

PENGARUH VARIASI UNSUR MAGNESIUM (Mg) PADA ADC 12 MATERIAL PROTOTYPE CHASSIS MOBIL MENGGUNAKAN PENGECORAN HPDC TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO

*Vivi Aisah Fardilah¹, Athanasius Priharyoto Bayuseno²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: vivifardilah2201@gmail.com

Abstrak

Pada penelitian ini prototype chassis dibuat dari bahan Aluminium ADC 12 menggunakan HPDC. Bahan *prototype chassis* ADC 12 di tambahkan unsur magnesium dengan variasi 3% 4% dan 5%. Kualitas pengecoran dapat di lihat dari sifat fisis dan sifat mekaniknya dengan melakukan karakterisasi material, yaitu : Uji kekerasan (*Hardness*), Uji Tarik (*Tensile strength*), densitas (*density*), Porositas dan struktur mikro. Setelah dilakukan pengujian densitas, porositas, uji kekerasan, uji tarik dan struktur mikro pada *prototype Chassis* ADC 12 hasil pengecoran HPDC didapat densitas rata-rata pada variasi mg 0% 3% 4% 5% berturut-turut sebesar 2,70 gr/cm³ 2,67 2,62 2,69. Porositas rata-rata pada variasi mg 0% 3% 4% 5% berturut-turut adalah 5,26% 5,32% 6,76% dan 3,93%. Nilai kekerasan rata-rata pada variasi mg 0% 3% 4% 5% berturut-turut adalah 43,39 HRB 48,67 HRB 57,56 HRB 65,41 HRB. Hasil Analisa struktur mikro melalui perhitungan Ukuran butir (*grain size*) rata-rata pada variasi mg 0% 3% 4% 5% adalah 49,60 μ m 49,01 μ m, 47,80 μ m, 43,76 μ m. Grain size berpengaruh pada sifat material karena berhubungan dengan penghambatan pergerakan dislokasi efek dari penambahan magnesium justru menghambat maka akan menambah tingkat kekerasan.

Kata kunci: HPDC (*High Pressure Die Casting*), ADC 12, *Prototype Chassis*

Abstract

In this research prototype chassis made from material aluminium ADC 12 using HPDC. Material prototype chassis ADC 12 which added by magnesium element (Mg) with variation 3% 4% and 5%. Casting quality can be seen from the physical properties and mechanical properties of the material characterization, namely: Hardness Test, Tensile strength, density, porosity and structure micro. After testing the density, porosity, hardness test, tensile strength and microstructure on Chassis prototype ADC 12 HPDC results obtained average density on the variation mg 0% 3% 4% 5% respectively of 2.70 g / cm³, 2.67 g / cm³, 2.62 g / cm³ 2.69 g / cm³. Average Porositas on variations mg 0% 3% 4% 5% respectively were 5.26% 5.32% 6.76% and 3.93%. Average hardness value on variation mg 0% 3% 4% 5% respectively HRB 43.39 48.67 57.56 HRB HRB 65,41 HRB. Results Analysis of the microstructure through the calculation of grain size (grain size) on average on variations mg 0% 3% 4% 5% is 49.60 μ m 49.01 μ m, 47.80 μ m, 43.76 μ m. Grain size effect on the material properties due to the movement of dislocations associated with inhibition of the effect of the addition of magnesium, which inhibits it will increase the level of violence.

