

## ADC3 YANG DIBUAT DENGAN PELEBURAN ULANG ALUMINIUM BEKAS SEBAGAI BAHAN PROPELER KAPAL KAYU

**Suyanto**

Jurusan Teknik Bangunan Kapal  
Akademi Teknik Perkapalan Veteran  
Email: suyantoeste@yahoo.com

**Ratna Dwi Kurniawan**

Jurusan Teknik Bangunan Kapal  
Akademi Teknik Perkapalan Veteran  
Email: rtnkurniawan@gmail.com

**Riyanto Wibowo**

Jurusan Teknik Permesinan Kapal  
Akademi Teknik Perkapalan Veteran  
Email: riyantowibowo71@gmail.com

### ABSTRAK

Saat ini pembuatan propeler aluminium pada industri kecil banyak memanfaatkan bahan dasar aluminium bekas. Namun produk yang dihasilkan belum memenuhi spesifikasi standar material. Penelitian dilakukan dengan menggunakan bahan dasar aluminium siku bekas dan aluminium kanvas bekas. Variasi penambahan TiB sebagai *grain refiner* dilakukan pada saat peleburan. Perhitungan dengan simulasi Excel dilakukan untuk memperkirakan komposisi hasil pengecoran yang sesuai. Pengecoran ulang menghasilkan produk dengan tingkat porositas 3,3 % sampai 5,9 %. Penggunaan cetakan pasir ikut berperan dalam timbulnya porositas. Penambahan TiB sebanyak 0,5% ke ADC3 berpengaruh pada penurunan ukuran butir hingga 50%, peningkatan kekerasan hingga 23%, peningkatan kekuatan tarik hingga 11%, serta penurunan keuletan hingga 20%.

**Kata kunci:** ADC3, pengecoran ulang aluminium, propeler.

### ABSTRACT

*Aluminum propeller manufacture in many small industries use aluminum recycling. However, the products were not match the material standard. Research carried out by recycling aluminum elbows and canvass. TiB as a grain refiner added when smelting. Excell calculation to estimate the casting composition was done. Casting product have porosity of 3.3% to 5.9%. The sand molds influence to porosity presence. Addition with 0,5% TiB on ADC3 can reduce the grain size up to 50%, hardness increase up to 23%, tensile strength increase up to 11%, and ductility decrease up to 20%.*

**Keywords:** ADC3, aluminum recycling, propeller.

### 1. PENDAHULUAN

Aluminium dan paduannya adalah material logam ke dua terbanyak yang digunakan setelah baja. Aplikasi aluminium dan paduannya sangat beragam, mulai dari bangunan, bodi kendaraan, komponen mesin, komponen pada kapal, hingga aplikasi pada pesawat. Pada umumnya aplikasi aluminium menitikberatkan pada karakternya yang ringan dan tahan korosi. Kekuatan dan kekerasan paduan aluminium tergolong tinggi. Sebagai contoh aluminium A206 yang mengandung unsur paduan utama berupa Cu, Mn, dan Mg, mempunyai kekuatan tarik 436 MPa dan kekerasan 137 HV. Aluminium A360 atau ADC 3 yang mengandung unsur paduan utama berupa Si dan Mg mempunyai kekuatan tarik 325 MPa. Aluminium paduan jenis tersebut mempunyai sifat ketahanan korosi yang baik, kekuatan tinggi, serta mampu tuang yang baik [1].

Salah satu aplikasi aluminium sebagai komponen pada kapal adalah sebagai bahan pembuatan propeller pada perahu nelayan tradisional, lebih spesifik adalah paduan aluminium. Cina sebagai negara industri yang saat ini berkembang cepat telah memproduksi propeler dengan bahan paduan aluminium yang dipergunakan untuk berbagai mortar tempel berdaya 20 sampai 35 hp. Diantara paduan aluminium yang

