

# EFEK PENGGUNAAN *FLY ASH* SEBAGAI BAHAN CETAKAN PADA PROSES PENGECORAN BESI DITINJAU DARI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Toni Prahasto<sup>1)</sup>, Sugiyanto<sup>2)</sup>

Abstrak

Kandungan silika yang dominan pada *fly ash* memungkinkan untuk menggunakan *fly ash* sebagai bahan cetakan pada proses pengecoran logam karena sifat silika yang mampu menahan temperatur yang tinggi. Untuk mengetahui kemungkinan tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang penggunaan *fly ash* sebagai bahan pembuat cetakan pada pengecoran logam.

Pada penelitian ini, logam yang digunakan untuk proses pengecoran adalah besi non paduan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh cetakan berbahan *fly ash* terhadap tingkat kekerasan dan struktur mikro besi cor. Unsur silika pada *fly ash* diharapkan mampu menurunkan tingkat kekerasan pada permukaan benda coran sehingga dapat mempermudah dalam proses permesinan. Selain itu ukuran butir *fly ash* lebih kecil daripada pasir sehingga akan membuat permukaan benda coran lebih halus.

Untuk mengetahui tingkat kekerasan besi cor yang dicetak menggunakan *fly ash* maka dilakukan pengujian kekerasan. Sedangkan untuk mengetahui struktur mikro besi cor maka dilakukan pengujian mikrofografi. Dari kedua pengujian tersebut diketahui bahwa kekerasan dan struktur mikro besi cor cetakan *fly ash* dengan komposisi: *fly ash*(FA) 100, semen 25% FA dan air 8% FA, sama dengan besi cor hasil cetakan pasir silika.

Kata kunci: Cetakan *fly ash*, Pengujian kekerasan, Mikrofografi

## PENDAHULUAN

Salah satu material yang dihasilkan pada saat pembakaran batu bara di pembangkit listrik adalah *fly ash*. *Fly ash* hasil pembakaran batu bara pada pembangkit listrik, dipisahkan dari asap yang dihasilkan pada saat pembakaran dengan menggunakan teknik *electrostatic* atau *mechanical precipitators*. Unsur kimia yang terkandung dalam *fly ash* didominasi oleh oksida silika ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kalsium ( $\text{CaO}$ ) dan sebagian kecil oksida logam magnesium, sodium, titanium dan potassium. Banyaknya kandungan unsur-unsur kimia tersebut bervariasi tergantung dari asal batu bara, kondisi pembakaran, kinerja alat pengontrol emisi dan penanganan batu bara itu sendiri sebelum dibakar.

## LANDASAN TEORI

Kandungan unsur silika yang mencapai 68% pada *fly ash* merupakan salah satu indikator kemampuan *fly ash* untuk dijadikan sebagai bahan cetakan pada industri pengecoran logam. Silika mempunyai kemampuan untuk menahan temperatur tinggi saat logam dalam bentuk cair, dapat menyerap dan menyalurkan panas serta mempunyai permeabilitas yang baik, sehingga dapat mengalirkan gas yang terbentuk saat proses pengecoran tanpa mengakibatkan cacat pada benda hasil pengecoran. Selain itu, ukuran butir *fly ash* jauh lebih kecil daripada pasir cetak sehingga saat dibuat cetakan akan menghasilkan permukaan yang lebih halus. Dengan permukaan cetakan yang halus diharapkan permukaan benda hasil

coran akan menjadi halus pula. Jika permukaan hasil pengecoran dengan cetakan *fly ash* lebih halus maka akan mempermudah proses penanganan pasca pengecoran.

Untuk membandingkan hasil pengecoran menggunakan cetakan pasir dan cetakan *fly ash* maka dilakukan uji struktur mikro dan uji kekerasan pada spesimen hasil pengecoran. Spesimen yang digunakan mempunyai dua bentuk yaitu silinder pejal dengan diameter 25 mm, panjang 250 mm dan spesimen berbentuk baji dengan panjang 4 inch, tinggi 1,25 inch dan sudut  $18^\circ$ . Penggunaan spesimen berbentuk silinder selain bertujuan untuk mempermudah pembuatan juga berguna untuk mengetahui struktur mikro spesimen dari bagian pinggir sampai tengah, sedangkan spesimen berbentuk baji digunakan untuk mengetahui pengaruh kecepatan pembekuan terhadap kekerasan yang dihasilkan. Harapannya dengan menggunakan cetakan *fly ash* karakteristik mekanis dari besi cor menjadi lebih baik dibanding dengan menggunakan cetakan pasir.

