

PENGARUH KADAR GARAM PADA MEDIA PENDINGIN PROSES *QUENCHING-TEMPERING* TERHADAP KEKUATAN PUNTIR DAN IMPAK BAJA S45C

Muhammad Rizky Rizal Maulana

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: muhammadrizky.20032@mhs.unesa.ac.id

Mochamad Arif Irfa'i

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Email: arifirfai@unesa.ac.id

Abstrak

Beban kejut dan puntiran pada poros mesin perontok padi dapat mengurangi umur pakainya. Pemilihan material dan penambahan perlakuan panas diperlukan sebagai upaya pencegahan. Kekuatan maksimum pada baja hasil perlakuan panas salah satunya dipengaruhi oleh laju pendinginan *quenching*. Air garam adalah salah satu media pendingin dengan laju pendinginan yang cepat dan merata. Namun diperlukan jumlah kadar garam yang tepat pada pengaplikasiannya. Metode penelitian ini menggunakan jenis eksperimen dengan tujuan mengetahui pengaruh kadar garam pada proses *quenching-tempering* terhadap kekuatan puntir dan impact material poros mesin perontok padi, yaitu baja S45C. Variasi kadar garam yang digunakan ialah 0%, 10%, dan 20%. Temperatur pemanasan yang digunakan yaitu 850°C dengan *holding time* selama 15 menit dan dilanjutkan pendinginan cepat menggunakan air garam. Setelah itu, dilakukan proses *tempering* dengan temperatur 300°C dan *holding time* selama 15 menit. Hasil penelitian menunjukkan variasi air garam 20% memiliki nilai tegangan puntir tertinggi yaitu sebesar 20,04 N/mm², dan terendah pada variasi air garam 0% sebesar 18,22 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan impact tertinggi pada variasi air garam 0% sebesar 0,4137 Joule/mm², dan terendah pada variasi air garam 20% yaitu sebesar 0,2447 Joule/mm². Semakin tinggi kadar garam *quenchant* dapat meningkatkan kekuatan puntirnya, namun di sisi lain akan mengurangi sedikit ketangguhannya.

Kata Kunci: Kadar Garam, *Quenching-tempering*, Kekuatan Puntir, Kekuatan Impact, Baja S45C

Abstract

Shock and torsional loads on the rice threshing machine shaft can reduce its service life. Material selection and additional heat treatment are needed as preventive measures. The maximum strength of heat-treated steel is influenced by the quenching cooling rate. Salt water is one of the cooling media with a fast and even cooling rate. However, the right amount of salt content is needed in its application. This research method uses an experimental type with the aim of determining the effect of salt content on the quenching-tempering process on the torsional and impact strength of the rice threshing machine shaft material, namely S45C steel. The variations in salt content used are 0%, 10%, and 20%. The heating temperature used is 850°C with a holding time of 15 minutes and continued with rapid cooling using salt water. After that, the tempering process is carried out with a temperature of 300°C and a holding time of 15 minutes. The results showed that the variation of 20% salt water had the highest torsional stress value of 20.04 N/mm², and the lowest was in the variation of 0% salt water of 18.22 N/mm². While the highest impact strength value in the variation of 0% salt water was 0.4137 Joule/mm², and the lowest in the variation of 20% salt water was 0.2447 Joule/mm². The higher the content of quenchant salt can increase its torsional strength, but on the other hand it will reduce its toughness slightly.

Keywords: Salt Content, *Quenching-tempering*, Torsional Strength, Impact Strength, S45C Steel

PENDAHULUAN

Mesin perontok padi merupakan alsin pertanian yang dapat meningkatkan efisiensi kerja serta mampu menekan susut panen. Pada pengaplikasiannya, seringkali ditemukan gangguan operasional yang disebabkan kapasitas pengumpanan yang berlebih. Hal itu akan berdampak terhadap umur pakai poros silinder perontok yang mengalami beban kejut akibat transmisi *pulley* sekaligus beban puntir akibat pengaruh motor penggerak.