Keywords: HPDC (*High Pressure Die Casting*), ADC 12, *Prototype Chassis*

1. Pendahuluan

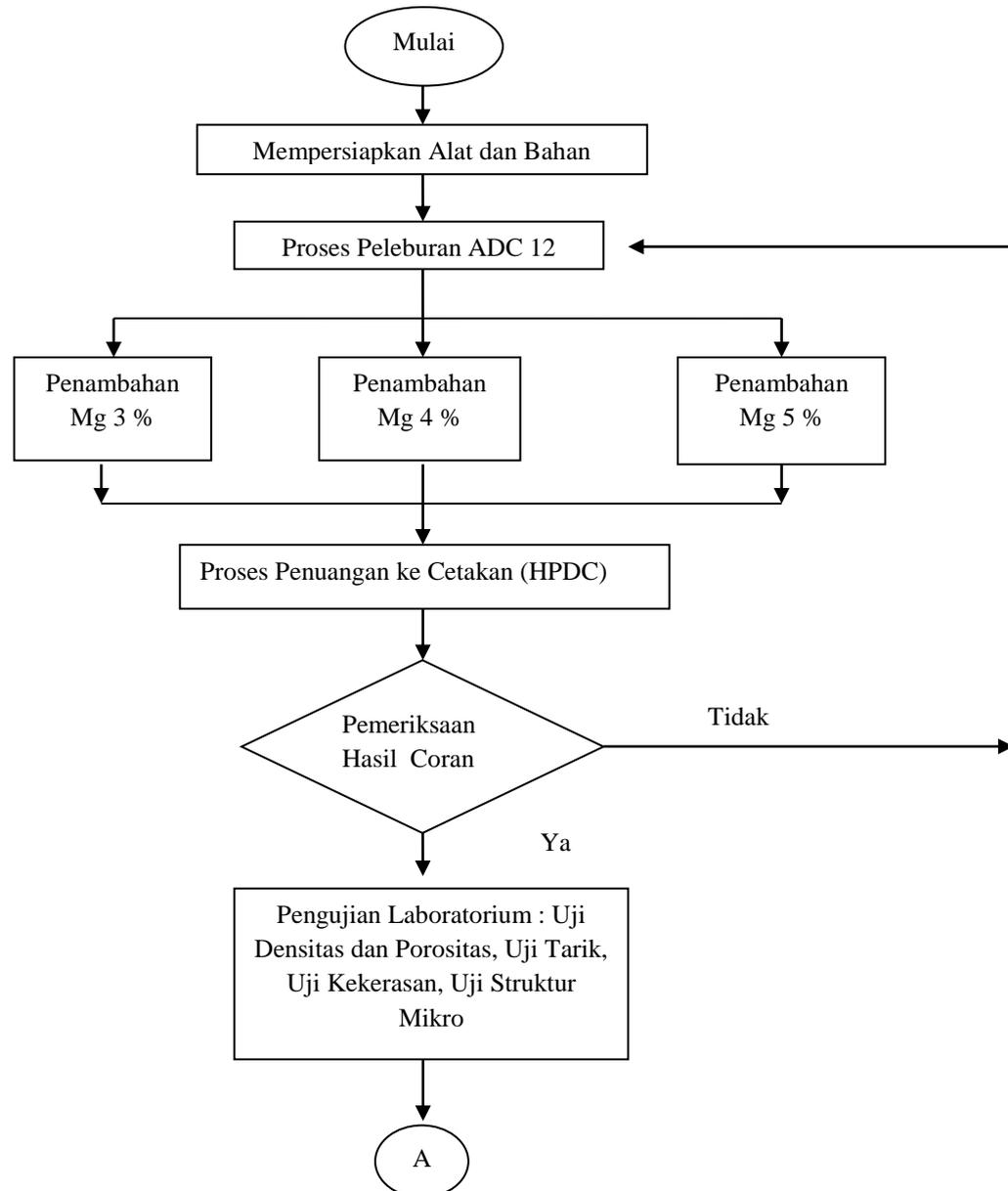
Material baru dipertimbangkan untuk digunakan ke dalam desain kendaraan jika para produsen menyediakan produk dengan biaya yang terjangkau. Logam ringan, misalnya, nilai tambah yang cukup besar adalah dengan meningkatnya nilai ekonomis bahan bakar, driveability, dan kinerja. Namun, sebelum produk material baru dapat ditentukan oleh seorang insinyur, banyak permasalahan yang membutuhkan resolusi, termasuk efek pada dinamika kendaraan, daya tahan (Garansi), damageability, perbaikan, dan keamanan kelayakan. Dalam hal ini berhubungan dengan pengaruh karakteristik metalurgi dan dampak praktek manufaktur pada material dan kinerja produk. Dibandingkan dengan cor besi dan baja, aluminium cor dan komponen magnesium berpotensi lebih efisien untuk memproduksi berdasarkan machinability yang baik [1].

