

PENGARUH TEMBAGA PADA PENGECORAN BLOK SILINDER SEPEDA MOTOR TERHADAP SIFAT MEKANIK

Sinarep¹, Muhammad Nur Mahadika², Salman^{3*}, Paryanto Dwi Setiawan⁴, I Dewa Ketut Okariawan⁵

^{1,2,3*,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jalan Majapahit, No. 62, Mataram, 83126, Indonesia

* email Koredpondensi : salman@unram.ac.id

INFO ARTIKEL

Article history :

Received: 28-02-2024

Accepted: 27-06-2024

Kata Kunci:

Tembaga
Blok silinder
Sifat mekanik
Struktur mikro

(minimal 3 and maksimal 5 katakunci)

ABSTRAK

Sifat mekanik blok silinder ditingkatkan dengan cara daur ulang dengan cara pengecoran logam menggunakan tembaga (Cu) dengan variasi penambahan 5%, 10%, 15% dengan suhu pengecoran 1010°C menggunakan cetakan logam. Pengumpulan data dilakukan dengan cara pengujian kekerasan, pengujian kuat tarik, dan pengujian struktur mikro. Dengan penambahan presentase tembaga (Cu) pada pengecoran blok silinder, diperoleh kekerasan Vickers tertinggi dengan penambahan 15% Cu sebesar 229,23. Kuat tarik tertinggi pada 15% Cu sebesar 104,218 MPa. Begitu juga dengan struktur mikro dari hasil pengamatan, foto dan fraksi, hasil pengecoran yaitu α Al+ θ (CuAl₂)+ β Si lebih kecil dari α Al.

PENDAHULUAN

Blok silinder merupakan suatu struktur terpadu yang terdiri dari silinder-silinder mesin resiprokal dan sebagian atau seluruh struktur terkait di sekitarnya (bagian pendingin, bagian intake dan exhaust, sambungan, dan crankcase). Istilah blok mesin sering digunakan bersama-sama dengan "blok silinder" meskipun secara teknis dapat dibedakan antara silinder mesin monoblok sebagai unit yang terpisah-pisah dibandingkan dengan desain blok yang lebih terpadu yang juga terdiri dari crankcase (Anonim ASM International, 2004).

Blok silinder merupakan suatu alat statis pada sepeda motor yang fungsinya sebagai tempat piston bergerak dalam menjalankan proses kerja motor. Blok silinder dan cara mengatasi kerusakan blok silinder. Silinder sepeda motor 4 tak tidak memiliki lubang pada dinding silinder. Silinder sepeda motor 2 tak memiliki lubang pada bagian dalam dinding silinder. Kerusakan yang sering terjadi pada blok silinder adalah goresan/keausan/pembesaran lubang silinder, akibatnya hal ini dapat mengakibatkan piston menjadi rusak/ganas/kendor pada silinder. Permasalahan yang cukup besar dalam pengembangan material adalah menentukan nilai kekuatan mekanik dan sifat fisik material apakah sudah optimum agar ketahanan terhadap korosi dan keausan dapat tercapai secara optimal. Perkembangan industri material dan metalurgi nasional juga berkembang pesat di Indonesia, contohnya industri baja nasional yang juga terus tumbuh dari tahun ke tahun. Pada tahun 2015 saja, terjadi peningkatan kapasitas produksi baja nasional hingga mencapai 4 juta ton. Hal ini terus tumbuh dari tahun ke tahun dengan dibukanya beberapa pabrik baru seperti PT. Krakatau Posco dan lainnya (Awali et al., 2018). Industri otomotif saat ini sedang mengalami perkembangan yang pesat sehingga dibutuhkan komponen-komponen yang memiliki sifat mekanik untuk mendukung komponen produk kendaraan yang berkualitas (Fauzi et al., 2016). Penambahan tembaga (Cu) pada

