

## ANALISIS HASIL PENGECORAN LOGAM AL-SI MENGGUNAKAN LUMPUR LAPINDO SEBAGAI PENGIKAT PASIR CETAK

Oleh:

Poppy Puspitasari, Abdurrohman Khafiddin  
Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,  
Universitas Negeri Malang  
E-mail: poppy@um.ac.id

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa hasil pengecoran dengan membandingkan fluiditas dan kualitas coran. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui pengaruh lumpur lapindo terhadap kekerasan permukaan dan cacat coran pada logam paduan Al-Si. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan menggunakan jenis penelitian eksperimental. Subjek penelitian adalah lumpur lapindo, bahan aluminium (Al-Si). Teknik analisis data deskriptif untuk mengetahui tingkat kekerasan, fluiditas, foto mikro dan makro untuk mengetahui cacat porositas dalam. Hasil penelitian yang diperoleh, nilai fluiditas paling tinggi terdapat pada spesimen coran yang menggunakan campuran lumpur lapindo sebesar 7% yaitu 793,50 mm dari pola sebenarnya yaitu 200 mm. Sedangkan yang paling rendah terdapat pada spesimen coran yang menggunakan campuran lumpur lapindo sebesar 13% yaitu 748,80 mm dari pola sebenarnya yaitu 200 mm. Tingkat kekerasan tertinggi terdapat pada spesimen coran yang menggunakan campuran lumpur lapindo sebesar 15% dengan rata-rata nilai kekerasan 131,36 HV. Sedangkan yang paling rendah kekerasannya terdapat pada spesimen campuran lumpur lapindo 7% dengan rata-rata nilai yaitu 118,16 HV. Dari hasil analisa cacat cor secara kasat mata menunjukkan bahwa spesimen coran yang menggunakan campuran lumpur lapindo sebesar 15% memiliki cacat cor yang paling sedikit dan paling kecil bila dibandingkan dengan spesimen lainnya. Dari hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa lumpur lapindo dapat menjadi kandidat terbaik pengganti bahan pengikat bentonit pada pengecoran pasir (*sand casting*) karena memiliki kecekatan yang baik untuk bahan pengikat.

**Kata kunci:** lumpur lapindo, bahan pengikat, kualitas dan fluiditas.

Pengecoran (*Casting*) adalah salah satu teknik pembuatan produk dimana logam dicairkan dalam tungku peleburan kemudian dituangkan ke dalam rongga cetakan yang serupa dengan bentuk asli dari produk cor yang akan dibuat. Tahapan dalam proses pengecoran adalah pembuatan model (pola), pembuatan pasir cetak, pembuatan cetakan pasir (rongga cetak), peleburan logam, menuang logam ke dalam cetakan dan membongkar serta membersihkan hasil pengecoran.

Pengecoran dengan cetakan pasir (*sand casting*) merupakan metode yang

banyak digunakan pada industri pengecoran aluminium. Selain membutuhkan biaya yang cukup relatif sedikit juga dapat membuat desain yang bentuknya agak rumit, pengecoran cetakan pasir merupakan proses produksi yang diawali dengan menuangkan logam cair ke dalam sistem saluran dan selanjutnya logam cair akan mengisi seluruh rongga cetakan.

Di dalam proses pengecoran logam dalam usaha menghasilkan suatu produk benda coran yang berkualitas baik dengan komposisi yang dikehendaki maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu:

bahan baku coran, komposisi bahan baku, kualitas pasir cetak (bila menggunakan pasir cetak), sistem peleburan, sistem penuangan dan pekerjaan akhir dari produk coran. (Surdia, Chijiwa kenji, 1982).

Cacat-cacat pengecoran yang umum terjadi adalah kekerasan permukaan, cacat porositas di dalam coran dan cacat-cacat yang disebabkan oleh runtuhnya cetakan. Penyebab utama terjadinya cacat pada proses pengecoran yaitu sifat-sifat dari cetakan seperti, permeabilitas yang rendah, kekuatan tekan cetakan yang rendah, sintering poin yang rendah, distribusi butiran pasir tidak sesuai. Sifat-sifat cetakan itu sendiri sangat tergantung pada distribusi besar butir pasir cetak, persentase zat pengikat dan persentase kadar air. Timbulnya cacat-cacat tersebut dipengaruhi oleh kemampuan alir gas (permeabilitas) dan kekuatan cetakan yang kurang baik.

## METODE PENELITIAN

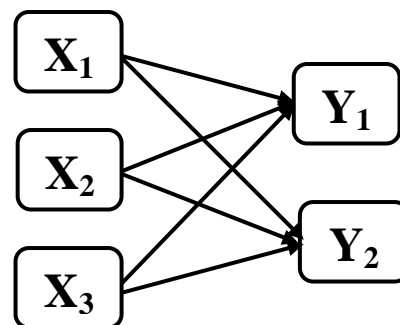
Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Berdasarkan tujuan penelitian yaitu untuk menganalisa hasil pengecoran logam Al-Si menggunakan lumpur lapindo sebagai pengikat pasir cetak dan untuk mengetahui pengaruh penggunaan lumpur lapindo sebagai bahan pengikat pada pasir cetak terhadap fluiditas hasil pengecoran logam paduan Al-Si maka penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimental.

Eksperimen itu sendiri berarti cara atau metode untuk mencari hubungan sebab akibat (hubungan kasual) yang melibatkan lebih dari satu faktor yang sengaja ditimbulkan oleh peneliti dengan mengeleminasi atau mengurangi atau menyisihkan faktor-faktor lain yang tidak sesuai. Eksperimen selalu dilakukan dengan maksud untuk me-

lihat akibat dari suatu perlakuan (Arikunto, 1990:3).

Dalam artian tersebut bahwa penggunaan metode penelitian eksperimen dimaksudkan untuk mendapatkan suatu hasil yang didasarkan pada pengaruh perlakuan (*treatment*) tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendali dan kesemuanya itu dilakukan dilaboratorium.

Penelitian ini menggunakan desain penelitian *pre-experimental* dengan menggunakan model *one-shot case study*, dimana sekelompok sampel diberi sebuah perlakuan dan selanjutnya diobservasi hasilnya. Paradigma penelitian yang digunakan adalah paradigma ganda dengan satu variable independen dan dua variable dependen, seperti gambar 1 berikut:



Keterangan :

- X<sub>1</sub> = Lumpur Lapindo 7%
- X<sub>2</sub> = Lumpur Lapindo 10%
- X<sub>3</sub> = Lumpur Lapindo 13%
- Y<sub>1</sub> = Fluiditas Hasil Cor
- Y<sub>2</sub> = Kualitas Hasil Cor

**Gambar 1 Desain Penelitian yang Digunakan**

Teknik analisis data pada penelitian ini dilakukan dengan pengujian kekerasan, uji foto makro dan mikro, pengamatan cacat coran, dan pengamatan fluiditas. Uji kekerasan bertujuan untuk mengetahui kekerasan benda hasil coran dan cacat coran akibat

pembekuan yang tidak serentak. Uji foto mikro dilakukan hanya untuk melihat apakah terjadi cacat coran pada benda hasil coran. Sedangkan uji foto makro dilakukan untuk pemeriksaan fisik secara kasap mata. Pengamatan fluiditas dilakukan untuk melihat mampu alir logam pada masing-masing cetakan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sebelum dilakukan proses pengecoran, piston bekas yang akan dicor telah diuji dengan menggunakan uji XRF untuk mengetahui unsur yang terkandung pada piston bekas tersebut, dimana hasilnya ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1 Komposisi Unsur yang Terdapat pada Sampel**

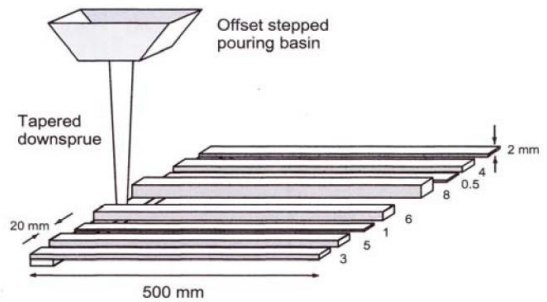
No	Element	Concentration Unit (%)
1	Al	59.7
2	Si	15.0
3	P	1.5
4	Ca	2.47
5	Ti	0.26
6	V	0.072
7	Cr	0.21
8	Mn	0.26
9	Fe	3.41
10	Ni	8.36
11	Cu	8.69

**Hasil Uji Fluiditas**

Fluiditas merupakan kemampuan logam cair untuk mengalir di dalam cetakan. Pola yang digunakan mengikuti prinsip Birmingham yang menggunakan pelat-pelat dengan ketebalan berbeda. Prinsip ini menitikberatkan pada pengukuran panjang dalam penilaian terhadap fluiditas benda cor.

Uji fluiditas dilakukan dengan melihat ukuran yang diperoleh dari hasil akhir logam coran. Ukuran pola yang digunakan

pada pengecoran logam ditunjukkan oleh Tabel 2.