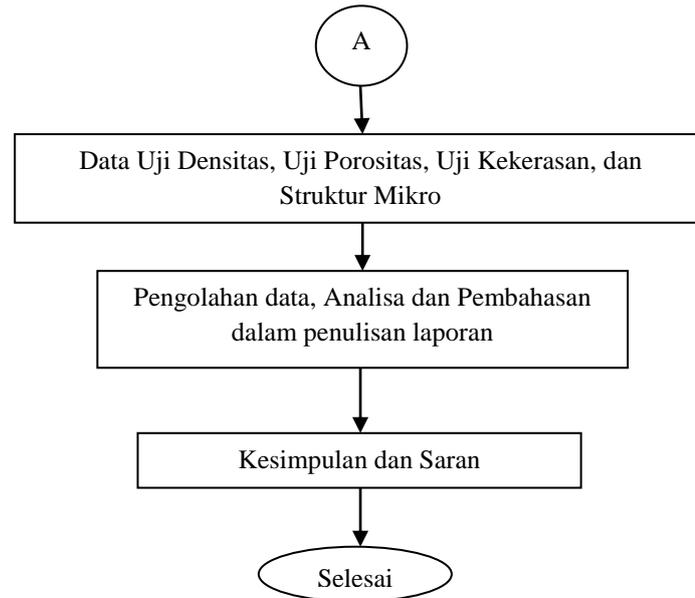
Dalam kendaraan dari semua jenis, penurunan berat rangka adalah pertanyaan sangat penting. Seiring dengan biaya dan lingkungan pertimbangan, semua komponen yang baru dikembangkan harus memiliki keuntungan berat dalam kaitannya dengan konvensional solusi. Untuk mencapai yang terbaik teknis dan ekonomis kinerja, kita harus

mempertimbangkan keterkaitan dengan antara desain, material dan proses produksi untuk aplikasi tertentu. Berikut ini memberikan beberapa contoh desain ringan dengan aluminium dan magnesium coran. Kesempurnaan dari tekanan tinggi dalam pengecoran teknologi HPDC dan desain baru. Aplikasi baru dari partikel diperkuat logam ringan menawarkan potensi tambahan untuk menyimpan berat dan lebih baik kinerja teknis, ekonomis dan lingkungan [2].

Oleh karena itu pada penelitian ini akan di teliti sifat mekanis dan struktur mikro dari prototype chasiss dengan bahan dasar ADC 12 dengan penambahan unsur Magnesium (Mg), dimana proses pembentukannya melalui proses HPDC. Penelitian yang dilakukan merupakan pembahasan hasil pengecoran HPDC dengan bahan baku ADC 12 dengan variasi penambahan unsur Magnesium (Mg). Pengujian-pengujian yang akan dilakukan antara lain pengujian uji tarik, pengujian kekerasan, pengujian densitas dan porositas serta struktur mikro. Sehingga penelitian yang telah dilakukan diharapkan dapat membuktikan bahwa penambahan suatu unsur ke dalam bahan baku Chasiss, dapat meningkatkan sifat mekanis Chasiss tersebut.

2. Metode Penelitian





Gambar 1. Flowchart Penelitian

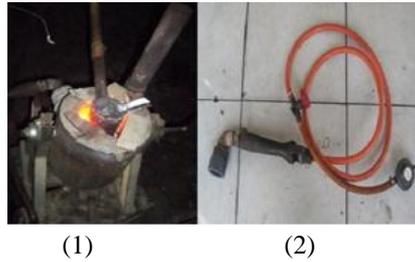
Keterangan :