*Pengujian kekerasan*: metode yang digunakan adalah metode Vickers. Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Mesin Universitas Gajah Mada. Peralatan pengujian yang digunakan adalah Buehler Micro Hardness Tester.

Rumus nilai kekerasan dengan metode Vickers:

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{D_r^2} = \frac{1,8544 P}{D_r^2}$$

$P$  = beban yang diterapkan, kgf

$D_r$  = diagonal rata-rata impresi, mm

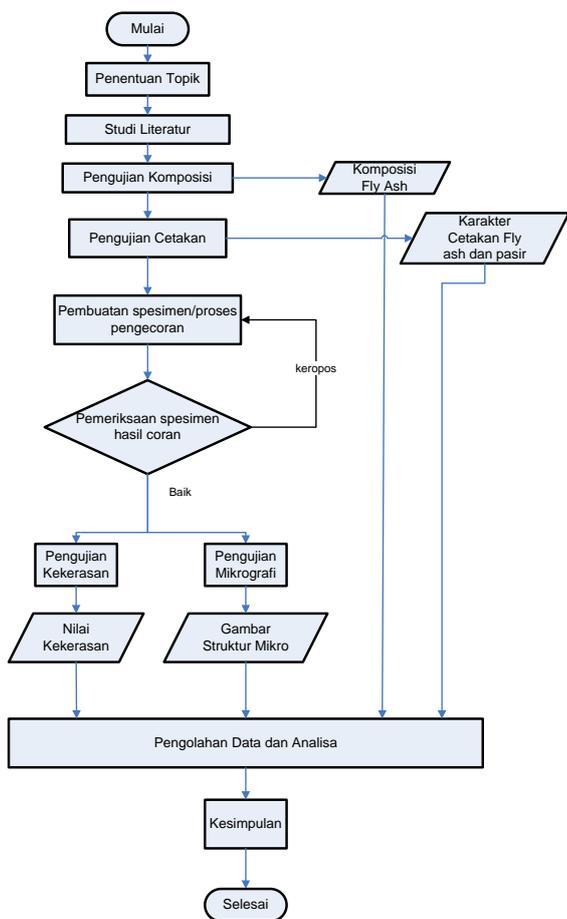
$\theta$  = sudut antara permukaan intan yang berlawanan

<sup>1) & 2)</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin FT-UNDIP

*Pengujian mikrografi:* bertujuan untuk mengetahui fasa-fasa yang terjadi pada besi cor kelabu hasil pengecoran dengan cetakan *fly ash* dan pasir silika biasa. Selain itu juga bertujuan untuk mengetahui perbedaan struktur mikro yang mungkin terjadi karena pengaruh panjang benda coran.

**METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penelitian ini, terbagi menjadi empat percobaan untuk memperoleh data. Percobaan tersebut adalah pengujian komposisi *fly ash*, pengujian pasir cetak, pengujian kekerasan dan pengujian mikrografi. Diagram alir eksperimen dapat dilihat pada gambar berikut:



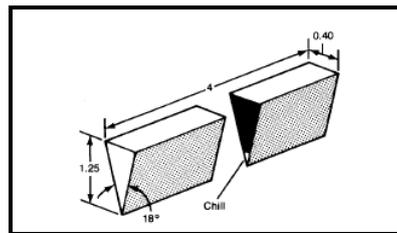
Gambar 1. Diagram alir percobaan

**EKSPERIMEN**

Dalam eksperimen yang dilakukan, spesimen uji untuk uji kekerasan dan mikrografi mempunyai bentuk yang berbeda.