**Gambar 2 Metode Pengujian Fluiditas Birmingham**

**Tabel 2 Ukuran Pola yang Digunakan pada Pengecoran Logam**

No	Ukuran Pola		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	200	20	8
2	200	20	2
3	200	20	5
4	200	20	3

Berikut ini adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan variasi lumpur lapindo 7%, 10%, dan 13%.

**Variasi Lumpur lapindo 7%**

Tabel 3 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 7%, pasir 88%, air 5%.

**Tabel 3 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Lumpur lapindo 7%**

No	Ukuran Benda Hasil Coran		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	198.50	20.90	9.40
2	198.00	20.60	2.30
3	198.50	20.50	6.60
4	198.50	20.46	4.20

**Variasi Lumpur lapindo 10%**

Tabel 4 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 10%, pasir 85%, air 5%.

**Tabel 4 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Lumpur lapindo 10%**

No	Ukuran Benda Hasil Coran		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	198.60	20.90	8.80
2	187.50	20.90	2.20
3	198.50	20.80	6.60
4	198.50	20.70	3.80

**Variasi Lumpur lapindo 13%**

Tabel 5 berikut adalah ukuran hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 13%, pasir 82%, air 5%.

**Tabel 5 Ukuran Benda Hasil Coran Menggunakan Lumpur lapindo 13%**

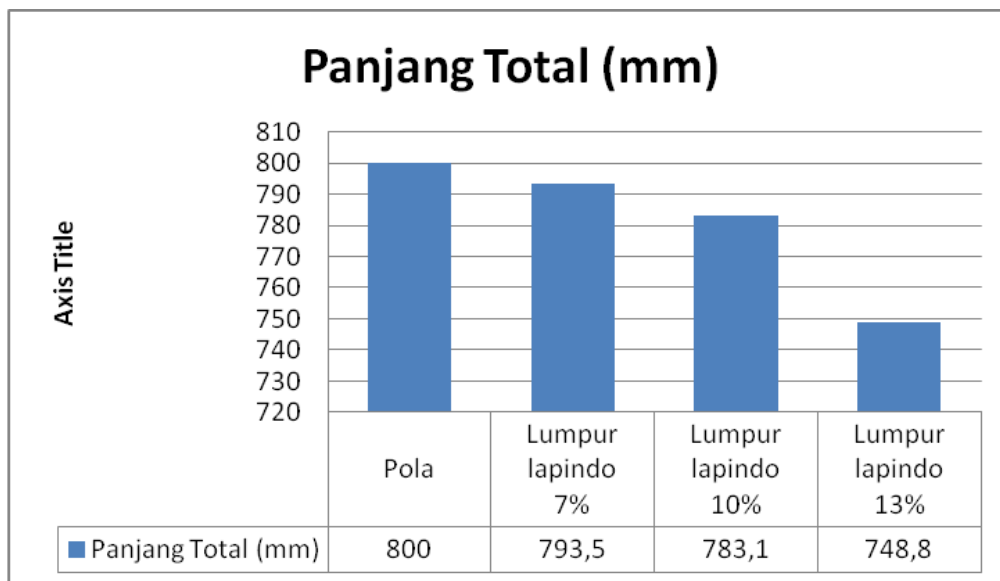
No	Ukuran Benda Hasil Coran		
	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)
1	198.60	20.70	9.20
2	153.00	20.75	2.21
3	198.60	20.40	5.70
4	198.60	20.91	3.66

Berdasarkan tabel-tabel yang menunjukkan ukuran benda hasil coran di atas dapat dibuatkan tabel perbandingan ukuran total benda hasil coran sebagai berikut.

**Tabel 6 Perbandingan Ukuran Total Benda Hasil Coran**

	Pola	Lumpur lapindo 7%	Lumpur lapindo 10%	Lumpur lapindo 13%
Panjang Total (mm)	800	793.50	783.10	748.80
Lebar Total (mm)	80	82.46	83.30	82.76
Tebal Total (mm)	18	22.50	21.40	22.77

Gambar 3 memperlihatkan perbedaan panjang total yang dimiliki masing-masing spesimen dengan panjang total yang dimiliki oleh pola. Spesimen yang memiliki panjang terbesar adalah spesimen dengan lumpur lapindo 7% yaitu 793,5 mm. Semuanya mengalami penyusutan panjang dari pola. Adapun spesimen yang mengalami penyusutan panjang sehingga menjadi yang terpendek adalah spesimen dengan lumpur lapindo 13% yaitu 748,8 mm. Seluruh spesimen dengan lumpur lapindo mengalami cacat sumbat dingin sehingga cairan logam tidak mampu mengalir penuh.



**Gambar 3 Diagram Batang Perbandingan Panjang Total Logam Cor**



**Gambar 4 Hasil Pengecoran Logam**



**Gambar 5 Foto Makro Variasi Lumpur Lapindo 7%**



**Gambar 6 Foto Makro Variasi Lumpur Lapindo 10%**



Gambar 7 Foto Makro Variasi Lumpur Lapindo 13%

## Cacat Coran Logam

### *Pemeriksaan Rupa*

Cacat coran dilakukan dengan cara mengamati secara visual cacat cor yang nampak pada benda hasil cor.

Dari pemeriksaan rupa pada masing-masing spesimen menunjukkan bahwa cacat yang muncul di penelitian ini adalah cacat rongga udara, cacat lubang jarum, cacat penyusutan, cacat cetakan rontok, cacat salah alir dan sumbat dingin, cacat inklusi pasir dan cacat kekasaran erosi. Spesimen dengan campuran lumpur lapindo sebesar 13% merupakan yang paling baik karena jumlah cacat yang terlihat merupakan yang paling sedikit jika dibandingkan dengan spesimen lainnya dan memiliki struktur matrik Al-Si paling rapat.

### *Foto Makro*

Foto makro dilakukan dengan menggunakan kamera Canon EOS 550D yang dimiliki oleh laboratorium Teknik Mesin Universitas Brawijaya. Foto makro digunakan untuk melihat penyebaran cacat yang terjadi di permukaan benda cor.

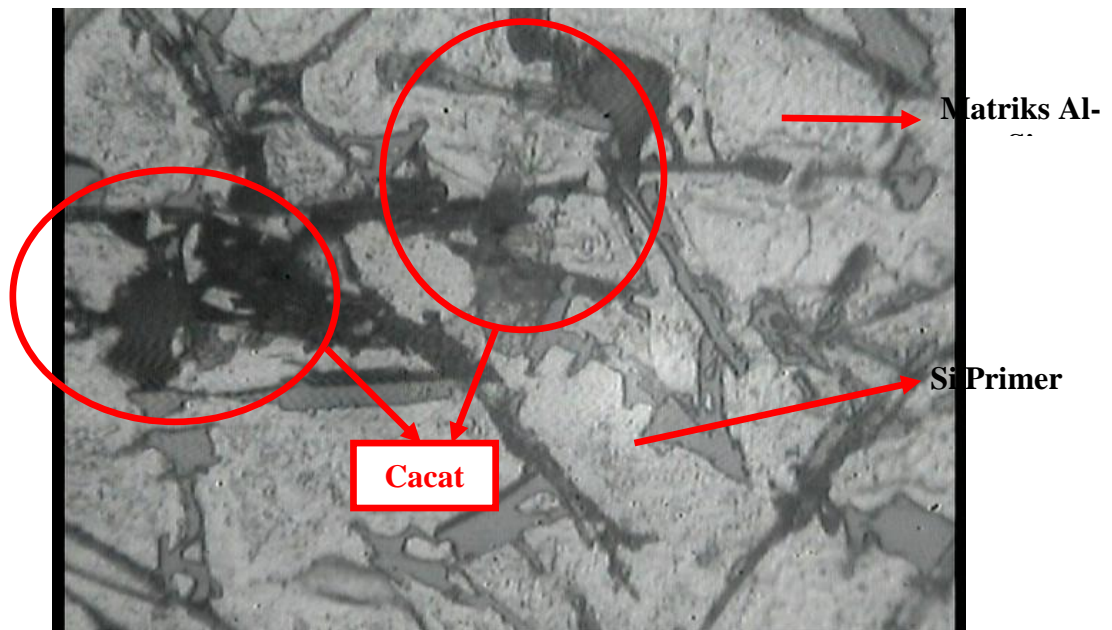
Gambar 5 menunjukkan hasil foto makro dari benda cor dengan komposisi lumpur lapindo 7%. Pada gambar nampak cukup banyak cacat lubang jarum dan rongga udara yang terlihat dan tersebar di hampir seluruh permukaan spesimen. Ukuran cacat terlihat berbeda bila dibandingkan antara satu dengan yang lainnya. Akan tetapi hampir tidak ada cacat struktur butir terbuka

Gambar 6 menunjukkan hasil foto makro dari benda cor dengan komposisi lumpur lapindo 10%. Pada gambar ini bisa dikatakan hampir sama seperti benda cor kadar 5%, dimana nampak cukup banyak cacat lubang jarum yang terlihat. Akan tetapi hampir tidak ada cacat struktur butir terbuka.