- a. Mempersiapkan Alat Dan Bahan
- b. Persiapan yang diperlukan antara lain, menimbang ADC 12 dan Magnesium (Mg) sesuai dengan masa yang dibutuhkan, menyambung tungku , tabung gas LPG dan selang krusibel, menyiapkan alat HPDC, kowi, pengaduk, Thermocouple dan display. Proses Pengecoran
 Proses pengecoran dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fisik Teknik Mesin UNDIP dengan pengecoran HPD
- c. Proses Peleburan ADC 12
 Proses peleburan dilakukan hingga batangan ADC 12 mencair dan mencapai suhu 6900C dan pengadukan menggunakan proses stir selama menit.
- d. Proses Pencampuran Magnesium
 Proses pencampuran Magnesium dilakukan pada saat temperatur cairan ADC 12 mencapai suhu 6900C. Proses Pencampuran Magnesium dilakukan pada 3 variasi yang berbeda yaitu 3%Mg, 4%Mg, dan 5%Mg.
- e. Proses Strirring
 Setelah Magnesium dimasukkan ke dalam cairan ADC 12 bersuhu 7500C, kemudian dilakukan proses stirring menggunakan mesin stir casting dengan kecepatan ± 65 rpm selama 1 menit.
- f. Proses Penuangan ke cetakan (HPDC)
 Proses Penuangan dilakukan ke dalam mesin HPDC dengan tekanan 7 Mpa.
- g. Pemeriksaan Hasil Coran
 Spesimen hasil pengecoran diteliti apakah layak untuk diuji atau tidak. Kelayakan hasil coran ini dilihat dari Porositas dan kesempurnaan dimensi hasil coran.
- h. Pengujian Laboraturium
 Pengujian laboraturium dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat dari spesimen uji. Pengujian laboraturium ini meliputi:
 - Uji densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan neraca digital merk sarforious..
 - Uji kekerasan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dari masing-masing spesimen uji dengan menggunakan Rockwell Hardness Tester (Skala HRB).
 - Uji struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik. Hal ini bertujuan untuk melihat struktur mikro pada spesimen uji.
 - Uji Tarik dilakukan dengan menggunakan mesin bla bala . Hal ini bertujuan untuk mengetahui nilai besarnya Ultimate Tensile Strenght (UTS) tegangan luluh dan tegangan maksimal
- i. Pengolahan Data, Analisa dan Pembahasan
 Mengolah data-data yang mengacu pada materi yang terdapat pada referensi, dan menampilkan data-data tersebut dalam bentuk grafik, dan tabel yang dibuat dalam penulisan laporan.
- j. Kesimpulan dan Saran
 Menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisa dan memberi saran untuk lanjutan dari penelitian ini.

2.1 Alat dan Bahan

- a. Tungku Krusibel dan Burner

Tungku yang digunakan untuk melebur aluminium serbuk besi adalah dapur krusibel yang berbahan bakar gas sedangkan burner adalah selang yang di gunakan untuk saluran gas ke api.



Gambar 2. Tungku Krusibel(1), Burner (2)

b. Kowi

Kowi digunakan sebagai tempat untuk melebur, mencampur, dan menuang coran. Kowi terbuat dari baja dan diberitangkai untuk memudahkan proses penuangan ke dalam cetakan.



Gambar 3. Kowi

c. Timbangan *Digital*

Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital. Timbangan ini digunakan untuk mengukur massa dari ADC 12 dan massa.



Gambar 4. Timbangan *Digital*

d. *Rockwell Hardness Tester*

Rockwell Hardness Tester digunakan untuk melakukan uji kekerasan pada specimen uji yang sebelumnya telah dilakukan pengamplasan. Sehingga spesimen yang akan diuji kekerasannya memiliki permukaan yang rata.

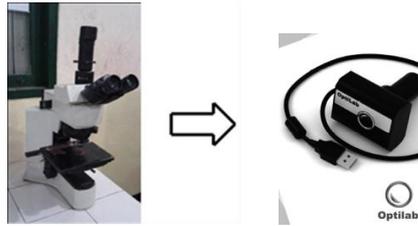


Gambar 5. *Rockwell Hardness Tester*

e. Mikroskop optik dan OptiLab

Digunakan untuk mengamati struktur mikro dari specimen dan kemudian mengambil foto setelah mendapatkan

gambar yang diinginkan menggunakan kamera.



(a) (b)
Gambar 6. (a) Mikroskop Optik dan (b) Opti Lab

f. Alat Uji Tarik

Mesin uji tarik Digunakan untuk mengetahui sifat mekanis dari material Aluminium paduan ADC 12 yang diantaranya tegangan luluh (σ_y), tegangan maksimum (σ_u), keuletan (%EL).