Poros silinder perontok termasuk salah satu komponen penting pada mesin perontok padi yang berfungsi meneruskan daya dari motor penggerak menuju silinder/tabung perontok. Pembebanan yang tidak merata menyebabkan poros mengalami *displacement* di beberapa titik (Ramadhan, 2022). Oleh karena itu, diperlukan

perencanaan poros yang tepat untuk meminimalisir kegagalan poros. Beberapa hal penting dalam perencanaan poros salah satunya yaitu kekuatan dan material poros (Sularso & Suga, 2004).

Baja S45C merupakan jenis baja karbon sedang dengan kandungan karbon sebesar 0,42-0,48% yang sering diaplikasikan pada poros. Harga yang terjangkau dan tingkat ketersediaannya di pasaran menjadi salah satu aspek pemilihan material ini (Soebagyoo dkk., 2022). Sifat mekanis baja S45C yang ulet akan mempermudah proses pemesinan dan manufaktur. Namun di sisi lain diperlukan proses perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatannya.

Quenching adalah salah satu metode perlakuan panas dengan cara mendinginkan secara cepat material yang telah dipanaskan hingga temperatur *austenitik* untuk mendapatkan struktur *martensite*. Struktur *martensite*

inilah yang meningkatkan kekuatan material, namun di sisi lain menurunkan ketangguhannya. Oleh karena itu diperlukan perlakuan *tempering* untuk menambah keuletan material dan menghilangkan tegangan sisa (Schonmetz & Gruber, 1985).

Kekuatan maksimum pada baja hasil perlakuan panas salah satunya dipengaruhi oleh laju pendinginan *quenching* (Shackelford, 2014). Air garam (*brine*) adalah salah satu media pendingin dengan laju pendinginan yang cepat, merata, dan tidak menimbulkan bahaya oksidasi maupun karburasi (penambahan unsur karbon) (Syahri dkk., 2017). Penentuan kadar garam yang tepat pada media pendingin diperlukan untuk mendapatkan laju pendinginan terbaik. Peningkatan kadar garam terlarut berbanding lurus dengan laju pendinginan dan perpindahan panas (Gatot dkk., 2019).

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan penelitian dengan tujuan mengetahui pengaruh metode perlakuan panas *quenching-tempering* dengan variasi kadar garam pada media pendingin terhadap kekuatan puntir dan dampak dari material poros mesin perontok padi, yaitu material baja S45C.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen dengan tujuan mengetahui seberapa jauh pengaruh kadar garam pada media pendingin proses *quenching-tempering* terhadap nilai kekuatan puntir dan kekuatan dampak baja S45C.

Tempat dan Waktu Penelitian

- **Tempat Penelitian**
Proses pembuatan spesimen dilakukan di bengkel pemesinan daerah Gresik.
Proses perlakuan panas *quenching-tempering* dilakukan di laboratorium pelapisan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya.
Proses pengujian puntir dan pengujian dampak dilakukan di laboratorium uji bahan Politeknik Negeri Malang.
- **Waktu Penelitian**
Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2024 hingga bulan Agustus 2024.

Variabel Penelitian

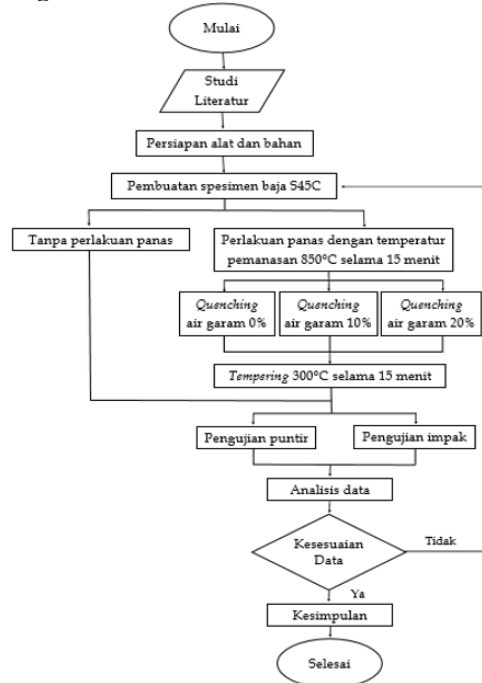
- **Variabel Bebas**
Variabel bebas pada penelitian ini adalah kadar garam pada media pendingin dengan variasi 0%, 10%, dan 20%.
- **Variabel Terikat**
Variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai kekuatan puntir dan nilai kekuatan dampak baja S45C.
- **Variabel Kontrol**
Variabel yang dikontrol pada penelitian ini diantaranya:
 - Jenis material yang digunakan yaitu baja S45C.
 - Temperatur pemanasan 850°C dengan waktu tahan selama 15 menit.
 - Proses *quenching* dilakukan selama 2 menit.
 - Suhu *tempering* yang digunakan yaitu 300°C ditahan selama 15 menit.
 - Media pendingin proses *tempering* yaitu udara.

