

Analisis Karakteristik Bahan Tembaga Akibat Pengaruh Proses Penempaan Terhadap Kekuatan Impak

M. Yusuf Rahmansyah Siahaan^{1*}, Rakhmad Arief Siregar², Faisal Amri Tanjung³,
Agung Saktiawan⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Medan Area, Medan, Indonesia
Telp.(061) 7360168 Fax. (061) 7368012
*Email: yusufsiahaan@staff.uma.ac.id

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with the largest copper reserves in the world, namely the Tembagapura area, Mimika Regency, Papua Province. The development of electric car technology has a significant impact on increasing the demand for copper. This study conducted material engineering on copper materials with the forging process. The aim of the research was to obtain the average impact energy, average impact strength, and fracture shape of the material from a variety of copper materials. The variation of each test specimen was formed following the ASTM E23 standard with a size specification of 55 mmL x 10 mmW x 8 mmT. The experimental study of impact testing by the charpy method yielded an average impact energy value of 169.081 Joule and 98.058 Joule respectively for copper variations X_1 and X_2 . The average impact strength values produced by the copper variations X_1 and X_2 are 2.114 J/mm² and 1.226 J/mm² respectively. The results of physical observations of the two variations of the copper material show that the material is not broken with fibrous fractures. The data from the test results can be declared that the forging process with hot working has an effect on increasing material characteristics by 58% and copper materials are classified as ductile materials.

Keywords : Forging process, hot working, copper, impact energy, impact strength, ductile material

PENDAHULUAN

Pertumbuhan industri dari waktu ke waktu memiliki peningkatan kebutuhan bahan logam yang tinggi, hal ini dapat terlihat dengan jelas semakin besar jumlah produksi kendaraan, jalan transportasi, bangunan gedung, dan lain-lain. Bahan logam seperti tembaga cukup banyak diaplikasikan pada industri kendaraan mobil dan kabel listrik. Bahan tembaga merupakan logam yang memiliki peranan yang cukup besar dalam kehidupan manusia. Peningkatan jumlah penambangan berakibat mengurangi cadangan bahan mentah tembaga, tinggi nya biaya pengolahan proses produksi produk, dan keterampilan bahan pada beban menjadi hambatan industri dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Oleh sebab itu, keharusan adanya ide dengan kolaborasi kemajuan teknologi dalam menciptakan bahan tembaga yang mempunyai sifat mekanik yang lebih baik.

Bahan tembaga memiliki bentuk fisik yang keras tetapi struktur bahan yang lunak dan mempunyai karakteristik seperti tahan lama, bisa didaur ulang, antibakteri, konduktor panas dan listrik yang sangat baik. Pada dunia industri kendaraan mobil, bahan tembaga dominan digunakan pada komponen radiator dan rem. Komponen tersebut banyak terindikasi mengalami kerusakan yaitu kebocoran akibat pemakaian normal maupun dampak terjadinya beban kejut kecelakaan lalu lintas.

Studi eksperimental yang dilakukan pada bahan tembaga terhadap peningkatan karakteristik material adalah paduan bahan tembaga 1,0% meningkatkan tegangan ultimate baja sebesar 42,42% dibandingkan dengan bahan baja cor tanpa paduan kemudian memberikan penurunan tegangan ultimate pada paduan bahan tembaga 0,5% sebesar 30,98% dibandingkan dengan bahan baja cor tanpa paduan [1]. Bahan aluminium seri 6061 dengan variasi penambahan bahan tembaga (2%, 4%, dan 6%) memperoleh pengaruh hasil yang berbeda-beda namun hasil kekuatan tarik yang paling tinggi sebesar 134,3 MPa didapat dengan penambahan bahan tembaga 2% [2]. Penyelidikan sifat mekanik terhadap paduan bahan tembaga menghasilkan nilai ultimate tensile strength tertinggi