paduan aluminium silikon akan membuat paduan ini memiliki respon yang baik terhadap perlakuan panas. Beberapa penelitian telah mempelajari keberadaan Cu pada paduan aluminium. Silva dkk., (2008) menganalisis efek pengecoran paduan Al-Cu A206 dalam cetakan yang memaksakan gradien pemadatan untuk mempelajari efeknya pada struktur mikro dan reaksi pemadatan yang terjadi pada material. Ditemukan bahwa suhu untuk liquidus, solidus, dan solvus dipengaruhi oleh laju pemadatan, meskipun dua yang pertama pada tingkat yang lebih rendah. Longfei dkk., (2022) mempelajari distribusi struktur mikro, komposisi kimia, dan kekerasan paduan Al-Cu-Mg sepanjang arah radial pengecoran. Sezonenko dkk., (2024) menganalisis material komposit berbasis aluminium dengan tekanan tambahan pada lelehan selama kristalisasi, struktur dan sifatnya dipelajari. Ditunjukkan bahwa dalam hal sifat, paduan yang diperoleh dapat bersaing dengan paduan pengecoran industri modern. Zhan dkk., (2023) mengamati penambahan Mg dan Cu untuk paduan die casting tipe Al-Si-Cr baru untuk mencapai sifat tarik yang diinginkan tanpa menggunakan perlakuan panas T7. Ditemukan bahwa penambahan Cu harus dihindari, karena tidak efektif dalam meningkatkan kekuatan sekaligus menurunkan keuletan tarik. Penambahan Mg sangat efektif dalam meningkatkan kekuatan dan memiliki dampak kecil pada keuletan tarik.

Zhou et al., (2023) menyelidiki struktur mikro dan sifat mekanik paduan Al-9Si-0,5Mg-xCu untuk menjelaskan pengaruh kandungan Cu terhadap evolusi sifat mekaniknya. Ditemukan bahwa peningkatan kadar Cu mengakibatkan perbedaan jenis, kerapatan jumlah, dan morfologi fase endapan skala nano. Mathias dan Salar (2020) mengevaluasi paduan berdasarkan karakterisasi sifat mekaniknya dan analisis struktur mikronya. Ditemukan bahwa penerapan metode perlakuan panas yang dimodifikasi dengan jelas menunjukkan potensi paduan die-cast AlZnMg(Cu) untuk penggunaan industri di masa mendatang.

Penambahan tembaga ke paduan aluminium silikon dapat memberikan kekerasan saat panas. Paduan aluminium yang mengandung unsur tembaga di atas batas kelarutannya akan bergabung dengan aluminium untuk membentuk endapan CuAl_2 yang keras dan getas. Setelah dilakukan perlakuan panas, sifat ini akan menjadi ductile (ulet) dan tidak getas (Lenny dan John, 2011), hal ini dikarenakan endapan CuAl_2 akan larut ketika suhu perlakuan panas tercapai dan akan kembali membentuk sifat yang lebih homogen dan lebih merata pada saat pendinginan (Setyawan, 2006). Meningkatnya kebutuhan komponen dan material part maka blok silinder bekas didaur ulang dengan variasi penambahan tembaga dengan menggunakan metode pengecoran logam untuk meningkatkan karakteristik dan kualitasnya (Shankar dan Riddle, 2004). Kualitas merupakan masalah yang sangat penting dalam proses produksi, proses dan pengembangan suatu komponen. Untuk menghasilkan produk cor yang baik, segala sesuatunya harus direncanakan dan dilakukan secara cermat sedemikian rupa sehingga dapat memprediksi berbagai kondisi kualitas.

METODE PENELITIAN

Pengecoran silinder pada suhu 1010°C (Kasprzak, et al., 2010) selama 1 jam 30 menit (90 menit), dengan variasi tembaga 5%, 10%, 15% dan variasi blok silinder 85%, 90%, 95%. Setelah pengecoran, kemudian didinginkan dengan pendingin udara. Eksperimen dengan menguji spesimen yang sama, yaitu perbedaan pengujian spesimen pada kekerasan permukaan, kuat tarik dan struktur mikro. Menganalisis data penelitian yang dilakukan di laboratorium dengan mempertimbangkan penelitian yang ada.

