

Charpy and Izod Method Impak Strength Analysis on ST 37 Steel with Temperature Variations

Eka Putra Dairi Boangmanalu^{1*}, Angga Bahri Pratama², Al Qadry³, Jandri Fan HT Saragi⁴, Franklin Taruyun Hudeardo Sinaga⁵

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan

Corresponding Author: Eka Putra Dairi Boangmanalu

ekaboangmanalu@polmed.ac.id

ARTICLE INFO

Keywords: Impak, Charpy, Izod, Temperature

Received : 12, October

Revised : 15, November

Accepted: 28, December

©2023 Boangmanalu, Pratama, Qadry, Saragi, Sinaga: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRACT

This research is impact testing using the Charpy and Izod methods, temperature variations of 1500 C, 2500 C and raw material as the research variable. The results of the Charpy test with a variation of 150 0C obtained a maximum absorbed energy of 97.65 J, with an impact value of 0.222 J/mm². Then the maximum energy absorbed through testing at a temperature of 2500C is 78.28 Joules and the impact value is 0.177 J/mm². Furthermore, the raw material test results showed that the maximum energy absorbed was 145.96 J with an impact value of 0.330 J/mm². Izod testing with a temperature of 1500C obtained a maximum absorbed energy of 60.94 J with an impact value of 0.101 J/mm². Furthermore, the maximum energy absorbed at a temperature of 2500C is 36.83 Joules and the impact value is 0.061 J/mm². The raw material test results show that the maximum energy that can be absorbed is 80.53 J with an impact price of 0.133 J/mm²

Analisis Kekuatan Impak Metode Charpy dan Izod Pada Baja ST 37 dengan Variasi Temperature

Eka Putra Dairi Boangmanalu^{1*}, Angga Bahri Pratama², Al Qadry³, Jandri Fan HT Saragi⁴, Franklin Taruyun Hudeardo Sinaga⁵

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan

Corresponding Author: Eka Putra Dairi Boangmanalu

ekaboangmanalu@polmed.ac.id

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Impak, Charpy, Izod, Temperature

Received : 12, October

Revised : 15, November

Accepted: 28, December

©2023 Boangmanalu, Pratama, Qadry, Saragi, Sinaga: This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Penelitian ini adalah pengujian Impak dengan metode Charpy dan Izod, variasi temperature 150⁰ C, 250⁰ C dan raw material sebagai variable penelitian. Hasil dari pengujian Charpy dengan variasi 150⁰ C memperoleh energi yang diserap secara maksimum yaitu 97.65 J, dengan harga impak 0.222 J/mm². Kemudian energi maksimum yang diserap melalui pengujian dengan suhu 250⁰C yaitu 78.28 Joule dan harga impak sebesar 0.177 J/mm². Selanjutnya hasil pengujian raw material, energy maksimum yang diserap yaitu sebesar 145.96 J dengan harga impak 0.330 J/mm². Pengujian Izod dengan suhu 150⁰C memperoleh energi yang diserap secara maksimum 60.94 J dengan harga impak 0.101 J/mm². Selanjutnya energi maksimum yang diserap dengan suhu 250⁰C yaitu 36.83 Joule dan harga impak sebesar 0.061 J/mm². Hasil pengujian raw material energy maksimum yang dapat diserap yaitu sebesar 80.53 J dengan harga impak 0.133 J/mm²

PENDAHULUAN

Perkembangan kemajuan diberbagai bidang ilmu telah terbukti dirasakan banyak pihak khususnya kemajuan teknologi. Hal tersebut dapat dibuktikan bahwa teknologi telah membantu manusia untuk menyelesaikan pekerjaan. Perkembangan teknologi dibidang material juga telah terbukti memberi manfaat bagi dunia industri, baik manufaktur, otomotif maupun industri lainnya. Sehingga pemanfaatan material semakin efisien karena telah dilakukan perbaikan dari masa kemasa. Salah satu material yang masih digunakan saat ini adalah baja. Baja adalah sebuah perpaduan logam yang telah tersusun dimana karbon sebagai pengikat dan besi sebagai unsur yang paling dominan. Menurut (Majanasastra, 2011). Baja adalah sebuah senyawa antara besi (Fe) dan karbon (C), dimana sering juga ditambahkan unsur lain untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu yang dikehendaki. Baja merupakan salah satu logam yang banyak digunakan dalam berbagai bidang, terutama dalam bidang industri permesinan dan konstruksi. Menurut (Widiyarta & Sucipta, 2018) Baja karbon mempunyai sifat yang ditentukan oleh banyaknya kadar karbon yang ada dalam baja dan struktur mikro baja. Secara umum baja karbon digolongkan menjadi tiga jenis antara lain: Baja karbon rendah, memiliki kandungan karbon sebesar 0,10% - 0,30%, kemudian baja karbon sedang, memiliki kandungan karbon sebesar 0,31% - 0,60%, dan selanjutnya baja karbon tinggi, memiliki kandungan karbon 0,61% - 1,5%.

