

ANALISA PENGARUH KOMPOSISI Cu DAN Mg PADA PADUAN Al – Cu DAN Al – Mg UNTUK CHASSIS KENDARAAN

Laily Ulfiyah

Jurusan Teknik Mesin Alat Berat,
Politeknik Negeri Madura
lailyulfiyah0608@gmail.com

Faizatur Rohmah

Jurusan Teknik Mesin Alat Berat
Politeknik Negeri Madura

Tristiandinda Permata

Jurusan Teknik Bangunan Kapal
Politeknik Negeri Madura

Chassis is a frame that functions as a support for vehicles, engines and passengers weight. The chassis also serves to hold the vehicle to remain rigid and not experience bending. To meet the needs of the global market for chassis products with good material quality, of course it can not be separated from how the product is made, starting from the casting process, heating to the final process (finishing). In this research, the chassis was made with aluminum waste material which is mixed with copper (Cu) and mixed with Magnesium (Mg) through the casting process. This research was carried out with Al and Cu alloys, Al and Mg and it was carried out by tensile and bending, hardness tests. Aluminum is melted at the melting point and added with Cu powder and with Mg powder with a composition of 0%, 1%, 2%, 2,5% and 3%. Alloy results are printed according to the tensile, bending and hardness material test standards. Based on the results of tensile, bending and hardness tests it can be concluded that the composition of 2% is the lowest elasticity alloy and 3% is the highest elasticity alloy.

Keywords: Chassis, Alloy, Al, Cu, Mg, Tensile Test, Bending Test

1. PENDAHULUAN

Chassis adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang. Biasanya *chassis* terbuat dari kerangka baja yang memegang body dan engine dari sebuah kendaraan. Material *chassis* harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* juga berfungsi untuk menjaga agar mobil tetap rigid, kaku dan tidak mengalami bending. Berdasarkan fungsinya tersebut, pada umumnya kerangka *chassis* adalah berbahan dasar baja ada pula yang berbahan aluminium yang tentu saja mudah korosi dan retak, akibatnya akan timbul kepatahan sehingga dapat disimpulkan bahwa *chassis* merupakan salah satu komponen vital dalam kendaraan bermotor [1].

Pemanfaatan *chassis* yang digunakan sebagai penopang berat kendaraan, biasanya terbuat dari kerangka baja yang menopang body dan engine dari sebuah kendaraan [2]. Namun saat ini bahan baku baja yang memiliki sifat berat, sehingga produsen mencari bahan yang lebih ringan dan memiliki kekuatan yang sama atau lebih bagus salah satu bahan atau material yang dapat digunakan sebagai pengganti baja adalah Al. Logam Al memiliki karakteristik tahan korosi terhadap banyak bahan kimia, berat yang lebih rendah 40% dari bahan baku baja pada kerangka *chassis*, dan kekuatan yang akan bertambah apabila dipadukan dengan logam lain. Mg adalah logam teknik ringan yang memiliki karakteristik sebagai bahan paduan yang akan menambah tingkat kekuatan, hasil paduan dari kedua unsur ini diharapkan dapat memenuhi kriteria material *chassis* [3].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk pengembangan logam Al sebagai bahan baku *chassis*. Penelitian yang telah dilakukan diantaranya tentang pengaruh penambahan Mg pada pembuatan Al komposit berpenguat tali kawat baja karbon tinggi, terhadap kondisi antarmuka dan sifat mekanis, untuk aplikasi material armor ini menjelaskan bagaimana penambahan Mg pada paduan Al, agar memiliki tingkat kekuatan mekanik yang tinggi, dan didapatkan nilai tensile strength tertinggi sebesar 16,25 (Kg/) [4]. Pada penelitian selanjutnya tentang pengaruh penambahan kadar Mg pada Al, terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro ini

menjelaskan bagaimana suatu paduan Al Mg dengan variasi 2%, 4%, 6%, memiliki nilai ultimate strenght tertinggi 1050 (kgf) yang digunakan untuk aplikasi di dalam dunia teknik [5].