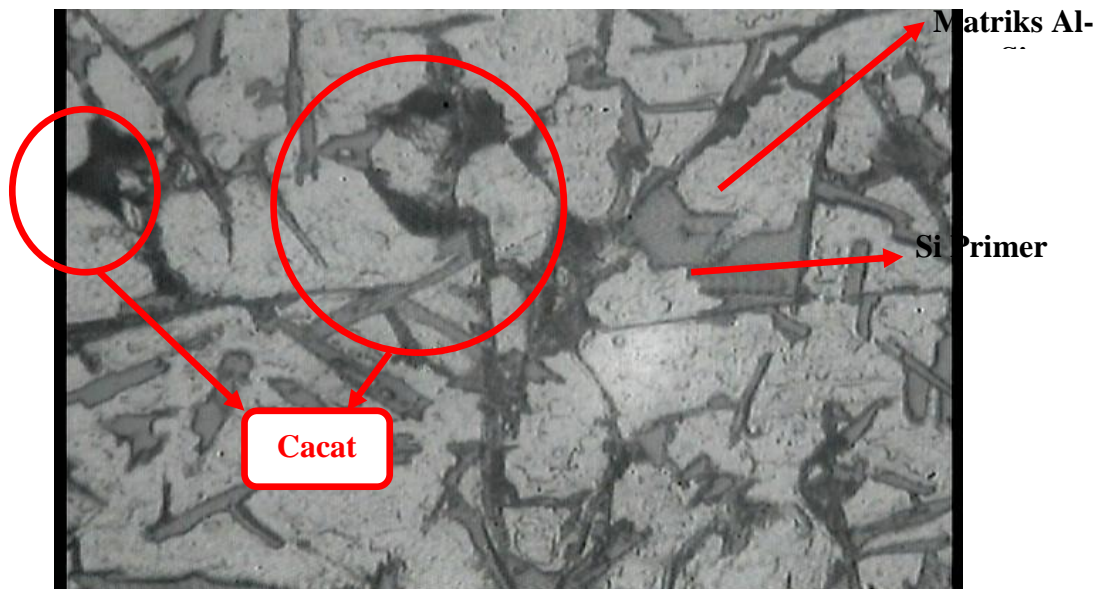
Benda cor yang memiliki komposisi lumpur lapindo sebesar 13% yang ditunjukkan pada gambar 7 di atas memiliki ukuran cacat lubang jarum dan rongga udara yang paling kecil bila dibandingkan dengan spesimen lainnya. Selain itu penyebarannya pun sudah sangat berkurang, akan tetapi cacat struktur butir terbuka mulai terlihat semakin banyak, bahkan lebih banyak dari spesimen benda cor lainnya.

**Foto Mikro**

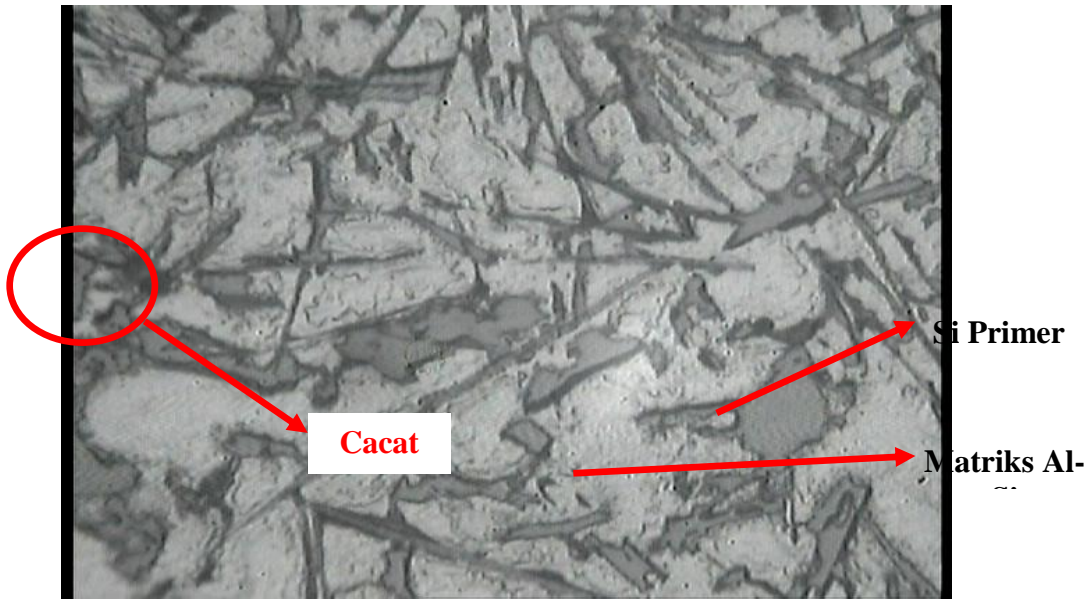
Foto mikro dilakukan dengan menggunakan perbesaran 400x di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Brawijaya.