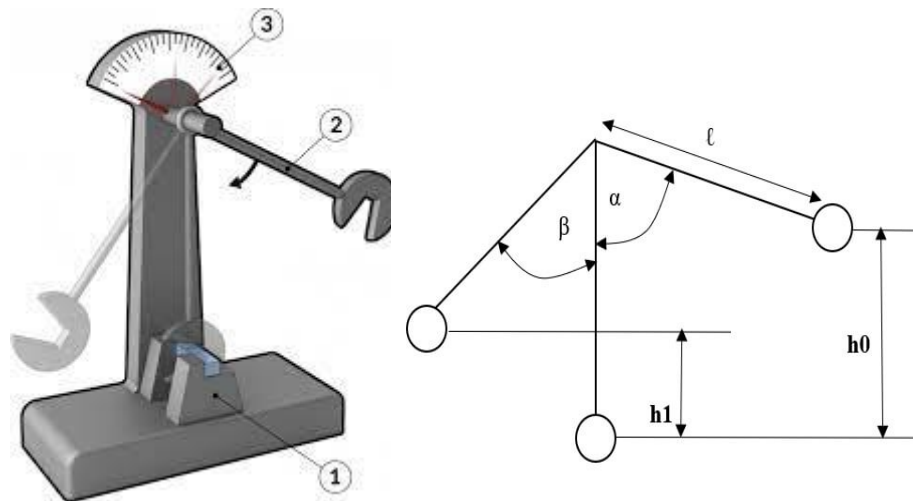
Penggunaan baja cukup bervariasi dan banyak digunakan tergantung dari kebutuhan pengguna, kemudian sifat dari material baja tersebut juga mempengaruhi aspek kegunaannya. Sifat-sifat yang dapat dilihat adalah kekuatan mekanis dan fisisnya, sehingga dengan melakukan pengujian bahan, sifat ketangghan, kekerasan, keuletan hingga deformasi dapat dikaji dalam sebuah pengujian yang presisi.

TINJAUAN PUSTAKA

Uji Impak

Menurut (Nuhgraha et al., 2020) Uji impak merupakan pengujian suatu bahan untuk mengetahui apakah suatu material rapuh atau ulet dari segi ketangguhannya. Pengujian impak ini juga bertujuan untuk melihat kondisi logam yang diuji dengan menentukan harga impak yang didapatkan melalui mesin pengujian. Mesin pengujian ini dirancang untuk mengetahui kekuatan specimen yang diuji.

System pengujian impak adalah dengan mematahkan benda (specimen) uji, sehingga melalui pengujian tersebut akan didapatkan energi yang diserap. Dengan memosisikan pendulum dengan ketinggian yang sudah di *setting* kemudian pendulum tersebut diayunkan menuju specimen, maka akan terjadi patah pada sasaran yang sudah ditentukan, perhatikan gambar 1 yaitu mesin uji impak beserta komponen pendukungnya. Posisi nomor 1 (satu) adalah pendulum yang sedang menghantam benda uji, kemudian untuk nomor yang kedua adalah posisi awal pendulum sebelum pengujian, berat pendulum sekitar 15-25 kg tergantung dari kebutuhan pengujian, kemudian yang ke tiga adalah skala pembacaan hasil dari pengujian dan hasil energi yang diserap.