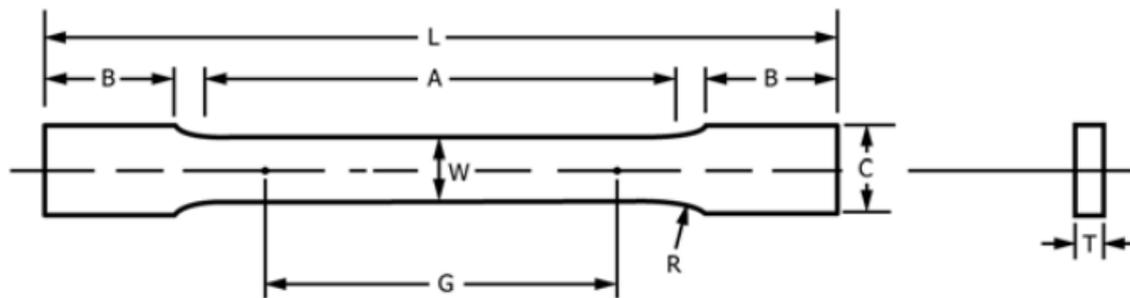
Penelitian selanjutnya terkait tentang pengaruh penambahan Mg Al berongga, terhadap sifat mekanis *low noise material* ini dijelaskan bahwa kekuatan suatu material dengan pengujian kekerasan serta kekuatan memiliki hasil yang maksimal adalah pada komposisi 93,12% Al dan 6% Mg dengan karakteristik sebagai berikut: Kekerasan 132,70 BHN dan Tensile strength 164,10 N/mm², Yield strength 122,54 N/mm² dan Elongation 4,64%. Semakin meningkat penambahan unsur Mg terhadap Al maka semakin meningkat juga hasil kekerasan dan uji tariknya [3].

2. METODE DAN BAHAN

Metode Pengujian

Tensile Test

Pengujian material pada penelitian ini salah satunya dengan pengujian tensile, pengujian disini untuk mengetahui sifat-sifat mekanik material. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang seimbang. Uji Tensile ini nantinya akan digunakan untuk mengukur ketahanan paduan material Al-Cu dan Al-Mg terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Material paduan Al-Cu dan Al-Mg dibentuk sesuai material standar pengujian tensile. Gambar 1 merupakan bentuk material standar pengujian tensile berupa plat dengan menggunakan standar ASTM seperti pada Tabel 1, sedangkan Gambar 2 berikut material uji tensile Al-Cu dan Al-Mg.



Gambar 1 Material Uji Tarik [6]

Tabel 1 The standard Plate-Type Test Specimen [6]

	Dimensions		
	Standard Specimens	Sheet-Type Specimen	Subsize Specimen
	Plate-Type, 40 mm [1.500 in.] Wide	Sheet-Type, 12.5 mm [0.500 in.] Wide	6 mm [0.250 in.] Wide
	mm [in.]	mm [in.]	mm [in.]
G—Gauge length (Note 1 and Note 2)	200.0 ± 0.2 [8.00 ± 0.01]	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	25.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.003]
W—Width (Note 3 and Note 4)	40.0 ± 2.0 [1.500 ± 0.125, -0.250]	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]
T—Thickness (Note 5)		thickness of material	
R—Radius of fillet, min (Note 6)	25 [1]	12.5 [0.500]	6 [0.250]
L—Overall length, min (Note 2, Note 7, and Note 8)	450 [18]	200 [8]	100 [4]
A—Length of reduced parallel section, min	225 [9]	57 [2.25]	32 [1.25]
B—Length of grip section, min (Note 9)	75 [3]	50 [2]	30 [1.25]
C—Width of grip section, approximate (Note 4 and Note 9)	50 [2]	20 [0.750]	10 [0.375]

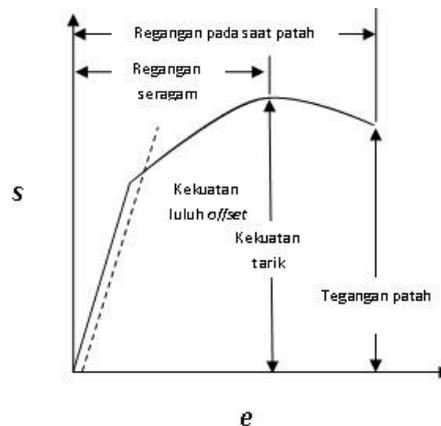


(a)

(b)

Gambar 2 (a) Material Uji Tensile Paduan Al-Cu; (b) Material Uji Tensile Paduan Al-Mg

Material paduan yang diuji tarik seperti pada Gambar 1 dan 2 nantinya akan diberi pembebanan pada kedua arah sumbunya. Pemberian beban pada kedua arah sumbunya diberi beban yang sama besarnya. Beban yang diberikan pada bahan yang diuji ditransmisikan pada pegangan bahan yang di uji.



Gambar 3 Contoh Kurva Uji Tarik [5]

Tegangan yang digunakan pada kurva adalah tegangan membujur rata-rata dari pengujian tarik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Tegangan teknik tersebut diperoleh dengan cara membagi beban yang diberikan dibagi dengan luas awal penampang benda uji, tegangan teknik dapat dituliskan pada Persamaan 1[7].

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \tag{1}$$

Keterangan ;

σ : besarnya tegangan (kg/mm²)

P : beban yang diberikan (kg)

A₀ : Luas penampang awal benda uji (mm²)

Regangan yang digunakan untuk kurva tegangan-regangan teknik seperti pada Persamaan 2 dalah regangan linier rata-rata, yang diperoleh dengan cara membagi perpanjangan yang dihasilkan setelah pengujian dilakukan dengan panjang awal.

