pada gambar 9 terlihat pengamatan dari baja AISI 1045 yang di *tempering* 550°C memiliki bentuk permukaan patahan yang kasar dan tidak rata serta memiliki alur serat yang lebih merata, yang mengindikasikan bahwa *bainit* hampir merata, sehingga meningkatkan nilai ketangguhan dari suhu *tempering* 450°C sebelumnya. Ini dikarenakan *bainit* diperoleh dari *austenite* pada temperatur yang lebih rendah dari transformasi ke *perlit* dan lebih tinggi dari transformasi ke *martensit*. Sehingga jenis perpatahan yang dihasilkan yaitu perpatahan ulet/liat.

Pada gambar 10 terlihat pengamatan dari baja AISI 1045 yang di *tempering* 650°C memiliki bentuk permukaan patahan yang kasar dan tidak rata serta memiliki alur serat yang lebih merata, yang mengindikasikan bahwa *bainit* hampir merata, sehingga memiliki nilai ketangguhan paling tinggi. Ini dikarenakan *bainit* diperoleh dari *austenite* pada temperatur yang lebih rendah dari transformasi ke *perlit* dan lebih tinggi dari transformasi ke *martensit*. Patahan banyak berbentuk sudut tajam, runcing dan berserat. Sehingga jenis perpatahan yang dihasilkan yaitu perpatahan ulet/liat.



Gambar 10. Pengamatan Pola Patahan Baja AISI 1045 Hasil *Tempering* Temperatur 650°C

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [2] tentang pengaruh suhu dan waktu *tempering* terhadap kekerasan dan struktur mikro pada material baja 13Cr3Mo3Ni, dimana pada baja tersebut terjadi penurunan nilai kekerasan baja seiring dengan meningkatnya suhu *tempering*, hal tersebut mengindikasikan bahwa terjadi peningkatan ketangguhan pada material tersebut. Dalam penelitian ini peningkatan keuletan baja karbon sedang terjadi pada suhu *tempering* tertinggi yaitu pada temperatur 650°C dengan penahanan waktu 60 menit.

4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini proses perlakuan panas *tempering* yang telah dilakukan terhadap baja karbon sedang dapat meningkatkan keuletan baja tersebut. Spesimen *tempering* temperatur 650°C dengan penahanan waktu 60 menit memiliki ketangguhan yang paling besar, yaitu memperoleh nilai rata-rata 135,67 Joule dengan harga impak 1.454 J/mm². yang dihasilkan yaitu patahan ulet/liat. Temperatur *tempering* mempengaruhi nilai energi impak. Dimana ketika temperatur *tempering* dinaikan maka nilai ketangguhan spesimen meningkat. Ciri patah ulet tampak lebih buram maka perpatahannya tampak berwarna keabu-abuan dan seperti berserabut atau dinamakan *fibrous fracture*. Pengamatan jenis patahan menggunakan OEM (*Optical Electron Microscopy*), proses *tempering* dengan berbagai variasi temperatur mampu meningkatkan keuletan baja AISI 1045, ditandai oleh jenis patahan berserat (*fibrous*)

Referensi

- [1] Pramono, A. "Karakteristik struktur mikro hasil proses *hardening* baja aisi 1045 media *quenching* untuk aplikasi sprocket rantai," *Teknika: jurnal sains dan teknologi*, 2011.

- [2] Perdana, H., Anwar, M. S., Juniarsih, A., & Mabruri, E. “*Pengaruh Suhu dan Waktu Tempering Terhadap Kekerasan, Struktur Mikro, dan Laju Korosi Baja Tahan Karat Martensitik 13Cr3Mo3Ni [The Influence of Time and Temperature Tempering on Hardness, Microstructure and Corrosion Rate of 13Cr3Mo3Ni Stainless Steel]*,” *Metalurgi*, 2017.
- [3] Mustofa, H., “*Pengaruh temperatur tempering terhadap kekerasan dan struktur mikro baja aisi 1045 yang diquenching dalam media pendingin tersirkulasi*,” 2020.
- [4] Sagita, R. N., Rochiem, R., & Wibisono, A. T., “*Analisa Pengaruh Lama Waktu Tahan Tempering pada Perlakuan Panas Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Coupler Baja AAR-M201 Grade E*,” *Jurnal Teknik ITS*, 2017.
- [5] Prawira, M. Z., & Sisworo, S. J., “*Pengaruh Perbedaan Suhu Terhadap Kekuatan Impact Alumunium 5083 Hasil Pengelasan Tungsten Inert Gas*,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, 2015.
- [6] Majanasastra, R, B, S., “*Analisis Simulasi Uji Impak Baja Karbon Sedang (AISI 1045) dan Baja Karbon Tinggi (AISI D2) Hasil Perlakuan Panas*,” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 2013.
- [7] Jalil, S. A., Zulkifli, Z., & Rahayu, T., “*Analisa kekuatan impak pada penyambungan pengelasan smaw material ASSAB 705 dengan variasi arus pengelasan*,” *Jurnal Polimesin*, 2017.