dipakai dalam industri tersebut adalah paduan Al- Si12 atau ADC 2 dengan unsur pepadu utama adalah Si 10%-13%. Sifat yang dimiliki material ADC 2 adalah mempunyai kekuatan tarik sampai dengan 300 MPa, kekuatan luluh 140 MPa, persen perpanjangan 2,5%, kekerasan 80 BHN, serta kekakuan 71 GPa. Paduan lain yang dipakai adalah AlSi10Mg atau ADC 3 dengan unsur pepadu utama Si 8%-10,5% dan Mg 0,17-0,3%. ADC 3 mempunyai sifat mekanik dengan kekuatan tarik 317 MPa, kekuatan luluh 170 MPa, persen perpanjangan 3,5%, kekerasan 75 BHN, dan kekakuan 71 GPa. ADC 2 dan ADC 3 mempunyai karakteristik baik dalam menerima beban impak, dan mempunyai ketahanan korosi yang tinggi. Material tersebut sering digunakan untuk pembuatan roda gila pada mesin otomotif dan propeler kapal dengan motor tempel [2].

Faktor harga atau biaya seringkali menjadi penentu utama yang menjadi pertimbangan bagi konsumen untuk membeli suatu produk. Terkait dengan harga, aluminium adalah bahan dengan harga terjangkau. Faktor harga semakin bisa ditekan jika suatu produk dibuat dengan bahan dasar aluminium bekas atau skrap. Aluminium bekas bisa didapatkan dari sisa-sisa industri pembuatan pintu, jendela, dan kusen aluminium, pembuatan rak dan etalase aluminium, serta produk lain dengan bahan utama aluminium profil. Aluminium bekas berupa kampas rem, panci bekas, dan blok mesin bekas mudah ditemui di tukang rongsok dengan harga terjangkau. Industri aluminium khususnya yang bergerak dalam bidang pengecoran, banyak yang memanfaatkan skrap paduan aluminium sebagai bahan utama pengecoran untuk menekan biaya produksi mereka. Berdasarkan data yang didapatkan pada tahun 2013 setidaknya ada 29 industri komponen kapal yang memanfaatkan skrap aluminium sebagai bahan utama dalam pengecoran [3].

Keuntungan yang didapatkan ketika menggunakan aluminium bekas sebagai bahan dasar pengecoran adalah bisa menekan biaya produksi, namun di sisi lain kualitas produk yang dihasilkan akan menurun dan tidak memenuhi standar material. Salah satu penurunan tersebut dikarenakan komposisi kimia dan sifat mekanik produk belum memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, atau paling tidak bisa mendekati spesifikasinya. Hal tersebut terjadi karena keterbatasan para pelaku industri kecil untuk bisa merancang dan membuat skrap sebagai bahan standar dengan kualitas baik, serta diperlukan penelitian dan pengujian dengan biaya yang mahal.

### **1.1 Pengecoran Ulang Aluminium**

Penelitian tentang pengecoran ulang aluminium pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Beberapa diantaranya menghasilkan kesimpulan bahwa pengecoran ulang aluminium berpotensi meningkatkan jumlah porositas, menurunkan kekuatan dan kekerasan. Penelitian [4] untuk melakukan remelting aluminium paduan A320 (72,37% Al, 11,39% Si, 6,82% Mg, 2,77% Cu). Remelting dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil uji tarik dan uji impak menunjukkan bahwa pengecoran ulang akan menurunkan kekuatan tarik, dan kekuatan impak.

Penelitian terhadap propeler dengan bahan aluminium bekas pernah dilakukan [3]. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sifat propeler aluminium yang dibuat dengan proses pengecoran menggunakan crusibel berbahan bakar minyak dan dengan cetakan pasir. Sebelum peleburan, tidak dilakukan perhitungan dan pengukuran komposisi campuran bahan, namun sekedar perkiraan. Belum ada standar mutu yang dijadikan acuan untuk produk yang dihasilkan. Uji komposisi kimia dilakukan, dan menghasilkan data komposisi kimia bervariasi pada unsur-unsur dominannya, yaitu kandungan Al 68,02%-74,38%, Si 1,86-3,28%, Cu 11,2-12,2%, dan Mg 0-0,746%. Nilai kekerasan material bervariasi dari 59 HRB hingga 62 HRB.