**Gambar 8 Foto Mikro Benda Cor dengan Variasi Lumpur Lapindo 7%**



**Gambar 9 Foto Mikro Benda Cor dengan Variasi Lumpur Lapindo 10%**



Gambar 10 Foto Mikro Benda Cor dengan Variasi Lumpur Lapindo 13%

Gambar 8 memperlihatkan cacat cor pada variasi lumpur lapindo 7%. Cacat yang nampak pada gambar memiliki ukuran yang cukup besar dan luas. Cacat cor pada gambar ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah. Sedangkan pada gambar 9 memperlihatkan cacat cor pada variasi dengan komposisi lumpur lapindo 10% dimana ukuran cacat relatif lebih kecil. Kemudian untuk gambar 10 menunjukkan bahwa cacat cor pada variasi dengan komposisi lumpur lapindo 13% memiliki ukuran yang paling kecil bila dibandingkan dengan varian lainnya. Selain itu jumlah cacat yang terlihat pun lebih sedikit bila dibandingkan dengan varian lainnya pada skala pembesaran yang sama. Sedangkan untuk matrik Al-Si ditunjukkan oleh gambar berwarna putih dan untuk Si primer berwarna keabu-abuan.

**Hasil Uji Kekerasan**

Pengujian kekerasan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekerasan benda hasil cor logam. Alat yang digunakan dalam

uji kekerasan adalah *Microvikers Hardness Tester*. Skala yang digunakan adalah HV (*Hardness Vickers*) dengan penetrasi berbentuk piramid. Uji kekerasan dilakukan di 3 titik yang berbeda pada permukaan setiap spesimen.

Berikut hasil uji kekerasan pada masing-masing spesimen.

**Variasi lumpur lapindo 7%**

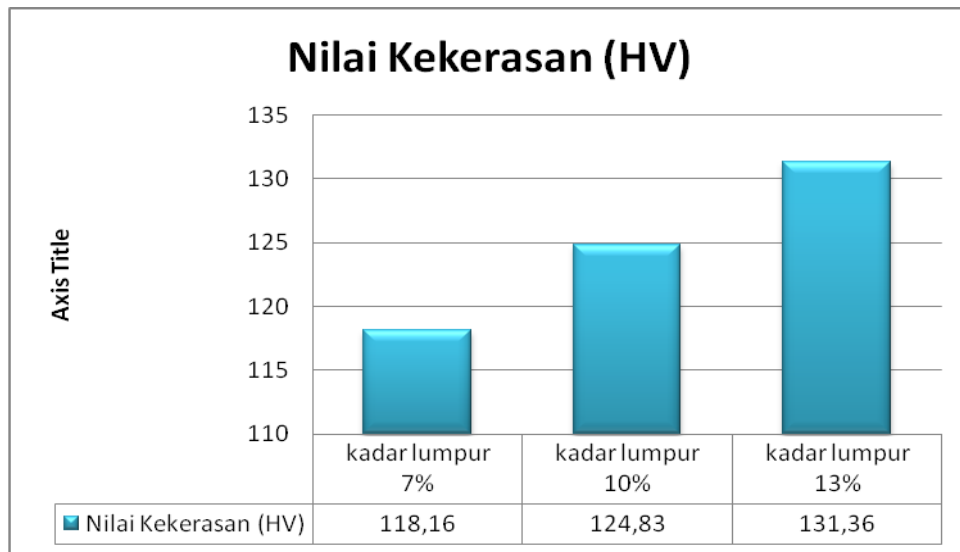
Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 7%, pasir 88%, dan air 5%.

**Tabel 7 Hasil Uji Kekerasan (Lumpur Lapindo 7%)**

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata
		1	2	3	
1	X1 (8)	127.00	126.00	113.50	122.16
2	X2 (5)	121.60	121.60	125.20	122.80
3	X3 (3)	117.00	107.40	104.20	109.53

**Variasi lumpur lapindo 10%**

Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 10%, pasir 85%, dan air 5%.



