



## Pengaruh Kertas Habis Pakai dengan Penambahan Serbuk Kayu dan Binder Molase terhadap Slag Depressant Berbentuk Silinder dan Kubus

*Bening Nurul Hidayah Kambuna*<sup>1\*</sup>, *Rahman Faiz Suwandana*<sup>2</sup>, *Soesaptri Oediyani*<sup>3</sup>, *Arief Yusuf Budiharto*<sup>4</sup>, *Bintang Miraj Ali*<sup>5</sup>, *Muhammad Ali Imran*<sup>6</sup>, *Siti Nabilah*<sup>7</sup>, *Naufal Rafeca Ramadhan*<sup>8</sup>  
<sup>1\*2345678</sup>Departement of Metallurgy Engineering, Faculty of Engineering, University of Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia.

Corresponding Author: [bening.kambuna@untirta.ac.id](mailto:bening.kambuna@untirta.ac.id)

Received: 31/July/2023  
Accepted: 31/August/2023

Revised: 31/August/2023  
Published: 31/August/2023

### To cite this article:

Kambuna, B. N. H., Suwandana, R. F., Oediyani, S., Budiharto, A. Y., Ali, B. M., Imran, M. A., Nabilah, S & Ramadhan, N. R (2023). Pengaruh Kertas Habis Pakai dengan Penambahan Serbuk Kayu dan Binder Molase terhadap Slag Depressant Berbentuk Silinder dan Kubus. *SPECTA Journal of Technology*, 7(2), 593 - 605. [10.35718/specta.v7i2.928](https://doi.org/10.35718/specta.v7i2.928)

### Abstract

The use of paper reduction is one of the efforts in implementing the green campus policy. In the steelmaking process, there is a slag foam phenomenon, but a slag depressant is needed to reduce the amount of slag foam. Slag depressants are made from organic materials, one of which is paper. Therefore, waste paper is utilized to make slag depressants. Slag foam in a basic oxygen furnace is a phenomenon of foam or gas bubbles formed during the steel production process. To reduce the formation of slag foam, a material called slag depressant is needed. A study was conducted with the addition of molasses as a binder and sawdust as a mixture of organic materials with a composition variation of 5%, 10%, and 15% molasses and 5%, 10%, and 15% sawdust. In addition, a comparative study was conducted between cylindrical and cubic shapes. The research was carried out by mixing raw materials in the form of organic materials, limestone, blast furnace slag, and molasses. Afterward, the slag depressant was formed and dried. The results indicate that the addition of organic matter from wood powder can affect the quality of slag depressants. The highest volatile matter value of 37.14% in the addition of 15% sawdust, and the smallest porosity value of 16.39% in the addition of 5% sawdust. The addition of molasses increased the strength of the slag depressant. The slag depressant had the highest value of 98.05% in the shatter test and the highest compressive strength value of 2247.91 N/cm<sup>2</sup> in the addition of 15% molasses.

*Keywords: Slag depressant, slopping, slag foam*

### Abstrak

Penggunaan pengurangan kertas merupakan salah satu upaya dalam pelaksanaan kebijakan green campus. Pada proses pembuatan baja terdapat sebagai fenomena slag foam, tetapi diperlukan slag depressant untuk mengurangi jumlah slag foam tersebut. Slag depressant terbuat dari bahan organik, salah satunya adalah kertas. Oleh karena itu, limbah kertas dimanfaatkan untuk membuat slag depressant. Slag foam dalam basic oxygen furnace merupakan fenomena terbentuknya busa atau gelembung gas selama proses produksi baja. Jika slag foam yang terbentuk tidak dihentikan dapat menimbulkan slopping, yaitu fenomena meluapnya slag foam. Untuk mengurangi pembentukan slag foam, maka diperlukan suatu bahan yang disebut dengan slag depressant. Slag depressant diharapkan mampu menahan beban tumpuk selama penggunaannya di dalam hopper. Upaya untuk menjawab permasalahan tersebut maka dilakukan suatu penelitian dengan penambahan molase sebagai binder dan serbuk