Penelitian lain [5] dalam pengecoran ulang aluminium skrap salah satunya untuk menghasilkan bahan AlSi12 standar. Metode yang dilakukan dalam penghitungan komposisi awal bahan adalah menggunakan tabel simulasi dengan Ms. Excell. Skrap seberat 6000 gr sebagai bahan pengecoran terdiri dari 300g piston, 300g panci, 3000g aluminium siku, 900g aluminium plat, dan 1500g master alloy AlSi49. Bahan-bahan tersebut dilebur sampai suhu 725oC, diaduk selama 5 menit dengan penambahan covering flux, dan kemudian dituang dalam cetakan pasir. Uji komposisi dilakukan terhadap hasil pengecoran, dan didapatkan data komposisi yang bersesuaian dengan standar DIN EN1706. Hasil pengecoran mengandung porositas sebesar 1,88%. Porositas yang ada dipicu oleh adanya unsur Cu sebagai unsur pepadu. Unsur Cu berperan meningkatkan kelarutan gas hidrogen. Disisi lain keuntungan penambahan Cu pada paduan aluminium adalah meningkatkan kekerasan bahan.

### **1.2 Pengaruh TiB Terhadap Sifat Mekanik**

Penelitian tentang penambahan master alloy AlTiB terhadap sifat mekanik aluminium pernah dilakukan [6]. Penambahan grain refiner tersebut dilakukan untuk memperoleh butir aluminium yang lebih halus. Pada butir aluminium TiB berfungsi sebagai agen pengintian (nucleation agent) dan penghalus

butir (grain refiner). Penambahan tersebut biasa dilakukan sebagai proses lanjutan dalam pengecoran, dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan aluminium. Material yang dipakai dalam penelitian tersebut adalah paduan Al-Si dan master alloy AlTiB (90% Al dan 10% TiB) dengan kandungan TiB 10%. Paduan Al dipanaskan sampai suhu 700oC (titik cair), kemudian ditambahkan Al-TiB, dan diaduk pada suhu 700oC dan dituang pada cetakan berbahan besi cor dengan pree heat. Penghalusan butir paling efektif terjadi pada penambahan 10% AlTiB (1%TiB) dengan ukuran butir mengecil dari 140 mikron menjadi 55 mikron. Sementara itu kekuatan tarik meningkat 20%.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Pemilihan Bahan Skrap

Paduan aluminium yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah standar paduan aluminium yang dipakai untuk pembuatan propeller. Salah satu bahan yang dipakai adalah ADC 3 (standard Jepang) atau A360 (UNS number). Komposisi kimia ADC3 bisa dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi kimia ADC 3 [1]**

Si	Cu	Mn	Mg	Fe	Ni	Ti	Zn	Pb	Sn
8-- 10.5	≤0.3	0.2--0.5	0.17-- 0.3	≤1.0	/	/	≤0.3	≤0.05	≤0.01

Komposisi ADC 3 mengandung dua unsur pepadu utama yaitu Si 8%-10,5%, dan Mg 0,17%-0,3%. Pemilihan skrap dilakukan untuk mendapatkan skrap aluminium yang mempunyai kandungan Si yang tinggi. Sehingga dipilih bahan skrap utama untuk membuat paduan ADC 3 seperti pada Tabel 2.

**Tabel 2. Komposisi skrap yang dipilih [7]**

Skrap	Si	Cu	Mn	Mg	Fe	Ni	Ti	Zn	Pb	Sn
Kampas Rem	10,66	2,245	0,1586	0,1226	1,1163	0,0568	0,0252	0,8256	0,0609	0,0235
Aluminium Siku	0,09	0,028	0,0177	0,0171	0,1975	0,0024	0,0161	0,0352	0,0006	0,0054

### 2.2 Perhitungan Komposisi ADC3 Dengan Simulasi Tabel Excell

Perhitungan dengan tabel simulasi Excell dilakukan untuk menentukan perbandingan bahan skrap yang akan dicor, sehingga dicapai komposisi hasil pengecoran yang sesuai dengan standard komposisi ADC 3. Komposisi A dibuat dengan campuran bahan kampas rem dan aluminium siku. Komposisi B dibuat dengan kampas rem, aluminium siku, serta ditambah master alloy AlTiB sebagai grain refiner atau penghalus butir. AlTiB yang ditambahkan mempunyai kadar Ti 5% dan B 1%. Jumlah penambahan AlTiB disesuaikan, sehingga diusahakan bisa mencapai paduan dengan kadar TiB 1%. Persentase campuran bahan bisa dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Perhitungan komposisi skrap**