Gambar 7. Mesin Uji Tarik

g. Vernier Caliper

Vernier Caliper Digital Digunakan sebagai alat bantu untuk mengetahui kerataan spesimen uji kekerasan dan mikrografi. Vernier yang digunakan yaitu vernier caliper mitutoyo dengan ketelitian 0,05 mm



Gambar 8. Vernier Caliper

h. High Pressure Die Casting (HPDC)

High Pressure Die Casting (HPDC) merupakan salah satu jenis dari pengecoran dengan tekanan dimana logam cair dibekukan pada tekanan yang tinggi diantara cetakan (dies) dan piston hidrolik pada ruang tertutup



Gambar 9. High Pressure Die Casting (HPDC)

i. Ingot ADC 12 dan Magnesium



Gambar 10. (a) ADC 12 dan (b) Magnesium

Tabel 1. Komposisi kimia ADC 12

Unsur	Al	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	lainnya
%wt	85,41	10,34	0,87	1,81	0,16	0,27	1,017

Tabel 2. Komposisi kimia Mg ingot

Unsur	Mg	Al	Si	Fe	Cu	Mn	lainnya
%wt	99,93	0,022	0,013	0,003	0,002	0,012	0,018

2.2 Proses Pembuatan Material

Langkah-langkah yang di lakukan pada proses pengecoran antara lain :

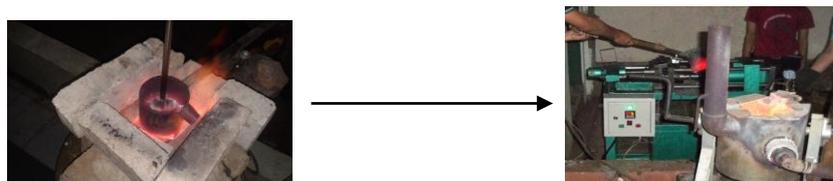
a. Proses pemotongan dan penimbangan



Gambar 11. Pemotongan dan penimbangan

Tahap awal dengan melakukan pemotongan ADC 12 batangan menjadi ukuran 5 cm lalu selanjutnya proses penimbangan ADC 12 sesuai kebutuhan pengecoran . Setelah itu serbuk magnesium yang sudah di haluskan di timbang kembali sesuai variasi yang telah di tentukan, yaitu 3 %,4 % ,5 % .

b. Proses Peleburan dan Penuangan ke cetakan



Gambar 12. Pelebur dan penuangan ke cetakan

Aluminium tersebut dimasukkan ke dalam kowi tungku dinyalakan dengan cara membuka selang burner yang sudah terhubung dengan tabung yang berisi bahan

c. Pendinginan



Gambar 14. Hasil spesimen

Setelah bahan coran dituang di dalam cetakan tunggu sampai 5 menit, kemudian cetakan di buka, biarkan hasil coran dingin dengan sendirinya. Setelah itu hasil pengecoran dikeluarkan dari cetakan.

2.3 Metode Perhitungan

a. Densitas

Data diambil dari hasil pengukuran dengan neraca digital menghasilkan massa kering (M dry) dan massa basah (M wet). Densitas spesimen ($\rho_{apparent}$) dihitung dengan persamaan 1

$$\rho_{apparent} = \rho_{H_2O} \times \frac{M_{dry}}{M_{dry} - M_{wet}} \dots\dots\dots (1)$$

b. Porositas

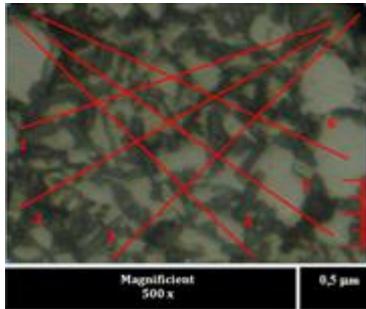
Porositas spesimen dihitung dengan terlebih dahulu menentukan densitas teoritis dengan menggunakan kaidah rule of mixture persamaan 2.

$$\rho_{theoretical} = (\rho_{AlSi} \times \%_{AlSi}) + (\rho_{Mg} \times \%_{Mg}) + (\rho_{SiC} \times \%_{SiC}) \dots\dots\dots (2)$$

$$P_{(96V)} = \frac{\rho_{theoretical} - \rho_{apparent}}{\rho_{theoretical}} \dots\dots\dots (3)$$

c. Perhitungan ukuran butir (grain size)

Perhitungan ukuran butir (grain size) menggunakan *linier intercept method*, tujuannya adalah untuk membandingkan antara logam aluminium sebelum variasi Mg dan logam aluminium setelah terjadi pencampuran variasi unsur magnesium dengan mengkorelasikan besar butir terhadap kekuatan.



