

Analisis kekuatan mekanik peleburan aluminium piston bekas sebagai material komponen kaki palsu

Muh Arizal As Ari¹, Luthfy Ardiansyah¹, Vinsensius Hotmanogu Tua Gorat¹, Ibnu Rosyid Al Hassany²

¹Jurusan Pengecoran Logam, Politeknik Manufaktur Ceper, Jawa Tengah, Indonesia

²Jurusan Teknik Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Ceper, Jawa Tengah, Indonesia

Penulis Korespondensi: Ibnu Rosyid Al Hassany (email: ibnurosyid070@gmail.com)

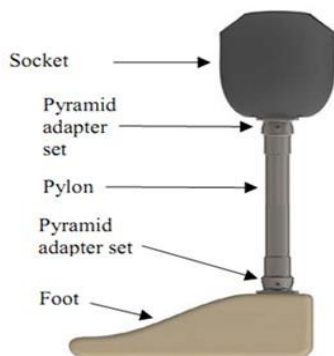
ABSTRAK

Kaki palsu merupakan salah satu alat bantu yang direkayasa sebagai peniru fungsi dari kaki pada umumnya. Produk kaki palsu yang beredar di Indonesia mayoritas produk impor dan terbuat dari material *stainless steel*, namun harga dan biaya produksi manufakturnya relatif tinggi. Berdasarkan pemaparan tersebut, perlu diinisiasi material lain agar kaki palsu lebih terjangkau. Salah satu material yang bisa digunakan ialah aluminium. Pada penelitian ini akan dilakukan studi kekuatan mekanis peleburan aluminium piston bekas. Aluminium bekas berasal dari piston bekas kendaraan besar (bus atau truk). Sifat mekanik didapatkan dari hasil uji tarik yang mengacu pada ASTM E8/E8M – 13a. Peleburan untuk pembuatan spesimen uji tarik dan uji komposisi menggunakan krusibel grafit. Tiga spesimen dicetak menggunakan cetakan pasir dengan metode *closed mold casting*. Acuan kelayakan aluminium piston bekas sebagai alternatif material ialah kekuatan luluh hasil peleburan harus lebih besar dari tegangan maksimum pada kaki palsu yaitu sebesar 153 N/mm². Berdasarkan pengujian, kekuatan tarik dan kekuatan luluh rata-rata ialah 121,51 N/mm² dan 51,78 N/mm². Hasil peleburan aluminium piston bekas belum bisa digunakan sebagai material kaki palsu, karena kekuatan luluh yang merupakan salah satu acuan untuk pemilihan bahan, lebih rendah dari tegangan maksimum yang terjadi. Sifat mekanis yang rendah disebabkan oleh tingginya kandungan unsur Fe yaitu sebesar 0,85%, dimana kandungan unsur Fe lebih dari 0,6% akan menurunkan kekuatan tarik dan kekuatan luluh aluminium paduan. Lebih dari itu, hasil peleburan aluminium piston bekas tergolong material getas, karena nilai elongasinya dibawah nilai 5%.

KATA KUNCI : aluminium piston bekas, kaki palsu, kekuatan luluh

1. PENDAHULUAN

Kaki palsu merupakan salah satu alat bantu bagi penyandang tuna daksa yang dikembangkan dan direkayasa sebagai peniru fungsi dari kaki pada. Berdasarkan letaknya, kaki palsu dibagi menjadi dua yaitu kaki palsu atas lutut dan kaki palsu bawah lutut [1].



Gambar 1. Bentuk kaki palsu bawah lutut [1]

Kaki palsu bawah lutut seperti yang ditunjukkan Gambar 1, merupakan bagian yang didominasi dengan material logam yang kuat dan tangguh seperti *pyramid adapter set* dan *pylon* [1]. Saat ini produk kaki palsu umumnya, yang beredar di Indonesia mayoritas produk impor dan terbuat dari material *stainless steel* [2]. Material *stainless steel* memiliki sifat mekanik yang baik diantaranya ulet, mampu bentuk, serta tahan terhadap korosi [3], namun harga dan biaya produksi manufaktur relatif lebih mahal [2]. Berdasarkan pemaparan tersebut, maka perlu diinisiasi material lain, agar harga kaki palsu lebih terjangkau. Salah satu material yang bisa digunakan ialah aluminium. Mengera dkk, menyimpulkan bahwa Aluminium 7175 yang diproduksi menggunakan proses tempa merupakan material yang cocok untuk kaki palsu, ditinjau dari kekuatan luluh, keuletan dan harga materialnya [4]. Lebih dari itu, aluminium memiliki sifat tahan korosi, ringan, dan memiliki kekuatan mekanik yang cukup baik ketika dipadukan dengan unsur lain seperti Si, Mg, dan Ni [5,6]. Selain menggunakan aluminium hasil proses