Bhan	Jenis Skrap	Persentase
A	Kampas Rem	75%
	Aluminium Siku	25%
B	Kampas Rem	75%
	Aluminium Siku	10%
	Master Alloy AlTiB	15%

### 2.3 Pengecoran Dan Pengujian

Proses pengecoran dilaksanakan di laboratorium Pengecoran Politeknik Manufaktur Ceper, Klaten. Bahan dilebur dengan tungku peleburan berbahan bakar kokas. Cetakan yang digunakan adalah cetakan pasir, dengan rongga cetakan silinder. Flux yang digunakan adalah garam yang berfungsi sebagai *drossing flux*. Suhu pelebur ditentukan 700 °C, sedangkan suhu penuangan ditentukan 650 °C [1]. Setelah pengecoran kemudian dilanjutkan dengan pengujian-pengujian yang meliputi uji komposisi, uji densitas, uji kekerasan, uji tarik, dan uji struktur mikro. Spesimen uji tarik, uji kekerasan dan struktur mikro bisa dilihat pada Gambar 1.



(a) Spesimen Uji Tarik, (b) Spesimen Uji Kekerasan dan Struktur Mikro

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Uji Komposisi

Uji komposisi dilakukan di Laboratorium Logam Polman Ceper. Komposisi hasil pengujian bahan A dan B, serta standar komposisi ADC3 disajikan berturutan untuk membandingkan komposisi bahan A, B, dan ADC3 standar yang mengacu pada ASM Handbook. Data bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi A, B, dan ADC3 standar

	<i>Al</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Cu</i>	<i>Mn</i>	<i>Mg</i>	<i>Cr</i>
Bahan A	86,63	11,4	1,28	0,144	0,0792	0,179	0,015
Bahan B	87,13	9,5	0,916	0,434	0,148	0,05	0,0671
ADC3 Standard	85,05	9,0-10,0	2,0	0,6	0,35	0,4-0,6	---
	<i>Ni</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	<i>Ti</i>	<i>Pb</i>	<i>Be</i>	
Bahan A	0,020	0,010	0,164	0,010	0,030	0,00001	
Bahan B	0,02	0,736	0,341	0,51	0,03	0,03	
ADC3 Standard	0,5	0,5	0,15	---	---	---	

Data komposisi pada tabel menunjukkan kesesuaian kandungan unsur Si pada hasil pengecoran jika dibandingkan komposisi ADC 3 standar. Perbedaan komposisi Si yang ada tidak signifikan. Kandungan Si pada bahan A adalah 11,4 % dan bahan B adalah 9,5%. Data ini menunjukkan bahwa keduanya termasuk paduan AlSi hipoeutektik. [8] dalam diagram fasa Al-Si mencantumkan bahwa titik eutektik paduan Al-Si adalah pada 12,5%Si. Demikian juga ADC 3 standar termasuk paduan Al-Si hipoeutektik.

Perbedaan yang cukup signifikan terletak pada komposisi unsur pematu Fe, Cu, Mg, dan Zn. Persentase Fe, Cu, dan Mg pada bahan A dan B lebih rendah jika dibandingkan ADC3. Perbedaan komposisi tersebut secara teoritis akan berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan. Kehadiran Fe, Cu, dan Mg dalam aluminium akan berpengaruh pada kekerasan dan kekuatan aluminium. Cu dan Mg akan membentuk precipitat pada proses pengerasan dengan *aging* [1]. Persentase Zn pada bahan A mempunyai nilai di bawah standar ADC3, sedangkan untuk bahan B mempunyai nilai di atas standar ADC3. Kehadiran Zn dalam aluminium berperan dalam peningkatan kekuatan tarik, namun berpotensi untuk memicu terjadinya *hot cracking* dan *stress corrosion cracking*.

Penambahan master alloy AlTiB dalam bahan B mampu menaikkan persentase unsur Ti dan Be. Penambahan unsur tersebut diharapkan bisa menyebabkan terjadinya penghalusan butir yang berefek pada peningkatan kekuatan bahan, dengan tetap mempertahankan keuletannya. Jika dilihat pada Tabel 4 terjadi peningkatan kandungan TiBe sebesar 0,54%. Persentase ini masih dibawah yang diharapkan yaitu sebesar 1%.

