

# ANALISA PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI MATERIAL DASAR PENGANTI CETAKAN PASIR PADA PENGECORAN BESI COR DITINJAU DARI KOMPOSISI CAMPURAN CETAKAN

Yusuf Umardani<sup>1)</sup>, Erwin Sudrajat<sup>2)</sup>

## Abstrak

Pemanfaatan batu bara sebagai sumber energi dapat menimbulkan masalah terhadap lingkungan. Sebagai akibat pembakaran batu bara, antara lain pada PLTU akan menghasilkan fly ash. Fly ash (*abu terbang*) merupakan abu ringan hasil pembakaran batu bara yang dipisahkan dari saluran keluar pembangkit listrik berbahan bakar batubara dengan menggunakan electrostatic atau mechanical precipitators. Unsur kimia yang paling banyak dalam kandungan fly ash adalah silika, alumina dan oksida besi. Kandungan silika yang dominan pada fly ash memungkinkan penggunaan fly ash sebagai bahan cetakan pada proses pengecoran logam karena sifat silika yang mampu menahan temperatur yang tinggi.

Pada penelitian ini, logam yang digunakan adalah besi cor, dan tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan fly ash sebagai bahan cetakan terhadap timbulnya lapisan besi cor putih (*chill*) pada bagian pinggir coran, sehingga material menjadi keras. Sehingga digunakannya fly ash sebagai cetakan ini, diharapkan mampu mengurangi kerugian pada pengecoran dengan menggunakan cetakan pasir.

Untuk melihat pengaruh fly ash terhadap hasil coran, digunakan pengujian kekerasan dan struktur mikro, serta hasilnya dibandingkan dengan hasil coran menggunakan pasir cetak. Dari pengujian ini, diketahui dari beberapa komposisi cetakan fly ash yang hasil corannya mendekati hasil coran pasir cetak adalah komposisi dengan campuran : fly ash 100%, semen 25% FA, air 8% FA.

*Kata kunci:* cetakan fly ash, chill, pengujian kekerasan, pengujian mikrografi

## PENDAHULUAN

Logam mempunyai peran penting dalam kehidupan manusia, karena sumber bahan baku logam yang melimpah serta sifat karakteristiknya yang mudah diaplikasikan untuk berbagai kebutuhan. Salah satu cara untuk mengubah logam agar dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah dengan teknik pengecoran logam (*casting*). Teknologi yang digunakan dalam pengecoran logam pun sangat beragam dari teknologi sederhana sampai teknologi modern. Untuk industri pengecoran logam yang tingkatnya menengah ke bawah, untuk membuat cetakan digunakan pasir cetak. Hal ini karena harganya yang murah dan mudah didapatkan. Akan tetapi pengecoran dengan pasir cetak ini juga mempunyai beberapa kelemahan, diantaranya adalah adanya pasir yang menempel pada benda hasil pengecoran, sehingga membutuhkan proses permesinan yang cukup untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Selain itu juga berdasarkan penelitian, untuk pengecoran dengan pasir cetak ini, akan menimbulkan struktur besi cor putih (*chill*) di sekitar permukaan coran, sehingga produk akan bersifat keras. Oleh karena itu diperlukan beberapa inovasi untuk mengatasi kelemahan pengecoran logam dengan menggunakan pasir cetak tersebut.

<sup>1)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

<sup>2)</sup> Alumni Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

Beberapa tahun terakhir ini telah dikembangkan pengecoran logam dengan menggunakan cetakan dari fly ash (*FASAND*). Pada pengecoran ini, fungsi pasir cetak digantikan dengan fly ash. Dengan pemanfaatan fly ash sebagai pengganti pasir cetak diharapkan dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan sekaligus memanfaatkannya sebagai material pembuat cetakan logam. Untuk dapat menjadikan fly ash sebagai pengganti pasir cetak maka seperti halnya pasir silika, fly ash juga membutuhkan material pengikat sehingga fly ash dapat digunakan untuk menggantikan pasir cetak. Dalam penelitian ini, material pengikat yang digunakan adalah *portland cement* dengan menggunakan perbandingan tertentu berdasarkan percobaan

