

# ANALISIS KOMPOSISI KIMIA DAN KEKERASAN MATERIAL STANDAR $AlSi_{12}(b)$ DARI SKRAP ALUMINIUM YANG BERBEDA

Titiek Deasy S<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Purbaya Tegal

Jl. Pancakarya No.1, Kajen – Talang, Tegal

\*Email: tiex.deaz@gmail.com

## Abstrak

Standar komposisi kimia material dan sifat kekerasan sangat menentukan kualitas suatu produk sehingga diperlukan material standar untuk membuatnya. Permasalahan yang dihadapi industri pengolahan logam non ferro di Kabupaten Tegal khususnya IKM Komponen Kapal adalah ketersediaan ingot standar sebagai raw material dengan harga terjangkau. Sebagai gantinya, para IKM menggunakan material skrap untuk menekan harga jual yang berakibat kualitas produk kurang memenuhi kualitas dan spesifikasi yang dipersyaratkan.

Proses formulasi untuk menghasilkan material standar melalui pengumpulan database komposisi kimia masing-masing skrap dilanjutkan simulasi dengan program excel sehingga diperoleh kebutuhan skrap untuk membuat 3 (tiga) formula  $AlSi_{12}(b)$ . Ketiga formula material standar  $AlSi_{12}(b)$  dibuat dari skrap utama yang berbeda yaitu kampas rem, piston dan blok mesin, dengan skrap pendukungnya adalah panci, plat, siku dan master alloy  $AlSi_{49}$ . Hasil simulasi dilakukan pengecoran dengan metoda sand casting. Selanjutnya dilakukan pengujian komposisi kimia dan sifat mekanik material  $AlSi_{12}(b)$ . Hasil pengujian ketiga formula tersebut dibandingkan secara sifat mekaniknya dengan acuan material standar dari Biro Klasifikasi Indonesia yaitu DIN EN 1706.

Hasil uji komposisi kimia menunjukkan bahwa formula 2 yang paling mendekati paduan cor  $AlSi_{12}(b)$  sesuai standar DIN EN 1706. Sedangkan formula 1 dan 3 masih termasuk  $AlSi_{12}(b)$  tetapi dengan kadar Cu cukup tinggi. Nilai kekerasan tertinggi adalah formula 2 sebesar 219 – 241 HBN. Nilai kekerasan sudah memenuhi standar DIN EN 1706.

**Kata kunci:**  $AlSi_{12}(b)$ , Skrap Aluminium, BKI, DIN EN 1706, Sand casting, Komposisi Kimia, Kekerasan.

## PENDAHULUAN

Sebanyak 29 IKM (Industri Kecil Menengah) Komponen Kapal di Kabupaten Tegal, Jawa Tengah, telah memanfaatkan skrap paduan aluminium sebagai bahan pengganti ingot yang bertujuan menekan harga jual produk. Hal tersebut menyebabkan kualitas produk belum memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan terutama pada komposisi kimia dan sifat mekaniknya. Banyak hal yang mempengaruhinya terutama keterbatasan para pelaku industri tentang bagaimana membuat bahan skrap sebagai bahan standar dan mahalnya biaya uji material.

Aluminium sendiri dapat di daur ulang (*recycle*) tanpa batas dan tanpa kehilangan karakteristik superior nya serta merupakan pertimbangan utama untuk pemanfaatan aluminium selanjutnya, mewakili salah satu atribut kunci dari keberadaan logam (W. Khraisata). Dan seperti dikatakan H. Amini Mashadi, dkk, bahwa daur ulang (*Recycling*) mempunyai nilai penting secara ekonomi, energi, lingkungan dan sebagai implikasi penghematan sumber daya serta biaya produksi yang rendah. Selain itu, Subodh Dash menyatakan bahwa keuntungan ekonomi yang signifikan dari daur ulang aluminium telah dibuktikan yang hasilnya setiap kenaikan 1% jumlah kaleng

aluminium yang didaur ulang, penghematan ekonomi untuk ekonomi AS adalah \$12 Juta/tahun. Ditambahkan oleh Y.Xiao dan MA Reuter yang menyatakan bahwa aluminium yang di daur ulang menghemat 95% energy yang diperlukan untuk menghasilkan aluminium dari bahan baku alam. Faktanya untuk memproduksi 1 (satu) pound aluminium dibutuhkan 4 (empat) pound bijih bauxite, jadi setiap pound daur ulang menghemat 4 (empat) pound bijih bauxite. Peningkatan penggunaan daur ulang logam memiliki efek penting terhadap emisi CO<sub>2</sub>, dimana daur ulang aluminium hanya menghasilkan 4% CO<sub>2</sub> dibanding dengan produksi dari sumber daya alam.

