

## Hubungan Jenis Cetakan Terhadap Kualitas Produk Cor Aluminium

Diah Kusuma Pratiwi

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Sriwijaya

Kampus Indralaya, Jalan Raya Palembang-Prabumulih Indralaya-Ogan Ilir  
Telp. 0711 580272 Fax. 0711 580741 Kode Pos 30662

E\_mail: [pratiwi.diahkusuma@yahoo.com](mailto:pratiwi.diahkusuma@yahoo.com)  
[pratiwi.diahkusuma@ft.unsri.ac.id](mailto:pratiwi.diahkusuma@ft.unsri.ac.id)

### Abstrak

Material cetakan produk cor mempunyai sifat dan karakter sendiri, seperti: permeabilitas, kekuatan tekan, dan konduktifitas panas. Sifat-sifat ini sangat berpengaruh terhadap kualitas produk cor. Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan bahan cetakan: logam, pasir, keramik, dan semen. Logam yang dicor adalah aluminium. Analisa data menunjukkan bahwa cacat cor yang paling banyak terdapat pada spesimen yang menggunakan cetakan semen, dan yang paling sedikit adalah pada spesimen yang menggunakan cetakan logam. Sebaliknya kekerasan yang paling tinggi adalah pada cetakan logam dan yang paling rendah adalah pada cetakan semen. Sedangkan kualitas produk cor aluminium yang menggunakan cetakan pasir dan keramik berada diantara cetakan pasir dan cetakan keramik.

**Kata Kunci:** cetakan logam, cetakan pasir, cetakan keramik, cetakan semen, coran aluminium, cacat coran, nilai kekerasan

### The Relationships of Mold Types to Product Quality Cast Aluminum

#### *Abstract*

*Material of mold castings have its own properties and characters, such as permeability, compressive strength and thermal conductivity. These properties are very significant influence on the quality of the cast product. This study conducted experiments to mold material: metal, sand, ceramics and cement. While the material for cast is aluminum. Analysis of the data showed that the most casting defects occur in cement mold, the least is the metal mold. Instead of hardness is highest in the metal mold and the lowest is the cement mold. While the quality of aluminum castings using sand molds and ceramics are among the sand mold and ceramic mold.*

**Keywords:** *metal molds, sand molds, ceramic molds, cement molds, aluminum castings, castings defects, hardness value*

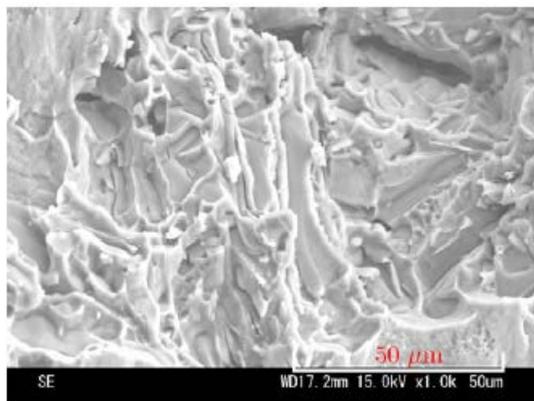
#### **Pendahuluan**

Logam aluminium adalah logam ringan yang tahan korosi. Aluminium sering digunakan sebagai bahan untuk membuat komponen mesin, benda seni, dan alat-alat rumah tangga. Kadang-kadang produk yang akan diinginkan mempunyai bentuk yang rumit dan sulit untuk dibentuk melalui proses permesinan,