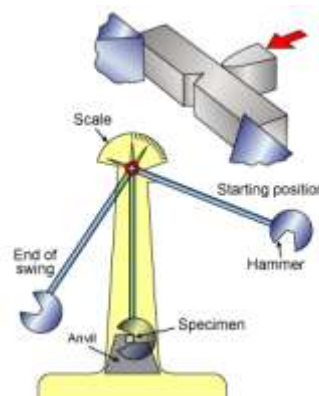
terdapat pada paduan Cu-30Ni sebesar 116,7 MPa. Nilai yield strength tertinggi diperoleh paduan Cu-30Ni sebesar 112,4 MPa. Nilai *corrosion rate* tertinggi terdapat pada Cu-40Ni sebesar 0,59 mpy. Bahan paduan Cu-30Ni lebih baik dibandingkan paduan Cu-Ni yang lainnya untuk aplikasi material ball valve [3]. Kajian karakteristik material tembaga akibat proses anilisasi dilakukan terhadap variasi temperatur anil dan waktu. Temperatur kristalisasi bahan tembaga terjadi pada titik optimum temperatur anil sebesar 250°C sehingga menghasilkan kekuatan tarik maksimum, jika temperatur anil diatas 250°C akan berdampak penurunan kekuatan tarik bahan tembaga. Peningkatan kekuatan tarik bahan tembaga diperoleh secara optimum pada waktu 30 menit proses anil sedangkan variasi waktu lain menyebabkan penurunan sifat mekanik material tembaga [4].

Proses tempa (*forging*) merupakan salah satu proses metal forming /pembentukan logam yang dilakukan dengan cara mengubah bentuk benda kerja dengan metode memberikan gaya dari luar (*external Force*) sampai terjadi deformasiplastis [5]. Proses tempa seperti yang ditunjukkan gambar 1, memiliki keuntungan yaitu meningkatkan kekuatan material, struktur lebih menyatu dan seragam, mengurangi proses permesinan lanjut, dan berpeluang menghemat material karena mengurangi material sisa. Proses tempa dapat dikerjakan berdasarkan klasifikasi temperatur pengerjaan benda kerja yaitu pengerjaan panas (*hot working*) dan pengerjaan dingin (*cold working*) [6]. Proses pengerjaan panas dengan temperatur benda kerja di atas suhu rekristalisasi sedangkan proses pengerjaan dingin dengan temperatur benda kerja di bawah suhu rekristalisasi [7][8].



Gambar 1. Pembentukan logam dengan proses tempa.

Kekuatan impak merupakan salah satu karakteristik material yang diperoleh berdasarkan pengujian eksperimental uji impak dengan beban dinamis yaitu 1) uji impak jatuh bebas, 2) uji impak *metode charpy*, dan 3) uji impak *metode izod* [9][10]. Pengujian eksperimental yang digunakan adalah uji impak *metode charpy* dimana spesimen uji diletakkan mendatar dengan ditahan di bagian ujung – ujungnya oleh penahan, kemudian pendulum ditarik ke atas sesuai posisi standart pengujian sebagai parameter sudut awal. Setelah itu pendulum dilepaskan dan mengenai tepat pada bagian belakang takikan atau sejajar dengan takikan spesimen uji diperoleh parameter sudut akhir yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skema pengujian impak *metode charpy*.

Energi impact dan kekuatan impact yang dibutuhkan untuk mematahkan spesimen uji dapat dihitung menggunakan persamaan (1) dan persamaan (2) dimana W_c adalah energi impact, m_p adalah massa pendulum, g adalah gravitasi bumi, L_p adalah panjang lengan pendulum, α_o adalah sudut awal pendulum, α_r adalah sudut akhir pendulum, a_{cU} adalah kekuatan impact, b adalah lebar spesimen uji, dan h adalah tinggi spesimen uji [11].

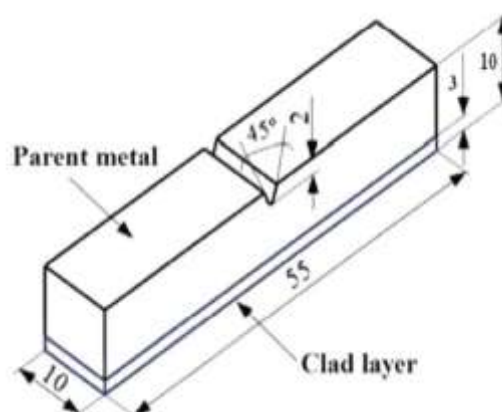
$$W_c = m_p \cdot g \cdot L_p (\cos \alpha_r - \cos \alpha_o) \quad (1)$$

$$a_{cU} = \frac{W_c}{b \cdot h} \quad (2)$$

Pengujian impact *metode charpy* dapat mengidentifikasi suatu material tergolong material getas atau material ulet. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mendapatkan nilai energi impact rata-rata spesimen bahan tembaga, kekuatan impact rata-rata, dan bentuk jenis perpatahan spesimen.