kayu sebagai campuran bahan organik dengan variasi komposisi 5%, 10%, 15% molase dan 5%, 10%, 15% serbuk kayu. Selain itu dilakukan penelitian perbandingan antara bentuk geometri silinder dan kotak. Penelitian dilakukan dengan pencampuran bahan baku berupa bahan organik, batu kapur, slag blast furnace dan molase. Setelahnya dilakukan pembentukan slag depressant dan dikeringkan di dalam oven dengan temperatur 100 °C selama 5 jam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan bahan organik serbuk kayu dapat mempengaruhi kualitas slag depressant. Pada pengujian shatter test, serbuk kayu memiliki nilai tertinggi 98,05% pada penambahan 5% serbuk kayu, pengujian volatile matter 37,14% pada penambahan 15% serbuk kayu dan nilai porositas terkecil 16,39% dengan pada penambahan serbuk kayu 5%. Penambahan molase meningkatkan kekuatan pada slag depressant. slag depressant memiliki nilai tertinggi 98,05% pada pengujian shatter test dan memiliki nilai kuat tekan tertinggi 2247,91 N/cm<sup>2</sup> pada penambahan 15% molase. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan molase sebagai binder dan serbuk kayu sebagai bahan organik memiliki pengaruh yang baik terhadap nilai shatter test, uji tekan, porositas, dan volatile matter slag depressant.

*Kata Kunci:* Slag depressant, slopping, slag foam.

## 1. Pendahuluan

*Green campus* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan lingkungan kampus atau perguruan tinggi yang berfokus pada praktik dan inisiatif berkelanjutan yang ramah lingkungan. Konsep *green campus* bertujuan untuk mengurangi dampak negatif kampus terhadap lingkungan dan meningkatkan kesadaran tentang pentingnya menjaga dan melestarikan lingkungan. Efisiensi energi, pengelolaan limbah, transportasi berkelanjutan, penghijauan dan taman, bangunan hijau, kesadaran lingkungan, penggunaan air. Penggunaan pengurangan kertas merupakan salah satu upaya dalam pelaksanaan kebijakan *green campus* berdasarkan SK rektor nomor 632/UN43/KPT.PR.00.00/2020 (<https://green.untirta.ac.id/kebijakan/>, 2023). Sebagai salah satu upaya pengaplikasian *green campus* tersebut, penulis memanfaatkan limbah kertas sebagai bahan baku slag depressant yang dipakai dalam proses pembuatan baja.

Dalam proses pengolahan baja primer menggunakan *Basic Oxygen Furnace* (BOF) terjadi gelembung slag (*slag foam*) yang terbentuk dari reaksi oksigen dengan *hot metal*. Salah satu permasalahan pada penggunaan *basic oxygen furnace* adalah *slopping*, yaitu fenomena meluap dan tumpahnya slag foam dari dalam *basic oxygen furnace* (S. K. Gupta et al., 2015). *Slopping* ialah suatu istilah yang digunakan pada proses pembuatan baja untuk menggambarkan suatu fenomena slag yang berbentuk gelembung atau buih (*slag foam*) tidak mampu tertampung dalam *basic oxygen furnace*. Upaya untuk mencegah fenomena *slopping*, digunakan sebuah bahan yang disebut slag depressant. Slag depressant berfungsi untuk memecah slag foam yang timbul selama proses pemurnian di *basic oxygen furnace* agar dapat mengeluarkan gas yang terjebak dalam gelembung tersebut sehingga keluar (Gugyeonghoe, 2007). Penggunaan slag depressant dilakukan dengan cara menampung slag depressant tersebut di dalam sebuah hopper berbentuk kerucut yang berada tepat di atas *basic oxygen furnace*, sehingga slag depressant dijatuhkan secara bertahap. Slag depressant diharapkan mampu menahan beban tumpuk selama penggunaannya di dalam hopper. Selain itu, slag depressant yang digunakan juga dapat terurai pada temperatur kurang dari 1000 °C agar tidak merubah atau mengotori baja cair yang terdapat pada *basic oxygen furnace* (Kim Min Kyun, 2017), untuk memenuhi kriteria tersebut slag depressant harus memiliki nilai shatter test lebih dari 80%, kekuatan tekan lebih dari 1500N/cm<sup>2</sup> dan nilai volatile matter lebih dari 20% (Kanamori & Nashiwa, 2001). Namun saat penggunaannya pada industri baja, terjadi permasalahan yaitu mengendap dan menggumpalnya serpihan slag depressant di dalam hopper. Hal ini terjadi dikarenakan rendahnya nilai kekuatan tekan slag depressant (kurang dari 1500N/cm<sup>2</sup>) (Kim Min Kyun, 2017). Slag depressant yang memiliki nilai kekuatan tekan atau *compressive strength* di bawah 1500N/cm<sup>2</sup> memiliki permasalahan pada saat proses penggunaan di antaranya, slag depressant mudah hancur karena sulit untuk menahan beban tumpuk, mudah menggumpal akibat kelembaban udara di dalam wadah penyimpanan (hopper) (Kim Min Kyun, 2017). Hal ini menyebabkan tidak optimalnya slag depressant dalam memecah slag foam. Berdasarkan paten Jepang tahun 2001 (JP2001032007A), slag depressant terbuat dari campuran slag, bahan organik, dan kalsium karbonat dengan komposisi masing – masing, 20%–70% slag, 20%–70% bahan organik, dan 5%–50% kalsium karbonat