Gambar 1. Mesin Uji Impak

Charpy dan Izod

Pengujian impak akan mengetahui energi yang diserap, energi tersebut biasanya dinyatakan dalam satuan joule dan dapat diketahui secara pada dial (skala) yang sudah dikalibrasi. Pada pengujian impak, terdapat dua metode, yang bisa digunakan yaitu charpy dan izod. Untuk mengetahui Energi yang diserap dan harga impak (HI) dapat kita lihat pada persamaan berikut

$$\text{Energi yang Diserap (E)} = m \cdot g \cdot \lambda (\cos \beta - \cos \alpha) \text{ (J)} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

- m = Massa Pendulum (kg)
- g = Gravitasi 9,81 m/s
- λ = Jarak lengan pendulum (m)
- cos α = Sudut posisi awal pendulum
- cos β = Sudut posisi akhir pendulum

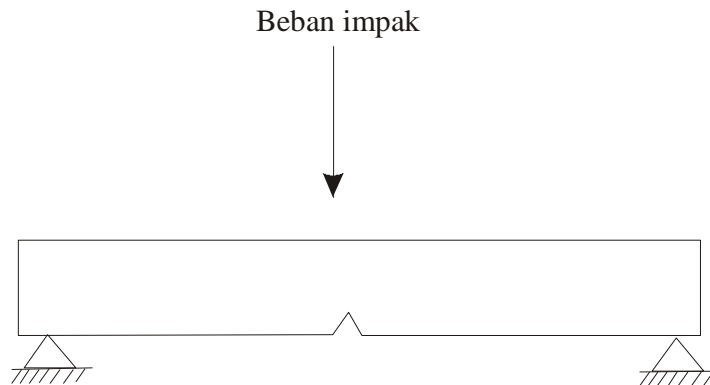
$$\text{Harga Impak (HI)} = \frac{\text{Energi yang diserap (E)(J)}}{\text{Luas penampang di bawah takik (A)(mm}^2\text{)}} \dots \dots \dots (2)$$

Specimen uji impak memiliki 2 jenis standart, yaitu ASTM E-23 pengujian yang digunakan adalah Charpy dimana pengujian tersebut dikembangkan oleh Amerika. Kemudian standart yang kedua Metode Izod yang dikembangkan oleh peneliti dari Eropa. Secara umum benda uji impak dikelompokkan ke dalam dua golongan sampel standar yaitu : batang uji Charpy yang biasanya digunakan di Amerika sedangkan batang uji Izod digunakan di Inggris dan Eropa. (Dan et al., 2023)

Tabel 1. Ukuran spesimen metode charpy

No	Deskripsi	Dimensi	Toleransi
1	Panjang Spesimen	55 mm	+0/-2.5 mm
2	Pemusatan Takik		±1 mm
3	Panjang takik ke tepi	90°	±2°
4	Sudut sisi yang berdekatan	90°	±0.17°
5	Lebar	10 mm	±0.075
6	Ketebalan	10 mm	±0.075

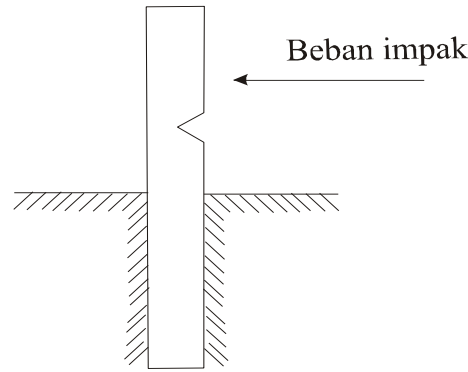
7V	Panjang ligamen, Tipe V	8 mm	± 0.025
7U	Panjang ligamen, Tipe U	5 mm	± 0.075
8V	Radius Takik, Tipe V	0.25 mm	± 0.025
8U	Radius Takik, Tipe U	1 mm	± 0.025
9	Sudut Takik	45°	$\pm 1^\circ$
A	Persyaratan Permukaan Akhir	2 μm (Ra)	\leq
B	Persyaratan Permukaan Akhir	4 μm (Ra)	\leq



Gambar 2. Spesimen metoda charpy ASTM E-23

Tabel 2. Ukuran spesimen metode Izod

No	Deskripsi	Dimensi	Toleransi
1	Panjang Spesimen	75 mm	+0/-2.5 mm
2	Pemusatan Takik	28	
3	panjang takik ke tepi	90°	$\pm 2^\circ$
4	Sudut sisi yang berdekatan	90°	$\pm 0.17^\circ$
5	Lebar	10 mm	± 0.025
6	Ketebalan	10 mm	± 0.025
7	Panjang ligamen, Tipe V	8 mm	± 0.025
8	Radius Takik, Tipe V	0.25 mm	± 0.025
9	Sudut Takik	45°	$\pm 1^\circ$
A	Persyaratan Permukaan Akhir	2 μm (Ra)	\leq
B	Persyaratan Permukaan Akhir	4 μm (Ra)	\leq



Gambar 3. Spesimen metoda izod ASTM E-23

Variasi Temperature

Pada penelitian ini variasi temperature atau perlakuan panas untuk menguji kekuatan impact akan dilakukan. Dalam bidang material terdapat dua cara perlakuan panas untuk meningkatkan nilai kekerasan baja, yaitu perlakuan panas (*heat treatment*) dan deformasi plastis. Baja karbon yang akan di panaskan hingga mencapai pada suhu austenit kemudian didinginkan secara cepat. (Nasution & Nasution, 2020), hal tersebut dilakukan untuk melihat seberapa berpengaruh suhu yang dilakukan terhadap sifat-sifat mekanis bahan melalui pengujian impact tersebut.

Logam yang diuji akan terlihat dampak dari energi impact yang dihasilkan, Logam yang ada di bawah lapisan pelindung dapat merubah bentuk secara fisis (Pratama et al., 2021). Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh (Fan et al., 2023) bahwa temperatur merupakan faktor yang sangat berpengaruh pada keangguhan suatu material dimana semakin rendah temperature material maka semakin rendah pula ketangguhannya mulai dari rapuh yaitu suhu yang sangat rendah dimana butir-butir material akan sangat rapat sehingga tidak ada ruang untuk terdeformasi elastis dan penyerapan energi sangat kecil, demikian sebaliknya semakin meningkatnya temperature maka butir-butir material akan merenggang dan meningkatkan terjadinya deformasi dan energi yang diserap juga semakin besar. Variasi temperature yang digunakan pada pengujian ini adalah 50^o C, 100^o C, 150^o C

METODOLOGI

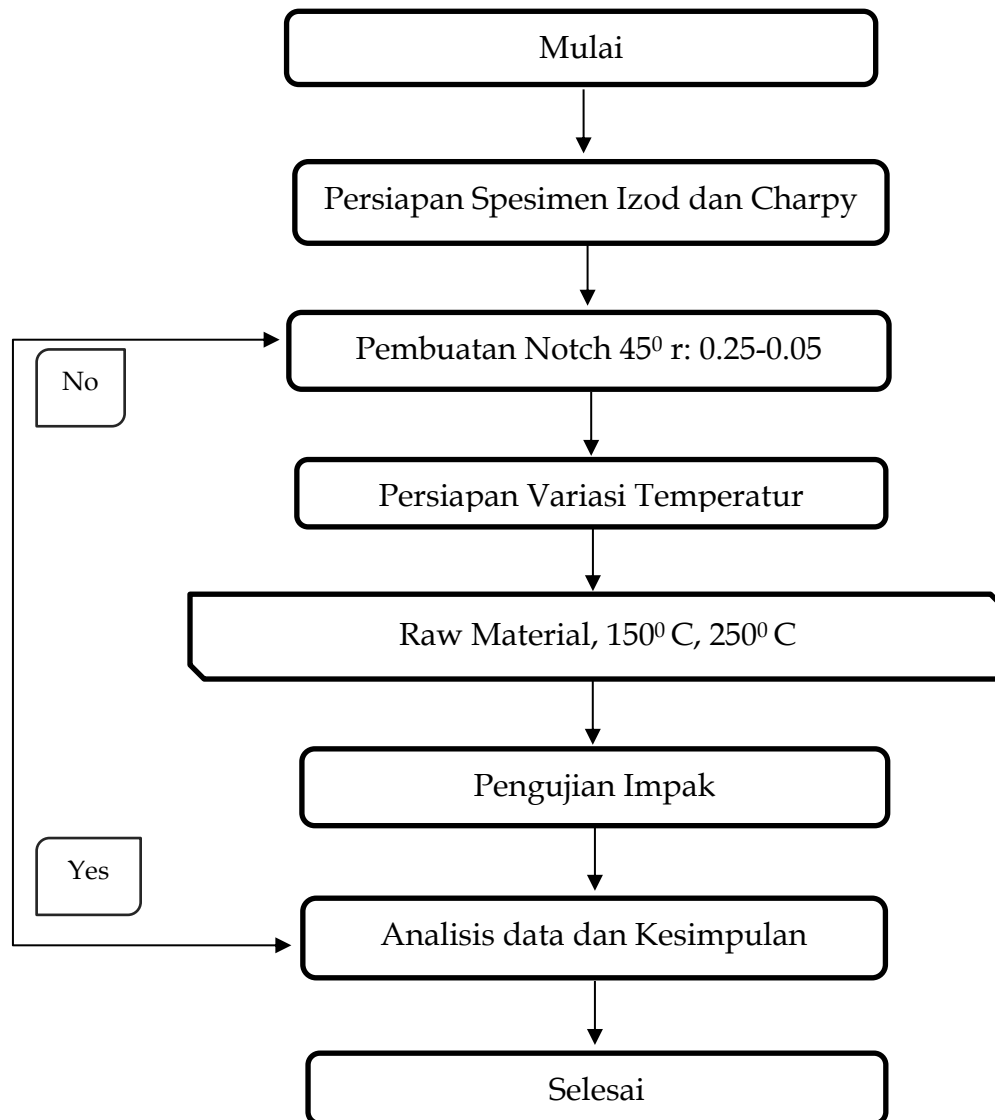
Tempat Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan.

Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan alat yaitu: (1) Alat Uji Impact, (2). Jangka Sorong digital, (3). Pengaris Baja 100 cm, (4). Sarung tangan, (5). Alat pelindung diri, (6), Spidol dan Tip-Ex, (7). Kertas dan Alat Tulis. Kemudian Bahan yang dipersiapkan adalah: (1). Spesimen Impact baja st37.

Penelitian ini dipersiapkan sedetail mungkin agar mendapatkan data yang maksimal. Adapun alur penelitian ini disajikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4. Alur Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Metode Charpy

Hasil yang diperoleh dari metode pengujian Charpy dapat kita lihat pada table dibawah ini.

Tabel 3. Pengujian Charpy Suhu 150 °C

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	55.03	8.03	441.891	135	108.0	150	93.73	0.212
2	55.04	8.02	441.421	135	110.0	150	85.96	0.195
3	55.04	8.02	441.421	135	109.0	150	89.83	0.204
4	55.01	8.04	442.28	135	109.0	150	89.83	0.203

5	55.03	8.03	441.891	135	112.0	150	78.28	0.177
6	55.04	8.02	441.421	135	111.0	150	82.11	0.187
7	55.01	8.01	440.63	135	107.0	150	97.65	0.222



Gambar 5. Hasil Pengujian Charpy Suhu 150 °C

Pada pengujian charpy ini digunakan variasi temperature 150°C. Specimen yang diuji sebanyak 7 kali, dan menghasilkan energy maksimal yang diserap oleh mesin adalah 97.65 Joule. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan variasi suhu 250 °C, lebih lengkapnya hasil pengujian disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 4. Pengujian Charpy Suhu 250 °C

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	55.02	8.05	442.911	135	115.0	250	66.98	0.151
2	55.05	8.06	443.703	135	114.0	250	70.72	0.159
3	55.01	8.05	442.831	135	116.0	250	63.27	0.143
4	55.02	8.03	441.811	135	112.0	250	78.28	0.177
5	55.04	8.01	440.87	135	115.0	250	66.98	0.152
6	55.05	8.01	440.951	135	114.0	250	70.72	0.161
7	55.03	8.05	442.992	135	116.0	250	63.27	0.144



Gambar 6. Hasil Pengujian Charpy Suhu 250 °C

Pengujian dengan variasi temperature 250 °C juga dilakukan sebanyak 7 kali percobaan, dari hasil percobaan tersebut pengujian ke 3 memiliki hasil energi

yang diserap secara maksimum sebesar 78.28 Joule. Kemudian untuk pengujian selanjutnya adalah tanpa perlakuan variasi suhu. Adapun hasil yang diperoleh disajikan pada table dibawah ini.