Nomor garis	Jumlah grain intersected	Rata-rata grain intersected
1	4	4,41
2	4	
3	5	
4	4,5	
5	6	
6	3	

$$\begin{aligned} \text{Line length intersected rata-rata} &= \frac{110 \text{ mm}}{4,41} = 24,94 \text{ mm} \\ \text{Diameter butir rata-rata} &= \frac{24,94}{500} \\ &= 49,88 \times 10^{-3} \text{ mm} = 49,88 \mu\text{m} \end{aligned}$$

3 Hasil dan Analisa

3.1 Densitas dan Porositas

Tabel 3. Densitas paduan Al10Si dengan Variasi Mg

	Al10Si+Mg 0%			Al10Si+Mg 3%			Al10Si+Mg 4%			Al10Si+Mg 5%		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Mdry (g)	2,64	2,05	2,60	2,09	1,62	2,24	2,21	1,59	2,45	2,43	0,94	2,59
Mwet (g)	1,66	1,29	1,70	1,32	1,02	1,39	1,41	0,95	1,50	1,49	0,97	1,56
ρ (g/cm ³)	2,68	2,70	2,71	2,70	2,69	2,63	2,78	2,49	2,60	2,59	2,72	2,76
ρ rata-rata	2,70			2,67			2,62			2,69		

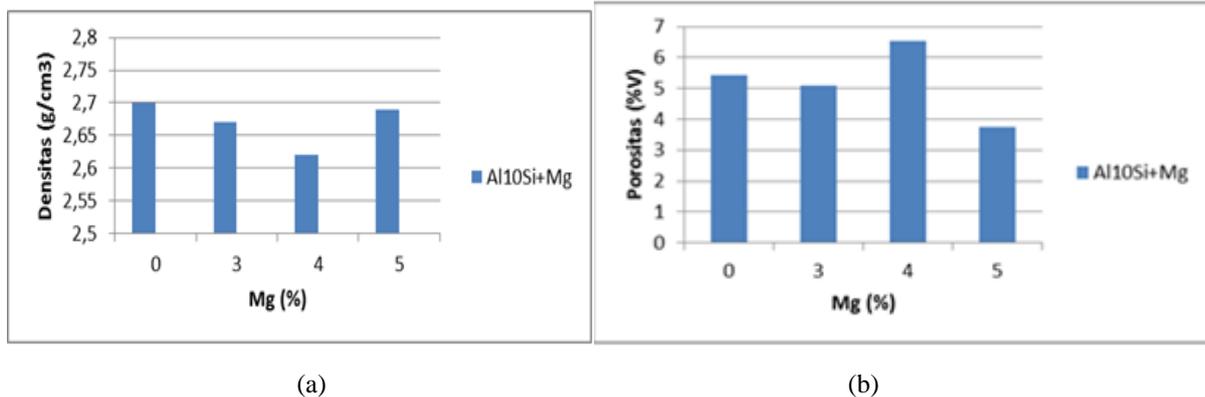
Tabel 4. Hasil uji densitas dan perhitungan porositas

Material	ρ_{actual} (g/cm ³)	$\rho_{theoretical}$ (g/cm ³)	P (% Vol)
Al10Si	2,70	2,85	5,26

Al10Si+Mg 3%	2,67	2,82	5,32
Al10Si+Mg 4%	2,62	2,81	6,76
Al10Si+Mg 5%	2,69	2,80	3,93

Adapun grafik hubungan antara densitas dan tingkat porositas hasil pengecoran dengan variasi persentase Mg ditunjukkan pada Gambar 15.

Dari data di atas bisa dilihat bahwa untuk paduan Al10Si densitasnya menurun pada Mg 4 % dan kemudian meningkat pada 5 % Mg, sementara porositasnya meningkat pada 4% sesuai perbandingan nilai densitas dan porositas. Pada paduan coran Al10Si+Mg densitas mengalami penurunan sampai kadar Mg 4% dan kemudian menaik pada Mg 5%. Sementara itu porositas sebesar 2,67 % cenderung tetap sampai kadar Mg 3%, selanjutnya porositas meningkat menjadi 6,76% pada kadar Mg 4%.