### 3.2 Uji 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), sedangkan porositas bahan dihitung dengan menggunakan persamaan (2). Data hasil perhitungan disajikan pada Tabel 5.

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

$$P_{( \% v )} = \frac{\rho_{theoretical} - \rho_{apparent}}{\rho_{theoretical}} \times 100\% \quad (2)$$

**Tabel 5. Data densitas dan porositas bahan A dan B**

Bahan	Spesimen	Massa (gr)		Spesimen	Densitas (gr/cm <sup>3</sup> )		Porositas (%)	
		wet	dry		Rata-rata	teoritik	Spesimen	Rata-rata
A	1	21,2	13,07	2,61			3,3%	
	2	18,55	11,41	2,60	2,60	2,7	3,7%	3,7%
	3	18,75	11,55	2,60			3,7%	
B	1	20,97	12,93	2,61			3,3%	
	2	18,71	11,34	2,54	2,57	2,7	5,9%	4,8%
	3	19,05	11,64	2,57			4,8%	

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa porositas rata-rata bahan A dan B berturut-turut adalah 3,7% dan 4,8%. Angka porositas tersebut menunjukkan bahwa tingkat porositas bahan tergolong kecil. Hal-hal yang menjadi pemicu terjadinya porositas adalah penggunaan cetakan pasir, serta pengecoran ulang aluminium bekas [4], sehingga terjadinya porositas sulit dihindari. Sebaliknya penentuan suhu peleburan dan penuangan sesuai standar [1], serta penambahan *drossing flux* ikut berperan dalam menurunkan angka porositas material.

### 3.3 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan di Laboratorium Material Universitas Wahid Hasyim Semarang. Uji kekerasan yang dilakukan adalah dengan skala Brinell. Data hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6. Hasil uji kekerasan brinell**

Bahan	Kekerasan (BHN)	
	Spesimen	Rata-rata
A	57,1	
	59,1	
	64,1	57,1
	64,2	
	48,9	
	61,8	
	70,3	
	65,3	
B	72,7	70,3
	73,5	
	66,0	
	70,7	

Nilai kekerasan bahan A yaitu aluminium paduan AISi mempunyai kekerasan 57,1 HRB. Ketika ditambahkan TiB 0,5% pada bahan B maka kekerasan menjadi 70,3HRB, atau meningkat sebesar 23%.

Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan TiB sebesar 0,5% pada paduan AlSi memberikan efek yang signifikan pada peningkatan kekerasan bahan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian [6], bahwa penambahan TiB akan meningkatkan kekuatan dan kekerasan bahan. Penambahan 1% TiB akan meningkatkan 20% kekuatannya. TiB sebagai *grain refiners* akan memicu tercadinya pengintian, dan menghasilkan butir yang lebih halus. Struktur dengan butir halus akan mempunyai sifat lebih kuat namun tetap ulet. Berbanding lurus dengan kekuatan, kekerasan juga akan meningkat. Kekerasan hasil pengecoran dengan penambahan TiB 0,5% hampir menyamai kekerasan produk pengecoran ADC 3 standard NADCA yaitu sebesar 75BHN [2].

### 3.4 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material Universitas Wahid Hasyim Semarang. Pengujian berdasarkan standar ASTM E 8M-04 [9]. Hasil uji tarik yang meliputi kekuatan tarik, %EL, dan modulus elastisitas bisa dilihat pada Tabel 7.