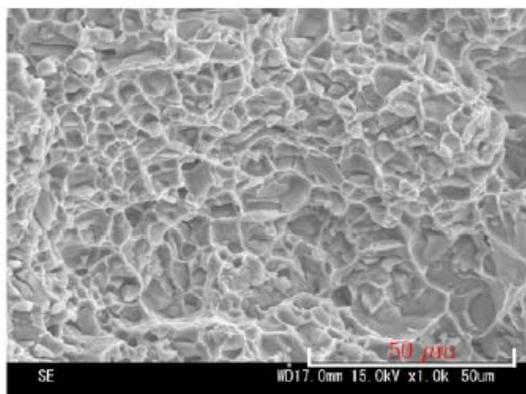
sehingga harus dibentuk melalui proses pengecoran. Oleh karena itu maka dapat didefinisikan bahwa proses pengecoran adalah proses pembentukan logam dengan cara dicairkan, lalu dituang kedalam cetakan dan dibiarkan sampai membeku. Bahan cetakan bervariasi. Beberapa diantaranya dibuat dari bahan pasir, semen, keramik, dan logam. Masing-masing bahan cetakan ini akan memberikan

pengaruh terhadap kualitas logam cair. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanik dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan dan pembekuan. Hal ini berpengaruh sangat penting terutama pada komponen-komponen mesin yang bergerak dan memerlukan keamanan yang tinggi.

Industri kecil pengecoran aluminium disekitar daerah Palembang menggunakan bahan cetakan pasir dan logam. Cetakan logam dan cetakan pasir sering digunakan karena untuk mengontrol kecepatan pembekuan logam cair. Pada cetakan logam, proses pembekuan berlangsung cepat sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan logam. Sedangkan pada cetakan pasir, proses pembekuan lebih lambat, sehingga meningkatkan keuletan logam [H. Mae, et al; 2008]. Kecepatan pembekuan ini amat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan besar butir. Pada Gambar 1 ditunjukkan perbedaan besar butir aluminium coran yang dicetak dengan menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam yang mengalami patah transgranular.



(a) Cetakan pasir

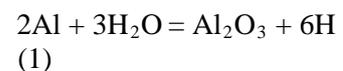


(b) Cetakan logam

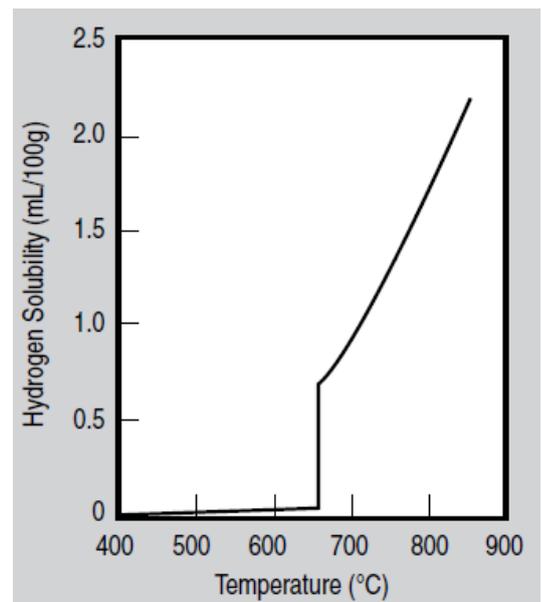
Gambar 1. Permukaan patahan aluminium coran yang dikenai kombinasi tegangan tarik

dan tegangan geser pada spesimen *butterfly* pada sudut  $\alpha+20^\circ$  [H. Mae, et.al; 2008].

Survei menunjukkan bahwa kekerasan dan porositas produk cor yang menggunakan cetakan pasir dan cetakan logam bervariasi. Porositas ini terjadi karena pengaruh proses penuangan dan jenis cetakan yang digunakan. Porositas ini berasal dari gelembung-gelembung gas yang larut dan terperangkap selama proses pencairan dan penuangan. Bagian permukaan aluminium cair akan mereduksi uap air yang terdapat dalam atmosfer [Campbell, 2005]. Reaksi yang terjadi antara aluminium dan uap air adalah:



Gambar 2 berikut ini menunjukkan bahwa kelarutan hidrogen dalam aluminium cair semakin meningkat dengan semakin tingginya temperatur.



Gambar 2. Kelarutan hidrogen dalam aluminium cair terhadap temperatur [Campbell, 2005].