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \tag{2}$$

Keterangan ;

ε : Besar regangan

L₁ : Panjang benda uji setelah pengujian (mm)

L₀ : Panjang awal benda uji (mm)

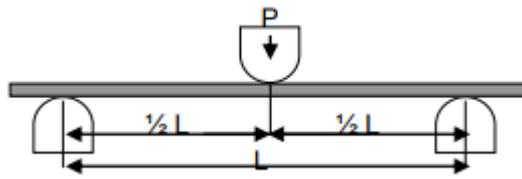
Bentuk dan besaran pada kurva tegangan-regangan suatu logam tergantung pada komposisi, perlakuan panas, deformasi plastik, laju regangan, temperatur dan keadaan tegangan yang menentukan selama pengujian. Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan logam adalah kekuatan tarik, kekuatan luluh atau titik luluh, persen perpanjangan dan pengurangan luas.

Uji Lekung (Bending Test)

Pengujian material yang kedua dengan pengujian bending. Uji lengkung (*bending test*) merupakan salah satu bentuk pengujian untuk menentukan mutu suatu material secara visual. Selain itu uji *bending* digunakan untuk mengukur kekuatan material akibat pembebanan dan kekenyalan hasil pengecoran logam [8]. Dalam pemberian beban dan penentuan dimensi mandrel ada beberapa faktor yang harus diperhatikan, yaitu:

1. Kekuatan tarik (*Tensile Strength*)
2. Komposisi kimia dan struktur mikro terutama kandungan Mn dan CO.
3. Tegangan luluh (*yield*).

Material uji bending seperti pada Gambar 2. Berdasarkan posisi pengambilan spesimen, uji *bending* dibedakan menjadi 2 yaitu *transversal bending* dan *longitudinal bending*, dalam penelitian ini akan digunakan metode transversial *bending* karena *bending* yg dilakukan langsung di tengah permukaan material dengan pembebanan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Face Bend pada transversal Bending[8]

Bahan yang digunakan

Unsur Tembaga(Cu)

Tembaga adalah unsur kimia dengan simbol Cu (dari bahasa Latin: tembaga) dan nomor atom 29 dan bernomor massa 63,54 merupakan unsur logam merah muda yang lunak, dapat ditempa dan liat. Melebur pada 1038°C, karena potensial elektrode standarnya positif, tidak larut dalam asam klorida dan asam sulfat encer, meskipun dengan adanya oksigen bisa larut sedikit. Tembaga yang terdapat di bumi ini tidak melimpah (55 ppm) namun terdistribusi secara luas sebagai logam dalam sulfida, arsenida, klorida dan karbonat [9]. Sifat-sifat mekanik tembaga [10] antara lain titik lebur 1084°C, titik didih 2562°C, modulus elastisitas 110 GPa, dan kekuatan tarik tembaga 200 MPa.

Tembaga adalah logam dengan sangat tinggi termal dan konduktivitas listrik. Tembaga murni lembut dan lunak permukaan baru memiliki warna kemerahan-oranye. Tembaga banyak digunakan sebagai konduktor panas dan penghantar listrik yang baik. Tembaga murni memiliki sifat yang halus dan lunak dengan permukaan berwarna jingga kemerahan. Tembaga mempunyai sifat konduksi yang sangat baik, hanya perak yang mempunyai sifat konduksi yang baik lebih dari tembaga. Tembaga sangat langka dan jarang sekali diperoleh dalam bentuk murni. Pemakaian tembaga banyak digunakan sebagai kabel listrik dan juga kumparan dinamo, jika paduan tembaga 70% dengan seng 30% disebut kuningan [11].

Aluminium (Al)

Aluminium adalah salah satu golongan III A dalam nomor 13 yang merupakan unsur logam yaberwarna putih perak mengkilat. Aluminium merupakan 10 gram elektropositif dan diudara aluminium merupakan logam yang tahan karat. Aluminium diproduksi dalam jumlah yang besar dalam dunia industry hal ini karena aluminium banyak dimanfaatkan orang. Proses pembuatan aluminium dalam industry dikenal dengan proses hal yang terdiri dari dua tahapan proses, yaitu tahap pemurnian berhasil atau krolit yang memanfaatkan sifat atmosfer dari aluminium oksida dan tahap elektrolisis untuk memeproleh aluminium murni yang kemudian melalui proses lebih lanjut [12].

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat – sifat yang baik lainnya sebagai sifat logam. Sebagai tambahan terhadap, kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Mg, Cu, Si, Mn, Zn, Ni, secara satu persatu atau bersama-sama, memberikan juga sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus, koefisien pemuaian rendah dsb. Material ini dipergunakan di dalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, konstruksi. Aluminium memiliki beberapa kekurangan yaitu kekuatan dan kekerasan yang rendah bila dibanding dengan logam lain seperti besi dan baja [13].

Aluminium memiliki karakteristik sebagai logam ringan dengan densitas $2,7 \text{ g}/[\text{cm}]^3$. Selain sifat-sifat tersebut aluminium mempunyai sifat-sifat yang sangat baik dan bila dipadu dengan logam lain bisa mendapatkan sifat-sifat yang tidak bisa ditemui pada logam lain. Sifat-sifat dari aluminium adalah ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat tahan korosi pada aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida aluminium pada permukaan aluminium. Lapisan oksida ini melekat pada permukaan dengan kuat dan rapat serta sangat stabil (tidak bereaksi dengan lingkungannya) sehingga melindungi bagian yang lebih dalam. Adanya lapisan oksida ini disatu pihak menyebabkan tahan korosi tetapi di lain pihak menyebabkan aluminium menjadi sukar dilas dan dipatri [14]

Magnesium [15]

Magnesium adalah unsur kimia dengan simbol Mg, Magnesium merupakan elemen terbanyak kedelapan di kerak bumi. Magnesium tidak muncul tersendiri, tapi selalu ditemukan dalam jumlah deposit yang banyak dalam bentuk magnesite, dolomite dan mineral-mineral lainnya.

Paduan Magnesium merupakan logam yang paling ringan dalam hal berat jenisnya. Magnesium mempunyai sifat yang cukup baik seperti Aluminium, hanya saja tidak tahan terhadap korosi. Magnesium tidak dapat dipakai pada suhu diatas 150°C karena kekuatannya akan berkurang dengan naiknya suhu. Sedangkan pada suhu rendah kekuatan Magnesium tetap tinggi.

Magnesium dan paduannya lebih mahal daripada Aluminium atau baja dan hanya digunakan untuk industri pesawat terbang, alat potret, teropong, suku cadang mesin dan untuk peralatan mesin yang berputar dengan cepat dimana diperlukan nilai inersia yang rendah. Logam Magnesium ini mempunyai temperatur 650°C yang perubahan fasanya.

3. KOMPOSISI BAHAN

Pada penelitian sebelumnya tentang pengaruh penambahan kadar Mg pada Al, terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro variasi komposisi penambahan Mg pada Al, yaitu 2%, 4%, 6%, untuk itu untuk mendapatkan hasil yang diinginkan pada penelitian ini akan menggunakan komposisi Mg dan Cu pada Aluminium seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Al-Mg dan Al-Cu

Aluminium (Al)	Magnesium (Mg)	Tembaga (Cu)
100	0 %	0%
99%	1%	1%
98%	2%	2%
97,5%	2.5%	2.5%
97%	3%	3%

4. HASIL DAN DISKUSI

Paduan Al - Cu

A. Hasil Pengujian Tarik

Berikut pada Tabel 3 merupakan hasil pengujian Tarik dari 5 variasi komposisi penambahan Cu pada Al

Tabel 3 Hasil Pengujian Tarik

Komposisi (Cu)	P(N)	A (mm)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	Δl (mm)	Tegangan (N/m ²)	Regangan	Modulus Elastisitas (N/m ²)
0%	9774	116.1	234	235.6	2.2	84.186	0.0068	75.09
1%	10463	114.49	235	237.1	2.9	91.3879	0.0089	77.31
2%	9503	106.75	234	235.7	2.2	89.021	0.0115	56.66
2.5%	10077	108.58	234	236.6	2.43	92.807	0.0102	81.31
3%	11334	116.84	234	236.6	2.3	97.004	0.0111	93.97

Berdasarkan Tabel 2 paduan Al-Cu dengan komposisi 2% Cu memiliki modulus elastisitas terendah, yaitu sebesar 56,6584 N/m² dan komposisi 3% Cu memiliki elastisitas tertinggi sebesar 93,9725 N/m². Sementara dari hasil pengujian tarik komposisi 3% Cu adalah paduan tertinggi nilai *yield stregh* artinya kekuatan luluh paduan untuk menahan deformasi plastis sebesar 66,13 Mpa sedangkan paduan 2% Cu adalah titik yield stregh terendah, kemampuan menahan deformasi plastis sebesar 43,92 Mpa.

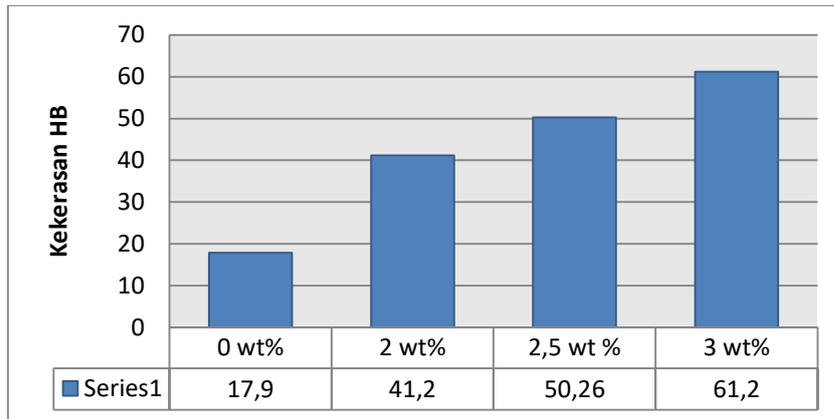
B. Hasil Pengujian Bending

Berdasarkan hasil pengujian bending dengan paduan 0% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2475 N sebesar 61.06 $\frac{N}{mm^2}$, paduan 1% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2250 N sebesar 56.72 $\frac{N}{mm^2}$, paduan 2% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2284 N sebesar 54,42 $\frac{N}{mm^2}$, paduan 2,5% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2175 N sebesar 54.56 $\frac{N}{mm^2}$, dan paduan 3% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2204 N sebesar 51.60 $\frac{N}{mm^2}$.

C. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian hasil pengecoran dilakukan dengan uji kekerasan Brinnell. Berdasarkan hasil uji kekerasan Brinnell maka didapatkan nilai kekerasan paduan Al-Cu dengan penambahan Cu 0 wt% adalah sebesar

17,9 HB, penambahan Cu 2 wt% adalah sebesar 41,2 HB, penambahan 2,5 wt% sebesar 50,26 HB dan penambahan 3 wt% sebesar 61,2 HB. Hal ini ditampilkan pada Gambar 5 berikut:

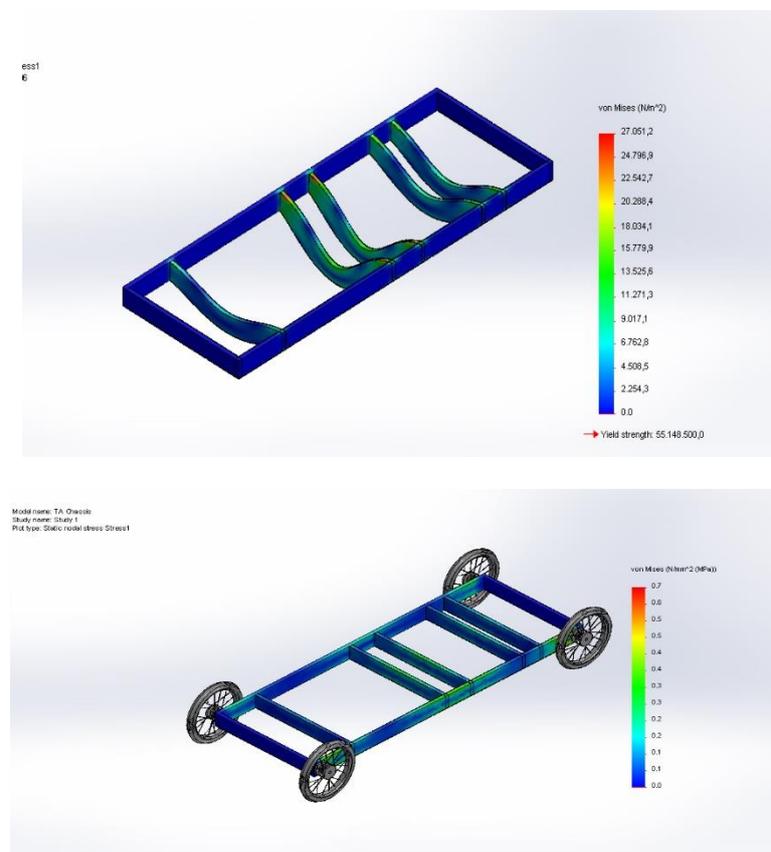


Gambar 5. Hasil Uji Kekerasan HB Paduan Al-Cu

Berdasarkan Grafik 1, nilai paduan Cu semakin banyak nilai kekerasannya semakin besar, yaitu penambahan 3 wt% Cu memiliki nilai kekerasan 61,2 HB.

D. Hasil Simulasi

Dengan paduan yang digunakan, yaitu paduan terbaik komposisi Paduan 3wt% Cu. Beban total yang diberikan sebesar 75 kg. Berikut adalah gambar desain simulasi seperti pada Gambar 6. Hasil kekuatan luluh maksimum 27.054 N/m² sementara yield strength nya 55,148 N/m². Jadi tingkat keluluhan dari hasil simulasi dar *chassis* bahan ini masih mampu menopang beban maksimum yang diberikan.



Gambar 6 Desain Simulasi

Paduan Al - Mg**A. Hasil Pengujian Tarik dan Bending**

Pada Tabel 4 merupakan hasil pengaruh penambahan Al–Mg terhadap sifat mekanik

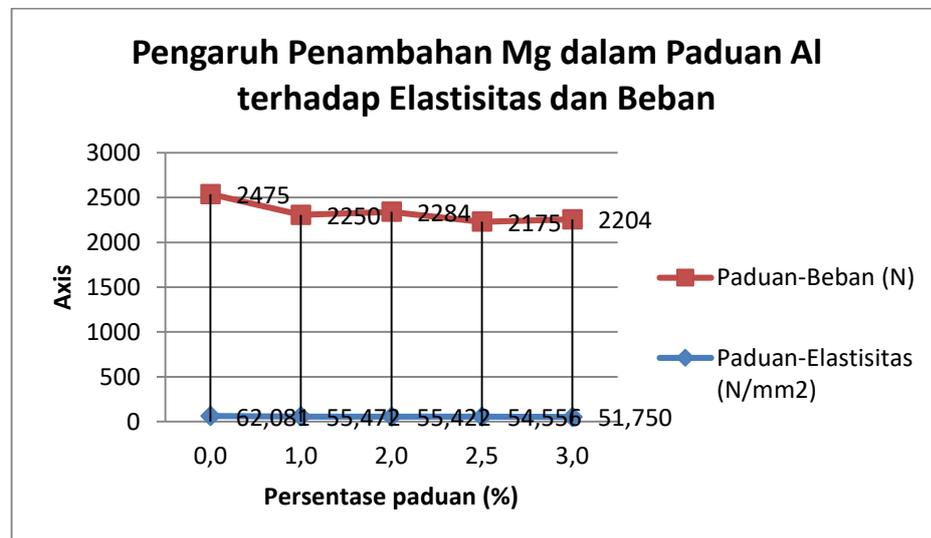
Tabel 4 Data Pengaruh Mg - Al

Komposisi (Cu)	P(N)	A (mm)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	Δl (mm)	Tegangan (N/m ²)	Regangan	Modulus Elastisitas (N/m ²)
0%	9774	113.13	235	237.2	2.2	86.396	0.009	92.29
1%	10463	114.56	235	237.5	2.5	91.332	0.0011	85.85
2%	9503	117.39	235	237.75	2.75	80.952	0.012	69.18
2.5%	10077	112.14	234.5	236.95	2.45	99.861	0.010	86.01
3%	11334	117	235	237.6	2.6	96.872	0.011	87.56

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa pengaruh variasi penambahan Mg pada paduan Al dapat berpengaruh terhadap sifat mekanik, ketahanan bahan material *chassis* yang dapat mengalami deformasi *elastic* ketika gaya diterapkan pada material *chassis*. Sedangkan paduan 2% didapat ketahanan *elastic* terendah, yaitu sebesar $69,17 \frac{N}{mm^2}$ dan pada paduan 3% didapat ketahanan *elastic* tertinggi sebesar $87,55 \frac{N}{mm^2}$.

B. Bending Test

Hasil pengujian tekuk terhadap material yang diberikan perlakuan penambahan Mg dalam Paduan Al akan menghasilkan ketahanan elastisitas dan beban sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 7 berikut.

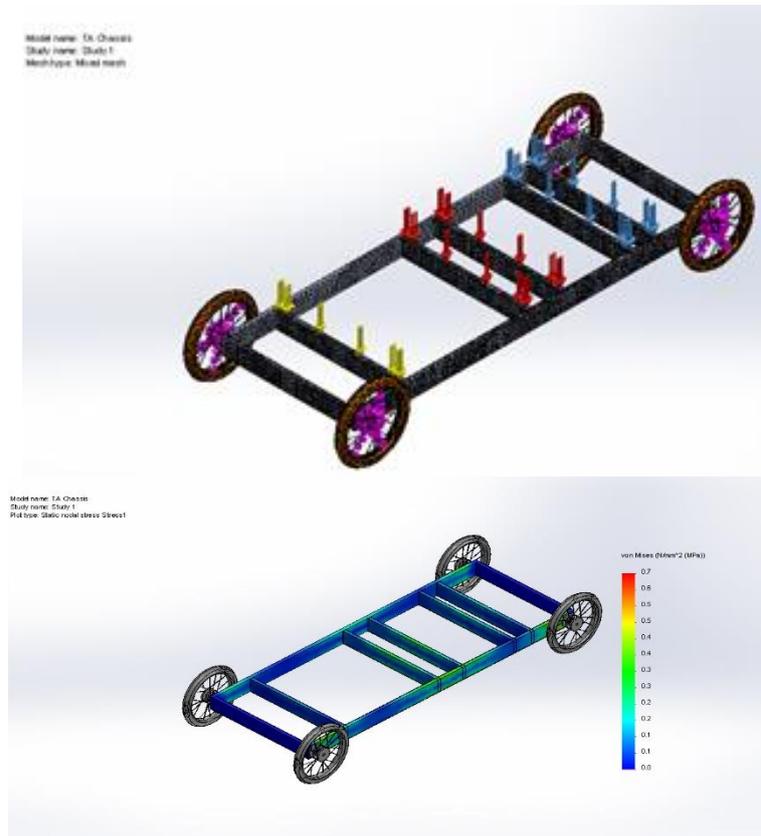
**Gambar 7.** Pengaruh penambahan Mg dalam Paduan Al terhadap ketahanan elastisitas dan beban

Berdasarkan hasil pengujian bending seperti pada Grafik 1 dengan paduan 0% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2475 N sebesar $62,08112875 \frac{N}{mm^2}$, paduan 1% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2250 N sebesar $55,4472 \frac{N}{mm^2}$, paduan 2% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2284 N sebesar $55,422 \frac{N}{mm^2}$, paduan 2,5% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2175 N sebesar $54,556 \frac{N}{mm^2}$, dan paduan 3% didapat ketahanan *elastic* tertinggi pada beban 2204 N sebesar $51,75 \frac{N}{mm^2}$.

C. Simulasi

Simulasi pada *chassis* ini menggunakan tiga titik yang terdapat pada Gambar 8 pembebanan, yaitu [16]:

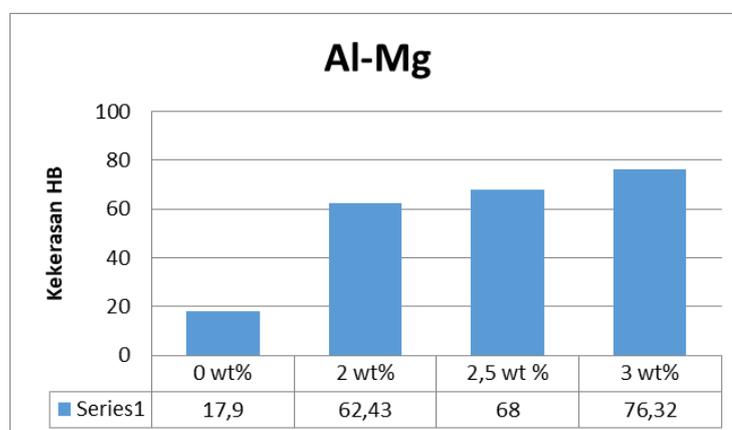
1. Beban motor sebesar 45kg, yang ditandai dengan panah berwarna biru.
2. Beban penumpang sebesar 70kg, yang ditandai dengan panah berwarna merah.
3. Beban sistem kemudi dan aksesoris lainnya sebesar 15 kg, yang ditandai dengan warna kuning.



Gambar 8. Hasil Simulasi dengan Paduan Mg 3%

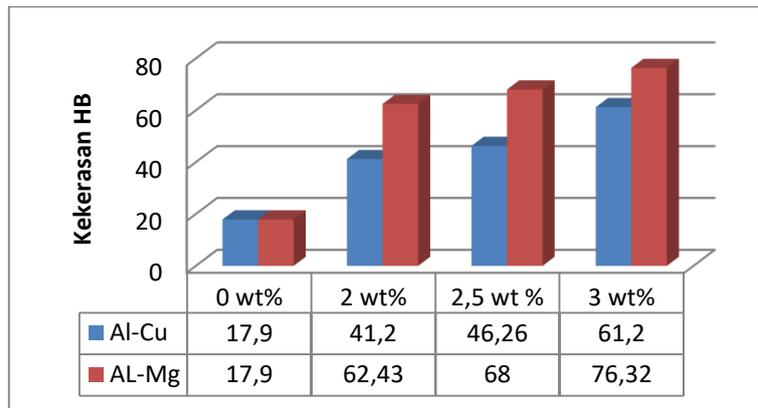
D. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian hasil pengecoran dilakukan dengan uji kekerasan Brinnell. Berdasarkan hasil uji kekerasan Brinnell maka didapatkan nilai kekerasan paduan Al-Cu dengan penambahan Cu 0 wt% adalah sebesar 17,9 HB, penambahan Cu 2 wt% adalah sebesar 62,43,2 HB, penambahan 2,5 wt% sebesar 68 HB dan penambahan 3 wt% sebesar 76,32 HB. Hal ini ditampilkan pada Gambar 9 berikut:



Gambar 9. Hasil Uji Kekerasan Paduan Al-Mg

Berdasarkan analisa uji kekerasan untuk paduan Al-Cu dan Al-Mg, maka diketahui bahwa wt% penambahan Mg lebih meningkatkan nilai kekerasan Aluminium, seperti pada Gambar 10 berikut



Gambar 10. Perbandingan Nilai Kekerasan Al-Cu dan Al-Mg

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan Analisa, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Paduan Al – Mg 2% mempunyai nilai sifat ketahanan bahan terhadap deformasi *elastic* terbaik sebesar $69,17749 \frac{N}{mm^2}$.
2. Paduan Al – Cu 2% mempunyai nilai sifat ketahanan bahan terhadap deformasi *elastic* terbaik sebesar $56,66 \frac{N}{mm^2}$.
3. Penambahan Mg pada Al material *chassis* mempunyai pengaruh dalam pengujian *bending* didapatkan hasil bahwa paduan Al – Mg 2% mempunyai sifat kekuatan *bending* terbesar dengan nilai tegangan sebesar $118,205 \frac{N}{mm^2}$.
4. Berdasarkan analisa uji kekerasan untuk paduan Al-Cu dan Al-Mg, maka diketahui bahwa wt% penambahan Mg lebih meningkatkan nilai kekerasan Aluminium

5. PERNYATAAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Politeknik Negeri Madura, yang sudah menyediakan sarana dan prasarana dalam proses perancangan dan pembuatan alat ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh pihak yang membantu proses penelitian dan penyusunan artikel ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SAMPURNO, T. J, BAYUSENO, A. J., “Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Material *Chassis* Berbahan Dasar Limbah Aluminium Hasil Pengecoran HPDC”, *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol.4, No.1. 2016.
- [2] DWINANTO, A. Y., MUHAMMAD, F. B., “Analisis Karakteristik Bodi dan *Chassis* pada Prototype Kendaraan Listrik”. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol.6, No.2 119-126, 2015.
- [3] MANURUNG, M., AYUNINGTYAS, I. F., “Kandungan Aluminium Dalam Kaleng Bekas Dan Pemanfaatannya Dalam Pembuatan Tawas”, *Jurnal Kimia* 4 (2), 180-186, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, 2010.
- [4] FERDIAN, R., Pengaruh Penambahan Magnesium pada Pembuatan Aluminium Komposit Berpenguat Tali Kawat Baja Karbon Tinggi Terhadap Kondisi Antarmuka dan Sifat Mekanis untuk Aplikasi Material Armor, Skripsi Universitas Indonesia, Depok, 2010.
- [5] NASUTION, M. S., *Pengaruh Penambahan Kadar Magnesium pada Aluminium Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro*, Skripsi Jurusan Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [6] Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved); Thu Oct 6 01:23:16 EDT 2016. Downloaded/printed by

University Of Alberta (University Of Alberta) pursuant to License Agreement. No further reproductions authorized.

- [7] CALLISTER WD, RETHWISCH DG. “Materials Science and Engineering: *An Introduction, 9th Edition: Ninth Edition*”, John Wiley and Sons, Incorporated, 2013.
- [8] NAHARUDDIN, DLL., “Kekuatan Tarik dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja SM 490 dengan Metode Pengelasan SMAW dan SAW”, *Jurnal Mekanikal*, Vol. 6 No. 1: Januari 2015: 550-555, 2015.
- [9] PANDU, M.A., BAYUSENO, A. P., “Pengaruh Penambahan Unsur Tembaga (Cu) Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Material *Chassis* Berbahan Dasar Limbah Aluminium Hasil Pengecoran Hpdc Yang Disertai Perlakuan Panas (*Heat Treatment*)”, *Jurnal Teknik Mesin S-1*, vol.4, no.1, 2016.
- [10] DJIWO, S., PURKUNCORO, A. E., Analisis Kekerasan Al-Cu dengan Variasi Prosentase Paduan Cu pada proses pengecoran dengan penambahan sebuk degasser. Malang: FTI – ITN Malang, 2015.
- [11] KIMIARTHA, I. M., HOSTA A., Pengaruh penambahan unsur tembaga (Cu) terhadap sifat fasis dan mekanik pada paduan almunium silikon (AL-Si) peroses pengecoran, 2010.
- [12] DIYANTO, IFAN, R., “Kekerasan Dan Struktur Mikro Komposit Alluminium yang Diperkuat Serbuk Besi yang Mengalami Perlakuan Panas”, *Undergraduate thesis, Mechanical Engineering Department, Faculty Engineering of Diponegoro University*, 2015.
- [13] SUHERMAN, “Pengaruh Penambahan Cu pada Paduan Al-7si terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Hasil Coran Kepala Silinder Motor 2 Tak dengan Metode Pengecoran *Lost Foam Casting*”, 2006.
- [14] HIRSCH, J., “Aluminium in Inonovative Light-Weight Car Design”, *Material Transactions*, Vol 52, No.5, 2011.
- [15] HENDRAWATI, N., dll., “Pengaruh Penambahan Magnesium *Stearat* dan Jenis Protein Pada Pembuatan *Biodegradable Foam* dengan Metode Baking Process”, *Jurnal Bahan Alam Terbaharukan (JBAT)*, vol. 4, no. 2, Universitas Negeri Semarang, 2015.
- [16] HASTOMO, B., “Analisa Pengaru Sifat Mekanik Material Terhadap Distribusi Tegangan pada Proses *Deep Drawing Produk End Cup Hub Body Maket* dengan Menggunakan Software Abaqus 6.5-1, Skripsi Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2009.