**Tabel 7. Sifat mekanik hasil uji tarik**

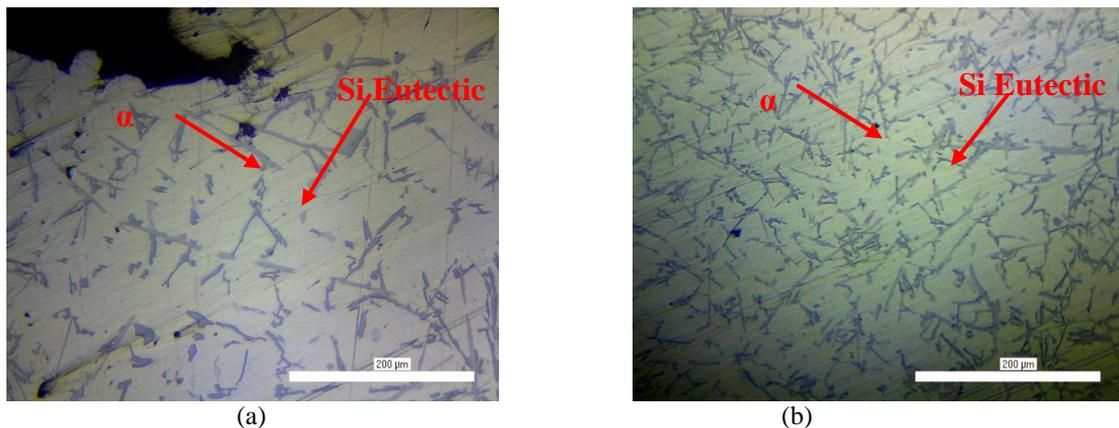
<i>Bahan</i>	<i>Teg. Tarik</i>		<i>%EL</i>		<i>Modulus Young</i>	
	<i>Spesimen</i>	<i>Rata-rata</i>	<i>Spesimen</i>	<i>Rata-rata</i>	<i>Spesimen</i>	<i>Rata-rata</i>
A	131		9,4		32,4	
	133	130,7	11,1	10,3	30,2	30,6
	128		10,4		29,2	
	140		8,2		39,0	
B	147	144	10,1	8,2	36,4	38,4
	145		9,1		39,4	

Hasil uji tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik ADC 3 dari pengecoran aluminium bekas atau disebut dengan bahan A mempunyai kekuatan tarik 130,7 MPa, persentase pemanjangan sebesar 10,3 %, serta modulus elastisitas 30,6 GPa. Dengan penambahan TiB 0,5% (bahan B) sifat mekanik dari hasil uji tarik mengalami peningkatan diantaranya kekuatan tarik meningkat 11% menjadi 144 MPa, dan modulus elastisitas meningkat 20% menjadi 38,4 GPa. Adapun persentase perpanjangan mengalami penurunan 20% menjadi 8,2%, atau dengan kata lain material menjadi lebih kaku. Hasil uji tarik ini sesuai dengan hasil penelitian [6] bahwa penambahan TiB akan memperhalus ukuran butir, sehingga kekuatan akan meningkat dengan keuletan tetap bisa dipertahankan. Teori secara umum menyebutkan bahwa keuletan material akan menurun seiring dengan peningkatan kekuatan. Salah satu cara moderat untuk memperkuat material dengan tetap mempertahankan keuletannya adalah dengan penghalusan butir.

ADC 3 standard [1] mempunyai sifat mekanik beberapa diantaranya adalah kekuatan tarik 305 MPa, persen perpanjangan 2,5%, dan kekakuan 71 GPa. Jika dibandingkan dengan ADC 3 hasil pengecoran aluminium bekas, harga tersebut masih lebih tinggi. Kekuatan tarik hasil pengecoran mempunyai harga setengah dari kekuatan tarik ADC 3 standar. Persentase pemanjangan hasil pengecoran tiga kali lebih dibandingkan dengan ADC 3 standard, dan modulus elastisitas hasil pengecoran mempunyai nilai setengah dari modulus elastisitas ADC 3 standar.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan perbedaan sifat mekanik antara hasil pengecoran dengan ADC 3 standar. Kondisi fisis material uji yang mempunyai tingkat porositas 4,8 % akan mengurangi kekuatan dari material tersebut. Kadar unsur pepadu seperti Fe, Cu, dan Mg hanya sedikit terdapat pada hasil pengecoran, jika kita bandingkan dengan komposisi ADC 3 standar. Perbedaan komposisi tersebut secara teoritis akan berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan. Kehadiran Fe, Cu, dan Mg dalam aluminium akan berpengaruh pada kekerasan dan kekuatan aluminium. Cu dan Mg akan membentuk percpit pada proses pengerasan dengan *aging* [1].