1. Penyiapan Media dan Benda Uji Pengecoran Logam

- Media pengecoran yang digunakan dalam penelitian ini adalah media padat, dengan komposisi yang telah ditentukan seperti yang ditentukan dalam batasan masalah.
- Blok silinder dikumpulkan sesuai kebutuhan dan dipotong.

- Tembaga dikumpulkan dan dibersihkan kemudian dipotong.
- Pembuatan spesimen uji tarik dengan standar ASTM E8-E8M dan spesimen uji kekerasan dengan standar ASTM E92-17 (ASTM International, 2009).

2. Persiapan Sebelum Pengecoran Logam

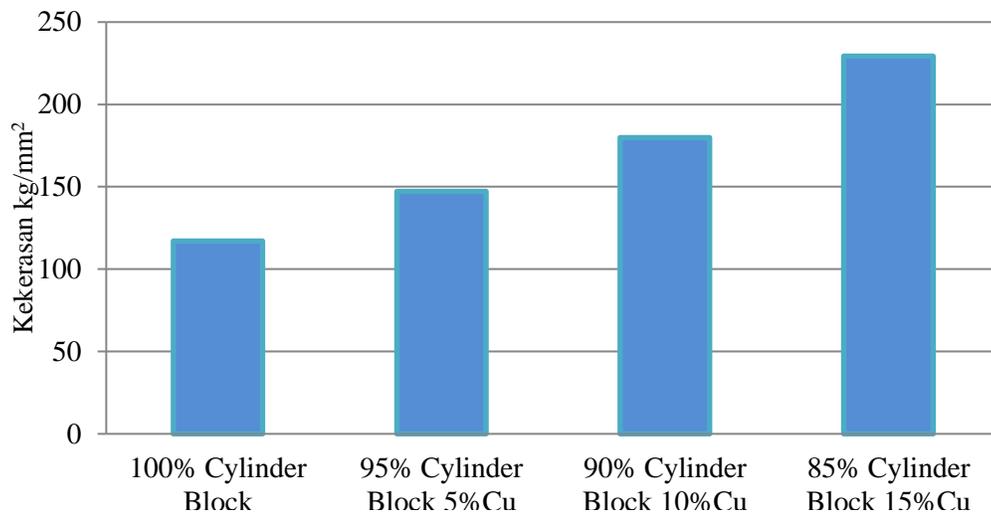
- Sampel coran dibersihkan dari debu dan karat.
- Persiapan media pengecoran logam meliputi penimbangan blok silinder dan tembaga dengan berat atau fraksi massa yang dibagi menjadi 5%, 10%, 15% tembaga dengan 85%, 90%, 95% blok silinder.
- Dalam krus, komposisi dimulai dengan mencampur blok silinder dan tembaga.
- Sampel yang telah siap dimasukkan ke dalam krus berkapasitas 10 kg dengan ketebalan 2 cm.
- Setelah semuanya siap, kemudian dipanaskan dalam tungku pemanas.

Pada penelitian ini, proses pengujian spesimen yang dilakukan adalah pengujian kekerasan permukaan dengan metode Vickers, pengujian kuat tarik dan pengamatan struktur mikro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Rata-rata Kekerasan Blok Silinder dengan Variasi Persentase Cu.

Variasi	P (kg)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	Kekerasan (HV) (kg/mm ²)	Kekerasan Rata-rata (kg/mm ²)
100% Silinder blok 0% Cu	60	0,97	0,97	118,32	117,11
		0,97	0,98	117,11	
		0,98	0,98	115,91	
		0,97	0,98	117,11	
		0,98	0,97	117,11	
95% Silonder blok 5% Cu	60	0,88	0,87	145,40	147,10
		0,87	0,88	145,40	
		0,87	0,87	147,08	
		0,88	0,86	147,08	
		0,86	0,86	150,52	
90% Silinder blok 10% Cu	60	0,78	0,79	180,65	179,75
		0,79	0,78	180,65	
		0,80	0,79	176,14	
		0,78	0,79	180,65	
		0,79	0,78	180,65	
85% Silinder blok 15% Cu	60	0,70	0,69	230,47	229,23
		0,69	0,70	230,47	
		0,70	0,71	223,98	
		0,71	0,70	223,98	
		0,68	0,69	237,25	