(Kanamori & Nashiwa, 2001). Selain itu, *slag depressant* dapat dibuat dengan menggunakan limbah plastik dan serbuk kayu sebagai bahan baku (Nimoto, 2016).

Upaya untuk mengatasi masalah tersumbatnya *slag depressant* di dalam *hopper*, dilakukan suatu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan kekuatan tekan pada *slag depressant*. Peningkatan kekuatan tekan *slag depressant*, dilakukan dengan cara menambahkan *slag* sebagai *reinforced* (Miyamoto, 2015). Penambahan *binder* molase pada *slag depressant* juga dapat meningkatkan kuat tekan pada *slag depressant*. *Binder* yang ditambahkan 5%–15% dari total massa sehingga limbah kertas dan *slag* dapat memiliki kekuatan pengikat yang lebih kuat (Kim Min Kyun, 2013). Pada tahun 2021 dilakukan penelitian serupa dengan variasi bentuk geometri, yaitu bentuk kotak, silinder, dan lingkaran pada *slag depressant* oleh Della Izzaty didapatkan hasil kuat tekan tertinggi pada bentuk silinder [Kambuna, 2021]. Penambahan *binder* molase, *slag blast furnace*, dan kertas habis pakai oleh Kusnadi [Kambuna, 2021] dengan variasi komposisi 0%; 10%; 20%; 30%; *slag blast furnace*, 10%; 20%; 30%; 40% batu kapur dan 0%; 2%; 3%; 4% molase didapatkan hasil kuat tekan tertinggi pada 8432,7 N/cm<sup>2</sup>, akan tetapi nilai porositas yang didapat berbanding terbalik dan tidak sesuai dengan literatur.

Upaya untuk mengatasi ketidaksesuaian nilai porositas terhadap kuat tekan dari hal tersebut, maka dilakukan penelitian lanjutan dengan menyeragamkan ukuran butir *slag blast furnace* dan batu kapur, penambahan *binder* molase dengan variasi komposisi sebesar 5%, 10% 15% dan bahan organik serbuk kayu dengan variasi komposisi 5%, 10%, 15%. Bahan organik yang digunakan pada penelitian ini ialah bubuk kertas habis pakai dan serbuk kayu. Di Indonesia ada tiga macam industri kayu yang secara masif memproduksi kayu, yaitu pengergajian, vinir/kayu lapis, dan pulp/kertas. Produksi kayu di Indonesia mencapai 2,6 juta m<sup>3</sup> per tahun (*Forestry Statistics of Indonesia*). Industri pengergajian kayu dan industri kayu lapis menghasilkan total limbah serbuk kayu sebesar 14,04% volume.

Pada penelitian ini, penyeragaman fraksi ukuran dan penambahan serbuk kayu serta molase pada komposisi *slag depressant* diharapkan memiliki nilai porositas dengan kuat tekan yang sesuai literatur, nilai *shatter test*, dan *volatile matter slag depressant* sesuai dengan paten JP2001032007A.

## 2. Metode

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Untuk pengujian tekan dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Karakterisasi *X-Ray Fluorescence* di PT. Indoray Langgeng Sentosa. Berikut adalah tahapan prosedur penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut, yaitu:

### 1. Karakterisasi Awal Bahan Baku

Pengujian *X-Ray Fluorescence* dilakukan guna mengetahui kandungan unsur awal yang terkandung pada setiap bahan baku sesuai dengan standar ASTM E-1621. Prinsip kerja dari *x-ray fluorescence* yaitu menembakan radiasi foton elektromagnetik ke material yang akan diteliti.