**1. Spesimen Uji Kekerasan**

Spesimen uji kekerasan berbentuk baji dengan ukuran sebagai berikut:

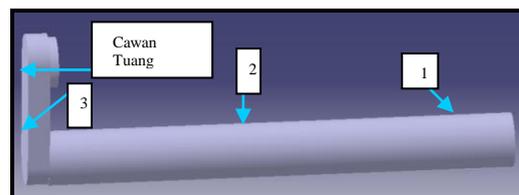


Gambar 2 Spesimen baji

Penggunaan spesimen berbentuk baji berguna untuk mengetahui pengaruh waktu pendinginan terhadap kekerasannya.

**2. Spesimen Uji Mikrografi**

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui matrik dan bentuk grafit penyusun dari besi cor kelabu. Pada pengujian ini digunakan spesimen berbentuk silinder dengan panjang 200 mm dan diameter 25 mm dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan struktur mikro yang terjadi akibat perbedaan ketinggian benda cor.



Gambar 3. Spesimen silinder

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**1. Pengujian Kekerasan**

Hasil pengujian kekerasan pada spesimen hasil pengecoran dengan cetakan pasir dan cetakan *fly ash* tersaji dalam grafik berikut:



Gambar 4. Grafik kekerasan besi cor cetakan pasir dan *fly ash*

Dari grafik perbandingan diatas dapat diketahui bahwa nilai kekerasan besi cor putih (*chill*) yang paling tinggi dihasilkan oleh spesimen D yaitu 301 HV.

Selain itu cetakan dengan menggunakan *fly ash* akan menghasilkan kekerasan besi cor putih yang tinggi. Namun nilai kekerasan besi cor yang dicetak dengan *fly ash* komposisi F cepat mengalami penurunan nilai kekerasan ketika jaraknya semakin jauh dari ujung.

Berdasarkan perhitungan sebelumnya, hampir semua spesimen mengalami perubahan matrik sementit menjadi perlit antara titik 2 dan 3. Kecuali cetakan *fly ash* komposisi F, nilai kekerasan besi cor hasil cetakan *fly ash* di titik 2 lebih tinggi daripada besi cor cetakan pasir. Nilai kekerasan terendah di titik 5 diperoleh dari besi cor yang dicetak dengan *fly ash* komposisi F.

Grafik nilai kekerasan besi cor dengan cetakan *fly ash* komposisi A mempunyai pola yang mirip dengan nilai kekerasan besi cor hasil cetakan pasir. Hal ini mengindikasikan bahwa besi cor kelabu hasil cetakan pasir dengan *fly ash* komposisi F mempunyai karakteristik yang hampir sama ditinjau dari nilai kekerasannya.

## 2. Pengujian Mikrografi

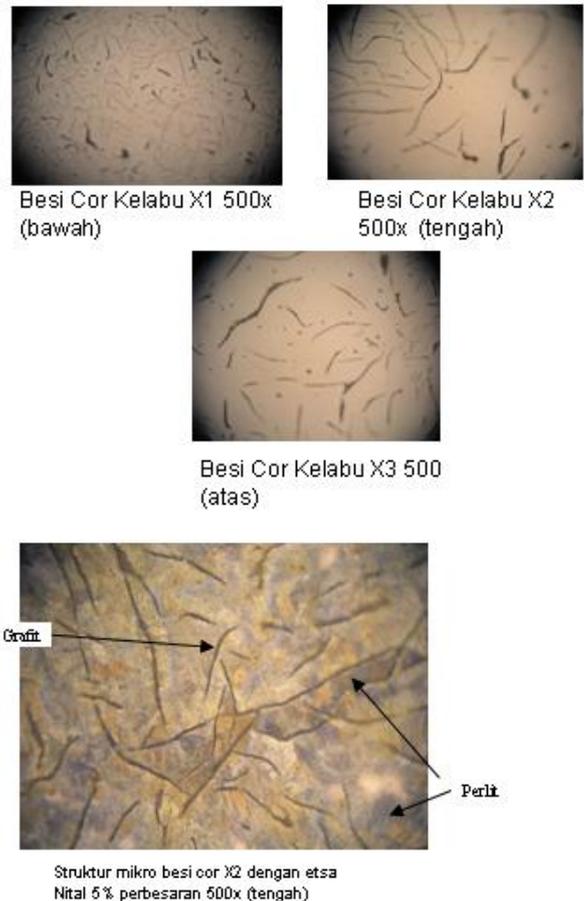


Gambar 5 Struktur mikro besi cor hasil cetakan pasir

Besi cor kelabu hasil cetakan pasir silika (kode Y) mempunyai karakter bentuk grafit serpihan dan tersebar secara acak. Pada bagian bawah dan tengah, grafit lebih tebal dibandingkan bagian atas. Pada bagian pinggir, sebaran grafit cenderung mengumpul dan semakin ke bagian tengah sebaran grafit semakin