Selama proses pembekuan, dengan meburunnya temperatur maka kelarutan hidrogen didalam aluminiumpun menurun. Hal ini menyebabkan hidrogen akan keluar dari dalam sel satuan dan membentuk gelembung-gelembung  $\text{H}_2$ . Sebagian gelembung-gelembung ini tidak sempat keluar keudara dan akan tetap berada didalam logam yang kemudian akan membentuk porositas.

Pada cetakan pasir, selain gas hidrogen yang terlarut didalam aluminium cair, terdapat juga zat-zat organik yang tercampur didalam pasir. Zat-zat

organik ini akan membentuk gas pada saat pasir bersentuhan dengan logam cair. Sedangkan cetakan logam relatif lebih bersih dari zat-zat pembentuk gas.

Berdasarkan ulasan diatas, maka dilakukan penelitian secara eksperimen untuk mengetahui tingkat kekerasan dan porositas yang terjadi akibat perubahan bahan cetakan. Sebagai bahan perbandingan maka pada pengecoran ini digunakan juga cetakan dari tanah liat dan campuran semen portland dengan pasir.

## Metoda Eksperimen & Fasilitas Yang Digunakan

Aluminium yang dicor berasal dari aluminium skrap yang berasal dari pemulung. Tungku pengecoran yang digunakan adalah tungku krusibel yang bahan bakarnya briket batubara kalori rendah dan kowi dari bahan grafit [Diah K. Pratiwi, 2011].

Cetakan logam dibuat dari bahan baja karbon rendah yang bentuknya sama namun ukurannya berbeda [NH. Paramitha EU, 2011]. Pada penelitian ini masing-masing cetakan dibuat sebangun dengan perbandingan ukuran 1 : 2 : 3 atau luas spesimen adalah 10:20:30 cm<sup>2</sup>, demikian juga dengan cetakan pasir, cetakan tanah liat, dan cetakan semen. Cetakan pasir yang digunakan pasir mesh 200 yang dicampur dengan bentonit 12% dan air 5% [Randi GPP, 2011; ASM HB, 1988:212-213]. Cetakan tanah liat dibuat dengan komposisi tanah liat 75%, pasir 10%, *waterglass* 10%, dan air 5% [Gerry Prihandana, 2011]. Cetakan semen dibuat dengan komposisi semen 50%, pasir 10%, *fly ash* 5%, bubuk keramik 5%, dan air 30% [Rhendy Adhitya, 2011:22-23].

Komposisi kimia produk cor aluminium diuji dengan menggunakan standard ASTM E 34-94 dan alat yang dipakai adalah *Optical Emmision Spectrometer*. Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dengan metode Brinell. Standar pengujian kekerasan adalah JIS Z 2243 dan standar mesin uji Brinell adalah JIS Z 7736. Kemudian dilakukan pengujian porositas dipermukaan menggunakan *Non Destructive Test* yaitu *Dye Penetrant*. Sedangkan cacat dalam di uji menggunakan *Ultra Sonic Test* menggunakan alat *Krautkramer USL 32* menggunakan standar pengujian ASTM E 1065. Selanjutnya dilakukan pengujian struktur mikro. Pengamatan dilakukan dengan menggunakan mikroskop Optik merk *Olimphus Model PME 3-11B*.

## Hasil dan Pembahasan

### 1. Komposisi Kimia

Komposisi kimia produk cor aluminium menunjukkan bahwa kandungan aluminium masih lebih dari 96% seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

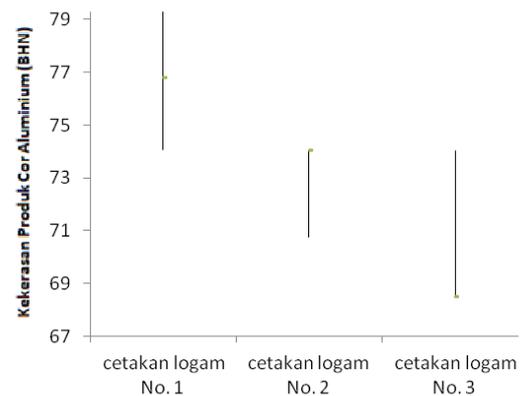
Tabel 1. Komposisi kimia produk cor

Unsur	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn
<b>Komposisi (%)</b>	0,47	0,78	0,34	0,28	1,10	0,52
Unsur	Ti	Cr	Ni	Pb	Sn	Al
<b>Komposisi (%)</b>	0,02	0,01	0,02	0,04	0,03	96,3