Gambar 10 Diagram Batang Perbandingan Nilai Kekerasan (HV)

Tabel 8 Hasil Uji Kekerasan (Lumpur Lapindo 10%)

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata
		1	2	3	
1	X1 (8)	133.20	133.00	132.00	132.73
2	X2 (5)	135.50	131.50	129.70	132.23
3	X3 (3)	128.90	127.20	124.70	109.53

**Variasi lumpur lapindo 13%**

Berikut ini adalah kekerasan hasil pengecoran logam dengan komposisi lumpur lapindo 13%, pasir 82%, dan air 5%.

Tabel 9 Hasil Uji Kekerasan (Lumpur Lapindo 13%)

No	Ketebalan (mm)	Penitikan			Rata-rata
		1	2	3	
1	X1 (8)	149.80	145.60	144.10	146.50
2	X2 (5)	126.80	124.30	123.90	125.00
3	X3 (3)	127.20	122.80	117.80	122.60

Berdasarkan Tabel 7, 8, 9 yang dituangkan pada gambar 10 mengenai pengujian kekerasan terhadap benda hasil coran diketahui bahwa nilai kekerasan yang dimiliki setiap spesimen dengan variasi pemberian lumpur lapindo adalah berbeda-beda. Data yang diperoleh dari pengujian kekerasan menunjukkan bahwa variasi spesimen dengan pemberian lumpur lapindo 13% memiliki

nilai kekerasan yang paling tinggi bila dibandingkan dengan spesimen lainnya yaitu 131,36 HV. Nilai kekerasan yang menurun pada spesimen adalah dikarenakan material hasil coran memiliki struktur porous (porositas tinggi) yang berpengaruh pada angka kekerasan material. Adapun spesimen yang memiliki nilai kekerasan paling rendah adalah spesimen dengan variasi lumpur lapindo 7% dimana nilai kekerasan yaitu 18,16 HV.

**PENUTUP**

**Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Berdasarkan data yang diperoleh dari hasil uji fluiditas, spesimen coran yang menggunakan campuran lumpur lapindo sebesar 7% memiliki panjang total 793,50 mm, campuran lumpur lapindo 10% memiliki panjang total 783,10 mm, campuran lumpur lapindo 13% memiliki panjang total 748,8 mm. Spesimen dengan campuran lumpur lapindo sebesar 7% memiliki fluiditas yang

paling baik karena hampir mendekati panjang asli dari pola cetakan. Menurut Richard W.H dalam judul *Principle of Metal Casting*, ukuran kadar bentonit sekitar 8%. Bila dibandingkan dengan lumpur lapindo yang hanya 7% untuk pencampuran, didapatkan lumpur lapindo memiliki kecekatan lebih baik dari pada bentonit. Selain itu fluiditas juga dipengaruhi oleh temperatur ruangan yang terlalu rendah, bahan-bahan muatan banyak terdapat karat dan kotoran, logam cair yang dioksidasi.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pemeriksaan rupa atau cacat coran pada masing-masing spesimen. Campuran lumpur lapindo 7% mengalami cacat cetakan rontok dan rongga udara lebih banyak dibandingkan campuran lumpur lapindo 10%, dan 13%. Campuran lumpur lapindo 10% mengalami cacat lubang jarum lebih banyak jika dibandingkan dengan campuran lumpur lapindo 7%, dan 13%. Spesimen dengan campuran lumpur lapindo sebesar 13% merupakan yang paling baik karena jumlah cacat yang terlihat merupakan yang paling sedikit jika dibandingkan dengan spesimen lainnya. Cacat-cacat tersebut banyak faktor yang mempengaruhi, diantaranya yaitu perencanaan, bahan yang dipakai, proses, atau perencanaan coran.

Berdasarkan data yang diperoleh dari pengujian kekerasan rata-rata dari semua spesimen campuran lumpur lapindo 7% yaitu 118,16 HV. Campuran lumpur lapindo 10% yaitu 124,83 HV. Campuran lumpur lapindo 13% yaitu 131,36. Nilai kekerasan untuk spesimen dengan variasi lumpur lapindo 13% sebesar 131,36 HV. Sedangkan jika dibandingkan per spesimen menurut ketebalan pola, campuran lumpur lapindo 13% memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan campuran lumpur lapindo 7%, dan

10% dengan ketebalan pola 8 mm. Untuk ketebalan pola 5 mm, campuran lumpur lapindo 10% memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan campuran lumpur lapindo 7%, dan 13%. Untuk ketebalan 3 mm campuran lumpur lapindo 10% memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan campuran lumpur lapindo 7%, dan 13%. Pada dasarnya pengaruh kekerasan yaitu dipengaruhi oleh suhu penuangan, persentase campuran lumpur lapindo, dan cacat porositas dalam.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan kesimpulan yang dipaparkan, maka saran-saran yang diberikan untuk meminimalisasi kerusakan pada hasil pengecoran logam aluminium adalah sebagai berikut: (1) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut pengecoran menggunakan lumpur lapindo dengan letak pengambilan lumpur yang berbeda. (2) Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu terhadap fluiditas hasil coran. (3) Bagi praktisi dunia usaha yang menginginkan fluiditas yang paling baik, dianjurkan menggunakan lumpur lapindo 7% dalam proses pembuatan cetakan pasir agar memperoleh coran yang mengisi rongga cetak dengan lebih baik. Untuk kontruksi atau rangka dalam perusahaan otomotif dapat dianjurkan menggunakan campuran lumpur lapindo 10%, karena kekerasan per spesimen lebih baik dibandingkan campuran lumpur lapindo yang lain. Penggunaan campuran lumpur lapindo 13% dengan pola 8 mm dapat dianjurkan untuk kontruksi bangunan karena memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi dibandingkan spesimen yang lain, namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui tingkat kelayakan jika digunakan untuk bahan kontruksi bangunan.

## DAFTAR RUJUKAN

- Anshari, irfan. 1996. *Acuan Pelajaran Kimia* 3. Jakarta: Erlangga
- Amsted, B.H., dkk. 1995. *Teknologi Mekanik Jilid 1*. Jakarta: Erlangga
- Beumer, B.J.M. 1985. *Ilmu Bahan logam Jilid II*. Jakarta: Bharata Karya Aksara.
- Chijjiwa 1980. Teknik Pengecoran Logam. Jakarta: pradnya paramita
- BPLS. 2007. *Semburan Lumpur Lapindo*. Sidoarjo, (Online), (<http://sekaraya-aulia.wordpress.com>), diakses 11 Januari 2014.
- Broto, Opi Wisnu. 2014. *Pengaruh Penggunaan Lumpur Lapindo Sebagai Bahan Pengikat Pada Pasir Cetak Terhadap Kualitas dan Fluiditas Hasil Pengecoran Logam Al-Si*. Disertasi tidak diterbitkan. Malang: UM
- Budidaya. Tanpa Tahun. Proses Pengecoran (Online), (<http://budidayaukm.blogspot.com/2011/07/proses-pengecoran-gypsum-casting.html>), diakses 12 Mei 2010.
- DeGarmo, E. Paul. 1988. *Materials and Processes in Manufacturing 7th edition*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Kalpakjian, Sherope. 1991. *Manufacturing Process for Engineering Materials Second Edition*. USA: Addison-Wesley Publishing Company.Inc
- Kalpakjian, Sherope. 1995. *Manufacturing Process for Engineering Materials Third Edition*. USA: Addison-Wesley Publishing Company.Inc
- Murdanto, Putut & Santoso, Asih Budi. 2002. *Petunjuk Praktikum Pengujian Logam*. Malang: Universitas Negeri Malang
- Mcnally. Tanpa Tahun. Seal Face Hardness Testing 12.8, (Online), (<http://www.mcnallyinstitute.com/12-html/> 12-08.html), diakses 22 Desember 2013.
- Nunes, Rafael dkk. 1990. ASM Handbook volume 2 properties and selection: nonferrous alloys and special-purpose materials, (Online), (<http://www.mediafire.com/download/wv6br51at6jpdxx/%5BHVKTOQ%5D+ASM+Handbook+Vol+2.rar>), diakses 10 Januari 2014
- Richard, W.H. Tanpa tahun. *Principle of Metal Casting*. Jakarta
- Solekah, Uswatun. 2012. *Analisis Variasi Pasir Cetak Lokal Jawa Timur terhadap Kekuatan Cetakan Pasir, Fluiditas dan Kualitas Hasil Coran Logam Al-Si dengan Metode Grafitasi Casting*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Smoothie, Banana. Tanpa Tahun. Aluminium Casting (Online), (<http://aluminiumcasting.wordpress.com/>), diakses 05 juni 2009.
- Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Surdia, Tata. 2000. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: PradnyaParamita.
- Surdia, Tata & Chijjiwa, Kenji. 1982. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Universitas Negeri Malang. 2010. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Edisi Kelima*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Wahyu. Tanpa Tahun. X- Ray Fluorosence (XRF) (Online), (<http://dunia-wahyu.blogspot.com/2011/11/x-ray-fluorosence-xrf.html>), diakses 09 Februari 2012.