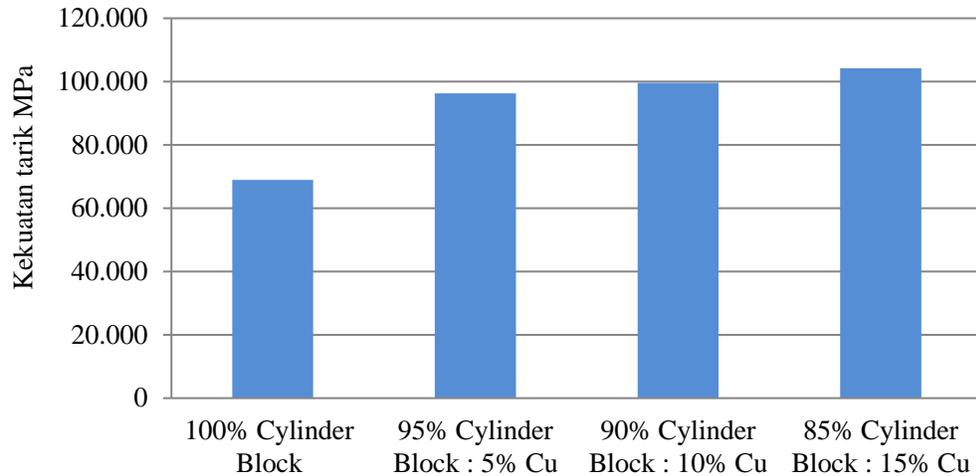


Gambar 1. Nilai Kekerasan Blok Silinder Berdasarkan Prosentase Cu.

Tabel 2. Kekuatan Tarik, Regangan dan Modulus Elastisitas Berbagai Spesimen.

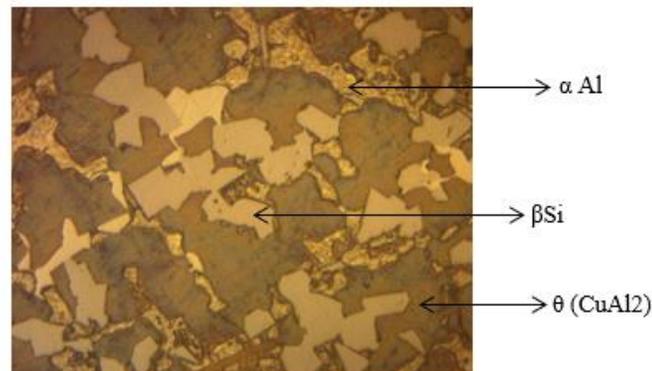
Variasi	Percobaan	F (N)	A_0 (mm ²)	σ (MPa)	L_0 (mm)	ΔL (mm)	ϵ (%)	E (MPa)
100% Silinder Blok 0% Cu	1	1499,2	36	41,6	40	0,6196	1,549	5339,2
	2	1120,8	36	35,5	40	0,4843	0,983	4098,2
	3	1576,5	36	43,8	40	0,6284	1,760	5088,3
	Rata-rata	1498,8	36	41,6	40	0,6108	1,551	5208,7
95% Silinder blok 5% Cu	1	1944,8	36	54,0	40	1,1388	2,847	4574,6
	2	1998,2	36	55,5	40	1,2540	3,135	4495,1
	3	2002,6	36	55,6	40	1,3356	3,339	4379,4
	Rata-rata	1981,8	36	55,1	40	1,2428	3,107	4483,0
90% Silinder Block 10% Cu	1	3107,9	36	86,3	40	1,1997	2,999	3325,9
	2	3069,3	36	85,3	40	1,1027	2,702	3245,3
	3	3221,2	36	89,5	40	1,2056	3,014	3185,7
	Rata-rata	3132,8	36	87,0	40	1,1693	2,905	3252,3
85% Silinder Blok 0% Cu	1	3358,2	36	90,7	40	1,2450	3,180	3104,2
	2	3274,5	36	91,0	40	1,2347	3,025	3256,4
	3	3491,1	36	97,0	40	1,2721	3,327	3178,5
	Rata-rata	3374,6	36	92,9	40	1,2506	3,177	3179,7

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan rata-rata kekerasan di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi terdapat pada variasi penambahan Cu yaitu blok silinder 15% dan 85% dengan nilai kekerasan sebesar 229,23 kg/mm². Dan nilai kekerasan terendah terdapat pada tanpa campuran Cu yaitu blok silinder 100% dengan nilai kekerasan sebesar 117,11 kg/mm², dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin banyak variasi Cu yang divariasikan maka nilai kekerasan pada permukaan yang diperoleh semakin tinggi.



Gambar 2. Kekuatan Tarik Berdasarkan Persentase Cu.

Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan nilai kuat tarik terendah terdapat pada blok silinder 100% yaitu sebesar 66,658 MPa, sedangkan kuat tarik tertinggi terdapat pada variasi penambahan Cu blok silinder 15% dan 85% yaitu sebesar 104,218 MPa. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi variasi pemberian Cu maka nilai kuat tarik semakin tinggi.



Gambar 3. Mikrostruktur α Al + θ (CuAl₂) + β Si 15% Cu Pembesaran 400x.

Penambahan Cu dapat dilihat komposisi kimianya seperti pada Gambar 3 yaitu α Al + θ (CuAl₂) + β Si. Dengan menggunakan perbesaran 400x pada mikrostruktur terlihat adanya fasa α Al + β Si, yang berwarna coklat tua dan berbentuk kotak adalah β Si dan yang berwarna coklat muda adalah α Al, pada kandungan ini aluminium merupakan bahan utama dan β Si merupakan material paduan dengan nilai presentase β Si sebesar 14,3%, pada pengamatan ini dimana α Al lebih besar dari β Si. Adanya fasa α Al + θ (CuAl₂) + β Si, yaitu yang berwarna kuning keemasan adalah α Al, dan yang berwarna coklat adalah θ (CuAl₂) dan yang berwarna abu-abu adalah β Si, pada kandungan ini α Al merupakan material utama, θ (CuAl₂) dan β Si merupakan material paduan dengan nilai presentase (CuAl₂) sebesar 17,7% dan β Si 14,3%, pada pengamatan ini dimana α Al lebih besar dari pada θ (CuAl₂) + β Si. Titik didih α Al + Cu terjadi pada suhu 660,452°C apabila suhu diturunkan dibawah garis solidus yaitu 548°C maka fase cair akan berubah menjadi fase padat, reaksi yang terjadi adalah L α + θ , dimana L merupakan fase cair,

α merupakan fase aluminium dan θ merupakan fase tembaga. Hasil pengamatan dan analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa semakin besar variasi penambahan tembaga pada coran maka sifat kekerasannya semakin meningkat dan berbanding lurus dengan kuat tariknya.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya seperti penelitian Zhan et al., (2023), Zhou et al., (2023), dan Mathias and Salar (2020) khususnya dalam menjelaskan keberadaan Cu dalam mengoptimalkan kekuatan paduan. Meskipun demikian, hal baru dalam penelitian ini adalah adanya perbedaan efek reaksi fasa dengan semakin besarnya variasi penambahan tembaga, dimana pada pengamatan ini didapatkan kandungan fasa α Al+ θ (CuAl₂)+ β Si.

KESIMPULAN

Semakin tinggi nilai penambahan Cu pada coran blok silinder maka nilai kekerasannya juga semakin tinggi, kekerasan tertinggi diperoleh pada penambahan 15% Cu dan 85% blok silinder yaitu sebesar 229,23.

Semakin tinggi nilai penambahan Cu pada coran blok silinder maka nilai kuat tariknya juga semakin tinggi, kuat tarik tertinggi diperoleh pada penambahan 15% Cu dan 85% blok silinder yaitu sebesar 104,218 MPa.