- Pengujian puntir menggunakan alat uji puntir (*rotary test*) dengan standar ASTM E143.
- Pengujian dampak menggunakan alat uji *impact charpy* dengan standar ASTM E23.

Alat, Bahan, dan Instrumen

- Alat yang digunakan diantaranya : Tungku pemanas, sarung tangan *safety*, penjepit, kawat, wadah media pendingin, gelas ukur, dan timbangan digital
- Bahan yang digunakan ialah : Baja S45C, air, dan garam dapur (NaCl) beryodium
- Instrumen penelitian antara lain : Mesin uji puntir, dan mesin uji *impact charpy*.

Rancangan Penelitian

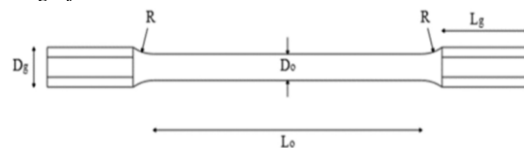


Gambar 1. Flowchart Penelitian

Prosedur Penelitian: Persiapan Spesimen

Proses persiapan spesimen atau benda uji diawali dengan pembentukan baja S45C sesuai dengan standar pengujian yang berlaku. Spesimen dibuat sebanyak 12 untuk pengujian puntir dan 12 untuk pengujian dampak, sehingga total spesimen yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 24 spesimen.

Standar yang digunakan dalam pengujian puntir sesuai dengan ASTM E143 “*Standard Test Method for Tension Testing of Metallic Materials*”.

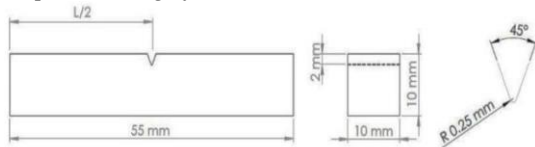


Gambar 2. Standar Uji Puntir ASTM E143

Tabel 1. Dimensi Uji Puntir

Spesimen Uji	Dimensi Spesimen (mm)				
	Do	Lo	R	Dg	Lg
ASTM E143	8	100	9	10	32

Standar yang digunakan dalam pengujian impact sesuai dengan ASTM E23 “*Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*”.



Gambar 3. Standar Uji Impak ASTM E23

Preparasi Air Garam

Penentuan kadar garam terlarut dalam larutan air garam digunakan rumus persen massa terhadap volume (%m/v) sebagai berikut:

$$\%C = \frac{m}{v} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

- %C = konsentrasi larutan
- m = massa zat terlarut (gr)
- v = volume tota larutan (mL)

Volume total larutan yang digunakan pada penelitian ini yaitu 4000 mL. Jadi didapatkan massa NaCl terlarut pada air garam dengan kadar 0%, 10%, dan 20% berturut-turut adalah 0 gr, 400 gr, dan 800 gr.

Perlakuan Panas

Baja S45C yang sudah sesuai dengan standar spesimen uji dimasukkan ke dalam tungku pemanas dengan temperatur pemanasan 850°C dan ditahan selama 15 menit. Kemudian didinginkan menggunakan media pendingin air garam dengan variasi kadar garam 0%, 10%, dan 20%. Selanjutnya dilakukan proses pemanasan kembali (*tempering*) menggunakan tungku pemanas dengan temperatur pemanasan 300°C dan ditahan selama 15 menit lalu didinginkan perlahan dalam suhu ruangan.

Pengujian Puntir dan Pengujian Impak

- Pengujian puntir bertujuan mengetahui kekuatan dan keplastisan spesimen uji saat menerima beban puntiran. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji torsi. Hasil pengujian puntir disajikan dalam 2 parameter, yaitu momen puntir (torsi) dan tegangan puntir.
- Pengujian impact bertujuan untuk mengetahui ketangguhan dari spesimen uji. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat uji *impact charpy*. Hasil pengujian impact disajikan dalam 2 parameter, yaitu energi impact terserap dan harga impact.

Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data diawali dengan pencatatan data setelah pengujian kemudian menyajikannya dalam bentuk tabel.

Teknik Analisis Data

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data regresi yang digunakan untuk memprediksikan seberapa jauh pengaruh variabel kadar garam terhadap nilai kekuatan puntir dan impact baja S45C. Data hasil pengujian yang telah tercatat berupa nilai tegangan puntir dan kekuatan impact dilakukan uji linearitas dan uji keberartian sebagai prasyarat untuk melakukan analisis regresi.

Pengambilan keputusan analisis regresi didasarkan pada nilai koefisien determinasi (*R square*) paling besar atau mendekati 1, yang berarti tingkat pengaruh variabelnya paling tinggi. Setelah itu disajikan dalam bentuk grafik regresinya untuk memprediksi titik potong variabel X (*independent*) dan variabel Y (*dependent*) saat mencapai nilai maksimumnya.

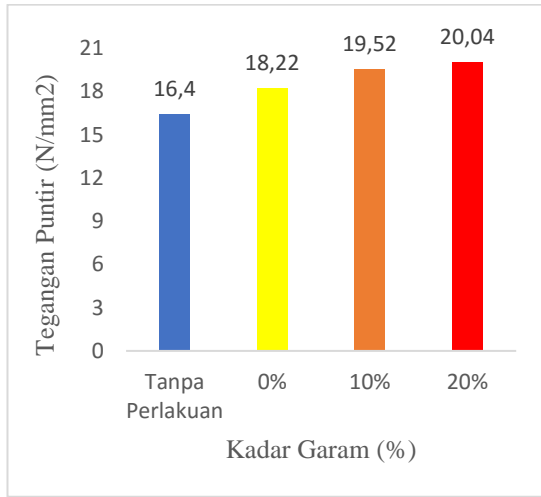
HASIL DAN PEMBAHASAN

• Uji Puntir

Pengujian puntir menggunakan alat uji torsi (*torsion test*) dengan total 12 spesimen uji. Hasil pengujian puntir dapat dilihat pada tabel 2 berikut.

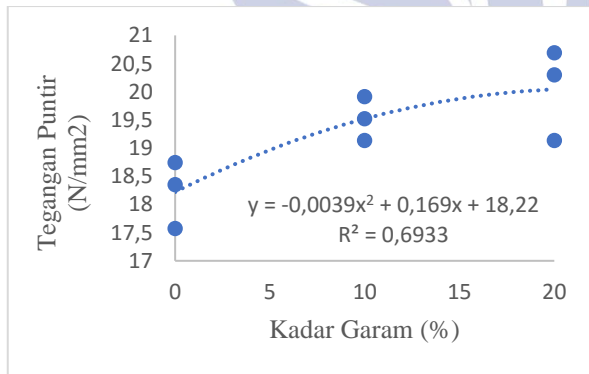
Tabel 2. Hasil Pengujian Puntir

Perlakuan Panas	Spesimen	Torsi (N.mm)	Tegangan Puntir (N/mm ²)
Tanpa Perlakuan	1	1685,6	16,79
	2	1607,2	16,01
	3	1646,4	16,40
Rata-rata			16,4
<i>Quenching</i> Air Garam 0%	1	1764	17,57
	2	1842,4	18,35
	3	1881,6	18,74
Rata-rata			18,22
<i>Quenching</i> Air Garam 10%	1	1960	19,52
	2	1999,2	19,91
	3	1920,8	19,13
Rata-rata			19,52
<i>Quenching</i> Air Garam 20%	1	2038,4	20,30
	2	2077,6	20,69
	3	1920,8	19,13
Rata-rata			20,04



Gambar 4. Diagram Rata-rata Uji Puntir

Diagram rata-rata uji puntir pada **Gambar 4.** menunjukkan nilai rata-rata tegangan puntir spesimen tanpa perlakuan sebesar 16,4 N/mm², kemudian diikuti spesimen dengan variasi kadar garam 0% sebesar 18,22 N/mm², spesimen dengan variasi kadar garam 10% sebesar 19,52 N/mm², dan spesimen dengan variasi kadar garam 20% sebesar 20,04 N/mm².



Gambar 5. Grafik Analisis Regresi Uji Puntir

Berdasarkan grafik data analisis regresi pengujian puntir pada **Gambar 5.** diperoleh koefisien determinasi sebesar 0,6933. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel kadar garam **berpengaruh sebesar 69,3%** terhadap kekuatan puntir dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Selain itu, didapatkan persamaan regresinya yaitu $Y = 18,22 + 0,169X - 0,004X^2$ dengan nilai X maksimumnya yaitu 21,125%. Hal itu berarti penambahan kadar garam lebih dari 21,125% pada media pendingin tidak lagi meningkatkan tegangan puntir baja S45C.

Peningkatan kadar garam pada media pendingin menyebabkan laju pendinginannya semakin cepat. Partikel-partikel garam akan memecah selimut uap dan memicu terbentuknya gelembung udara pada media

pendingin yang menyebabkan durasi fase *vapor blanket* berkurang atau bahkan tidak terjadi (Totten dkk., 2010).

Variasi dalam laju pendinginan inilah yang memengaruhi pembentukan struktur mikro dan sifat material. Baja yang di-*quenching* dengan kandungan air garam 2,5-25,0% struktur mikronya lebih dominan berupa *martensite* yang berbentuk jarum dan sedikit *bainite* (Yunaidi, 2016). Struktur martensite ini akan meningkatkan kekuatan baja.

Patahan uji puntir pada bahan getas ditandai dengan patahan lancip ± 45° terhadap sumbu puntiran, sedangkan pada bahan ulet patahan terjadi pada sumbu tegak lurus terhadap sumbu puntiran (Perdana, 2021). Bentuk patahan uji puntir pada penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 6.** yaitu, spesimen dengan variasi kadar garam 0% memiliki bentuk patahan yang hampir rata dan permukaannya berwarna kelabu menandakan material tersebut ulet. Spesimen dengan variasi kadar garam 10% memiliki bentuk patahan tidak rata serta relatif lancip dan permukaannya sebagian berwarna kelabu yang menandakan material tersebut sudah mulai bersifat getas. Spesimen dengan variasi kadar garam 20% memiliki bentuk patahan lancip dan hanya sedikit permukaan berwarna kelabu yang menandakan material tersebut bersifat getas.



Gambar 6. Bentuk Patahan Uji Puntir

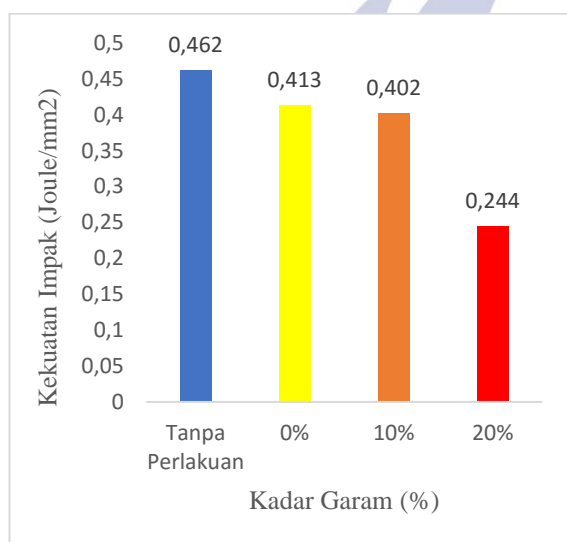
• **Uji Impak**

Pengujian impact menggunakan alat uji *impact charpy* dengan total 12 spesimen uji. Hasil pengujian impact dapat dilihat pada tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Impact

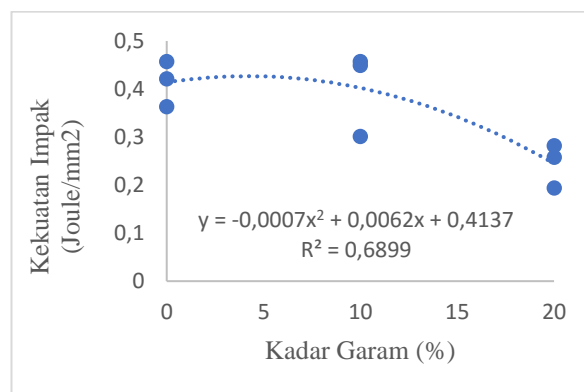
Perlakuan Panas	Spesimen	Energi Terserap (Joule)	Harga Impact (Joule/mm ²)
Tanpa Perlakuan	1	37,287	0,466
	2	34,398	0,429
	3	39,298	0,491
Rata-rata			0,462

Perlakuan Panas	Spesimen	Energi Terserap (Joule)	Harga Impak (Joule/mm ²)
<i>Quenching</i> Air Garam 0%	1	33,734	0,421
	2	29,107	0,363
	3	36,619	0,457
Rata-rata			0,413
<i>Quenching</i> Air Garam 10%	1	36,619	0,457
	2	35,952	0,449
	3	24,096	0,301
Rata-rata			0,402
<i>Quenching</i> Air Garam 20%	1	15,545	0,194
	2	22,584	0,282
	3	20,649	0,258
Rata-rata			0,244



Gambar 7. Diagram Rata-rata Uji Impak

Diagram rata-rata uji impak pada **Gambar 7.** menunjukkan nilai rata-rata kekuatan impak spesimen tanpa perlakuan sebesar 0,462 Joule/mm², kemudian diikuti spesimen dengan variasi kadar garam 0% sebesar 0,413 Joule/mm², spesimen dengan variasi kadar garam 10% sebesar 0,402 Joule/mm², dan spesimen dengan variasi kadar garam 20% sebesar 0,244 Joule/mm².



Gambar 8. Grafik Analisis Regresi Uji Impak

Berdasarkan grafik data analisis regresi pengujian impak pada **Gambar 8.** diperoleh koefisien determinasi sebesar 0,69. Hal tersebut menunjukkan bahwa variabel kadar garam **berpengaruh sebesar 69%** terhadap kekuatan impak dan sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti. Selain itu, didapatkan persamaan regresinya yaitu $Y = 0,414 + 0,006X - 0,001X^2$ dengan nilai X maksimumnya yaitu 3%. Hal itu berarti penambahan kadar garam lebih dari 3% pada media pendingin dapat menurunkan kekuatan impak baja S45C.

Fenomena penurunan nilai impak ini dipengaruhi oleh laju pendinginan yang sangat cepat pada proses sebelumnya (*quenching*). Struktur mikro dominan yang terbentuk berupa *martensite* dan *bainite* inilah yang mengurangi keuletan material (Yunaidi, 2016).

Penurunan kekuatan impak juga dipengaruhi oleh penurunan temperatur material sesaat sebelum dilakukan proses *quenching*. Semakin turun temperatur awal material sebelum dilakukan proses *quenching* sesuai diagram TTT (*Time Temperature Transformation*), akan menurunkan batas untuk mencapai persentase fasa *martensite final* (mf) yang dihasilkan (Shackelford, 2014). Hal tersebut berdampak pada lamanya proses *quenching* pada penelitian.

Patahan ulet *impact charpy* ditandai dengan permukaan yang berserat dan cenderung buram, sedangkan jenis patahan getas memiliki permukaan yang halus dan memantulkan cahaya (Kosasih & Nugraha, 2020). Bentuk patahan uji *impact charpy* pada penelitian ini antara lain, spesimen dengan variasi kadar garam 0% memiliki bentuk patahan yang kasar dan berserabut yang menandakan material tersebut ulet. Spesimen dengan variasi kadar garam 10% memiliki bentuk patahan campuran yakni relatif rata namun sedikit berserabut yang menandakan material tersebut sudah mulai bersifat getas. Spesimen dengan variasi kadar garam 20% memiliki bentuk patahan yang rata yang menandakan material tersebut bersifat getas.



Gambar 9. Bentuk Patahan Uji Impak

PENUTUP

Simpulan

Persentase kadar garam terlarut pada media pendingin proses *quenching-tempering* **berpengaruh secara signifikan** sebesar **69,3%** untuk nilai kekuatan puntir dan **69%** untuk nilai kekuatan impak material baja S45C. Semakin tinggi kadar garam *quenchant* maka semakin tinggi kekuatan puntirnya, namun di sisi lain akan mengurangi sedikit ketangguhannya. Hal itu disebabkan perlakuan *quenching* dinilai lebih dominan dibandingkan perlakuan *tempering*.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis untuk mendukung penelitian selanjutnya yaitu : Perlu dilakukan *tempering* pada suhu tinggi, untuk melihat adakah indikasi peningkatan grafik kekuatan impak yang berbanding lurus dengan grafik tegangan puntir. Selain itu, juga perlu dilakukan pengelompokan spesimen uji pada proses perlakuan panas *quenching* untuk meminimalisir pengaruh penurunan temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Gatot, D. W., Widiyono, E., Husodo, N., Winarto, & Nurmalasari, S. R. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Perbandingan Campuran Antara Air Dan Garam Sebagai Media Pendingin Terhadap Kekerasan, Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Aisi 1050. *SENIATI*.
- Kosasih, D. P., & Nugraha, H. D. (2020). Analisa Pengaruh Temperatur terhadap Impact Al 20xx dan Baja AISI. *Jurnal Teknik*, 4(2), 31–40.
- Perdana, Y. I. (2021). Pengujian Puntir Material Aluminium A6061 dan Kuningan C61400 Menggunakan Alat Uji Torsi. *Almikanika*, 2(4 SE-Articles), 162–169. <https://ejournal.uika-bogor.ac.id/index.php/ALMIKANIKA/article/view/5761>
- Ramadhan, W. (2022). *Analisis Poros Mesin Perontok Padi Dengan Simulasi*.

- Schonmetz, A., & Gruber, K. (1985). *Pengetahuan bahan dalam pengerjaan logam: pengerjaan benda-benda setengah jadi pengertian dasar kimia, pengertian dasar fisik*. Angkasa, Bandung.
- Shackelford, J. F. (2014). Introduction to Materials Science for Engineers. In *Pearson Higher Education* (Vol. 8).
- Soebagyo, H., Karmiadi, D. W., Zulhamsyah, M. Q., & K, A. R. T. (2022). Pemilihan Bahan Poros Transmisi Menggunakan Metode Simple Additive Weighting. *Prosiding Semrestek*, 2(1), 11–21.
- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*.
- Syahri, B., Putra, Z. A., & Helmi, N. (2017). Analisis Kekerasan Baja Assab 705 Yang Diberi Perlakuan Panas Hardening Dan Media Pendingin. *Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi*, 17(1), 17–26.
- Totten, G. E., Liscic, B., Tensi, H. M., & Canale, L. C. F. (2010). *Quenching theory and technology*. CRC Press.
- Yunaidi. (2016). Pengaruh Jumlah Konsentrasi Larutan Garam Pada Proses *Quenching* Baja Karbon Sedang S45C. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)*, 1(3), 70–76.