## LANDASAN TEORI

### Macam Pasir Cetak

Ada beberapa macam pasir yang dapat digunakan sebagai bahan cetakan, diantaranya adalah [Ref. 20]:

#### 1. Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa paling banyak digunakan dalam industri pengecoran logam. Karena merupakan pasir alam maka pasir kuarsa sebelum digunakan harus dicuci dan diklasifikasikan ke dalam bentuk dan ukuran butiran. Adapaun sifat-sifat fisik pasir kuarsa adalah sebagai berikut : berat jenisnya  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , temperatur lelehnya  $1720^\circ\text{C}$  dan titik sinternya  $1500^\circ\text{C}$ , PH asam., warnanya putih hingga abu-abu kekuningan, mengalami pemuai sebesar 1,5% - 2% pada suhu  $573^\circ\text{C}$ .

### 2. Pasir Zircon

Pasir zircon merupakan bahan mineral alam dengan kandungan  $ZrO_2$  minimal 65% dan  $SiO_2$  sebanyak 33%, pemuaiannya kecil dan tahan suhu tinggi. Banyak terdapat di Benua Australia. Adapun sifat-sifat fisik dari pasir zircon adalah :Berat jenisnya  $4,6 - 4,8 \text{ g/cm}^3$ , temperatur lelehnya  $2200-2400^\circ\text{C}$  dan titik sinternya lebih dari  $1500^\circ\text{C}$ , PH asam lunak, warna putih kelabu kemerah-merahan.

### 3. Pasir Chromit

Pasir chromit merupakan pasir buatan, karena pasir ini berasal dari batuan chrom yang diproses melalui pemecahan dan pemisahan dari bahan-bahan lain. Komposisi pasir chromit adalah  $50\% Cr_2O_3 + 27\% Fe_2O_3 + 10\% Al_2O_3 + 10\% MgO + 3\%$  batuan lain. Sifat-sifat fisik pasir chromit adalah : Berat jenisnya  $4,4 - 4,8 \text{ g/cm}^3$ , temperatur lelehnya  $1900^\circ\text{C}$ , PH 7 – 9, reaksi pada suhu tinggi adalah basa, warna hitam mengkilat atau metalik.

### 4. Pasir Olivin

Pasir olivin termasuk pasir buatan yang berasal dari batuan alam Magnesium besi silikat yang diolah. Komposisi pasir olivin adalah  $93\% MgO.SiO_2 + 6\% FeO.SiO_2 + 1\%$  batuan lain. Sifat-sifat fisik pasir olivin adalah :Berat jenisnya  $3,3 - 4,2 \text{ g/cm}^2$ , temperatur lelehnya  $1750 - 1780^\circ\text{C}$ , reaksi pada suhu tinggi adalah basa, warna hijau kekuningan, coklat, merah hati dan mengkilat seperti kaca.

### 5. Pasir Schamote

Pasir ini merupakan sejenis pasir buatan yang berasal dari bahan tanah liat atau koalin. Komposisi pasir jenis ini adalah  $36\% Al_2O_3 + 3\% Fe_2O_3 + 2,5\%$  ( $Na_2O + K_2O$ ) + sisanya kuarsa maksimal 58%. Pasir jenis ini digunakan pada pengecoran baja. Sifat-sifat fisik pasir schamote adalah : Berat jenisnya  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , temperatur lelehnya lebih dari  $1710^\circ\text{C}$ , reaksi pada suhu tinggi adalah asam lunak, warna putih keabuan atau kecoklatan.

### Fly Ash

*Fly ash* merupakan material limbah padat yang dipisahkan dari gas buang *power plant* dengan metode *electrostatic* atau *mechanical precipitator* pada saat gas buang hasil pembakaran batubara dikeluarkan melewati cerobong. Tipe *fly ash* yang dihasilkan dari tiap *power plant* yang satu dengan yang lainnya berbeda. Hal ini tergantung dari kandungan mineral batubara yang digunakan, suhu dari pembakaran batubara, jenis tungku pembakaran, proses pembakaran seperti perbandingan bahan bakar dan udara, serta cara pengumpulan dan penyimpanan *fly ash* sebelum digunakan. *Fly ash* banyak digunakan dan diakui secara luas sebagai campuran *cement*, *concrete* dan material-material khusus lainnya. Densitas *fly ash* berkisar antara  $0,64 \text{ g/cm}^3$  dan  $5,4 \text{ g/cm}^3$ . Besar densitas tersebut tergantung dari unsur kimia dan porositas yang terjadi di dalamnya.

### Klasifikasi Fly Ash

Berdasarkan komposisi penyusunnya, *fly ash* dikategorikan menjadi 2 tipe kelas, yaitu kelas C dan F. *Fly ash* kelas C merupakan hasil pembakaran batubara jenis *lignite* atau batu bara tua. Kelas C ini kebanyakan mengandung lebih dari 15% berat CaO tetapi beberapa diantaranya hanya 10% CaO. Kekerasan *fly ash* tipe C ini tergantung dari kandungan oksida kalsiumnya. Semakin banyak kandungan CaO maka semakin tinggi kemampuan untuk mengikat. Kelas C sangat sedikit mengandung karbon yang tidak terbakar dengan LOI (*Loss On Ignition*) kurang dari 1% berat. Fase kristalnya berupa *anhydrite* ( $CaSO_4$ ), *tricalcium aluminate* ( $Ca_3Al_2O_6$ ), *lime* ( $CaO$ ), *quartz* ( $SiO_2$ ), *periclase* ( $MgO$ ), *mullite* ( $Al_6Si_2O_{13}$ ), *merwinite* ( $Ca_3Mg(SiO_4)_2$ ) dan *ferrite* ( $(Mg,Fe)(Fe_3Al)_2O_4$ ).<sup>[9]</sup>

*Fly ash* kelas F merupakan hasil pembakaran batubara jenis *anthracite* atau batu bara muda. Kelas ini mengandung oksida kalsium kurang dari 6% berat, merupakan abu dengan kadar kalsium rendah. Abu ini mengandung lebih dari 2% berat karbon yang tidak terbakar pada uji LOI. Fase kristal utamanya adalah *quartz* ( $SiO_2$ ), *mullite* ( $Al_6Si_2O_{13}$ ) dan *hematite* ( $Fe_2O_3$ ).

### Fly Ash sebagai Pasir Cetak (FASAND)

Pasir yang mengandung kadar silika tinggi, merupakan material yang sangat baik untuk membuat cetakan dalam industri pengecoran. Hal ini dikarenakan silika mempunyai kemampuan tahan terhadap temperatur dari logam cair yang cukup tinggi, dapat menyerap dan menyalurkan panas, dan mempunyai permeabilitas yang cukup untuk mengeluarkan gas yang timbul selama pengecoran, tanpa menyebabkan cacat pada produk coran. *Fly ash* mempunyai banyak persamaan dengan sifat-sifat tersebut. Material ini mempunyai titik leleh yang sangat tinggi, dapat menyerap dan menyalurkan panas selama proses penuangan, dan mempunyai kemampuan untuk melewatkan gas pada massa yang terkompaksi. Kesulitan terbesar menggunakan *fly ash* dalam pengecoran adalah material ini mempunyai komposisi yang berbeda. Hal ini dikarenakan *fly ash* dihasilkan dari proses pembakaran batu bara. Sehingga sifat fisis serta komposisi kimianya ditentukan juga dengan kriteria proses pembakaran.<sup>[2]</sup>

Diagram alir selama proses penelitian ini dapat ditunjukkan dalam diagram alir seperti pada Gambar 1.

## PEMBAHASAN

### Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi ini digunakan untuk mengetahui tipe *fly ash* yang digunakan, yaitu *fly ash* tipe C atau tipe F. Sehingga untuk mengetahui tipe *fly ash* yang digunakan, maka komposisi utama yang dicari konsentrasinya adalah :  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ . Hasil pengujian *fly ash* yang digunakan untuk proses pengecoran dengan metode ASS ditunjukkan pada Tabel 1 berikut ini.

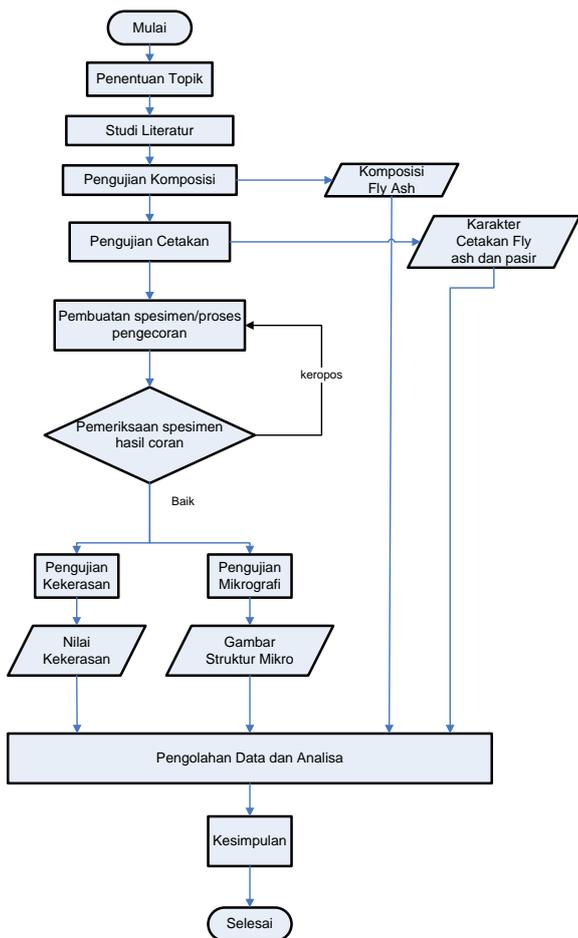
Tabel 1 Komposisi kimia fly ash

Senyawa Penyusun	Hasil Pengukuran(ppm)			Rata-rata	%
	1	2	3		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	140786,035	140786,035	142883,592	141485.2207	14.15
CaO	2168,450	2232,041	2232,041	2210.834	0.22
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	112194,149	108628,657	107440,160	109420.9887	10.94
SiO <sub>2</sub>	685253,538	710477,594	672641	689457.3737	68.94

Dari hasil pengujian di atas, dapat diketahui bahwa tipe fly ash yang digunakan adalah tipe F, karena jumlah SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 94.03%. Fly ash tipe F jumlah minimal dari SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> adalah 70%.<sup>[9]</sup>

### Pengujian Pasir Cetak

Untuk pengujian pasir cetak, parameter yang di ujikan adalah pengujian kuat tekan, permeabilitas dan titik sinter. Dalam proes pengujian ini dilakukan dua kali pengujian. Tahap pertama bertujuan menentukan komposisi pengikat, dan tahap kedua bertujuan untuk menentukan komposisi air yang tepat untuk campuran (Tabel 2).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 2. Hasil Pengujian Cetakan Tahap Pertama

Komposisi		Berat Spesimen	Hasil Pengujian Kuat Tekan (gr/cm <sup>2</sup> )
A	FA = 100%	170	75.0
	Semen = 12.5% FA		
	Air = 12.5% FA		
B	FA = 100%	140	73
	Semen = 25%		
	Air = 12.5%		
C	FA = 100%	136	76
	Semen = 50%		
	Air = 12.5%		

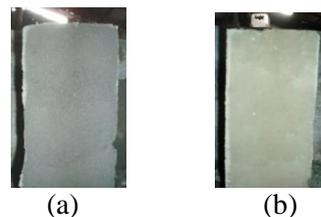
Waktu pendinginan yang digunakan pada proses pengecoran di atas adalah 48 jam. Dan hasil yang paling baik adalah pengecoran dengan komposisi B. Oleh karena itu pengujian tahap kedua ini merupakan pengembangan dari komposisi B, dengan menggunakan beberapa variasi prosentase air dan mencoba beberapa bahan pengikat yang lain. Serta sebagai pembandingan dilakukan pengecoran dengan pasir silika. Berikut komposisi-komposisi yang digunakan :

- Komposisi A : Fly Ash 100%, semen 25%FA, air 12.5% FA
- Komposisi B : Fly Ash 100%, semen 25%FA, air 8%FA
- Komposisi C : Fly Ash 100%, semen 25%FA, air 12.5%FA, NaHCO<sub>3</sub> 10% FA.
- Komposisi D : Fly Ash 100%, semen 25%FA, sodium silikat 18%FA.
- Komposisi E : Fly Ash 100%, semen 25%FA, air 10%FA

Waktu pendinginan dari proses pengecoran di atas adalah 24 jam. Dan secara visual hasil pengecoran yang baik adalah menggunakan komposisi B, C, dan E. Sedang untuk A dan D terjadi keropos. Oleh karena itu pada pengujian yang kedua dilakukan terhadap komposisi B, C, dan E serta komposisi A, karena untuk komposisi A pada pendinginan 48 jam hasilnya baik. Selain itu juga diujikan untuk pasir silika.