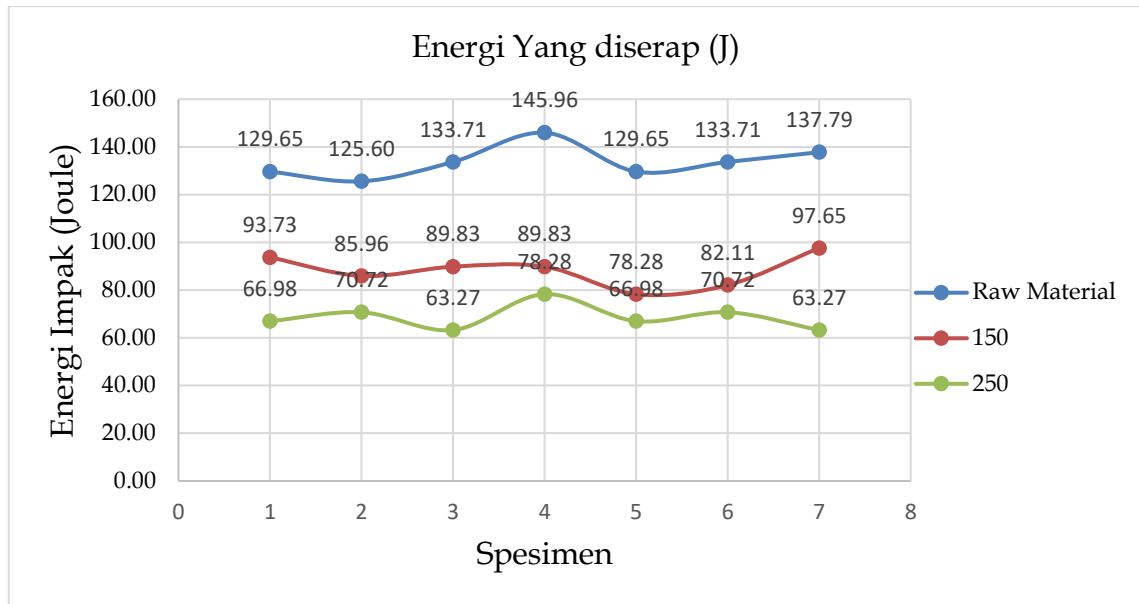
Tabel 5. Pengujian Charpy Suhu Raw material

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	55.01	8.02	441.18	135	99.0	32	129.65	0.294
2	55.05	8.01	440.951	135	100.0	32	125.60	0.285
3	55.03	8.03	441.891	135	98.0	32	133.71	0.303
4	55.02	8.05	442.911	135	95.0	32	145.96	0.330
5	55.04	8.04	442.522	135	99.0	32	129.65	0.293
6	55.03	8.03	441.891	135	98.0	32	133.71	0.304
7	55.02	8.05	442.911	135	97.0	32	137.79	0.313



Gambar 7. Hasil Pengujian Charpy Raw material

Pengujian ini adalah variasi temperature normal atau raw material, hasil energi yang diserap dari tujuh kali percobaan yaitu 145.96 Joule, dari ke tiga jenis variasi temperature yang diuji, pengujian tanpa perlakuan panas atau raw material memiliki energi yang diserap yang lebih tinggi, atau jika kita gabungkan secara keseluruhan data pengujian dengan metode charpy dapat kita lihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 8. Pengujian Charpy Suhu 150 °C , 250 °C dan Raw Material

Dari gambar diatas hasil pengujian yang pertama dengan suhu 150 °C memperoleh energi yang diserap secara maksimum yaitu 97.65 Joule dengan harga impact 0.222 J/mm². Kemudian energi maksimum yang diserap melalui pengujian yang kedua dengan suhu 250 °C yaitu 78.28 Joule dan harga impact sebesar 0.177 J/mm². Selanjutnya hasil pengujian ketiga (*raw material*) energy maksimum yang dapat diserap yaitu sebesar 145.96 Joule dengan harga impact 0.330 J/mm².

Hasil Pengujian Metode Izod

Hasil dari penelitian dengan metode izod akan disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 6. Pengujian Izod Suhu 150 °C

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impact (J/mm ²)
1	75.03	8.04	603.241	90	75.0	150	60.94	0.101
2	75.04	8.06	604.822	90	78.0	150	48.95	0.081
3	75.04	8.07	605.573	90	79.0	150	44.92	0.074
4	75.01	8.03	602.33	90	80.0	150	40.88	0.068
5	75.03	8.04	603.241	90	77.0	150	52.96	0.088
6	75.04	8.03	602.571	90	79.0	150	44.92	0.102
7	75.01	8.02	601.58	90	76.0	150	56.96	0.129



Gambar 9. Hasil Pengujian Izod Suhu 150 °C

Pada pengujian Izod, variasi temperatur yang digunakan variasi 150°C. Specimen yang diuji juga sebanyak tujuh kali, enery yang diserap secara maksimal oleh mesin adalah 60.94 Joule. Selanjutnya dilakukan pengujian dengan variasi suhu 250 °C, lebih lengkapnya hasil pengujian disajikan pada table dibawah ini.

Tabel 7. Pengujian Izod Suhu 250 °C

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	75.02	8.07	605.411	90	82.0	250	32.77	0.054
2	75.05	8.05	604.153	90	81.0	250	36.83	0.061
3	75.01	8.04	603.08	90	83.0	250	28.69	0.048
4	75.02	8.02	601.66	90	85.0	250	20.52	0.034
5	75.04	8.02	601.821	90	84.0	250	24.61	0.041
6	75.05	8.03	602.652	90	83.0	250	28.69	0.065
7	75.03	8.07	605.492	90	82.0	250	32.77	0.074



Gambar 10. Hasil Pengujian Izod Suhu 250 °C

Pengujian dengan variasi temperature 250 °C telah dilakukan sebanyak tujuh kali percobaan, dari hasil percobaan tersebut pengujian ke tiga memiliki hasil energi yang diserap secara maksimum sebesar 36.83Joule. Pengujian berikutnya adalah tanpa perlakuan variasi suhu. Adapun hasil yang diperoleh disajikan pada table dibawah ini.

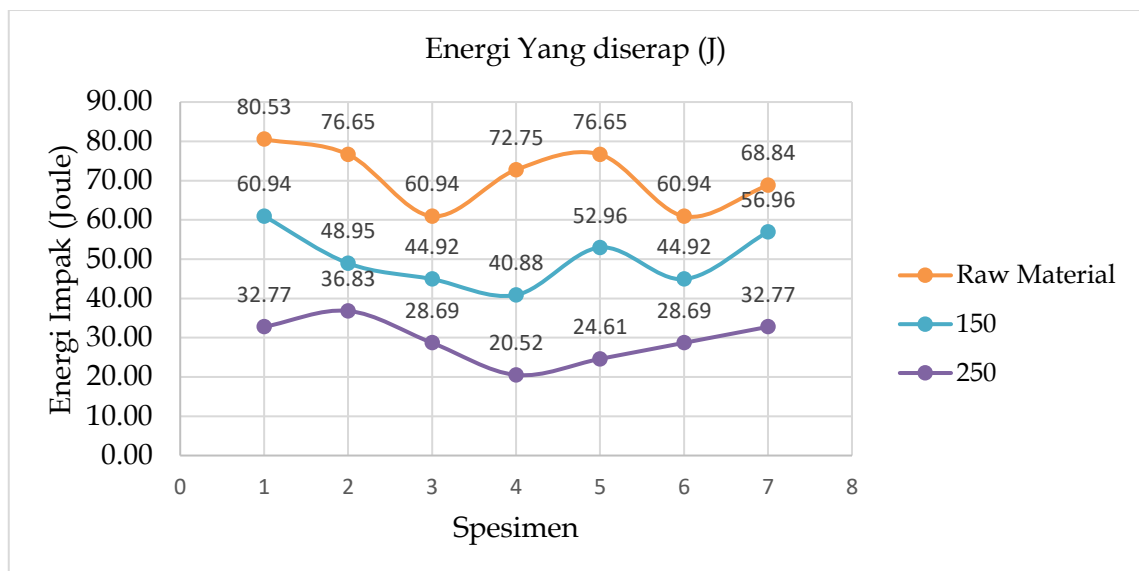
Tabel 8. Pengujian Izod raw material

No	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Luas Penampang (mm ²)	α (°)	β (°)	Suhu (°C)	Energi yang Diserap (J)	Harga Impak (J/mm ²)
1	75.01	8.05	603.831	90	70.0	32	80.53	0.133
2	75.05	8.02	601.901	90	71.0	32	76.65	0.127
3	75.03	8.04	603.241	90	75.0	32	60.94	0.101
4	75.02	8.06	604.661	90	72.0	32	72.75	0.120
5	75.04	8.08	606.323	90	71.0	32	76.65	0.126
6	75.03	8.04	603.241	90	75.0	32	60.94	0.138
7	75.02	8.07	605.411	90	73.0	32	68.84	0.156



Gambar 11. Hasil Pengujian Izod raw material

Pengujian ini adalah rawa material, energi yang diserap dari tujuh kali percobaan yaitu 80.53 Joule. Dari ke tiga jenis variasi temperature telah diuji, pengujian tanpa perlakuan panas atau raw material memiliki energi yang diserap yang lebih tinggi, atau jika kita gabungkan semua pengujiam dengan metode Izod dapat kita lihat pada grafik dibawah ini.