tempa, kebutuhan aluminium juga dapat dipenuhi dengan peleburan ulang limbah aluminium bekas[7]. Pada penelitian ini akan dilakukan studi kekuatan mekanis peleburan ulang aluminium piston bekas. Aluminium piston bekas dianalisis, apakah layak atau tidak untuk dijadikan kandidat substitusi material komponen kaki palsu.

2. BAHAN DAN METODE

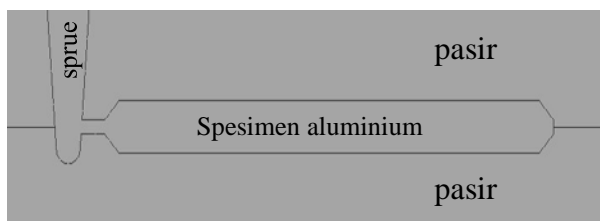
Aluminium bekas berasal dari piston bekas kendaraan besar (bus atau truk), ditunjukkan pada gambar 2. Peleburan ulang menggunakan krusibel grafit dan tungku berbahan bakar gas, ditunjukkan dengan gambar 3.



Gambar 2. piston bekas kendaraan besar (bus atau truk)



Gambar 3. Krusibel dan tungku berbahan bakar gas



Gambar 4. Closed mold casting



Gambar 5. Spesimen uji tarik setelah pemesinan

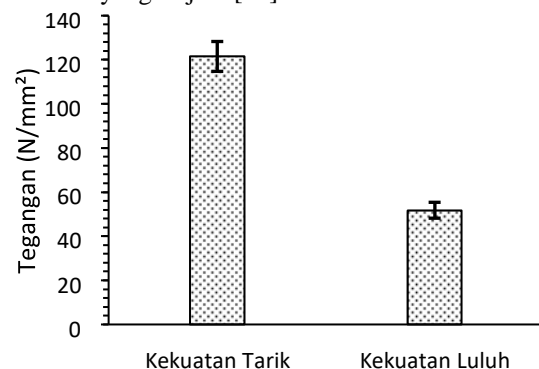
ASTM E8/E8M – 13a, digunakan sebagai acuan pembuatan spesimen uji Tarik [8]. Spesimen uji tarik dibuat dengan metode *closed mold casting*, skema cetakan pasir ditunjukkan pada gambar 4. Komposisi cetakan pasir antara lain pasir silika, *bentonite*, dan air.

Proses pemesinan dilakukan untuk membentuk spesiemen sesuai standar dan ditunjukkan pada gambar 5. Sifat mekanik yang dianalisis ialah kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan elongasi. Pengujian tarik menggunakan mesin .

Pengujian uji tarik dilakukan tiga kali dan sebagai data dukung analisis, komposisi kimia aluminium peleburan ulang dianalisis menggunakan mesin uji komposisi. Sebagai acuan untuk mengetahui kelayakan hasil peleburan ulang aluminium ialah tegangan maksimum hasil simulasi FEA kaki palsu dengan nilai 153 N/mm²[9].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil uji Tarik, nilai kekuatan mekanis untuk tiga spesimen berbeda – beda. Sebagaimana ditunjukkan gambar 5, nilai kekuatan tarik paling rendah 114,51 N/mm², dan nilai paling tinggi 128,02 N/mm². Kekuatan luluh minimum bernilai 54,72 N/mm², dan nilai maksimum kekuatan luluh ialah 47,76 N/mm². Rata – rata kekuatan tarik dan kekuatan luluh ialah 121,51 N/mm² dan 51,78 N/mm². Nilai kekuatan tarik lebih rendah dari nilai tegangan luluh, dan fenomena tersebut sesuai dengan teori yang dikembangkan pada analisis material ketika dikenai beban statis [10]. Nilai kekuatan luluh peleburan aluminium piston bekas lebih rendah dibandingkan dengan data acuan tegangan maksimum simulasi kaki palsu oleh Lapapong dkk. Berdasarkan hasil tersebut, peleburan aluminium piston bekas belum bisa digunakan sebagai material kaki palsu, karena kekuatan luluhnya lebih rendah dari tegangan maksimum yang terjadi [11].