Aluminium merupakan unsur ketiga paling banyak digunakan setelah baja, yaitu 8% Senyawa aluminium terdapat di kulit bumi, dengan perhitungan secara global sebesar 24 (dua puluh empat) juta ton/tahun dan lebih dari 7 (tujuh) juta ton/tahun di produksi dari daur ulang aluminium. W. Khraisata menyatakan bahwa aluminium murni bersifat lembut (*soft*), lemah (*weak*), merupakan logam ringan (beratnya kurang dari sepertiga berat baja, tembaga atau kuningan) tetapi dapat menjadi kuat, lunak (*ductile*), dan dapat dibentuk (*malleable*), tahan korosi dan sangat bagus sebagai konduktor panas dan listrik. Tetapi menurut J.Kotze, ada sisi negative penggunaan aluminium yaitu: kekuatan rendah pada temperatur tinggi, *fusing point* rendah, kekerasan rendah, resistan terhadap keausan dan abrasi rendah, kekuatan fatik dan kekuatan mulur rendah. Dikatakan kembali oleh W.Khairasat bahwa aluminium mempunyai suhu leleh (*melting temperature*) rendah dan memiliki kekuatan tarik yang rendah yaitu kekuatan-tarik 90-140 N/mm<sup>2</sup>. Tetapi dapat dipadu dengan banyak elemen, seperti tembaga, seng, magnesium, mangan, litium dan silikon, untuk memproduksi cakupan yang luas dengan sifat yang spesifik untuk tujuan yang berbeda.

Tujuan utama penggunaan paduan aluminium adalah dalam aplikasi material ringan seperti di industri *aerospace* dan *automobil*. Penggunaannya pada pembuatan

piston mobil, kemudi dan *cylinder heads*. Trendnya adalah sebagai bahan baku pada manufaktur *engine block* yang menggantikan *cast iron*. Kedua, aluminium tahan terhadap korosi karena mempunyai suatu lapisan oksida yang kuat dimana bersifat melindungi dan mencegah korosi dari material dasar (*base material*) (T.O. Mbuya, dkk). Menurut W.Khraisata, kebanyakan aluminium dalam bentuk paduan dan dengan penggunaan tipe paduan aluminium yang berbeda dapat diproduksi dengan cakupan karakteristik yang luas, contohnya, kekuatan tarik, kekerasan dan *plastic malleability*. Paduan yang paling banyak adalah silikon (Si), magnesium (Mg), mangan (Mn), tembaga (Cu) and seng (Zn). Paduan yang berisi maksimal 1% besi dan silikon dalam total paduan disebut aluminium murni (*unalloyed aluminium*). Salah satu paduan aluminium cor yang digunakan untuk produk komponen kapal sesuai aturan Biro Klasifikasi Indonesia adalah AlSi<sub>12</sub>(b) seperti terlihat pada tabel 1.

Lipinski menyatakan bahwa paduan Al-Si sangat populer pada paduan aluminium cor karena memiliki sifat mampu cor yang baik (*Castability*), sifat mekanik dan sifat fisik yang baik, kepadatan rendah, konduktivitas listrik dan termal yang baik, tingkat kontraksi rendah dan suhu fusi relatif rendah serta mempunyai sifat fluiditas yang baik. Paduan aluminium-silikon termasuk paduan cor (*casting alloys*) dan diberi kode seri 4xx.x. Menurut TV. Rajan, dkk, 1997, paduan aluminium dengan kandungan silikon tinggi seperti LM4, LM6, LM8 dan LM25, mempunyai karakteristik pengecoran yang sangat baik, yaitu penyusutan (*shrinkage*) yang kecil, fluiditasnya sangat bagus, impermeabilitas gas baik, dan kecenderungan rendah terhadap retak bentuk setelah solidifikasi. Paduan jenis ini secara luas diproduksi dengan menggunakan semua tipe pengecoran juga ketahanan korosinya bagus dengan terbentuknya lapisan SiO<sub>2</sub>.xH<sub>2</sub>O pada permukaan.