Prosedur penggunaan *x-ray fluorescence* dengan menyiapkan masing – masing sampel yang terdiri dari *slag blast furnace*, batu kapur, serbuk kayu, kertas habis pakai dan molase. *Holder* disiapkan, kemudian bagian bawah *holder* ditutup dengan plastik transparan lalu sampel dimasukkan ke dalam *holder* lalu mesin *x-ray fluorescence* dihidupkan. Perangkat lunak yang akan digunakan dipilih untuk melakukan analisis dan analisis sampel dengan *x-ray fluorescence* dilakukan. *X-Ray Fluorescence* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1: X-Ray Fluorescence

## 2. Preparasi Bahan Baku

*Slag blast furnace* dan batu kapur digrinding menggunakan *ball mill*. Setelahnya pengayakan *slag blast furnace* dan batu kapur dengan ayakan 80# dan 100# untuk memperoleh partikel *slag blast furnace* dan batu kapur berukuran -80# +100#. *Slag blast furnace* dan batu kapur yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



Gambar 2: Slag Blast Furnace



Gambar 3: Batu Kapur

Persiapan pembuatan bubur kertas habis pakai mula – mula ukuran kertas diperkecil dengan cara disobek lalu di masukan ke dalam wadah berisi air panas dan diamkan selama 2 hari, setelahnya kertas diblender hingga menjadi bubur kertas. Bubur kertas yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4: Bubur Kertas Habis Pakai

Serbuk kayu sebagai campuran bahan baku organik diayak dengan menggunakan ayakan 80# dan 100# untuk memperoleh ukuran partikel serbuk kayu sebesar -80# +100#. Serbuk kayu yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5: Serbuk Kayu

### 3. Pencampuran Bahan Baku

Penambahan *slag blast furnace* berfungsi sebagai agregat atau penguat. Di dalam penelitian ini digunakan *slag blast furnace* 5%, 10%, dan 15% dari massa total bahan baku dan ditambahkan serbuk batu kapur 30% dari massa total bahan baku, dengan masing – masing ukuran partikel sebesar -80 +100#. Bahan organik yang digunakan adalah serbuk kayu yang bersumber dari limbah pabrik kayu sebanyak 5%, 10% dan 15% dari massa total bahan baku serta kertas habis pakai sebanyak 25%, 30% dan 35% dari massa total bahan organik yaitu 40% dan dicampur dengan *binder*. Pada penelitian menggunakan *binder* molase dengan penambahan sebanyak 5%, 10%, dan 15%. Kemudian setelah pencampuran semua bahan baku pada pembuatan *slag depressant*, dilakukan pengadukan sampel hingga homogen. Variasi komposisi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1: Variasi Komposisi *Slag Depressant*

Hasil (% Massa)					
Sampel	S-BF	M	BK	KHP	SK
Sampel 1-A	15	15	30	35	5
Sampel 1-B	15	15	30	30	10
Sampel 1-C	15	15	30	25	15
Sampel 2-A	20	10	30	35	5
Sampel 2-B	20	10	30	30	10



Sampel 2-C	20	10	30	25	15
Sampel 3-A	25	5	30	35	5
Sampel 3-B	25	5	30	30	10
Sampel 3-C	25	5	30	25	15

Keterangan :

S-BF	: Slag Blast Furnace	KHP	: Kertas Habis Pakai
M	: Molase	SK	: Serbuk Kayu
BK	: Batu Kapur	1	: Molase 15%
A	: Serbuk Kayu 5%	2	: Molase 10%
B	: Serbuk Kayu 10%	3	: Molase 5%
C	: Serbuk Kayu 15%		

Penamaan sampel angka ditandai berdasarkan variasi komposisi *binder* dan *slag blast furnace* yang digunakan. Sedangkan penamaan sampel huruf menunjukkan variasi bahan organik. Sebagai contoh, sampel 2-B berarti *binder* dan *slag blast furnace* yang digunakan masing – masing sebesar 10% dan 20% serta bahan organik yang digunakan masing – masing sebesar 30% kertas habis pakai dan 10% serbuk kayu serta ditambahkan 30% batu kapur.

#### 4. Pembentukan *slag depressant* dengan metode kompaksi

Bahan baku yang dicampurkan dan telah homogen kemudian langkah dilakukan proses kompaksi atau pemadatan dalam benda cetak berukuran silinder dan kubus.