Untuk pengujian permeabilitas dari beberapa komposisi fly ash tidak terdeteksi karena terlalu kecil, sedangkan untuk nilai titik sinter didapat 1050°C.

Untuk cetakan dengan menggunakan fly ash relatif lebih ringan dan warnanya lebih cerah bila dibandingkan dengan cetakan yang menggunakan pasir silika.



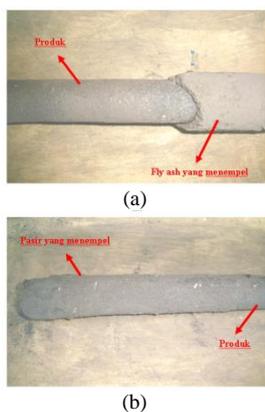
Gambar 2. a. Cetakan dengan pasir silika  
b. Cetakan dengan pasir silika

Tabel 3. Hasil Pengujian Cetakan Tahap Pertama.

Komposisi	Berat Spesimen (gram)	Hasil Pengujian Kuat Tekan (N/cm <sup>2</sup> )	Permeabilitas (cm/menit)
A	FA = 100%	135	9.7
	Semen = 12.5% FA		
	Air = 12.5% FA		
B	FA = 100%	140	8.7
	Semen = 25%		
	Air = 8%		
C	FA = 100%	150	9.7
	Semen = 50%		
	Air = 12.5%		
	NaHCO <sub>3</sub> = 10%		
E	FA = 100%	135	9.4
	Semen = 25%		
	Air = 10%		
Pasir Silika	150	5.5	65

### Proses Pembongkaran

Pada proses pembongkaran hasil pengecoran, cetakan dengan menggunakan *fly ash* relatif lebih mudah dibersihkan bila dibandingkan dengan cetakan menggunakan pasir cetak. Sehingga untuk membersihkannya tidak perlu proses permesinan seperti menggunakan mesin *shoot blasting* atau gerinda seperti halnya untuk membersihkan hasil pengecoran dengan menggunakan pasir silika. Hanya saja untuk pengecoran dengan menggunakan *fly ash*, material *fly ash* lebih banyak yang menempel pada hasil coran, bila dibandingkan dengan hasil pengecoran dengan menggunakan pasir silika. Hal ini dikarenakan titik sinter dari *fly ash* lebih rendah dari titik sinter pasir silika, sehingga kemampuan menahan temperatur logam cair juga lebih rendah. Berikut gambar pembongkaran hasil pengecoran dengan menggunakan *fly ash* dan pasir silika.



Gb. 4.10 a. Coran dengan *fly ash*  
b. Coran dengan pasir silika

### PENUTUP

#### Kesimpulan

- Ditinjau dari besarnya nilai permeabilitas, permeabilitas cetakan dari bahan *fly ash* dengan beberapa komposisi masih sangat rendah bila dibandingkan dengan permeabilitas pasir silika, sehingga masih banyak terjadi cacat pada hasil coran, seperti cacat lubang jarum dan keropos.
- Ditinjau dari nilai kuat tekannya, nilai kuat tekan cetakan dari bahan *fly ash* dengan beberapa

komposisi relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai kuat tekan dari cetakan pasir silika.

- Ditinjau dari besarnya titik sinter, cetakan *fly ash* tidak cocok digunakan untuk pengecoran besi cor, karena titik sinter *fly ash* hanya 1050°C dan ini di bawah temperatur penuangan besi cor yaitu antara 1250 – 1450°C. Karena seharusnya titik sinter material cetakan di atas titik leleh dari logam yang digunakan.