Tabel 1. Paduan aluminium cor standar BKI (BKI, volume V section 10, 2006)

Designation of alloy	Cast procedure	Material condition	Sea water suitability
EN AC-41000 (AlSi <sub>2</sub> MgTi)	S, K	F, TG	Good
EN AC-42100 (AlSi <sub>7</sub> Mg <sub>0,3</sub> )	S, K, L	TG, TG4	Good
EN AC-42200 (AlSi <sub>7</sub> Mg <sub>0,6</sub> )	S, K, L	TG, TG4	Good
EN AC-43100 (AlSi <sub>10</sub> Mg(b))	S, K, L	F, TG, TG4	Good / moderate
AN AC-44100 (AlSi <sub>12</sub> (b))	S, K, L, D	F	Good / moderate
EN AC-51000 (AlMg <sub>3</sub> (b))	S, K, L	F	Very good
EN AC-51300 (AlMg <sub>5</sub> )	S, K, L	F	Very good
EN AC-51400 (AlMg <sub>5</sub> (Si))	S, K, L	F	Very good

S = sand casting  
 K = permanent mould casting  
 L = investment casting  
 D = pressure die casting  
 F = cast condition  
 TG = solution annealed and completely artificially aged  
 TG4 = solution annealed and not completely artificially aged-under aged (only for permanent mould casting)

Aluminium pada keadaan padat hanya mampu melarutkan sedikit saja silikon, dimana kelarutan silikon didalam kristal campuran  $\alpha$  (alfa) akan menurun drastis bersama dengan penurunan temperatur. Unsur silikon dengan nomor atom 14 dan berat atom 28,0855 mempunyai titik lebur (*melting point*) sebesar 1414°C (ASM Vol 3). Menurut Widodo bahwa kelarutan silikon didalam aluminium adalah sebagai berikut: 1,65% (577 °C), 0,8% (500 °C), 0,3% (400 °C), 0,1% (300 °C) dan 0,05% (250 °C). Lipinski (2008) menyatakan bahwa silikon ditambahkan dengan tujuan untuk meningkatkan mampu cor (*castability*) serta memperbaiki sifat mekanis dari aluminium murni. Penambahan unsur silikon sampai dengan 20%. Jadi semakin tinggi kandungan silikon akan meningkatkan mampu alir pada paduan logam cair. Disamping itu, penambahan unsur silikon juga dapat memperbaiki sifat fluiditas dan *feeding characteristic* dari paduan. Tetapi kandungan silikon lebih dari 20% akan membentuk partikel inklusi didalam paduan.

AlSi<sub>12</sub> merupakan salah satu paduan AlSi, biasanya tersedia dan mempunyai titik lebur (*melting point*) 577°C (Z.Ma,dkk dan Kotze). Sedangkan sifat *thermo-physical* dari AlSi<sub>12</sub> pada suhu 577°C (Kotze, dkk) adalah sebagai berikut:

1. Heat of fusion : 548.6 J/g
2. Densitas (*density*) : 2650 kg/m<sup>3</sup>
3. Konduktivitas panas (*Thermal conductivity*) : 190 W/m.K
4. Panas spesifik (Specific heat) (molten) : 0.897 J/g.K
5. Dynamic viscosity (molten) : 0.0045 N.s/m<sup>2</sup>
6. Prandtl number of AlSi12 (molten) : 0.000021244

Sifat mekanik suatu paduan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti: komposisi kimia, perlakuan panas (*heat treatment*), proses pengecoran dan proses pengerjaan, Jadi dengan merubah komposisi kimia sampai batas tertentu, maka sifat mekanik akan berubah sesuai dengan yang diinginkan (Suhariyanto, 2002). Komposisi kimia AlSi<sub>12</sub>(b) standar BKI megacu standar DIN EN 1706 seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Paduan aluminium cor standar BKI (BKI, volume V section 10, 2006)

Alloy Group	Alloy designation		Chemical composition in % by mass													Aluminium
	Numerical	Chemical symbols	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Pb	Sn	Ti	Others <sup>1)</sup>		
AlSi	EN AC-44000	EN AC-AlSi <sub>11</sub>	10,0 to 11,8	0,19 (0,15)	0,05 (0,03)	0,10	0,45	-	-	0,07	-	-	0,15	0,03	0,10	Remander
	EN AC-44100	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (b)	10,5 to 13,5	0,65 (0,55)	0,15 (0,10)	0,55	0,10	-	0,10	0,15	0,10	-	0,20 (0,015)	0,05	0,15	Remander
	EN AC-44200	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (a)	10,5 to 13,5	0,55 (0,40)	0,05 (0,03)	0,35	-	-	-	0,10	-	-	0,15	0,05	0,15	Remander
	EN AC-44300	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (Fe)	10,5 to 13,5	1,0 (0,45 to 0,9)	0,10 (0,08)	0,55	-	-	-	0,15	-	-	0,15	0,05	0,25	Remander
	EN AC-44400	EN AC-AlSi <sub>5</sub>	8,0 to 11,0	0,65 (0,55)	0,10 (0,08)	0,50	0,10	-	0,05	0,15	0,05	0,05	0,15	0,05	0,15	Remander

Standar BKI untuk sifat mekanik AlSi<sub>12</sub>(b) terlihat pada tabel 4.

Paduan Al-Si dengan kandungan Si yang berbeda akan mempengaruhi sifat mekaniknya, seperti terlihat pada tabel 3.

Tabel 3. Sifat mekanik pada paduan AlSi yang berbeda (J.Grüm, M.Kisin, 2005)

Type of alloy	Chemical composition (%)				Mechanical properties	
Designation	Si	Fe	Mn	Al the rest	Hardness HB	Tensile strength R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
AlSi <sub>5</sub>	4,80	0,17	0,11	94,92	53	132
AlSi <sub>12</sub>	12,40	0,24	0,25	87,11	67	168
AlSi <sub>20</sub>	20,50	0,11	0,01	79,38	65	162

Tabel 4. Sifat mekanik paduan AlSi (DIN EN 1706, 2008)

Alloy group	Alloy designation		Temper Desination	Tensile strength R <sub>m</sub> MPa Min	Proff stress R <sub>p0,2</sub> MPa Min	Elongation A % Min	Brimell Hardness HBS Min
	Numerical	Chemical symbols					
AlSi	EN AC-44000	EN AC-AlSi <sub>11</sub>	F	150	70	6	45
	EN AC-44100	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (b)	F	150	70	4	50
	EN AC-44200	EN AC-AlSi <sub>12</sub> (a)	F	150	70	5	50

Untuk membuat produk dari bahan scrap seharusnya harus diketahui terlebih dahulu komposisi kimianya. Data komposisi kimia scrap sebagian telah diteliti oleh R. Widodo, Jarot Raharjo (tabel 5) dan Kiryanto, dkk (tabel 6).

Tabel 5. Komposisi kimia skrap aluminium (R. Widodo, Jarot Raharjo)

JENIS BAHAN	KOMPOSISI										
	Cu	Mg	Si	Fe	Mn	Ni	Zn	Ti	Pb	Sn	Cr
Piston	1.46	0.71	12.35	0.25	0.46	0.006	0.08	0.007	0.006	0.01	0.004
Kawat	0.12	0.01	0.78	0.47	0.06	0.01	0.02	0	0	0	0
Plat	0.05	0.007	0.13	0.37	0.015	0.004	0.005	0	0	0	0
Hanger	0.48	0.12	12.28	0.71	0.32	0.02	0.72	0.04	0.03	0.00	0.02
Roda gigi	5.87	0.02	0.14	0.23	0.02	0	0.11	0	0.54	0.01	0
Cassing	2.87	0.27	10.97	0.77	0.19	0.10	0.66	0.04	0.13	0.09	0.04
Blok Mesin	4.22	0.03	10.34	0.57	0.12	0.03	0.39	0.01	0.06	0.03	0.01
Baling-baling	3.66	0.16	9.28	0.94	0.24	0.17	2.07	0.04	0.12	0.04	0.03
Panci	0.17	0.08	0.22	0.5	0.09	0.00	0.005	0.02	0.01	0.00	0.00
Kaleng Coca-cola	0.01	0.00	0.44	0.43	0.03	0.05	0.24	0	0	0.008	0.05

Beberapa penelitian bahan skrap menjadi bahan standar di Indonesia telah dilakukan seperti oleh Jarot Raharjo (2001) membuat bahan standar LM 4 dan LM 13 dari skrap Piston, kawat, plat, hanger, roda gigi, casing, blok mesin, baling-baling, panci, Cu kabel dan AlSi<sub>49</sub> menggunakan cetakan pasir dan logam melalui proses simulasi tabel program excel . Arie Hendarto, dkk (2007) membuat bahan ADC 10 dari skrap piston, blok mesin, casing, panci, roda gigi, AlSi<sub>45</sub> dan Altab Cu, membuat ADC 12 dari skrap piston, blok

mesin, casing, pelat, panci, AlSi<sub>45</sub> dan Altab Cu serta membuat AC4D dari skrap piston, blok mesin, casing, velg enkei, plat/list/profil, AlCu ingot, AlMg dan AlMn menggunakan cetakan pasir dapur krusibel. Kiryanto, dkk (2012) membuat JIS H 4000 1970 Seri 5005 atau SNI 07-1352-1989 AC2A dari skrap Aluminium siku dan kampas rem (tanpa rumus peramuan) dan dari skrap aluminium plat dan panci (tanpa rumus peramuan) dengan menggunakan cetakan pasir dapur UKM.

Tabel 6. Komposisi kimia skrap aluminium (Kiryanto, dkk)

JENIS BAHAN	KOMPOSISI										
	Cu	Mg	Si	Fe	Mn	Ni	Zn	Ti	Pb	Sn	Cr
Aluminium siku	0.028	0.0171	0.09	0.1975	0.0177	0.0024	0.0352	0.0161	0.0006	0.0054	0.005
Kampas Rem	2.245	0.1226	10.66	1.163	0.1586	0.0568	0.8256	0.0252	0.0609	0.0235	0.0264
Panci bekas	0.156	0.0294	0.7	0.6236	0.0815	0.0136	0.6461	0.0199	0.0436	0.0119	0.0123
Aluminium plat	0.06	0.6355	0.38	0.4249	0.0408	0.0084	0.0854	0.0143	0.0063	0.0072	0.0106

Pada penelitian kali ini akan membuat 3 (tiga) formula material paduan cor AlSi<sub>12</sub>(b) dari bahan skrap aluminium yang mengacu pada standar material BKI seperti dalam tabel 1. Metoda pengecoran yang dilakukan mengacu pada standar ASTM: ASTM B 26/B 26M, "Specification for Aluminum-Alloy Sand Casting". Komposisi kimia yang diharapkan sesuai tabel 2 dan sifat mekanik yang diharapkan sesuai standar DIN EN 1706 pada tabel 4.

## 1. METODOLOGI

Untuk menghasilkan bahan AlSi<sub>12</sub>(b) harus menggunakan dengan kandungan silikon yang cukup tinggi maka dipilihlah tiga material skrap yaitu Kampas rem, piston dan blok mesin sebagai material utama ditambah panci, aluminium siku, aluminium plat dan master alloy AlSi<sub>49</sub>. Skrap aluminium yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan bahan paduan cor AlSi<sub>12</sub>(b) tersebut kemudian di data komposisi kimia masing-masing skrap-nya yang merujuk pada Peneliti sebelumnya

tentang skrap aluminium (tabel 5 dan tabel 6).

Proses selanjutnya adalah membuat simulasi dengan metode tabel menggunakan perangkat lunak MS.excel. Dari hasil

simulasi didapatkan bahan untuk membuat ketiga formula  $AlSi_{12}(b)$  dari masing-masing 2 Kg skrap dengan rincian yang terlihat pada tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan masing-masing material skrap untuk ketiga formula  $AlSi_{12}(b)$

FORMULA 1		FORMULA 2		FORMULA 3	
Jenis Skrap	Jumlah (Kg)	Jenis Skrap	Jumlah (Kg)	Jenis Skrap	Jumlah (Kg)
Kampas Rem	0,10	Piston	0,1	Blok Mesin	0,05
Panci	0,10	Panci	0,1	Panci	0,2
Aluminium siku	1,00	Aluminium siku	1	Aluminium siku	1
Aluminium Plat	0,30	Aluminium Plat	0,3	Aluminium Plat	0,25
AlSi49 master	0,50	AlSi49 master	0,5	AlSi49 master	0,5

Alat yang digunakan pada proses cor adalah dapur krusibel dengan tipe dapur terbuka dengan menggunakan bahan bakar solar dan bensin. Kontruksi dapur terdiri atas krusibel sebagai tempat peleburan logam yang terletak di tengah-tengah dapur dengan dapur terbuat dari bahan tahan api yang sekaligus sebagai penyekat panas (isolator panas) sedangkan *burner* dipasang pada tungku sebagai penghubung ke bahan bakar, kowi untuk memasak logam cair diletakkan ditengah-tengah dikelilingi oleh batu tahan api seperti terlihat pada gambar 1a.



Gambar 1. a) tungku peleburan Al; b) kowi 5 Kg; c) cetakan pasir; d) penimbangan skrap

Kowi digunakan sebagai tempat untuk melebur dan mencampur coran. Kowi

yang digunakan berbahan keramik dengan kapasitas pemasakan 5 Kg seperti terlihat pada gambar 1b. Cetakan jenis cetakan pasir (pada gambar 1c). Alat bantu lain adalah timbangan, mesin gerinda, mesin potong, gayung untuk penuangan, serok baja, termokopel dan mesin bubut. Sebelum melakukan pengecoran, bahan-bahan hasil simulasi kemudian ditimbang sesuai kebutuhannya dengan alat timbang digital merk CAS (gambar 1d), selanjutnya dilakukan proses pemotongan.

Proses selanjutnya adalah *casting* yaitu melebur bahan baku skrap paduan aluminium sesuai hasil perhitungan peramuan dan pemaduan. Peleburan dilakukan sampai mencapai temperatur  $\pm 725^{\circ}C$ . Logam cair hasil peleburan dituangkan kedalam cetakan yang telah disiapkan.

Proses pengecoran bahan 1 diawali dengan pengisian bahan bakar solar+bensin kemudian dihembuskan udara menggunakan blower untuk pemanasan kowi selama  $\pm 10$  menit. Selanjutnya bahan-bahan skrap yang sudah dipotong-potong dimasukkan dalam kowi yang sudah dipanaskan. Mula-mula potongan panci, aluminium siku dan aluminium plat yang dicor terlebih dahulu selama  $\pm 15$  menit sampai mencair kemudian diaduk. Bahan skrap utama (kampus rem, piston, blok mesin) ditambahkan ke dalam kowi diikuti penambahan *AlSi<sub>49</sub> master alloy*. Ketika

bahan sudah terlihat cair selanjutnya penambahan *covering flux* sambil terus diaduk secara manual selama  $\pm 5$  menit sehingga mulai terlihat kotoran-kotoran yang mengapung berbentuk bara kehitaman yang kemudian disingkirkan dari logam cair.



Gambar 2. a) suhu berhenti pengadukan; b) suhu penuangan; c) proses penuangan; d) proses pembongkaran cetakan

Pengecekan suhu menunjukkan  $\pm 700^{\circ}\text{C}$  (Gambar 2a) maka tidak diperbolehkan untuk melakukan pengadukan agar lapisan oksida pada logam cair tidak rusak. Setelah  $\pm 10$  menit maka suhu logam cair menunjukkan kenaikan secara cepat mencapai suhu  $731^{\circ}\text{C}$  seperti

terbaca pada termokopel digital pada gambar 2b dan selanjutnya dilakukan proses penuangan secara manual seperti terlihat pada gambar 2c. Proses selanjutnya adalah pembongkaran cetakan yang sudah diisi logam cair setelah  $\pm 20$  menit dari waktu penuangan dengan harapan produk cor sudah padat seperti terlihat pada gambar 2d.

Produk hasil cor dilakukan pengujian komposisi kimia dengan ukuran spesimen diameter 39 mm dan tebal 27 mm. Peralatan uji menggunakan mesin uji komposisi (spectrometer) shimadzu OES 5500 II standard dASTM E 1251-04. Preparasi spesimen setelah dipotong kemudian dipoles dengan mesin poles. Penembakan dilakukan sebanyak 4 kali untuk diambil rata-rata komposisi kimia bahan.

Uji kekerasan Rockwell B (HRB) berpedoman pada standar ASTM E18-11 menggunakan alat uji Kekerasan Rockwell HR-150A dengan ukuran spesimen 20mmx20mmx20mm. Preparasi spesimen setelah dipotong kemudian dipoles dengan mesin poles. Pengujian dilakukan dengan 3 kali penekanan indenter.

## 2. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1. Uji Komposisi kimia

Hasil uji komposisi kimia dapat dilihat paada tabel 8.

Tabel 8. Hasil uji komposisi

Material	komposisi kimia (%)							
	Si	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb	Sn
Formula 1	13,38	0,9	0,63	0,11	0,03	0,33	0,04	0,03
Formula 2	13,33	0,17	0,41	0,02	0,03	0,14	0,02	0
Formula 3	12,02	0,38	0,62	0,12	0,02	0,26	0,04	0,03
<b>DIN EN 1706</b>	<b>10,5 - 13,5</b>	<b>0,1 - 0,15</b>	<b>0,55 - 0,65</b>	<b>0,55</b>	<b>0,1</b>	<b>0,15</b>	<b>0,1</b>	<b>-</b>

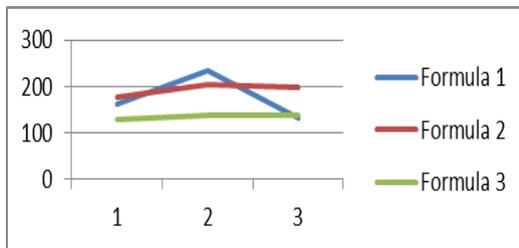
Data hasil pengujian komposisi yang terlihat pada Tabel 8., menunjukkan bahwa secara umum baik Fomula 1, 2 dan 3 termasuk paduan cor AISi<sub>12</sub>(b) jika melihat

dari kandungan unsur silikon sesuai standar DIN EN 1706. Tetapi Formula 1 terlihat adanya ketidaksesuaian yang cukup besar pada kandungan tembaga (Cu) yang

melebihi dari standar yaitu 0,9 padahal seharusnya 0,1 - 0,15. Kandungan Cu pada pada formula 2, masih melebihi standar dengan selisih 0,02 dari standar maksimal yang dipersyaratkan. Begitu juga pada formula 3, kandungan Cu masih melebihi standar yang ditetapkan. Biasanya dengan kandungan Cu tinggi memperbaiki kekuatan dan kekerasan dalam paduan tetapi akan menurunkan ketahanan korosi, *hot tearing*, dan *castability*.

## 2. Uji sifat kekerasan

Uji kekerasan Rockwel B (HRB) yang berpedoman pada standar ASTM E18-11 menggunakan alat uji Kekerasan Rockwell HR-150A terlihat pada grafik gambar 3.



**Gambar 3. Grafik rata-rata uji kekerasan (HBN)**

Dari gambar 3 terlihat grafik hasil uji kekerasan dimana kekerasan ketiga formula  $AlSi_{12}(b)$  dari skrap lebih tinggi dibandingkan DIN EN 1706. Dan kekerasan tertinggi pada formula 2. Seperti diketahui bahwa kandungan unsur Cu digunakan untuk memperbaiki kekuatan dan kekerasan. Tetapi kandungan Cu tinggi juga linier dengan penambahan persentase porositas yang menyebabkan kekerasan menurun.

## 3. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Komposisi kimia ketiga formula material  $AlSi_{12}(b)$  dari skrap memenuhi komposisi standar BKI yang mengacu pada DIN EN 1706 pada kandungan

Si-nya dan unsur yang lain kecuali kandungan Cu yang melebihi.

2. Nilai rata-rata kekerasan ketiga formula material  $AlSi_{12}(b)$  dari skrap lebih tinggi dibanding dengan persyaratan nilai kekerasan DIN EN 1706 yaitu  $>50$  HBN.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASM Metal Handbook Vol.3, 1998, "Alloy Phase Diagrams".
- ASTM Handbook E18-11, 2004, "Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials", PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States,.
- ASTM B 26/B 26M, "Specification for Aluminum-Alloy Sand Casting"
- ASTM E 1251-04, "Standard Test Method for Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Atomic Emission Spectrometry"
- Biro Klasifikasi Indonesia, 2006, "Rules for the classification and construction of seagoing steel ships", volume V section 10.
- DIN EN 1706, Juni 2008, "Aluminium and aluminium alloys—Castings: Chemical composition and mechanical properties".
- H. Amini Mashhadi, A. Moloodi, M. Golestanipour, E.Z.V. Karimi, "Recycling of aluminium alloy turning scrap via cold pressing and melting with salt flux", Science Direct, Elsevier, Journal of materials processing technology 2009, 3138–3142, 2009.
- Ir. Arie Hendarto, Ir. Muslim E. Harahap, M.Sc., MBA., Dr. M.Eng. Eko Syamsuddin Hasrito, Dr. Ir. Danny M. Gandana, Nopember 2011, "Peningkatan Daya Saing Baling-baling Kapal Penumpang Produk IKM Logam Di Kabupaten Tegal Melalui Pengembangan Teknologi Pengecoran dan Desain yang Hidrodinamis", BPPT.

- J. Grum, M. Kisin, “ *The influence of the microstructure of three Al–Si alloys on the cutting-force amplitude during fine turning*”, Science Direct, Elsevier, International Journal of Machine Tools & Manufacture 46 (2006) 769–781, Available online 8 September 2005.
- Jarot Raharjo, “*Pembuatan Ingot Standar Paduan Aluminium BS 1490 Seri LM 4 dan LM 13 Dari Bahan Baku Skrap*”, Tesis Program Pasca Sarjana Fakultas MIPA Program Studi Ilmu Material, Universitas Indonesia, 2001.
- Johannes P. Kotzé, 2013, “*Evaluation of a latent heat thermal energy storage system using AlSi12 as a phase change material*”, Stellenbosch University Centre for Renewable and Sustainable Energy Studies, ASME, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 135.
- Kiryanto, Eko Samito Hadi, Muhammad Ansori, Februari 2012, “*Analisa Sifat Mekanik Paduan Aluminium Sebagai Rangka Jendela Kapal di Perusahaan Pengecoran Logam CV. Setia Kawan Kota Tegal dengan Cetakan Tidak Permanen*”, Jurnal Kapal – vol 9 No.1.
- R. Widodo, , April 2012, “*Teknik Pengelolaan Bahan Baku Peleburan Aluminium*”, Jurnal Foundry Vol. 2 No. 1, ISSN : 2087-225.
- Subodh K. Dash, , JUNE 2006, “*Designing Aluminum Alloys for a Recycle-Friendly World*”, LIGHT METAL AGE.
- Suhariyanto .,2002., *Perbaikan Sifat Mekanik Paduan Aluminium (A356.0) dengan Menambahkan TiC*
- T. Lipiński, “*Influence exothermical mixtures contents Na or B on elongation and hardness AlSi12 alloy*”, ARCHIVES of FOUNDRY ENGINEERING (AFE), ISSN (1897-3310) Volume 8 Issue 1/2008.
- T.O. Mbuya, B.O. Odera, S.P. Ng’ang’a and F.M. Oduori, 2010, “*Effective Recycling of Cast Aluminium Alloys for Small Foundries*”, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, JAGST Vol. 12(2).
- TV. Rajan, C.P. Sharma dan Ashok Sharma, , July 1997, “*Heat Treatment, Principle and Techniques*”, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, 7<sup>th</sup> printing.
- W. Khraisata, and W. Abu Jadayil, “*Strengthening Aluminum Scrap by Alloying with Iron*”, JJMIE Volume 4 Number 3, June, 2010.
- Y.Xiao, M.A. Reuter, , Juli 2002, “*Recycling of distributed aluminium turning scrap*”, Science Direct, Elsevier, Mineral Engineering 15 (2000) 963-970.
- Z. Ma, E.Samuel, A.M.A. Mohamed, A.M. Samuel, F.H. Samuel, H.W. Doty, , 2010, “*Parameters controlling the microstructure of Al–11Si–2.5Cu–Mg alloys*”, Science Direct, Elsevier, Journal Materials and Design 31, 902–912.