#### 5. Pengeringan.

Proses pengeringan dilakukan agar kadar *moisture* pada *slag depressant* berkurang yaitu kurang dari 15%. Pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan temperatur 100 ° C selama 5 jam

#### 6. Pengujian Tekan

Pengujian tekan atau *compressive strength* dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan tekan maksimum atau *compressive strength* pada *slag depressant* yang mampu diterima suatu bahan padat sampai bahan tersebut retak. Nilai kekuatan tekan yang diharapkan adalah lebih dari 1500 N/cm<sup>2</sup>. Pengujian tekan dilakukan dengan cara meletakkan *slag depressant* ke dalam mesin uji tekan kemudian dilakukan pembebanan sampai *slag depressant* tersebut hancur. Kekuatan tekan *slag depressant* dapat diketahui dengan cara membagi gaya yang terukur pada mesin uji tekan dengan luas penampang *slag depressant*.

#### 7. Uji *Volatile Matter*

Uji *volatile matter slag depressant* dilakukan dengan peralatan berupa cawan porselin dan *furnace*. Penentuan nilai *volatile matter slag depressant* dilakukan dengan cara meletakkan sampel *slag depressant* ke dalam porselin kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* temperatur 850 °C selama tujuh menit. Kemudian sampel didinginkan sampai kondisi stabil dan ditimbang. Nilai kadar *volatile matter slag depressant* diketahui berdasarkan persamaan 1 (Winata, 2013).

$$\text{Kadar volatile matter} = \frac{B - C}{W} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

B = Berat sampel setelah dikeringkan (gram)

C = Berat sampel setelah dipanaskan dalam *furnace* (gram)

W = Berat sampel sebelum pengujian (gram)

#### 8. Pengujian Porositas

Pengujian porositas dalam penelitian ini dilakukan dengan metode *water boiling*. Mula – mula *slag depressant* ditimbang massa awal di udara sebagai nilai M1 (gram), lalu dimasukkan pada gelas beker yang telah berisi air mendidih selama 30 menit. Nilai M2 (gram) merupakan massa sampel yang ditimbang dalam air mendidih. Setelah pemanasan dihentikan, air akan masuk ke dalam pori dari sampel kemudian permukaan sampel dikeringkan menggunakan kain lalu massanya diukur sebagai M3 (gram) (R. C. Gupta, 2010). Perhitungan nilai porositas *slag depressant* pada persamaan 2.

$$\text{Porositas (\%)} = \frac{M_3 - M_1}{M_3 - M_2} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

M1= Berat awal sampel (gram)

M2= Berat sampel dalam air (gram)

M3= Berat sampel setelah dikeluarkan (gram)

### 9. Pengujian *shatter test*

Pengujian *shatter test* dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan dan jumlah *slag depressant* yang hilang akibat proses penuangan *slag depressant* dari ketinggian saat penanganan (*handling*) dan transportasi *slag depressant*. Pengujian *shatter test* dilakukan berdasarkan standar ISO 9963 – 1981 dengan menjatuhkan sampel dari ketinggian 2 meter sebanyak 4 kali. Di bagian bawah terdapat pelat (*plate base*) berbentuk persegi dengan panjang sisi sebesar 1,5 meter dan tebal 10 mm. Kemudian sampel yang telah dijatuhkan diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 10 mm (3/8#) dan 5mm (4#). Nilai *shatter index* diperoleh menggunakan persamaan 3 (Samant, 1981).

$$SI = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

SI = *Shatter Index* (%)

M<sub>1</sub> = Berat awal (gram)

M<sub>2</sub> = Berat sampel tertahan di ayakan 10mm (gram)

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Karakterisasi Bahan Baku

Pada penelitian ini, dilakukan karakterisasi awal bahan baku menggunakan metode *X-Ray Fluorescence* untuk mengetahui kandungan unsur – unsur yang terkandung pada masing – masing sampel yang terdiri dari *slag blast furnace*, batu kapur, kertas habis pakai dan metode spektrometer untuk pengujian molase. Pada tahap karakterisasi ini, bahan baku dibagi menjadi dua jenis yakni bentuk padatan dan cairan. Hasil karakterisasi kedua jenis bahan baku tersebut dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 serta hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2: Hasil Karakterisasi XRF Bahan Baku Padat

No.	Komponen	Hasil (% Massa)		
		Kertas Habis Pakai	<i>Slag Blast Furnace</i>	Batu Kapur
1	Al	0,442	5,442	0,294
2	Si	0,382	13,776	0,287
3	S	-	0,574	-
4	Cl	0,207	0,026	0,030
5	K	-	0,476	-
6	Ca	94,586	74,022	98,643
7	Ti	0,133	1,535	0,040
8	V	-	0,018	0,003
9	Cr	0,094	0,018	0,026
10	Mn	-	0,485	0,066
11	Fe	2,068	3,443	0,482
12	Cu	0,809	-	0,043
13	Y	-	0,037	-
14	Zr	-	0,148	0,001
15	Sr	-	-	0,032
16	Sn	1,278	-	0,052

Tabel 3: Hasil Karakterisasi Bahan Baku Cairan

No.	Komponen	Komposisi Molase (% massa)
1	Al	0,244
2	Si	0,022
3	P	0,131
4	S	0,054
5	Cl	0,320
6	K	0,552
7	Ca	0,350
8	Oil	98,300

Tabel 4: Data Hasil Pengujian Analisis Proksimat pada Serbuk Kayu

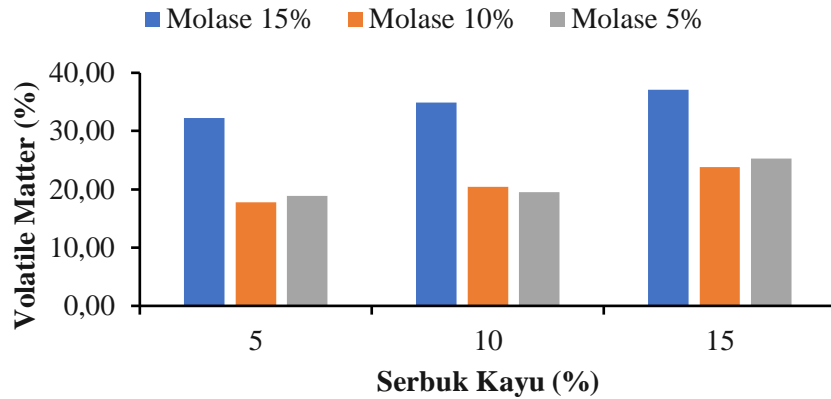
Sampel	Moisture (%)	Ash (%)	Volatile Matter (%)
Serbuk Kayu	14,320	3,000	65,600

Pada Tabel 2 dapat diketahui bahwa unsur utama pada batu kapur adalah Ca sebesar 98,64% massa. Pada data tersebut, batu kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), unsur utama pada *slag blast furnace* adalah Ca, dan Si masing – masing memiliki nilai 74,02% dan 13,77% massa, serta kertas habis pakai memiliki unsur utama Ca sebesar 94,58%. Bahan baku cairan yang digunakan ialah *binder*, pada penelitian ini *binder* yang digunakan ialah molase. Data hasil karakterisasi molase dapat dilihat pada Tabel 3 yang diketahui bahwa unsur utama pada molase adalah Ca, K dan *oil* yang masing – masing memiliki nilai sebesar 0,350%, 0,552%, dan 98,3% massa. Hasil analisis proksimat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa *volatile matter* pada serbuk kayu memiliki nilai 65,60%.

### 3.2. Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Nilai *Volatile Matter Slag Depressant*

Nilai *volatile matter* akan mempengaruhi laju proses pembakaran sehingga *slag depressant* memiliki kemampuan bakar tinggi agar mampu terbakar dengan cepat dan dapat memecah *slag foam* pada permukaan besi cair (Sunghyun, 2007). Teori ini juga diperkuat oleh Fernandez Anes pada tahun 2014 bahwa jika kandungan *volatile matter* semakin tinggi, maka suatu bahan akan semakin mudah terbakar (Fernandez Anes 2014). *Slag depressant* yang digunakan diharapkan dapat terurai pada temperatur kurang dari 1000 °C saat proses, agar tidak mengubah atau mengotori baja cair yang terdapat pada *basic oxgen furnace*. Untuk memenuhi kriteria dari spesifikasi *slag depressant*, nilai *volatile matter* pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 6.