### 3.5 Uji Struktur Mikro



**Gambar 2. Foto Mikro ADC 3 Hasil Pengecoran (a) Tanpa Penambahan TiB (b) Dengan Penambahan TiB 0,5%**

Foto mikro pada gambar 2 baik (a) maupun (b), keduanya menunjukkan bahwa material ADC 3 hasil pengecoran aluminium bekas mempunyai struktur  $\alpha$  Al yang ditunjukkan sebagai bidang terang yang lebar, sertata Si eutektik yang ditunjukkan sebagai garis dendrit kecil yang gelap. Struktur seperti itu biasanya dimiliki oleh paduan Aluminium Silikon dengan kadar di bawah 12,5% atau disebut paduan AlSi hipoeutektik [8]. Kedua gambar menunjukkan ukuran butir yang berbeda. Gambar 3.2 (a) menunjukkan ukuran butir ADC 3 hasil pengecoran yang mempunyai diameter rata-rata 143 mikrometer. Gambar (b) menunjukkan butir yang lebih kecil akibat dari penambahan TiB 0,5% dengan diameter rata-rata 72 mikrometer. Bisa dikatakan bahwa penambahan TiB 0,5% pada ADC 3 bisa memperkecil ukuran butir hingga 50%.

## 4. KESIMPULAN

- 1) Proses pengecoran ulang aluminium bekas kanvas rem dan aluminium siku dengan cetakan pasir menghasilkan produk dengan tingkat porositas 3,3 % sampai 5,9 %. Penggunaan cetakan pasir ikut berperan dalam timbulnya porositas.
- 2) Penambahan TiB sebanyak 0,5% ke ADC 3 hasil pengecoran aluminium bekas berpengaruh pada penurunan ukuran butir hingga 50%, peningkatan kekerasan hingga 23%, peningkatan kekuatan tarik hingga 11%, serta penurunan keuletan hingga 20%.
- 3) Nilai kekerasan dan kekuatan ADC 3 hasil pengecoran masih dibawah harga kekerasan dan kekuatan ADC 3 standar. Hal tersebut disebabkan oleh adanya porositas dan kecilnya kandungan unsur Mg, Fe, Cu, dan Zn sebagai unsur penguat.
- 4) Struktur mikro yang terbentuk dari hasil pengecoran ADC 3 adalah  $\alpha$  Al dan Si eutektik yang merupakan struktur yang bisasa terbentuk pada paduan AlSi hipoeutektik dengan kadar Si kurang dari 12,5%.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook Vol. 2; 1992; "Properties and Selection Nonferrous Alloy and Special-Purpose Materials"; ASM International
- [2] NADCA; 2009; "Product Specification Standards for Die Castings".
- [3] Setiawan, Hera; 2014. "Penguujian Kekerasan dan Komposisi Kimia Produk Cor Propeler Aluminium"; Prosiding SNST ke-5 Unwahas, 31-36.
- [4] Purnomo, 2004, Pengaruh Pengecoran Ulang Terhadap Kekuatan tarik dan Ketangguhan Impak pada Paduan Aluminium 320, *Jurnal Proceedings, Komputer dan Sistem Intelijen Auditorium Universitas Gunadarma*, Jakarta hal 905-911.
- [5] Titiek D., Rusnaldy., Gunawan DH., 2014. "Pembuatan Bahan Standar AlSi12 dari Skrap Aluminium, Studi Komposisi Kimia, Porositas, dan Sifat Kekerasan Bahan"; SNATIF Ke -1 Fakultas Teknik – Universitas Muria Kudus
- [6] Mondal, DP., Nidhi JHA., Ansul B., Das, S., 2012. "Effect of Al\_TiB master alloy addition on microstructure, wear and compressive deformation behaviour of aluminum alloys"; *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22(2012) 1001\_1011

- [7] Kiryanto., Hadi,Eko S., Asrori, M.; 2012. “Analisa Sifat Mekanik Paduan Aluminium Rangka Jendela Kapal di Perusahaan Pengecoran Logam CV. Setia Kawan Kota Tegal dengan Cetakan Tidak Permanen”, Jurnal Kapal; vol 9 No.1.
- [8] Zamani, Mohammadreza, 2015, “Al-Si Cast Alloys Microstructure and Mechanical Properties at Ambient and Elevated Temperature”; Dissertation Series No 7, Jonkoping University
- [9] ASTM E 8M-04,2004, “Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials”