

# KELAYAKAN LIMBAH ALUMINUM SEBAGAI BAHAN BAKU PERKAKAS RUMAH TANGGA

Yurianto

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro  
Kampus Undip Tembalang, Semarang 50275, Indonesia  
Phone: +62-24-7460059, FAX: +62-24-7460058, E-mail: yurianto@undip.ac.id

## Abstrak

Banyaknya limbah aluminium sebuah perusahaan logam yang tidak dikelola dengan baik akan mengganggu lingkungan. Limbah logam bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku komponen yang tidak menuntut ketelitian tinggi, salah satunya adalah sebagai bahan baku perkakas rumah tangga. Tuntutan perkakas rumah tangga yang utama adalah "aman digunakan". Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan melakukan persiapan peleburan limbah aluminium dan dilanjutkan penguangan untuk mempersiapkan benda uji untuk: uji komposisi; uji metalografi; uji kekerasan dan uji tarik. Kemudian menyetarakan limbah dengan logam dengan standard yang ada, dan hasilnya adalah aluminium die casting 12. Adapun hasil penelitian adalah bahwa tegangan tarik 25,74 ksi. (tegangan tarik acuan 55 ksi. ÷ 61 ksi.), sementara ragangan hanya 1,73% (regangan acuan 3% sd. 5%). Angka kekerasan yang dihasilkan: 85,68 HB (kekerasan acuan 80 HB). Aluminium mengandung sedikit inklusi, dan angka kekerasannya sedikit meningkat dibanding dengan aluminium bersih. Pada dasarnya aman digunakan sebagai perkakas rumah tangga yang tidak menuntut ketelitian yang tinggi.

**Kata kunci:** limbah, sifat mekanis, strukturmikro

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar belakang

Limbah bermasalah antara lain berasal dari kegiatan pemukiman, industri, pertanian, pertambangan dan rekreasi [1]. Limbah industri yang dapat mencemari lingkungan disekitarnya bisa berupa: limbah industri baik berupa gas, cair maupun padat umumnya termasuk kategori limbah B3. Karena itu perlu penanggulangan yang serius untuk menghadapi masalah ini, agar dapat terjadi keseimbangan alam [2]. Ketika menjalankan proses produksinya, salah satu perusahaan dibidang industri *shock absorber* mempunyai permasalahan tentang limbah logam. Limbah ini berbasis aluminium. Disini sisa aluminium (berupa flash) tumpah keluar cetakannya dan tercampur dengan minyak pelumas hidrolik dari alat cetakan logam milik industri tersebut. Akibat pencelupan limbah dengan minyak pelumas tersebut, limbah mengalami perubahan sifat mekanis akibat pencelupan dingin (quench). Strukturmikro limbah logam juga mengalami perubahan, atau justru terdapat kotoran bukan logam (non metallic).

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah bahan yang digunakan adalah limbah *scrap* yang dihasilkan oleh salah satu perusahaan *shock absorber* diwilayah Bekasi Jawa Barat.

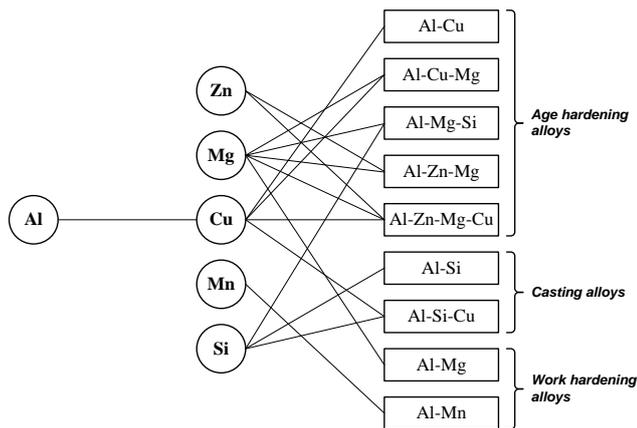
Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sifat mekanis dan kebersihan limbah setelah pelelehan pada

temperatur lelehnya. Mendapatkan informasi kemungkinan pemanfaatan limbah sebagai bahan perkakas rumah tangga yang aman digunakan. Untuk mendukung jalannya penelitian ini dilakukan uji komposisi unsur kimia; uji tarik; pemeriksaan strukturmikro dan uji kekerasan.

Manfaat penelitian ini secara umum adalah mengurangi sebagian kecil limbah yang selama ini menimbulkan masalah lingkungan, dan secara khusus limbah sebagai bahan perkakas rumah tangga.

### 1.2 Aluminium Die Casting 12

Al merupakan logam ringan; kuat; konduktivitas termal dan listrik yang baik, dan tahan korosi. Logam ini banyak digunakan untuk keperluan pembuatan: pesawat terbang, otomotif, peralatan rumah tangga dan lain – lain. Untuk mendapatkan sifat mekanik yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan, Al harus dipadu dengan unsur lain seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni, dan sebagainya. Gambar 1 menjelaskan tentang pembagian unsur paduan utama pada Al. *Aluminium Die Casting 12* mempunyai unsur paduan utama yaitu Al-Si-Cu. *Aluminium Die Casting 12* disingkat sebagai ADC 12, dan angka 12 menunjukkan bahwa unsur Al maksimum adalah 12%, untuk unsur Si yaitu 9,6÷12%. ADC 12 merupakan aluminium paduan berdasarkan *JIS (Japanese Industrial Standards)* [2], lihat tabel 1.



Gambar 1. Unsur paduan utama pada aluminium [3]

Tabel 1 Komposisi Kimia dari ADC 12 [?]

No.	Nama unsur	Satuan % berat
1	Cuprum (Cu)	1,5 sd. 3,5
2	Silicon (Si)	9,6 sd. 12,0
3	Zinc (Zn)	1,0
4	Ferrous (Fe)	0,8
5	Magnesium (Mg)	0,3
6	Mangan (Mn)	0,5
7	Nickel (Ni)	0,5
8	Stannium (Sn)	0,3
9	Aluminium (Al)	Sisanya

Menurut *Aluminium Association*, aluminium alloy (ADC 12) merupakan paduan Al yang memiliki seri 383.0 dengan komposisi utama Si, Mg dan atau Cu yang merupakan produk coran.

### 1.3 Cacat Coran

Cacat coran paduan aluminium yang sering terjadi adalah: rongga udara, penyusutan rongga, *dros* dan lubang jarum. Penyusutan bisa dihindari dengan cara memperbanyak *cil* dan merancang secara tepat (gambar 2g). Sementara lobang jarum adalah lobang kecil halus dan berbentuk bola yang berukuran antara < 1 mm sampai dengan 2 mm (gambar 2.2g).

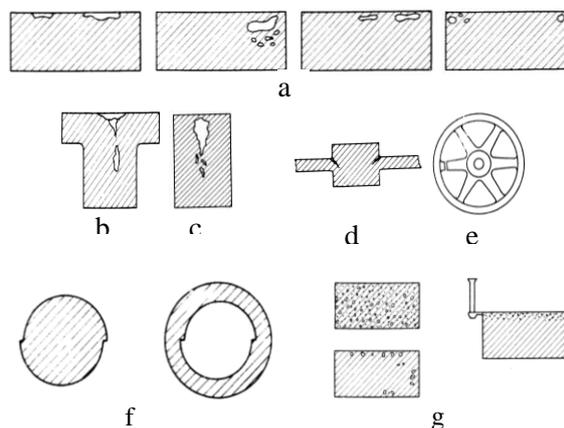
Retakan dibagi menjadi retak penyusutan (sering terjadi pada bagian *filet* tajam dari coran) dan retak tegangan sisa (adalah robekan panas pada temperatur tinggi dan temperatur rendah, keduanya karena pendinginan tak seimbang), seperti gambar 2d dan 2e.

*Dros* adalah sejenis terak yang terutama terjadi dipermukaan bagian kup atau dipermukaan bagian atas inti, pergeseran terjadi karena ketidak sesuaian antara satu dengan yang lain pada permukaan cetakan pisahnya, seperti gambar 2f.

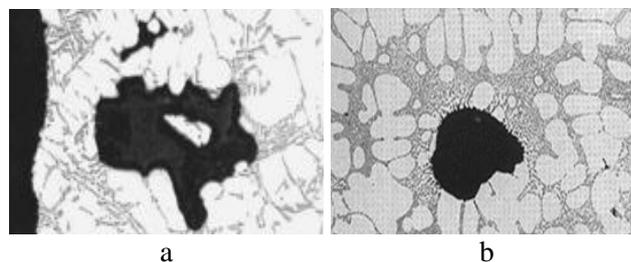
Porositas (peronggaan) yang dapat dilihat dengan mata telanjang disebut *macroporosity*, jika tidak disebut

*microporosity*. Porositas pada pengecoran aluminium disebabkan oleh kekosongan terbentuk antara *dendrite* pada saat efek penyusutan saat proses pengerasan (atau *shrinkage porosity*, pada gambar 2a), sedang gas yang terjebak dalam proses pengerasan paduan (*gas porosity*, seperti pada gambar 3b). Gelembung gas disebabkan oleh hydrogen yang mengendap pada saat proses pembekuan logam leleh dan akibat udara yang masuk pada saat kecepatan aliran cairan logam tinggi masuk kedalam cetakan. Pori - pori penyusutan terbentuk ketika aliran *interdendritic* logam leleh tertahan. Ukuran *shrinkage porosity* sering tergantung pada tingkat proses pembekuan sejak *dendrite* yang lebih besar dengan proses pembekuan yang lambat.

Porositas gas berbentuk bola, namun *shrinkage pores* berbentuk tidak teratur dan memanjang, kedua cacat tersebut memiliki pengaruh pada keuletan dan kekuatan. Bentuk cacat *shrinkage porosity* ini tidak bulat melainkan mengikuti bentuk *dendrite*, cacat ini biasa terjadi pada paduan aluminium, perunggu dan besi cor. [3]



Gambar 2. Skema cacat. a Rongga udara b Penyusutan rongga c Penyusutan luar d Retak penyusutan e Retak tegangan sisa f Pergeseran g Lobang jarum [5]

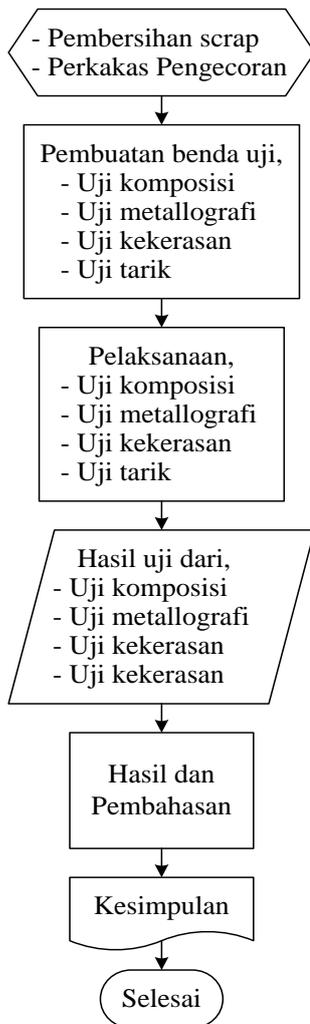


Gambar 3. Cacat mikro. a *Shrinkage porosity* b Porositas [6]

## 2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan, secara rinci dengan mengikuti diagram alir seperti pada gambar 4.

Tahap persiapan adalah melakukan pemilahan dan pembersihan *scrap* dari kotoran, dan dilanjutkan penyiapan: cetakan dan perkasnya. Kemudian pelaksanaan pengecoran dan pencetakan untuk mendapatkan bentuk benda uji yang sesuai dengan uji yang dilakukan yaitu uji komposisi; uji metallografi; uji kekerasan dan uji tarik. Tahap pembuatan benda uji meliputi benda uji untuk komposisi; benda uji untuk metallografi; benda uji untuk kekerasan dan benda uji untuk tarik.



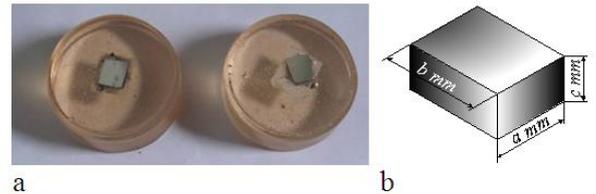
Gambar 4. Diagram alir proses pelaksanaan penelitian



Gambar 5. Cetakan



Gambar 6. Benda uji untuk uji tarik.  
a Gambaran *scrap* aluminum b Benda uji dasar.  
c Geometri benda uji d Hasil benda uji.



Gambar 7. Benda uji untuk uji metallografi dan kekerasan. a Benda uji sudah dimounting b Geometri benda uji (a = 3 mm, b = 5 mm dan c = 2 mm, sesuai *specimen holder* pada SEM)



Gambar 8. Benda uji untuk uji komposisi.  
a Bekas pengujian b. Geometri benda uji (a = b = 20 mm dan c = ± 20 mm, sesuai dengan *specimen holder* pada Spectrometer)

Tahap pengujian, melakukan uji komposisi; uji metallografi; uji kekerasan dan uji tarik. Tahap hasil dan pembahasan, melakukan pembahasan hasil uji komposisi; uji metallografi; uji kekerasan dan uji tarik. Tahap kesimpulan, melakukan penyimpulan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

### 3 HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Hasil

##### 3.1.2 Hasil pengujian Komposisi Unsur Paduan

Hasil pengujian komposisi unsur paduan pada hasil coran dilakukan dengan *spectrometer*, ditunjukkan pada tabel 2.

##### 3.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dilakukan dengan cara vickers, dan dilakukan segaris dipermukaan benda kerja dengan masing-masing indentasi berjarak 1 mm.

Data lain yang bisa diperoleh adalah diagonal identasi, masing-masing ditunjukkan pada tabel 3 dan digambarkan kedalam koordinat cartesian seperti ditunjukkan pada gambar 9.

**Tabel 2** Hasil uji kimia limbah

No.	Nama Unsur	(Al)	% Berat
01	Aluminium	(Al)	85.59615
02	Ferro	(Fe)	0.88014
03	Silikon	(Si)	9.95188
04	Copper	(Cu)	2.03003
05	Manganese	(Mn)	0.23004
06	Magnesium	(Mg)	0.2699
07	Zinc	(Zn)	0.81792
08	Titanium	(Ti)	0.02931
09	Chromium	(Cr)	0.0271
10	Nickle	(Ni)	0.06635
11.	Lead	(Pb)	0.06468
12.	Tin	(Sn)	0.02258
13.	Antimony	(Sb)	0.01409

### 3.1.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan dilakukan dengan cara micro vickers, dilakukan segaris di permukaan benda kerja dengan jarak identasi 1 mm. Panjang diagonal identasi, masing-masing ditunjukkan pada tabel 3 dan digambarkan kedalam koordinat cartesian seperti pada gambar 9.

**Tabel 3** Nilai kekerasan benda uji uji limbah

Kode BU	Jarak (mm)	HVN (kgf/mm <sup>2</sup> )	D. indentasi
K 1	1	93.3	0.063
K 2	2	103	0.060
K 3	3	106.3	0.059
K 4	4	106.3	0.059
K 5	5	99.5	0.061
Rata-rata	101.68	0.060	

### 3.1.4 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan pada 3 (tiga) buah benda uji (dalam penelitian ini diberi kode K1, K2 dan K3) untuk mendapatkan kekuatan tarik maksimum dan regangan  $\epsilon$ , masing-masing ditunjukkan dalam tabel 4.

### 3.1.5 Hasil Pengamatan SEM

Pengamatan strukturmikro dilakukan dengan scanning electron microscope dengan perbesaran 500x; 1000x; 3000x; 5000x dan 10000x, dan diperoleh gambar strukturmikro seperti pada gambar 10.

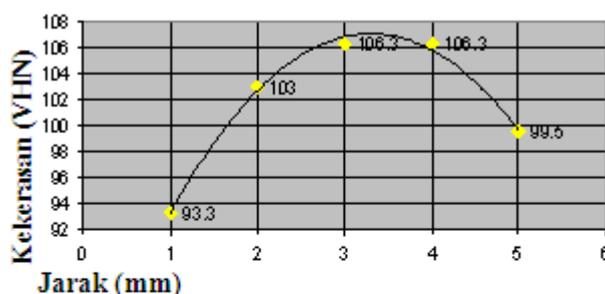
## 3.2 Pembahasan

### 3.2.1 Hasil pengujian komposisi unsur paduan

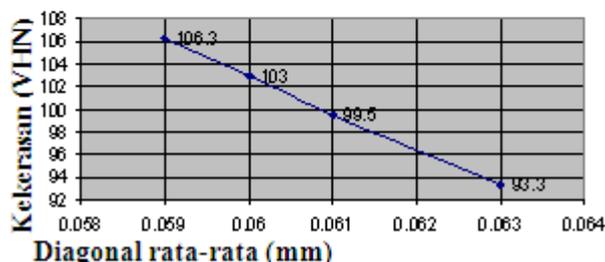
Unsur yang terkandung pada limbah logam adalah Al = 85,59 %, Si = 9,95 %, Cu = 2,03 %, Fe = 0,88 %, Zn = 0,82 %. Berdasarkan kandungan unsur kimia tersebut, limbah adalah dari jenis Al yang disebut ADC12, nilai Si = 8 sampai dengan 12 %. Tabel 5 memberikan informasi antara paduan Al383.0 dan ADC 12.

### 3.2.2 Hasil pengujian kekerasan

Pada pengujian ini, identasi dilakukan pada 5 titik dengan jarak antar titik adalah 0,5 mm. Gaya awal identasi yang diberikan adalah sebesar 0,2 kg<sub>f</sub>, dan identasi dilakukan selama 15 detik. Dari tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin ke tengah maka kekerasan bahan tersebut semakin menurun. Hal ini karena dibagian tengah benda coran memiliki susunan dari butir - butir kristal segi banyak dengan orientasi sembarang cenderung nilai kekerasan yang semakin rendah. Kecenderungan ini terjadi karena



a.



b.

Gambar 9. Angka kekerasan Vickers (VHN) limbah.

a Grafik nilai kekerasan limbah

b Grafik hubungan VHN vs diagonal rata-rata limbah.

Tabel 4 Nilai kekuatan tarik benda uji uji limbah

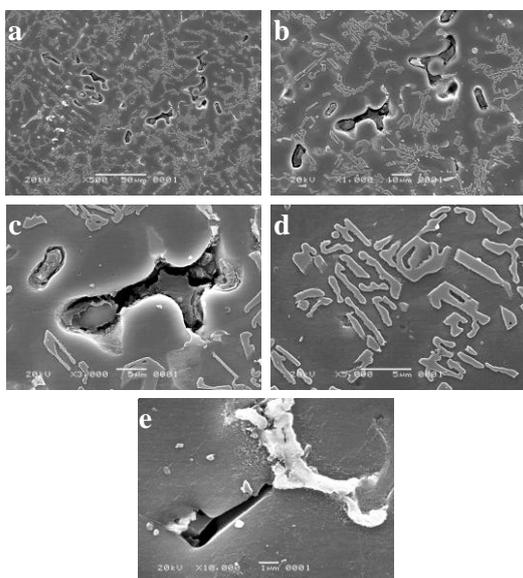
No.	Kode Benda uji	Kekuatan tarik maks. $\sigma_u$ (kgf/mm <sup>2</sup> )	Regangan $\epsilon$ (%)	d (mm)
1	K 1	17.61	2.4	12.60
2	K 2	19.25	1.1	12.60
3	K 3	17.43	1.7	12.65
	Rata-rata	18.10	1.97	12.62

**Tabel 5**

Perbandingan Komposisi Kimia 383.0 dan ADC 12 [5]

Alloy	383.0	ADC 12
Si	9.5-11.5	9.6-12.0
Fe	1.3	0.8
Cu	2.0-3.0	1.5-3.5
Mn	0.5	0.5
Mg	0.1	0.3
Cr	-	-
Ni	0.3	0.5
Zn	3.0	1.0
Sn	0.15	0.3
Ti	-	-
Unsur Lain	0.5	0.5

laju pendinginan yang lambat dibagian tengah coran. Bagian tengah coran dingin lebih lambat dibanding bagian luar, sehingga kristal-kristal tumbuh dari inti asal mengarah ketengah coran dan butir-butir kristal tersebut berbentuk panjang-panjang seperti kolom, yang disebut struktur kolom. Struktur ini muncul apabila gradien temperatur kecil dan membentuk struktur kolom yang tidak jelas. Susunan butir dari kristal yang memiliki orientasi sembarang membuat kekerasan dari benda coran akan semakin rendah [6].



Gambar 10 Hasil SEM Limbah ADC 12.  
 a Perbesaran 500× b Perbesaran 1000×  
 c Perbesaran 3000× d Perbesaran 5000×  
 e Perbesaran 10000×

Dari gambar 9 terdapat fenomena menurunnya nilai kekerasan pada titik 5, ini disebabkan adanya cacat pada titik tersebut yang berupa porositas.

Porositas terjadi ketika gas akan keluar dari cairan logam tetapi terperangkap dalam proses pemadatan logam. Porositas dapat berpengaruh terhadap sifat mekanis seperti kekerasan dan keuletan dari sebuah bahan [5].

**Tabel 6.** Perbandingan Komposisi Kimia 383.0 dan ADC 12 [5]

Alloy	383.0	ADC 12
Si	9.5-11.5	9.6-12.0
Fe	1.3	0.8
Cu	2.0-3.0	1.5-3.5
Mn	0.5	0.5
Mg	0.1	0.3
Cr	-	-
Ni	0.3	0.5
Zn	3.0	1.0
Sn	0.15	0.3
Ti	-	-
Unsur Lain	0.5	0.5

Bisa juga indenter tepat mengenai daerah porositas, sehingga diameter bentuk indentasi menjadi lebih besar yang berarti kekerasan bahan tersebut menjadi lebih kecil. Nilai kekerasan rata-rata bahan uji *scrap* paduan aluminum kotor yang lebih besar yaitu 101,68 VHN (85,68 HB) dibandingkan nilai kekerasan ADC 12 yang sebenarnya. Nilai kekerasan limbah yang sebenarnya adalah 80 BHN [7]. Nilai kekerasan tersebut berbeda karena adanya penambahan unsur Ti dan Cr. Jika kedua unsur tersebut ditambahkan ke dalam paduan maka akan mempercepat proses solidifikasi sehingga menambah kekerasan [5]. Dengan semakin besarnya diagonal rata-rata yang terbentuk, maka nilai kekerasan yang dihasilkan akan semakin mengecil, hal ini diperlihatkan oleh garis yang cenderung menurun. Distribusi gaya yang diberikana pada setiap titik adalah sama, yaitu 0,2 Kg<sub>f</sub> karena titik indentasi tersebut tidak bisa menahan gaya indentasi maka daerah uji tersebut mengalami deformasi, sehingga dikarenakan daerah yang lunak mengalami deformasi terbesar sehingga akan terbentuk diagonal indentasi yang lebih besar dibandingkan dengan daerah yang keras.

### 3.2.3 Hasil pengujian tarik

*Proportional stress* adalah daerah yang menunjukkan perpanjangan sebanding dengan tegangan. Setelah mencapai tegangan maksimum benda uji tersebut patah, tanpa mengalami deformasi plastis. Oleh karena itu, benda uji ini dikategorikan sebagai bahan getas [8]. Perpatahan yang terjadi pada uji tarik ini adalah *Flat Granular cleavage* yang merupakan patahan yang terjadi tanpa adanya pengecilan diameter dari benda uji

atau batang uji. Nilai kekuatan tarik rata-rata adalah 177.35 MPa dan regangan rata-rata 1,73 %. Karena nilai regangannya kurang dari 5% maka dikatakan bahan tersebut getas [9]. Nilai modulus elastisitas dari tabel 4 adalah sebagai berikut:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{177.35 \text{ MPa}}{1.73} = 10.23 \text{ GPa}$$

**Tabel 7.** Sifat Mekanis ADC 12, acuan dan imbah Al

Sifat Mekanis	ADC 12	Kotor
Tegangan tarik	55 sd. 61 ksi	177,35 Mpa (25,74 ksi)
Perpanjangan	3 sd. 5 %	1,73 %
Kekerasan	80 HB	85,68 HB

Pengujian tarik pada benda uji ADC 12 menunjukkan perbedaan nilai kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas dengan ADC 12 yang sebenarnya. Sebagai pembandingan, nilai kekuatan tarik untuk paduan ADC 12 yang sebenarnya adalah 310 MPa. Tetapi hasil yang kami dapatkan hanya sebesar 177.35 MPa. Perbedaan nilai ini diakibatkan karena adanya cacat yang terjadi pada benda uji kami, cacat ini menyebabkan luas penampang dari benda uji berkurang, sehingga nilai kekuatan tariknya berkurang juga.

### 3.2.4 Hasil Pengamatan SEM

#### a Rongga udara.

Rongga udara muncul sebagai lubang dipermukaan atau didalam coran (terutama sedikit dibawah permukaan) yang merupakan rongga-rongga bulat, dan mempunyai warna yang berbeda-beda sesuai dengan sebab terjadinya cacat. Sebab utama dari rongga udara adalah: penuangan yang terlalu lambat; lobang angin yang tidak memadai pada inti; cetakan yang kurang kering; tekanan diatas yang terlalu rendah; cawan tuang dan sistim saluran yang basah; permeabilitas yang kurang sempurna; temperatur penuangan yang rendah. Usaha pencegahan adalah dengan memasang saluran turun pada tempat yang benar; penuangan logam cair yang memiliki temperatur sesuai; kecepatan penuangan yang cukup cepat; membuat lubang angin pada cetakan dan tinggi penuangan harus sesuai agar tekanan yang dihasilkan cukup.

#### b Rongga Penyusutan Luar.

Rongga penyusutan adalah lubang cacat karena pengecilan yang terjadi ketika logam membeku, dan terdiri dari: lubang-lubang kecil dengan permukaan dalam berkrystal *dendrite* kasar yang bisa timbul pada bagian yang tebal; bagian pertemuan; cekungan *filet* dan sebagainya. Sebab utama dari rongga penyusutan adalah karena temperatur

penuangan terlalu rendah; bahan coran banyak karat dan kotoran; cetakan memuai karena tekanan dari logam cair ditempat yang kurang mampat; perencanaan dan pembuatan penambah yang kurang sempurna. Usaha pencegahannya adalah digunakan pembekuan searah sehingga penambahan dapat bekerja secara efektif; daerah pengisian yang efektif dari penambahan berbeda menurut bahan coran, cara penuangan dan ketebalan irisan dan menempatkan penambah ditempat yang bertemperatur tinggi.

#### c Lobang Jarum.

Lobang jarum timbul apabila gas-gas terutama gas hydrogen terbawa dalam logam leleh dan terkurung dalam logam yang disebabkan tekanan logam selama pembekuan. Lobang jarum adalah lubang dimana permukaan dalamnya halus dan berbentuk bola. Ukuran cacat lobang jarum adalah dibawah 1 sampai 2 mm sangat kecil dan berbentuk seperti bekas tusukan jarum.

Sebab utama dari cacat lubang jarum adalah: gas terbawa dalam logam cair selama pencairan; gas terserap dalam logam cair selama penuangan; reaksi logam induk dengan uap air dari cetakan dan titik cair terlalu tinggi dan waktu pencairan terlalu lama. Cara pencegahan cacat lubang jarum adalah dengan menghilangkan gas dari logam cair dan dapat dilakukan dengan peniupan gas inert kedalam cairan logam. Contohnya gas nitrogen; gas dengan klorida; pencairan kembali dan perencanaan yang tidak menyebabkan turbulen pada aliran logam leleh.

#### d Retakan.

Retak penyusutan sering terjadi pada bagian *filet* yang tajam dari suatu coran. Lebar retakan berbeda, tetapi bentuk retakan tidak tajam. Sebab utama dari retakan adalah karena perencanaan coran yang buruk; pemuaiian cetakan, inti menahan penyusutan dari coran; saluran turun dan penambah akan menambah ketidakseragaman dalam pendinginan; retakan mudah terjadi pada bagian persilangan dinding-dinding tebal dan sudut-sudut tajam, dan perbedaan pembekuan dan waktu penyusutan yang disebabkan oleh ketidakseragaman tebal dinding. Cara mencegah retakan adalah: pembekuan harus seragam; logam cair harus diisikan bukan dari satu tempat akan tetapi dari beberapa tempat secara merata; waktu penuangan singkat; sudut-sudut tajam dari coran harus dihindarkan dan perubahan mendadak dari bentuk coran harus dihindarkan sebanyak mungkin.

#### e Dros.

Logam cair aluminium mudah teroksidasi, walau waktunya hanya selama melewati saluran-saluran. Tetapi sudah cukup untuk membentuk lapisan oksida tipis. Dros adalah semacam terak yang terjadi terutama dipermukaan bagian kup atau dipermukaan bagian atas dari inti.

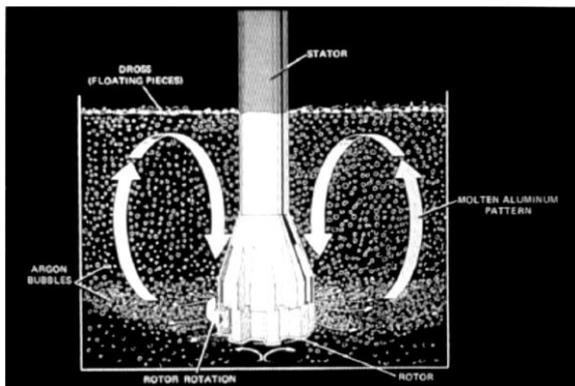
Sebab utama dari dros adalah oksidasi logam cair; dros terbawa dalam coran atau terjadi dalam cetakan dan kadar air dalam cetakan. Cara pencegahan terjadinya dros adalah dengan menghilangkan kotoran dalam logam cair; kadar air dalam cetakan harus serendah mungkin dan perencanaan pengecoran yang tidak menyebabkan turbulensi.

*f Pergeseran.*

Pergeseran diakibatkan karena tidak sesuai antara satu sama lain pada permukaan pisah cetaknya. Sebab-sebab pergeseran adalah rangka cetakan yang kurang kuat dan pergeseran setelah pemasangan cetakan.

*g Cacat Mikro.*

Gambar 10. Pada daerah a merupakan cacat yang terjadi karena gelembung udara terjebak didalam proses pembekuan, maka daerah a dapat disebut dengan *gas porosity*. Gelembung gas disebabkan oleh hydrogen yang mengendap ketika proses pembekuan logam leleh dan akibat udara yang masuk ketika aliran kecepatan tinggi dari logam leleh yang masuk dalam cetakan. Daerah b merupakan cacat yang terjadi kekosongan yang terbentuk antara *dendrite* ketika pengaruh penyusutan pada saat proses pengecoran (*shrinkage porosity*)[4].



Gambar 11. Skema alat *spinning nozzle* (SNIF)

Untuk mencegah porositas, maka jumlah gas hidrogen dikurangi dan harus diusahakan menjadi sekecil mungkin. Salah satu caranya dengan mengatur tinggi penuangan, karena apabila penuangan terlalu rendah, tekanan logam cair menjadi kecil dari pada tekanan gas dalam cetakan. tinggi penuangan harus diatas 200 mm, Selain itu juga porositas bisa terjadi dikarenakan pengeluaran gas yang tidak sempurna, sehingga perlu dibuat jalan gas untuk membantu keluar dari inti. Yaitu dengan membuat lubang angin pada cetakan [6]. Cara lain yaitu dengan mencampurkan gas pembersih  $Cl_2$  atau  $Cl_2 + N_2$  agar bisa bereaksi dengan H menjadi HCl dengan mencampurkan lewat pipa *lance*, akan tetapi mengingat akan bahayanya pemakaian  $Cl_2$  bagi lingkungan, pada tahun 1976 dikembangkan *spinning nozzle* (SNIF).

Alat pemecah gas ini berguna untuk mereduksi gas hidrogen dalam cairan logam yaitu dengan melepaskan hidrogen lewat permukaan cairan logam dengan gas argon. Gas ini berfungsi menghindarkan bahan dari udara, dan dipilih karena sifatnya tidak bereaksi dengan sekitarnya.

**4. KESIMPULAN**

- Berdasarkan hasil pengujian, maka bahan uji tergolong dalam ADC 12 menurut standar JIS atau series 3xx.x menurut standar ASM, yaitu 383.0.
- Nilai kekuatan tarik rata-rata limbah aluminum kotor adalah 177,35 MPa (25,74 ksi), limbah aluminum bersih 171,07 MPa (24,83 ksi). Nilai kekerasan rata-rata limbah aluminum kotor adalah 101,68 VHN (85,68 HB), limbah aluminum bersih 99,02 VHN (82,02 HB). Nilai rata-rata modulus elastisitas limbah aluminum kotor adalah 10,23 Gpa., limbah aluminum bersih 9,48 Gpa. Nilai rata-rata regangan limbah aluminum kotor adalah 1,73 %, limbah aluminum bersih 1,83 %. Nilai rata-rata reduksi luasan limbah aluminum kotor adalah 1,26 %, limbah aluminum bersih 1,57 %.
- Cacat dominan yang terjadi adalah penyusutan luar, lubang jarum, retakan, porositas gas dan *shrinkage porosity*. Hal ini terjadi karena proses pengecoran yang sederhana serta cetakan yang tidak memiliki cukup saluran udara.
- Limbah ADC 12 masih bisa digunakan secara langsung untuk perkakas rumah tangga yang tidak menuntut keuletan dan kekuatan tinggi.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

PT. Nusa Metal Bekasi yang telah memberikan kesempatan untuk mendapatkan limbah ADC 12, dan PT. Suyuti Sido Makmur atas kesempatannya untuk melakukan penguangan.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Sigit Eddie Wijanto, *Limbah B3 dan Kesehatan*, Literatur Bahan, [www.dinkesjatim.go.id](http://www.dinkesjatim.go.id) , Akses 14 Maret 2008.
- Anonimous, *Sumber Status Lingkungan Hidup Daerah*, Literatur Bahan, [www.menlh.go.id](http://www.menlh.go.id) , Akses 14 Maret 2008.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Japanese\\_Industrial\\_Standards](http://en.wikipedia.org/wiki/Japanese_Industrial_Standards) (diunduh 4 Oktober 2010 jam 07.00 wib.)
- ASM team, 1993, *ASM Metal Handbook Volume 9 Metallography and Microstructure*, American Society for Metals, The United States of America, Literatur Bahan, [www.gigapedia.org](http://www.gigapedia.org), Akses 28 November 2007.
- Toten, Goerge E, 2003, *Handbook Aluminum Vol 1*, G. E. Totten & Associates, Inc, Seattle, Washington, U.S.A.
- ASM team, 1993, *ASM Metal Handbook Volume 2 Properties and Selection; Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*, American Society for

Metals, The United States of America, Literatur Bahan, [www.gigapedia.org](http://www.gigapedia.org), Akses 28 November 2007.

7. Surdia, Tata, 1994, *Teknik Pengecoran Logam*, edisi ketujuh, Pradnya Paramita, Jakarta
8. Kawahara, *Aluminum Alloy, Cast Article Of Aluminum Alloy, And Method For Producing Cast Article Of Aluminum Alloy*, Literatur Bahan, [www.freepatentsonline.com/EP1501954B1.html](http://www.freepatentsonline.com/EP1501954B1.html), Akses 27 Mei 2008.
9. Van Vlack, Lawrence, 1989, *Ilmu dan Teknologi Bahan*, edisi 15, Alih Bahasa Oleh Sriati Djapri, Jakarta, Erlangga.
10. Callister Jr, William. D, 1994, *Material Science And Engineering*, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
11. Nabil, Barun, Yurianto dan Umardani Yusuf, 2008, *Analisis Sifat Mekanis dan Cacat Pada Limbah Scrap Aluminum Die Casting Sebelum Pencucian*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
12. Priyanto, Fajar Eko, Yurianto dan Umardani Yusuf, 2008, *Analisis Sifat Mekanis Ditinjau Dari Strukturmikro Limbah Scrap Aluminum Die Casting Sebelum Pencucian*, Tugas Sarjana, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.