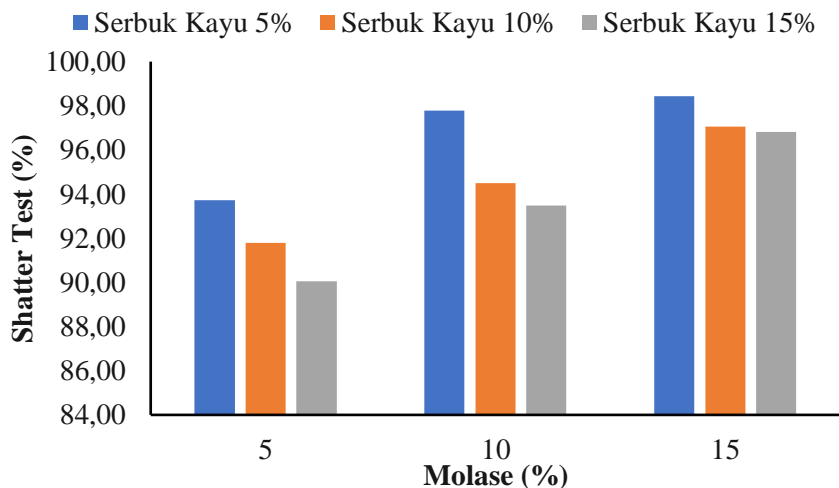


Gambar 6: Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Nilai *Volatile Matter Slag Depressant*

Pada Gambar 6 diketahui bahwa terdapat tiga sampel yang bernilai kurang 20%, nilai *volatile matter* ini tidak sesuai dengan literatur bahwa spesifikasi *slag depressant* memiliki nilai *volatile matter* lebih dari 20%, hal ini terjadi karena kurangnya komposisi bahan organik pada campuran *slag depressant*, yang mana menurut literatur *slag depressant* terbuat dari 60% bahan organik dan 40% kalsium karbonat (Kanamori & Nashiwa, 2001). Pada *slag depressant* dengan penambahan 10% serbuk kayu dan 5% molase memiliki nilai *volatile matter* sebesar 19,52%, pada penambahan 5% serbuk kayu dengan masing – masing penambahan 5% dan 10% molase memiliki nilai 18,85% dan 17,81%. Ketiga sampel ini memiliki nilai *volatile matter* dibawah 20%. Hal ini terjadi dikarenakan banyaknya penambahan pada pencampuran komposisi *slag blast furnace* pada *slag depressant* sehingga menurunkan nilai *volatile matter* pada *slag depressant*. Hal ini terjadi karena menurut Kanamori dkk bahwa kandungan utama *slag blast furnace* yang sulit terbakar dan menghasilkan abu (Kanamori & Nashiwa, 2001). Dapat diketahui bahwa adanya peningkatan nilai *volatile matter* dikarenakan penambahan serbuk kayu. Pada penambahan serbuk kayu 15% memiliki nilai *volatile matter* lebih dari 20%, *slag depressant* memiliki spesifikasi nilai *volatile matter* lebih dari 20% (Yucheoljong, 2008). Hal ini dikarenakan serbuk kayu memiliki nilai *volatile matter* 65,60%, hal mampu meningkatkan nilai *volatile matter* pada *slag depressant*.

### 3.3. Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu dan Molase Terhadap *Shatter Index Slag Depressant*

Pengujian *shatter test* dilakukan sesuai dengan standar IS 9963 – 1981, *shatter test* dilakukan untuk mengetahui kerusakan yang terjadi pada *slag depressant* dan jumlah berat *slag depressant* yang berkurang saat proses *handling* dan transportasi, hingga mendapatkan nilai SI (*Shatter Index*). Semakin besar *shatter index* maka semakin baik performa mekanik pada *slag depressant*. Pada gambar 7 dapat dilihat pengaruh *binder* terhadap *slag depressant*.

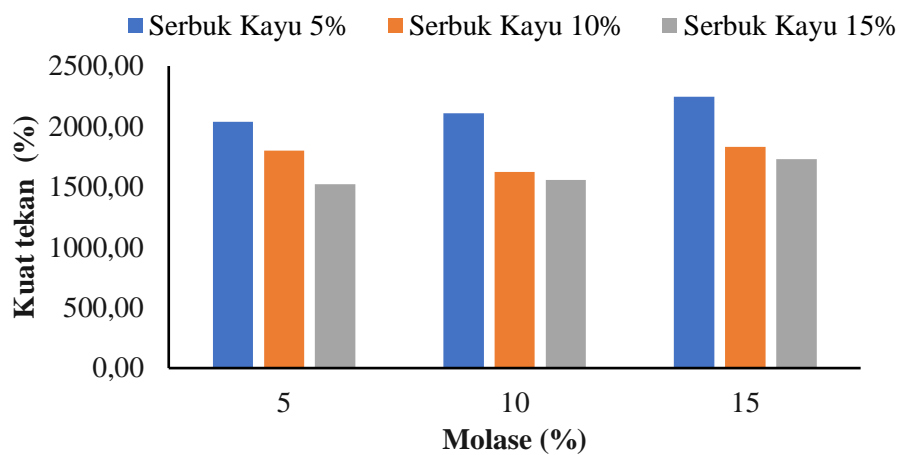


Gambar 7: Pengaruh Penambahan *Binder* Molase Terhadap *Shatter Index Slag Depressant*