Gambar 12. Pengujian Izod Suhu 150 °C , 250 °C dan Raw Material

Dari gambar diatas hasil pengujian dengan suhu 150 °C memperoleh energi yang diserap secara maksimum yaitu 60.94 Joule dengan harga impact 0.101 J/mm². Selanjutnya energi maksimum yang diserap melalui pengujian yang kedua dengan suhu 250 °C yaitu 36.83 Joule dan harga impact sebesar 0.061 J/mm². Selanjutnya hasil pengujian ketiga (*raw material*) energy maksimum yang dapat diserap yaitu sebesar 80.53 Joule dengan harga impact 0.133 J/mm².

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari pengujian ini bahwa pengujian Charpy dengan variasi 150 °C memperoleh energi yang diserap secara maksimum yaitu 97.65 Joule, dengan harga impact 0.222 J/mm². Kemudian energi maksimum yang diserap melalui pengujian dengan suhu 250 °C yaitu 78.28 Joule dan harga impact sebesar 0.177 J/mm². Selanjutnya hasil pengujian *raw material*, energy maksimum yang dapat diserap yaitu sebesar 145.96 Joule dengan harga impact 0.330 J/mm².

Selanjutnya dapat disimpulkan juga untuk metode Impact Izod menemukan hasil pengujian dengan suhu 150 °C memperoleh energi yang diserap secara maksimum yaitu 60.94 Joule dengan harga impact 0.101 J/mm². Selanjutnya energi maksimum yang diserap melalui pengujian dengan suhu 250 °C yaitu 36.83 Joule dan harga impact sebesar 0.061 J/mm². Selanjutnya hasil pengujian *raw material* energy maksimum yang dapat diserap yaitu sebesar 80.53 Joule dengan harga impact 0.133 J/mm².

Sehingga dari data yang diperoleh melalui pengujian impact pada mesin, bahwa baja st37 tanpa perlakuan temperature memiliki energi impact dan harga impact yang lebih besar jika dibandingkan dengan pengujian impact dengan variasi temperature, kemudian dapat juga disimpulkan bahwa semakin tinggi temperature pada suatu material khususnya baja st37, maka energi dan harga impact yang dihasilkan semakin rendah.

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian ini masih banyak memiliki keterbatasan, oleh sebab itu variasi temperature dan juga jenis material lebih bervariasi tentunya akan menambah wawasan dan informasi yang baru kedepan. Penelitian selanjutnya diharapkan mampu mengembangkan dan memberi informasi tentang pengujian impact.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Laboran Lab. Teknik Mesin Politeknik Negeri Medan. Kemudian berterima kasih juga kepada rekan-rekan peneliti yang terlibat langsung pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Dan, I., Pada, T., Baja, C., Suhada, K., & Yanhar, M. R. (2023). *ANALISA KEMAMPUAN PENGELASAN TERHADAP BEBAN*. 162-171.
- Fan, J., Saragi, H. T., Pratama, A. B., Putra, E., Boangmanalu, D., & Qadry, A. (2023). *Pengaruh Temperatur terhadap Kekuatan Impact pada Material Besi Nako*

10 mm. 04(01).

Majanasastra, R. B. S. (2011). *KARBON TINGGI (AISI D2) HASIL PERLAKUAN PANAS. Aisi 1045.*

Nasution, M., & Nasution, R. H. (2020). *TERHADAP PERLAKUAN CARBURIZING DENGAN ARANG BATOK KELAPA. 15(2).*

Nuhgraha, Y., Rosa, M. K. A., & Agustian, I. (2020). *Perancangan Alat Uji Impak Digital dengan Metode Charpy Untuk Mengukur Kekuatan Material Polimer. 10(2), 15-19.*

Pratama, A. B., Studi, P., Mesin, T., Andalas, U. D., Studi, P., Mesin, T., & Andalas, U. D. (2021). *Analisis tegangan alat uji bending pipa skala laboratorium menggunakan finite element analysis. 3(1), 201-205.*

Widiyarta, I. M., & Sucipta, M. (2018). *Kekerasan Baja Karbon Sedang dengan Variasi Suhu Permukaan Material. 4(2), 43-48.*