Gambar 15. Perubahan (a) densitas, dan (b) porositas, sebagai hasil penambahan Mg

3.2 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan Rockwel B (HRB) yang berpedoman pada standar ASTM E18-11 dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Tabel 5. Hasil pengujian kekerasan paduan Al10Si + Mg

Material	Spesimen	Kekerasan (HRB)							Rata-rata (HRB)
		Identasi 2	Identasi 3	Identasi 4	Identasi 6	Identasi Rata-rata			
Al10Si	A	38,50	36,50	45,00	45,50	47,50	46,50	43,25	43,39
	B	45,50	43,00	38,00	45,00	34,50	43,00	41,50	
	C	42,00	46,00	45,50	42,00	50,00	47,00	45,42	
Al10Si+3%Mg	A	56,50	36,00	50,00	55,00	52,50	40,50	48,42	48,67
	B	56,00	56,00	56,00	55,50	53,50	58,00	55,83	
	C	44,00	52,00	46,00	50,00	48,50	55,00	41,74	
Al10Si+4%Mg	A	64,00	65,50	66,00	62,50	55,50	64,00	62,93	57,56
	B	44,50	60,00	65,50	70,50	77,50	67,50	55,25	
	C	51,50	64,00	62,50	45,00	45,50	58,50	54,50	
Al10Si+5%Mg	A	65,50	65,00	65,00	68,00	70,00	70,50	67,33	65,41
	B	64,00	69,00	67,50	66,50	66,50	64,00	66,25	
	C	71,50	59,00	60,00	62,00	58,00	65,50	62,67	

Dari Tabel 5 bisa dilihat bahwa kekerasan paduan Adc 12 dan Mg meningkat seiring dengan peningkatan kadar magnesium. Kekerasan tertinggi dicapai pada persentase Mg 5%. Pada paduan Al10Si+Mg kekerasannya tertinggi

adalah 65,41 HRB atau meningkat 33% dari kekerasan material awal. Penambahan variasi Mg mampu meningkatkan kekerasan paduan coran yang dihasilkan. Rata-rata kekerasan komposit meningkat sebesar 7% setelah ada penambahan Mg. Kekerasan paduan coran meningkat karena Mg berfungsi sebagai wetting agent, yaitu bahwa unsur Mg mampu meningkatkan.

3.3 Hasil ukuran butir (*grain size*)

Tabel 6. Hasil pengukuran grain size

No	KODE SPESIMEN	Daerah pengujian	Diameter butir (μm)	Diameter butir rata-rata (μm)
1.	Material awal	A	49,8	49,60
		B	50,8	
		C	48,0	
2.	Spesimen Al+Mg 3%	A	45,5	49,01
		B	44,7	
		C	50,8	
4.	Spesimen Al+Mg 4%	A	48,0	47,80
		B	45,5	
		C	49,8	
5.	Spesimen Al+Mg 5%	A	46,3	43,76
		B	37,0	
		C	48,0	

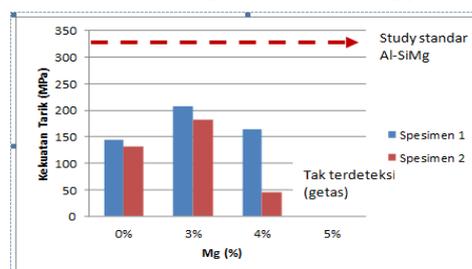
Grain size berpengaruh pada sifat material karena berhubungan dengan penghambatan pergerakan dislokasi. Pergerakan dislokasi akan membuat suatu material mudah terdeformasi dan efek dari penambahan magnesium justru menghambat maka akan menambah tingkat kekerasan. Dengan grain size yang besar, maka pergerakan dislokasi akan semakin mudah. Begitu pula sebaliknya, dengan semakin kecil butir, maka dislokasi akan terhambat dan mengakibatkan material akan cenderung brittle.

3.4 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro menggunakan mesin uji tarik dengan model kontrol dan pencatatan data secara otomatis dengan program komputer. Pelaksanaan uji tarik berdasarkan standar ASTM E-8

1. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik yang harganya sama dengan nilai tegangan tarik didapatkan dengan perhitungan beban maksimal dibagi dengan luas penampang spesimen uji tarik. Perhitungan tersebut menggunakan persamaan



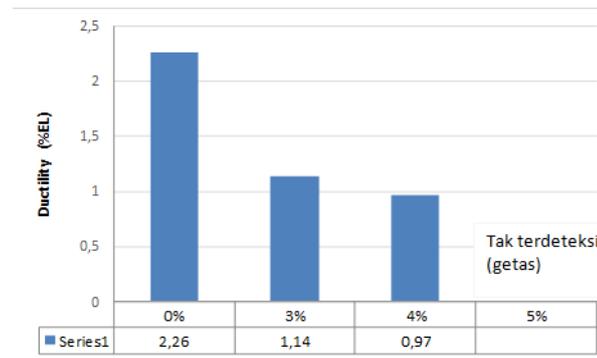
Gambar 16. Grafik Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik AlSi+Mg mengalami peningkatan kekuatan tarik pada penambahan 3% Mg yaitu 194,6 Mpa. Kemudian kekuatan tarik menurun pada penambahan Mg 4 % sebesar 104,8 Mpa dikarenakan spesimen 4% banyak

terkandung porositas yang mengakibatkan penurunan kekuatan tarik. Spesimen Mg 5 % telah patah sebelum melakukan uji tarik. Dari studi standar nilai kekuatan tarik Al-SiMg adalah sebesar 300-350 Mpa itu bisa di lihat dari mechanical properties dari jurnal [3].

2. Keuletan (*Ductility*)

Untuk mendapatkan kurva tegangan-regangan yang ideal, dibuat garis bantu dengan kemiringan sama dengan kemiringan kurva tegangan-regangan pada daerah proporsional. Garis bantu tersebut diperpanjang hingga memotong sumbu regangan. Titik potong tersebut adalah titik (0,0) sumbu tegangan-regangan. Berikutnya nilai %EL disesuaikan dengan hasil perhitungan dengan persamaan 4.



Gambar 17. Grafik Keuletan

3. Kesimpulan

Berat body rangka menjadi rendah, sifat mampu bentuk yang baik dan ketahanan korosi, aluminium merupakan material pilihan bagi banyak aplikasi otomotif seperti chassis, Karoseri dan banyak struktural komponen. Pada penelitian ini porositas akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar Mg dalam paduan aluminium. Tingkat porositas pada penambahan Mg tertinggi ada pada variasi Al10 Si + 4% Mg yaitu sebesar 6,76 %. Sedangkan yang 0% , 3% dan 5 % adalah 5,26 %, 5,32 % dan 3,93 %. Kekerasan aluminium akan meningkat seiring dengan peningkatan kadar Mg. Kenaikan kekerasan paling signifikan didapat pada penambahan 5% Mg ke dalam paduan Al10Si ada bernilai 65,41 HRB. Dengan penambahan Mg efektif meningkatkan wettability aluminium terhadap Mg pada prosentase 5%, kekerasan meningkat, dan porositas dapat dikurangi. Dari struktur mikro terlihat adanya perbedaan struktur butir, material tanpa variasi Mg dengan variasi Mg dan memiliki ukuran butir yang berbeda. Pergerakan dislokasi akan membuat suatu material mudah terdeformasi dan efek dari penambahan magnesium justru menghambat maka akan menambah tingkat kekerasan. Hal ini terjadi karena semakin banyaknya presipitat Mg₂Si yang terbentuk dibandingkan pada variasi penambahan unsur magnesium lainnya

4. Daftar Pustaka

- [1]. G.S. Cole , A.M Sherman “Light Weight Material For Automotive Application” .Ford Motor Company , Dearbon.
- [2]. D.Brungs , “Light Weigt Design With Light Metal Castings ” Hansel Aktiengesellschaft, Postfach 1364, D- 59870 Mescheder Germany
- [3]. Elaheh Ghassemieh “Material in Automotive Application, State of the ART and Prospect ”. University of Sheffield, UK