Pada pengamatan struktur mikro terlihat bahwa pencampuran material dari blok silinder dengan Cu semakin tercampur, dengan bertambahnya presentase Cu maka kekerasan dan kuat tarik blok silinder akan semakin meningkat, unsur fasa yang terkandung yang dapat dilihat melalui mikroskop adalah α Al + θ (CuAl₂) + β Si.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh rekan sejawat dan Jurusan Teknik Mesin Universitas Mataram yang telah memberikan bantuan fasilitasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, ASM International, 2004, All Rights Reserved Aluminum-Silicon Casting Alloys, *Atlas Microfractographs*

Anonim, ASTM International, 2009, Casting design and performance, ASTM International, *Material Park*.

Awali, J., Ismail, I., Aryatama, O., Triana, Y., & Asih, W. (2018). Pelatihan daur ulang logam (aluminium) bagi masyarakat Karang Joang. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat (Jurnal Keterlibatan Komunitas Indonesia)*, 4(1), 1-10.

Calero, C., Piatini, M., Pascual, C., Serrano, M.A. (2009). *Towards data warehouse quality metrics*. Proceedings of the 3rd Intl. Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW), Interlaken, 39, 2-11. (*In this case, city: Interlaken, year: 2009, Volume: 39, page: 2-11*)

Fauzi, I., Purwanto, H., & Respati, S.M.B. (2016). Analisis pengaruh variasi tekanan pada pengecoran pemerasan terhadap struktur mikro dan kekerasan produk sepatu kampas rem berbahan aluminium silikon (Al-Si) daur ulang dengan penambahan 0,05% unsur titanium (Ti). *Jurnal Ilmiah Momentum*, 12(1).

Kasprzak, W.Z. Deng, J. Powell, and M. Niewczas, (2010) Aging Characteristics, Dimensional Stability and Assessment of High Temperature Performance of Cast Al-Si Alloy for Powertrain

Applications, *Proceedings of the 12th International Conference on Aluminium Alloys, September 5-9, The Japan Institute of Light Metals, Yokohama, Japan*, p 669–674

Lenny, John Jr, 2011, Replacing the Cast Iron Liners for Aluminum Engine Cylinder Blocks: A Comparative Assessment of Potential Candidates.

Longfei Li, Yuankai Zheng, Yunbo Chen, Jian Feng, (2022), Study on microstructure distribution of Al-Cu-Mg Alloy in squeeze casting process, *IOP Publishing Ltd, Journal of Physics: Conference Series, 8th International Conference on Applied Materials and Manufacturing Technology (ICAMMT 2022)*, 2338.

Mathias Silmbroth & Salar Bozorgi, (2021), Analysis of the mechanical properties of secondary AlZnMg(Cu) die-cast alloys, *International Journal of Metalcasting, SpringerLink, 15, 794–805*.

Shankar. S dan Riddle Y.W, 2004, Eutectic Solidification of Aluminum-Silicon Alloys.

Setyawan, S., (2006). Pengaruh Variasi Penambahan Tembaga (Cu) Dan Jenis Cetakan Pada Proses Pengecoran Terhadap Tingkat Kekerasan Paduan Aluminium Silikon (Al-Si), [Skripsi, Universitas Sebelas Maret] Repositori Universitas Sebelas Maret.

Sezonenko, A. Yu, M.M. Petryshyn, A.A. Kolesnichenko, R.V. Lytvyn, I.V. Lukianenko, G. Byba, M.M. Yamshinskij, M. Yu. Barabas, (2024), Features of structure and properties of Al–Si–Cu alloy produced by pressure casting, *Results in Materials*, 21, 100539

Silva Talamantes, M. A., RodríguezJosé Talamantes-SilvaJosé Talamantes-Silva (2008). Characterization of an Al–Cu cast alloy, *Materials Characterization* 59(10), 1434-1439

Zhan, Hy., Xu, Yw., Wang, P. (2022), Effects of magnesium and copper additions on tensile properties of Al-Si-Cr die casting alloy under as-cast and T5 conditions. *China Foundry* 20, 12–22.

Zhou, P., Dongtao Wang, Hiromi Nagaumi, Rui Wang, Xiaozu Zhang, Xinzhong Li, Haitao Zhang and Bo Zhang, (2023), Microstructural evolution and mechanical properties of Al-Si-Mg-Cu cast alloys with different Cu contents, *Metals*, 13(1), 98.