Gambar 6. Nilai kekuatan tarik dan kekuatan luluh

Penyebab sifat mekanis peleburan aluminium piston bekas yang rendah dapat dijelaskan berdasarkan komposisi kimianya yang ditunjukkan pada tabel 1. Kandungan Fe hasil peleburan cukup tinggi yaitu 0,85%. Ji dkk, menyatakan bahwa kandungan Fe lebih besar dari 0,6% berpengaruh pada kekuatan tarik paduan aluminium, begitu juga dengan kekuatan luluhnya [12]. Lebih dari itu, unsur Fe juga mempengaruhi sifat mekanik paduan aluminium yang lain berupa elongasi yang semakin menurun, seiring peningkatan presentase

unsur Fe [13,14]. Meskipun unsur Fe berkontribusi negatif pada kekuatan mekanik, akan tetapi unsur Fe berkontribusi positif untuk mencegah kecenderungan paduan aluminium menempel pada cetakan, utamanya cetakan logam [14].

Tabel 1 Komposisi peleburan aluminium bekas

Unsur	Presentase
Si	12,39
Fe	0,851
Cu	1,097
Mn	0,051
Mg	1,000
Cr	0,032
Ni	1,047
Zn	0,061
Ti	0,045
Pb	<0,005
Sn	0,016
V	0,011
B	0,0018
Zr	0,0076
Ca	0,0051
Al	83,38

Selain menghasilkan data kekuatan tarik dan kekuatan luluh, uji tarik juga menghasilkan data elongasi material yang di uji. Dari tiga spesimen yang diuji, nilai elongasi rata – rata ialah 2,12 %. Nilai elongasi dibawah 5%, sehingga dapat disimpulkan peleburan ulang aluminium piston bekas merupakan material yang bersifat getas [8]. Argumentasi tersebut diperkuat dengan gambar 7, yang menunjukkan patahan hasil uji tarik yang termasuk jenis patahan material getas [8]. Lebih dari itu, komposisi juga ikut andil pada elongasi paduan aluminium [15]. Semakin tinggi presentase komposisi Si pada aluminium paduan, maka elongasi akan semakin menurun [16]. Fenomena tersebut terkonfirmasi dengan penelitian sebelumnya, yang menyimpulkan bahwa elongasi menurun dari 7,6% menjadi 3 % ketika kandungan Si semakin meningkat dari 5 % menjadi 15%. [17]



Gambar 7. Patahan hasil uji tarik

4. KESIMPULAN

Nilai kekuatan luluh peleburan aluminium piston bekas dibawah nilai tegangan maksimum yang terjadi pada kaki palsu. Fenomena tersebut disebabkan oleh tingginya kandungan unsur Fe pada hasil peleburan. Karena kekuatan luluh dibawah tegangan maksimum yang terjadi, maka hasil peleburan aluminium piston belum bisa digunakan sebagai alternatif material komponen kaki palsu. Lebih dari itu, hasil peleburan termasuk material yang getas didasarkan pada elongasi dan bentuk visual spesimen hasil pengujian tarik.