Berdasarkan komposisi kimia diatas tampak bahwa unsur dominan selain aluminium adalah magnesium. Hal ini menunjukkan bahwa aluminium coran ini berasal dari kelas 5xxx.

### 2. Kekerasan Produk Cor Aluminium

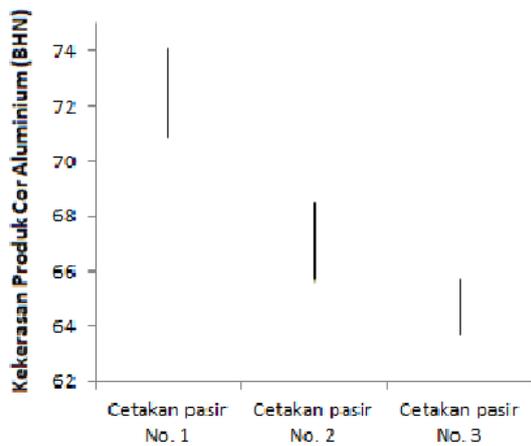
Pengujian kekerasan untuk produk cor aluminium yang menggunakan cetakan logam menunjukkan bahwa semakin kecil ukuran cetakan kekerasan semakin tinggi. Grafik hasil pengujian kekerasan ini ditunjukkan pada Gambar 3 berikut ini.



Gambar 3. Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan logam dengan menggunakan metode Brinell [NH. Paramitha EU, 2011].

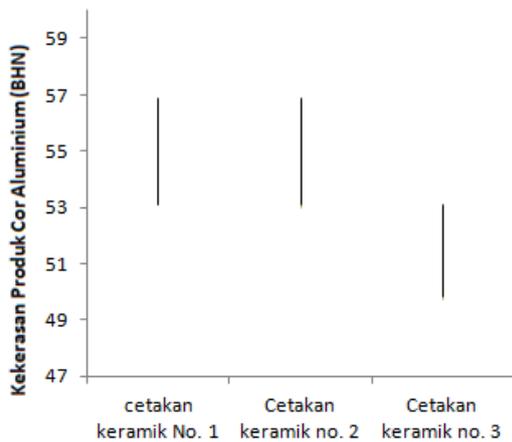
Semakin besar ukuran spesimen, kekerasan menurun. Hal ini berhubungan dengan besar butir. Pada spesimen yang lebih kecil proses pembekuan berlangsung cepat. Sehingga butir tidak sempat tumbuh. Sedangkan pada spesimen yang lebih besar butir sempat tumbuh, sehingga ukuran butir menjadi lebih besar. Pada butir yang berukuran kecil, luas permukaan yang menghalangi deformasi plastis akibat gaya dari luar lebih besar. Sehingga kekerasan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan butir yang masih sempat tumbuh pada spesimen nomor dua dan nomor tiga yang lebih besar. Kekerasan produk cor

aluminium yang menggunakan cetakan logam berkisar antara 79,61-68,49 BHN. Grafik hasil uji keras pada produk cor aluminium yang menggunakan cetakan pasir menunjukkan bahwa angka kekerasan yang paling tinggi adalah 74,67 BHN dan yang paling rendah adalah 63,69 BHN. Hal ini disebabkan karena konduktifitas panas pasir yang hanya 1,93-2,90 W/m.K menyebabkan proses pembekuan lebih lambat dibandingkan dengan cetakan baja yang mempunyai konduktifitas panas 36-55W/m.K. Selain itu, semakin besar ukuran cetakan maka proses perpindahan kalor selama pembekuan menjadi lebih lambat lagi. Sehingga semakin besar ukuran spesimen, kekerasan semakin menurun. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4 berikut ini.



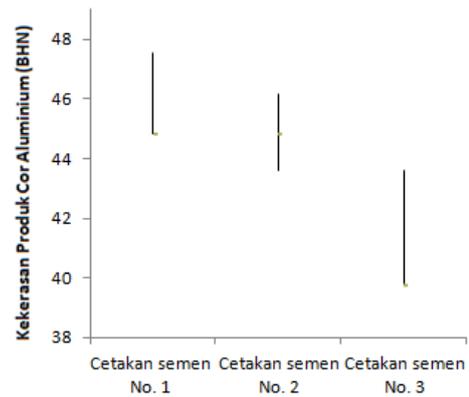
Gambar 4. Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan pasir dengan menggunakan metode Brinell [Randi GPP, 2011]

Pengujian kekerasan pada spesimen coran aluminium yang menggunakan cetakan tanah liat menunjukkan bahwa angka kekerasan Brinell berkisar antara 49,80-56,88 BHN.



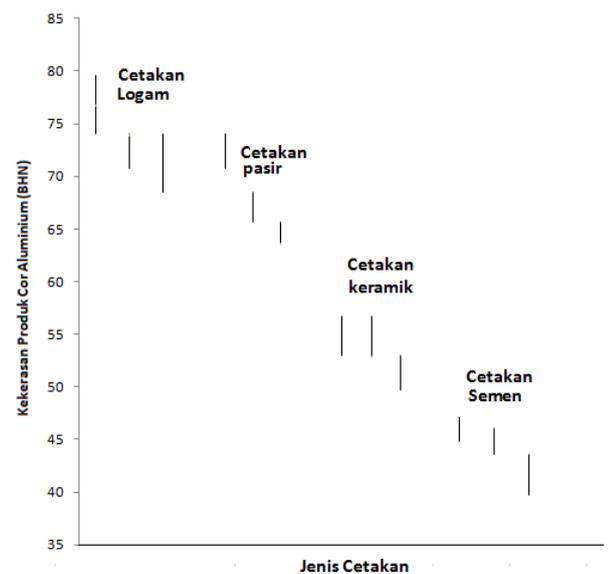
Gambar 5. Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan tanah liat dengan

menggunakan metode Brinell [Gerry P.,2011]. Hal ini disebabkan karena konduktifitas panas tanah liat yang lebih rendah dari konduktifitas panas pasir dan logam, yaitu: 0,69 W/m.K. Perbandingan kekerasan ini ditunjukkan pada Gambar 5 diatas. Hasil pengujian kekerasan aluminium coran yang menggunakan cetakan semen menunjukkan bahwa kekerasannya berada dibawah kekerasan aluminium yang menggunakan cetakan logam, pasir dan tanah liat sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium menggunakan cetakan semen dengan menggunakan metode Brinell [Rhendy Adhitya, 2011]

Konduktifitas panas semen yang hanya 0,5 W/m<sup>2</sup> menyebabkan butir-butir coran aluminium besar dan kasar. Sehingga kekerasannya hanya berkisar antara 39,50-47,53 BHN.



Gambar 7. Grafik hasil pengujian kekerasan coran aluminium gabungan menggunakan cetakan logam,

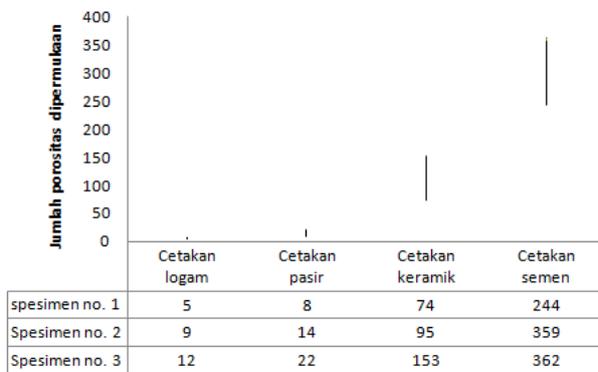
pasir, tanah liat dan semen.

Guna mempelajari fenomena diatas, maka dibuat grafik gabungan hasil pengujian kekerasan produk cor aluminium dengan menggunakan cetakan logam, cetakan pasir, cetakan tanah liat, dan cetakan semen yang ditampilkan pada Gambar diatas. Pada gambar tersebut terbukti bahwa pengecoran aluminium dengan menggunakan cetakan logam lebih tinggi dari pada menggunakan cetakan yang lainnya. Sedangkan pengecoran yang menggunakan cetakan semen paling lunak dibandingkan dengan yang lainnya.

**3. Porositas pada produk cor aluminium**

Keberadaan porositas menunjukkan bahwa produk cor ini tidak kontinyu. Semakin banyak porositas maka produk ini semakin tidak aman untuk dijadikan bahan untuk membuat komponen mesin yang bergerak.

Pengujian porositas dipermukaan sampel coran aluminium dilakukan dengan menggunakan cairan *dye penetrant*. Kemudian sampel di photo dan dihitung jumlah porositas yang terdapat dipermukaannya. Perbandingan jumlah porositas ini ditampilkan dalam bentuk grafik Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Jumlah porositas dipermukaan produk cor aluminium menggunakan cetakan logam, pasir, tanah liat, dan semen. [Agusti K., 2011]

Pada gambar diatas tampak bahwa porositas paling sedikit terdapat pada produk cor logam, sedangkan yang paling banyak adalah pada semen. Pada cetakan logam, permukaan cetakan lebih bersih dan tidak mengandung zat organik serta oksida-oksida pembentuk gas. Gelembung-gelembung gas penyebab porositas hanyalah yang berasal dari udara yang terperangkap pada saat penuangan dan dari gas hidrogen yang terlarut dalam cairan logam yang kemudian dilepaskan selama proses pembekuan. Porositas yang terdapat pada coran yang menggunakan cetakan pasir berasal dari:

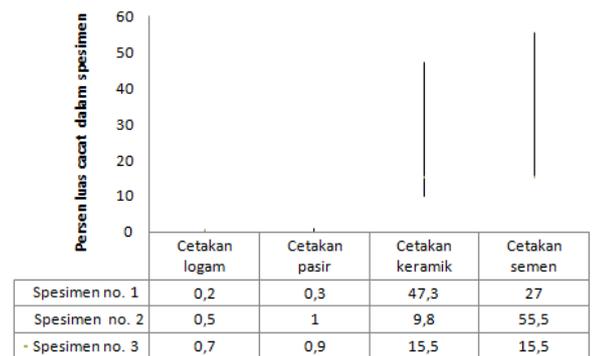
1. Udara yang terperangkap pada saat penuangan
2. Zat-zat organik yang terkandung didalam pasir sebagai ikutan atau kotoran dari bekas makhluk hidup yang berasal dari tempat asal pasir berada.
3. Atom-atom pengikat cetakan yang bersentuhan dengan logam cair akan terurai dan membentuk gas-gas yang akan masuk kedalam logam cair dalam bentuk gelembung-gelembung.

Namun konduktifitas panas pasir yang rendah menyebabkan sebagian gas-gas akan sempat keluar kelingkungan karena permeabilitas pasir cetak. Oleh karena itu porositas yang terbentuk relatif sedikit diatas angka porositas yang terdapat pada produk cor yang menggunakan cetakan logam.

Pengecoran aluminium menggunakan cetakan tanah liat menunjukkan bahwa jumlah porositas dipermukaan lebih banyak daripada coran yang menggunakan cetakan logam dan cetakan pasir. Hal ini disebabkan karena permeabilitas cetakan tanah liat sangat rendah. Sehingga tidak mampu melalukan gelembung-gelembung gas yang terlarut didalam logam cair.

Pada cetakan semen jumlah porositas yang terdapat dipermukaan sangat tinggi. Hal ini karena penyebab yang sama dengan cetakan pasir, cetakan ini juga mengandung semen yang terdiri atas oksida-oksida yang juga pembentuk gelembung-kelembung gas. Selain itu, adanya semen dan abu didalam cetakan amat mengurangi permeabilitas cetakan. Sehingga cetakan ini tidak mampu melalukan gas-gas yang terperangkap didalam logam cair.

Porositas yang terbentuk didalam produk cor diuji menggunakan *ultra sonic*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9 berikut ini.



Gambar 9. Jumlah porositas didalam produk cor aluminium menggunakan cetakan logam, pasir, tanah liat, dan semen. [Agusti K., 2011]

Pada Gambar 9 tampak bahwa perbandingan porositas dibagian dalam spesimen sama hampir dengan yang terbentuk dipermukaan. Namun porositas didalam cetakan pasir hampir sama dengan

yang porositas yang terdapat didalam cetakan logam. Sedangkan porositas didalam cetakan tanah liat banyaknya hampir sama dengan yang didalam cetakan semen.

### Kesimpulan

Cetakan logam memberikan sifat yang baik pada logam cor aluminium karena cacat akibat porositas lebih sedikit daripada jenis cetakan yang lainnya, serta kekerasan yang paling tinggi. Cetakan pasir akan memberikan sifat yang lebih ulet pada logam cor aluminium, namun cacat porositas sedikit lebih banyak daripada cetakan logam.

Cetakan dari bahan tanah liat dan semen memberikan sifat yang buruk pada logam cor aluminium karena kekerasan yang rendah dan porositas yang amat banyak terbentuk dipermukaan maupun didalam logam cor.

Khusus untuk komponen mesin yang bergerak atau mendapat beban dinamis disarankan menggunakan cetakan logam, sedangkan komponen mesin yang mendapat beban statis atau diam dapat menggunakan cetakan pasir.

### Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada:

1. PT. Pupuk Sriwijaya yang telah membantu memberikan fasilitas pengujian di ultrasonic dan XRD laboratorium.
2. Sdr. NH. Paramitha EU, Randi GPP, Rhendy A, Gerry P, Agusti K, yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat berjalan lancar dan menjadi bahan untuk tugas skripsi masing-masing
3. Sdr. Dewi Puspita Sari yang telah membantu sehingga makalah ini dapat dipresentasikan dalam SNTTM XI dan diterbitkan dalam prosiding.

### Referensi

Agusti K, **Kajian eksperimental Pengaruh Jenis Cetakan Terhadap Cacat Porositas Produk Cor Aluminium**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 2012

Gerry P., **Kajian Eksperimental Pengaruh Perubahan Ukuran Cetakan Keramik Terhadap Perubahan Struktur Mikro, Struktur Makro, dan Kekerasan Produk Cor Aluminium**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 2011

H.Mae, X.Teng, Y.Bai, T.Wierzbicki, **Comparison of Ductile Fracture Properties of Aluminum Castings: Sand Mold vs Metal Mold**, *Science Direct, Intr. Journal of Solids and Structure*, Vol 45, p: 1430-1444, 2008

J. Campbell, **Castings Practice: The Ten Rules of Castings**, Oxford, United Kingdom: Butterworth Heinemann, 2005

Diah K Pratiwi, **Optimasi Desain System Thermal Pada Ruang Bakar Tungku Pengecoran Kuningan Menggunakan Briket Batubara Kalori Rendah**, Prosiding, Seminar Nasional AVoER ke-3, FT Unsri, 2011

NH. Paramitha EU, **Kajian Eksperimental Pengaruh Perubahan Ukuran Cetakan Keramik Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Cor Aluminium**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 2011

Randi GPP, **Kajian Eksperimental Pengaruh Perubahan Ukuran Cetakan Pasir Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Cor Aluminium**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 2011

Rhendy S, **Kajian Eksperimental Pengaruh Perubahan Ukuran Cetakan Semen Terhadap Perubahan Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Cor Aluminium**, Skripsi, Jurusan Teknik Mesin FT UNSRI, 2011