### Saran

- Fly ash* berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan pengganti pasir cetak, hanya saja perlu dikaji kembali penggunaan bahan pengikat dan komposisinya agar dapat meningkatkan besarnya permeabilitas, serta cetakan dapat didaur ulang
- Fly ash* sebaiknya digunakan untuk pengecoran logam yang mempunyai titik leleh di bawah titik sinter *fly ash*, yaitu di bawah 1050°C, seperti kuningan dan paduan ringan yang mempunyai temperatur penuangan di bawah 1050°C.
- Untuk mengetahui lebih jelas mengenai pengaruh *fly ash* sebagai bahan cetakan terhadap hasil coran, sebaiknya dilakukan pengujian SEM.

### DAFTAR PUSTAKA

- A. Flinn Richard. 1963. "Fundamental of Metal Casting". USA : Addison – Wesley Publishing Company, Inc.
- Balinski, Andrzej; Pawel Darlak and Maciec Szolc. 2002. "The Use Of Fly Ash As An Aggregate For Foundry Sand Mold And Core Production"
- "Casting" 1988 ,ASM Handbook Volume 15
- CBRC. 2005. "Forging Ahead with CCB Research: Can Fly Ash Replace Sand in Foundry Operations?". West Virginia University.
- D. Callister, William. 1994. *Materials Science and Engineering 4th ed.* Canada: John Willey and Sons, Inc.
- E. Dieter, George. 1996. "Metalurgi Mekanik edisi 3". Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga
- Fly Ash Characteristic*
- F. Smith, William. 1996. *Principles of Materials Science and Engineering 3rd ed.* New York: McGraw-Hill, Inc.
- Gikunoo, Emmanuel. 2004. "Effect of Fly Ash Particles on the Mechanical Properties and Microstructure of Aluminium Casting Alloy A535". Canada: University of Saskatchewan.
- H. Van Vlack, Lawrence. 1989. *Ilmu dan Teknologi Bahan edisi 5.* Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie. Jakarta: Erlangga.
- Henkel, Daniel; Alan w Pense. 2002. "Structure and Properties of Engineering Materials 5<sup>th</sup> ed". New York: McGraw Hill.
- Indian Energy Sector. 2000. "Managing Fly Ash". India

13. Manz, Oscar. 1998. “ *Coal Fly Ash: A Restropective and Future Look*”. North Dakota: Energia
14. Miguel Angel, Yescas; Gonzales. 2001. “*Modeling The Microstructure And Mechanical Properties Of Austempered Ductile Iron*”. University of Cambridge.
15. “*Metallography and Microstructure*”. 2004. ASM Metals Handbook, Vol 9
16. Okoh, Josep; Josep Doodoo; Adria Diaz. “*Kinetics of Benificated Fly Ash by Carbon Burnout*”. University of Maryland Eastern Shore.
17. Paneltech International LLC. “*Fly Ash in Concrete*”. Paneltalk
18. “*Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys*”. ASM Hand Book Vol. 1
19. Purgert, Robert and Jerzy Sobczaj. 2005. ” *Commercialization Demonstration For Production Foundry Molds Made From CCB’s For High Volume Automotive Applications*”. Canada : Energy Industry of Ohio.
20. Sanders, Clyde. 1970. “*Foundry Sand Practice 6<sup>th</sup> Edition*” . U.S : American Colloid Company
21. “*Standard Guide for Preparation of Metallographic Specimens*”. ASTM Designation: E3-01
22. “*Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens*”. ASTM Designation: E3-95
23. “*Standard Test Methods for Vickers Hardness of Metallic Materials*”. ASTM Designation: E92-82
24. Surdia, T dan Saito, S. 1996. *Pengetahuan Bahan*. Jakarta: Pradnya Paramita
25. Surdia, T dan Saito, S. 1996. *Teknik Pengecoran Logam*. Jakarta: Pradnya Paramita.
26. Sukandarrumido, Prof. 2006. “*Batubara dan Pemanfaatannya*”. Yogyakarta: Gajah Mada Univ Press.
27. W. Heine, Richard; Carl R Loper and Philip Rosenthal.1995. ”*Principle Of Metal Casting 2<sup>nd</sup> ed*”. New Delhi: McGraw-Hill, Inc.