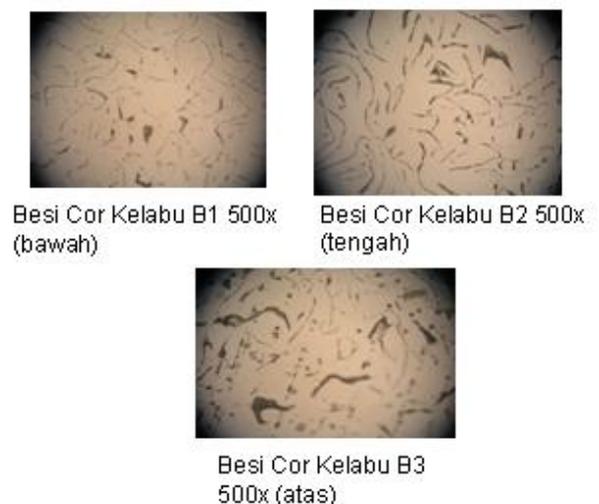
renggang. Mulai bagian tengah (Y2), matrik ferit, perlit dan sementit terlihat jelas hal ini terjadi karena jarak antar grafit pada daerah tersebut mulai renggang sehingga terisi oleh matri-matrik besi cor.

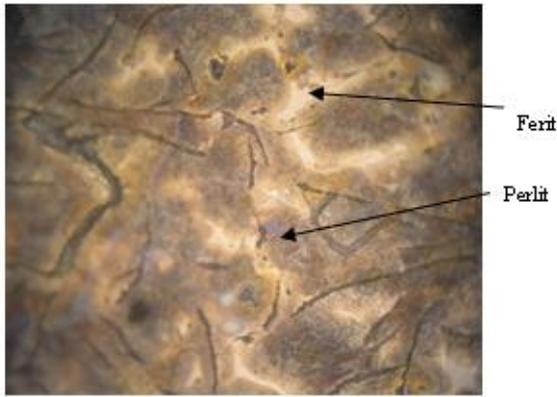
### Struktur Mikro Besi Cor Hasil Cetakan Pasir Fly Ash a. Cetakan Fly ash Komposisi X (100; 25; 12,5; 48 Jam)



Gambar 6. Struktur mikro besi cor hasil cetakan fly ash komposisi X

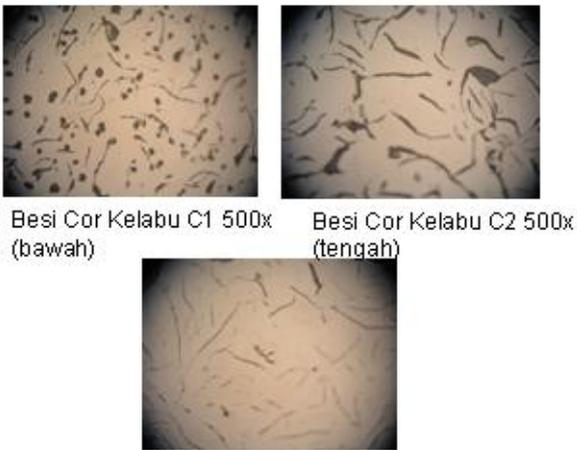
### b. Cetakan Fly ash Komposisi B (100; 25; 8)





Gambar 7 Struktur mikro besi cor hasil cetakan fly ash komposisi B

c. Cetakan Fly ash Komposisi C (100; 25; 12,5; NaHCO<sub>3</sub> 10%FA



Besi Cor Kelabu C1 500x (bawah)

Besi Cor Kelabu C2 500x (tengah)

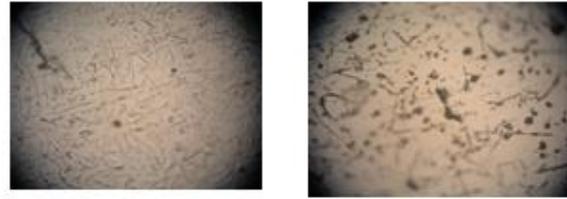
Besi Cor Kelabu C3 500x (atas)



Struktur mikro besi cor C2 dengan etsa Nitral 5% perbesaran 500x (tengah)

Gambar 8 Struktur mikro besi cor hasil cetakan fly ash komposisi C

d. Cetakan Fly ash Komposisi E (100; 25; 10)

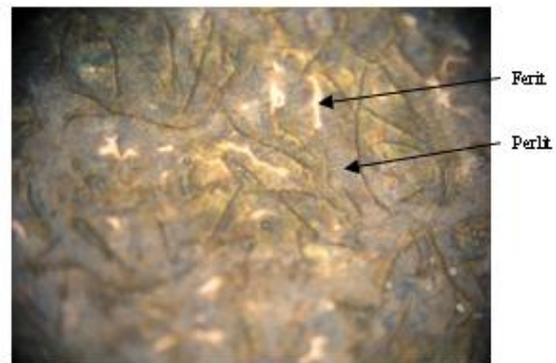


Besi Cor Kelabu E1 200x (bawah)

Besi Cor Kelabu E2 500x (tengah)



Besi Cor Kelabu E3 500x (atas)



Gambar 9 Struktur mikro besi cor hasil cetakan fly ash komposisi E

Besi cor hasil cetakan fly ash mempunyai grafit yang lebih jelas dan tebal jika dibandingkan dengan grafit pada besi cor hasil cetakan pasir silika. Hal ini disebabkan karena kandungan silikon pada fly ash dapat mempercepat pertumbuhan grafit. Secara umum sebaran grafit pada besi cor hasil cetakan fly ash semakin keatas semakin renggang. Matrik pengisi pada besi cor hasil cetakan fly ash sama dengan besi cor cetakan pasir yaitu ferit, perlit dan sementit. Besi cor hasil cetakan fly ash, komposisi X dan B struktur mikronya mirip dengan besi cor hasil cetakan pasir (Y). Hal ini karena bentuk grafit pada komposisi X dan B adalah serpihan dan tersebar secara acak serta ketebalannya cenderung seragam.

#### KESIMPULAN

1. Pada pengujian kekerasan, besi cor hasil cetakan pasir mempunyai nilai kekerasan tertinggi 262 HV dan terendah 172 HV sedangkan pada besi cor hasil cetakan fly ash nilai kekerasan tertinggi 301 HV terjadi pada komposisi D, sedangkan terendah 147 HV terjadi pada komposisi F.
2. Ditinjau dari grafik kekerasannya, besi cor hasil cetakan pasir dengan besi cor hasil cetakan fly ash komposisi A mempunyai pola yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa cetakan fly ash komposisi A

- (fly ash 100, semen 25% fly ash, dan air 8% fly ash) dapat menggantikan cetakan pasir silika.
3. Pada pengujian mikrografi, besi cor hasil cetakan pasir mempunyai grafit yang tipis dengan komponen penyusun terdiri dari ferit, perlit dan sementit. Pada besi cor hasil cetakan fly ash grafit yang terbentuk lebih tebal dengan komponen penyusun terdiri dari ferit, perlit dan sementit.
  4. Ketebalan grafit pada besi cor hasil cetakan fly ash dipengaruhi oleh unsur silikon yang terkandung dalam fly ash. Unsur silikon tersebut akan menyebabkan sementit menjadi kurang stabil sehingga cenderung membentuk grafit.
  5. Cetakan fly ash dengan komposisi: fly ash 100, semen 25% fly ash, dan air 8% fly ash merupakan komposisi paling ideal untuk menggantikan pasir silika ditinjau dari tingkat kekerasan dan struktur mikro besi cor yang dihasilkan. Untuk cetakan fly ash komposisi X: fly ash 100, semen 25% fly ash, dan air 12,5% fly ash dapat digunakan pada proses pengecoran setelah melewati proses pengeringan selama 48 jam.

#### REFERENSI

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