METODE PENELITIAN

Laboratorium Metallurgi Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara sebagai tempat pelaksanaan penelitian yang dilakukan secara eksperimental. Penelitian ini menggunakan bahan tembaga yang dibeli dari toko material teknik di Kota Medan, Sumatera Utara dengan ukuran $X_1 = 65 \text{ mm (L)} \times 55 \text{ mm (W)} \times 12 \text{ mm (T)}$ dan ukuran $X_2 = 55 \text{ mm} \times 55 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$. Proses penempaan secara konvensional dilakukan terhadap bahan tembaga X_1 dengan proses pengerjaan panas pada suhu temperatur $350 \text{ }^\circ\text{C}$ menggunakan oven dalam pembuatan spesimen uji impact *metode charpy* menyesuaikan ukuran standart ASTM E23 seperti ditunjukkan gambar 3 [12]. Untuk bahan tembaga X_2 langsung dibentuk tanpa ada proses penempaan dengan proses pemotongan alat *hacksaw* yang dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 3. Geometri spesimen uji impact *metode charpy* standart ASTM E23.



Gambar 4. Alat *hacksaw*.

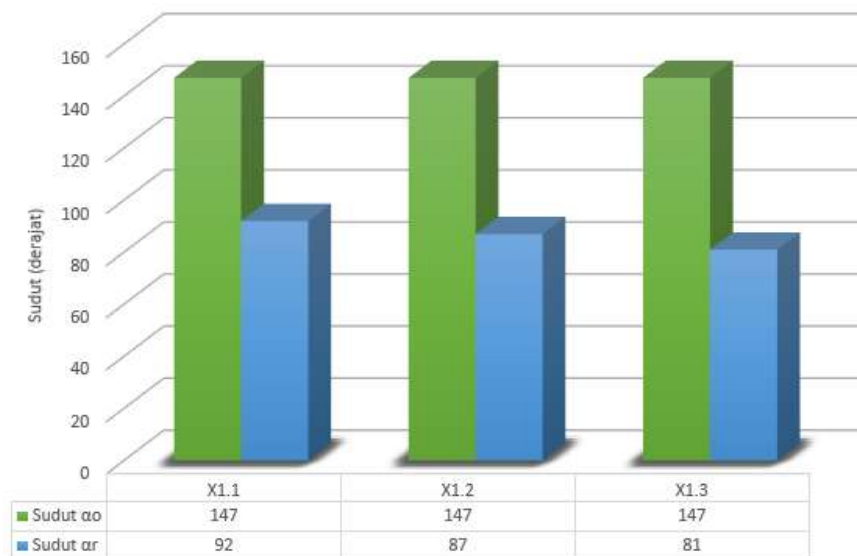
Pengujian impak dikerjakan menggunakan alat uji *Charpy Impact Testing Machine* type CI-30 dengan kapasitas 30 kg-m seperti diperlihatkan gambar 5. Jumlah pengujian sebanyak 6 spesimen uji dimana 3 spesimen uji bahan tembaga X₁ dan 3 spesimen uji bahan tembaga X₂.