Berdasarkan hasil analisis, perlu dilakukan modifikasi ulang komposisi atau perlakuan hasil peleburan aluminium piston bekas, agar dapat digunakan sebagai alternatif material kaki palsu.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Roux, P. A. and Laubscher, R. F., “A Parametric Design and Optimization Approach to Enhance the Fatigue Life of a Male Pyramid Socket Adapter”, R & D Journal of the South African Institution of Mechanical Engineering, vol. 35, pp. 47–54, 2019.
- [2] Dzulfikar, M., Jamari, J., Ismail, R., Sugiyanto, Harwinanda Y., Setyawan, D., “Analisa Gait Cycledan Beban Statis Produk Kaki Tiruanatas Lutut (Above Knee Prosthesis) Menggunakan Metode Elemen Hingga”, Momentum, vol. 11, no.2, pp. 55–60, 2015.
- [3] Priyotomo, G., Gede, N., Astawa, I.N.G.P., Rokhmanto, F., “Efek Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik Logam Stainless Steel Seri J4”, TEKNIK, vol. 42, no. 2, pp. 117–122, 2021
- [4] Mangera, T., Kienhoefer, F., Carlson, K.J., Conning, M., Brown, A., Govender, G., “Optimal material selection for the construction of a paediatric prosthetic knee”, Journal of Materials Design and Applications, pp. 1 – 7, 2015.
- [5] Nugroho, E., Budiyo, E., Kurniawan, R., Sumosusilo, J., “Uji ketahanan fatik aluminium hasil remelting piston bekas menggunakan metode pengecoran centrifugal casting”, Turbo, vol. 8, no. 2, pp. 231 – 236, 2019.
- [6] Siahaan, S.M., Siagian, P., Sidabutar, R.A., “Kajian terhadap Hasil Pengecoran Penambahan Bahan Material Piston dan Kaleng Bekas pada Alat Rumah Tangga terhadap Perubahan Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro Al Mg-Si”, Citra Sains Teknologi, vol. 1, no. 2, pp. 59 – 70, 2022.
- [7] Saefuloh, I., Pramono, A., Jamaludin, W., Rosyadi, I., Haryadi, “Studi Karakterisasi Sifat Mekanik Dan struktur Mikro Material Piston Aluminium-Silikon Alloy”, Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta, vol. IV, no. 2, pp. 56–63, 2018.
- [8] ASTM E8/E8M -13a, *Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*, ASTM International, Philadelphia, 2013.

- [9] Lapapong, S., Sucharitpwatskul, S., Pitaksapsin, N., Srisurangkul, C., Lerspalungsanti, S., Naewngerndee, R., Sedchaicharn, K., Chonnaparamutt, W., Pipitpukdee, J., “*Finite element modeling and validation of a fourbar linkage prosthetic knee under static and cyclic strength tests*”, *Journal of Assistive, Rehabilitative, and Therapeutic Technologies*, 2:1, 23211, 2014
- [10] Callister Jr., W.D., Rethwisch, D.G., *Material Science and Engineering: An Introduction*, 10th ed., Wiley, New York, pp. 145 – 147, 2017.
- [11] Ashby, M.F., *Materials Selection in Mechanical Design*, 4th ed., Butterworth – Heinemann, Burlington, pp. 35 – 40, 2011
- [12] Ji, S., Yang, W., Gao, F., Watson, D., Fan, Z., “Effect of Iron in Al-Mg-Si-Mn Ductile Diecast Alloy” *The Minerals, Metal and material Series.*, pp. 317 – 322, 2013.
- [13] Kim, C.W., Yoo, H.S., Jeon J.Y., Cho, S. “*The Effect of Fe Addition on Microstructure, Mechanical Properties and Electric Conductivity of the As-Cast Al-Mg-Si Alloys*”, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 21, pp. 1915 – 1915, 2021.
- [14] *ASM Handbook, “Properties and Selection : Non – Ferrous Alloys and Special Purpose Materials”*, Vol. 2, ASM International, 1990
- [15] Meng, F.B., Huang, H.J., Yuan, X.G., Cui, Z.W., Hu, X.L., “*Effect of Si addition on microstructure and mechanical properties of Al-Mg-Si-Zn alloy*”, *China Foundry*, vol. 17, no. 1, pp. 15 – 20, 2020.
- [16] Kumar, V., Mehdi, H., Kumar, A., “*Effect of Silicon content on the Mechanical Properties of Aluminum Alloy*” *International Research Journal of Engineering and Technology*. vol. 2, pp. 13261330, 2015.
- [17] Ali, M.M., Omran A.N.M., Mohamed, M.A.E., “*Prediction the correlations between hardness and tensile properties of aluminium-silicon alloys produced by various modifiers and grain refiners using regression analysis and an artificial neural network model*”, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 24, pp. 105 – 111, 2021.