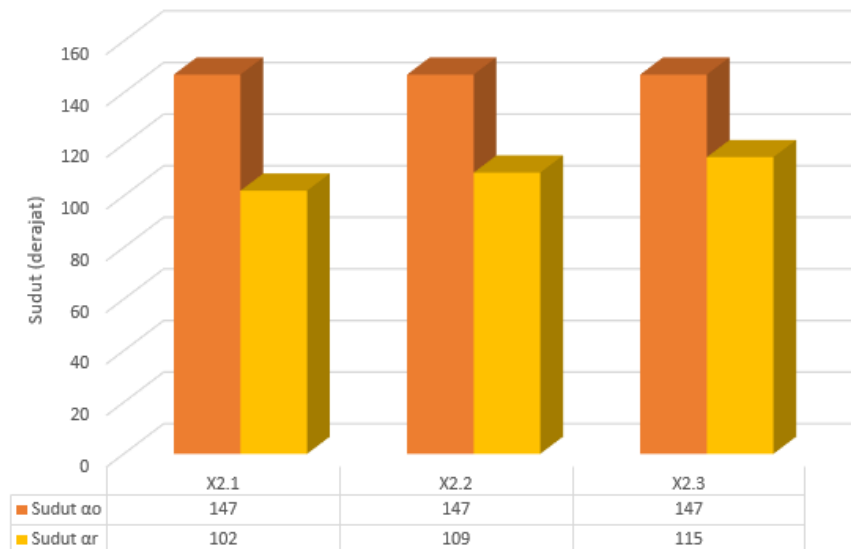
Gambar 5. Alat uji *Charpy Impact Testing Machine* type CI-30.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil statistik pengujian impak *metode charpy* terhadap sudut α_o dan sudut α_r diperlihatkan pada gambar 6 dan 7. Berlandaskan bukti-bukti hasil pengujian didapat nilai sudut α_r terendah dari spesimen bahan tembaga X_{1,3} sebesar 81° sedangkan nilai sudut α_r tertinggi dari spesimen bahan tembaga X_{2,3} sebesar 115°. Berdasarkan data hasil pengujian terhadap nilai sudut α_r dapat terlihat bahwa bahan tembaga X₁ memiliki sifat mekanik lebih mampu menahan beban impak (dinamis) jika dibandingkan dengan bahan tembaga X₂.



Gambar 6. Grafik sudut pengujian impak *metode charpy* pada bahan tembaga X₁.



Gambar 7. Grafik sudut pengujian impact metode charpy pada bahan tembaga X₂.

Tabel 1 menerangkan data hasil analisis energi impact menggunakan perhitungan persamaan 1 dimana nilai rata-rata W_c bahan tembaga X₁ adalah 169,081 Joule sedangkan nilai rata-rata W_c bahan tembaga X₂ adalah 98,058 Joule. Berdasarkan data rata-rata W_c menjelaskan terjadinya peningkatan energi impact sebesar 58% pada bahan tembaga X₁ akibat pengaruh proses penempaan dengan pengerjaan panas jika dibandingkan bahan tembaga X₂ dalam kondisi temperatur normal tanpa proses penempaan.

Tabel 1. Data hasil analisis energi impact bahan tembaga.

No.	Code No.	m_p (kg)	g (m/s ²)	L_p (m)	$\angle \alpha_r$ (°)	$\angle \alpha_o$ (°)	W_c (Joule)	$\overline{W_c}$ (Joule)
1	X _{1,1}	25,63	9,81	0,75	92	147	151,575	169,081
2	X _{1,2}	25,63	9,81	0,75	87	147	168,018	
3	X _{1,3}	25,63	9,81	0,75	82	147	187,649	
4	X _{2,1}	25,63	9,81	0,75	102	147	118,952	98,058
5	X _{2,2}	25,63	9,81	0,75	109	147	96,757	
6	X _{2,3}	25,63	9,81	0,75	115	147	78,465	

Data hasil analisis kekuatan impact pada tabel 2 menggunakan perhitungan persamaan 2 dimana nilai rata-rata a_{cU} bahan tembaga X₁ adalah 2,114 J/mm² sedangkan nilai rata-rata a_{cU} bahan tembaga X₂ adalah 1,226 J/mm². Berdasarkan data rata-rata a_{cU} menunjukkan terjadinya peningkatan kekuatan impact sebesar 58% pada bahan tembaga X₁ dampak pengaruh proses penempaan dengan pengerjaan panas jika dibandingkan bahan tembaga X₂ dalam kondisi temperatur normal tanpa proses penempaan.

Tabel 2. Data hasil analisis kekuatan impact bahan tembaga.

No.	Code No.	W_c (Joule)	b (mm)	h (mm)	a_{cU} (J/mm ²)	$\overline{a_{cU}}$ (J/mm ²)
1	X _{1,1}	151,575	10	8	1,895	2,114
2	X _{1,2}	168,018	10	8	2,100	
3	X _{1,3}	187,649	10	8	2,346	
4	X _{2,1}	118,952	10	8	1,487	1,226
5	X _{2,2}	96,757	10	8	1,209	
6	X _{2,3}	78,465	10	8	0,981	

Hasil pengamatan dari gambar 8 dan 9 berdasarkan fisik spesimen uji impak *metode charpy* pada kedua variasi bahan tembaga terlihat material tidak putus dengan bentuk perpatahan berserat sehingga bahan tembaga diklasifikasikan sebagai material ulet (*ductile*).



Gambar 8. Bentuk fisik perpatahan bahan tembaga X₁.



Gambar 9. Bentuk fisik perpatahan bahan tembaga X₂.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil studi eksperimental uji impak *metode charpy* yang dilakukan pada bahan tembaga variasi X₁ dan X₂ diperoleh nilai rata-rata energi impak sebesar 169,081 Joule dan 98,058 Joule secara berurutan. Untuk nilai rata-rata kekuatan impak dihasilkan bahan tembaga variasi X₁ dan X₂ adalah 2,114 J/mm² dan 1,226 J/mm² secara berurutan. Hasil observasi fisik terhadap kedua variasi bahan tembaga menampilkan material tidak putus dengan bentuk perpatahan berserat. Data-data hasil ini membuktikan bahwa proses penempaan dengan pengerjaan panas memiliki pengaruh

terhadap peningkatan karakteristik material sebesar 58% dan bahan tembaga diklasifikasikan pada material ulet (*ductile*).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muhammad Jailani Muslim, dkk, “Studi Eksperimental Pengaruh Tembaga Terhadap Kuat Tarik Baja”, *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 4, No. 4, Hal. 371-379, 2015.
- [2] Muliya Selamat, “Analisis Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Aluminium Seri 6061 Hasil Proses Pengecoran dengan Variasi Penambahan Tembaga (Cu)”, *Repositori Universitas Negeri Malang*, Kota Malang, 2022.
- [3] Wahyu Hidayat, “Analisis Pengaruh Penambahan Unsur Nikel (Ni) Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro dan Ketahanan Korosi Paduan Tembaga Nikel (Cu-Ni) sebagai Material Alternatif Untuk Pengecoran Ball Valve”, *Repositori Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, Kota Surabaya, 2017.
- [4] Edi Istiyono, dkk, “Kajian Sifat Mekanik Bahan Yang Mengalami Analisis”, *Jurnal Penelitian Sainstek*, Vol. 11, No. 1, Hal. 56-86, 2006.
- [5] Akhmad Syarief, “Analisa Kekerasan Pisau Potong (Parang) pada Proses Penempaan (Forging)”, *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik (Info-Teknik)*, Vol. 9, No. 2, Hal. 117-124, 2008.
- [6] Mardjuki, “Proses Forging dengan Variasi Temperatur pada Paduan Aluminium Seri 308,0 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan”, *TRANSMISI*, Vol. V, Edisi 2, Hal. 509-518, 2009.
- [7] James G. Bralla, *Handbook of Manufacturing Processes (How Products, Components and Materials Are Made)*, First Edition, New York – USA : Industrial Press Inc., 2007.
- [8] Hosford, William F, Caddel, Robert M, *Metal Forming Mechanics and Metallurgy*, Third Edition, Cambridge – Inggris : Cambridge University Press.
- [9] Ali Saifullah dan Mohamad Irkham Mamungkas, “Analisis Kekuatan Impact Al 6061 dengan Variasi Saluran Pengecoran pada Metode Sand Casting”, *Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA)*, Hal. 40-45, 2019.
- [10] Gabrielly H.D Nababan, “Pengaruh Penambahan Nikel Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanis pada Baja Bainitik Nir Karbida untuk Aplikasi Baja Tahan Peluru”, *Repositori Universitas Gajah Mada*, Kota Yogyakarta, 2014.
- [11] Instron, *Handbook Impact : Impact Test*, Norwood – USA : Instron Engineering Corporation.
- [12] *Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials*, ASTM E23, 1 Juni 2018.