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa nilai tertinggi *shatter index* terdapat pada penambahan molase sebanyak 15% dan nilai terendah *shatter index* didapat pada penambahan 5% molase, hal ini terjadi karena *binder* molase yang berbentuk cairan kental dan tidak memiliki serat kasar sehingga memungkinkan daya tarik antar molekul untuk membentuk ikatan yang lebih kuat. Molase akan menempel pada permukaan pada permukaan partikel padat agar terjadi ikatan kuat pada benda uji. (Syahri et al., 2018; Yusmadi et al., 2015). Hal ini berbanding terbalik dengan penambahan serbuk kayu pada *slag depressant*, makin banyaknya penambahan serbuk kayu maka semakin rendah hasil dari *shatter index* yang didapatkan. Namun pada penelitian ini hasil nilai persentase dari *shatter test* lebih dari 80% yang mana sesuai dengan *Indian Standard 9963* pada tahun 1981, maka dapat diketahui bahwa penambahan serbuk kayu dan molase terhadap *slag depressant* dikategorikan mampu menahan beban tumpuk pada saat proses *handling* (R. C. Gupta, 2010).

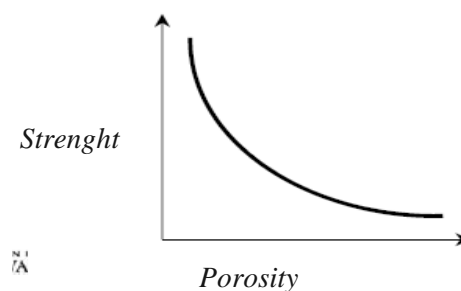
### 3.4. Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Kuat Tekan *Slag Depressant*

Dalam penelitian ini, dilakukan variasi penambahan *binder* berupa molase untuk melihat pengaruhnya terhadap kuat tekan *slag depressant* dan membandingkannya dengan nilai porositas pada *slag depressant*. Pengaruh penambahan molase terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 8.



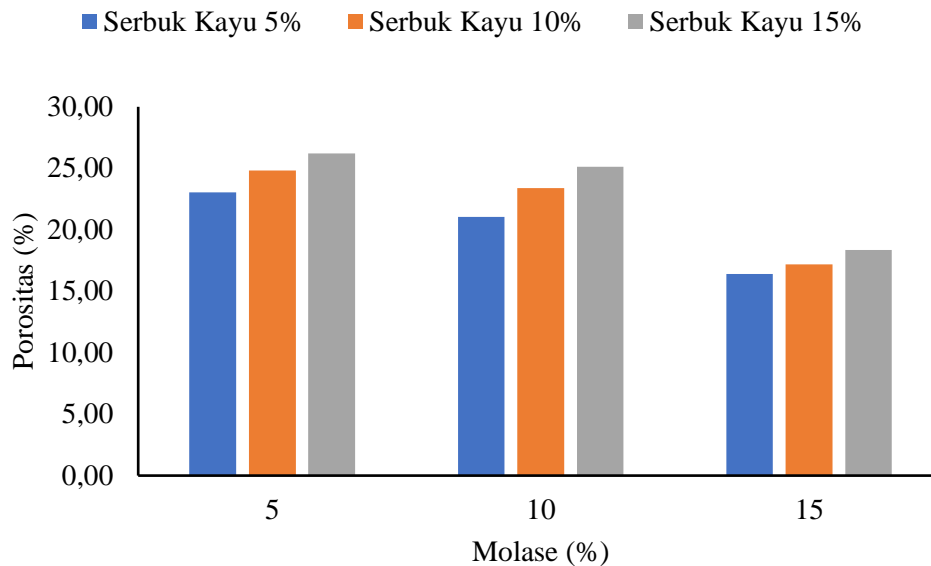
Gambar 8: Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Nilai Kuat Tekan *Slag Depressant*

Pada Gambar 8 dapat dilihat, bahwa penambahan molase memiliki pengaruh terhadap nilai kuat tekan *slag depressant*. Nilai tertinggi didapat pada penambahan 15% molase dengan nilai kuat tekan 2247,91 N/cm<sup>2</sup>. Hal ini disebabkan oleh penambahan molase yang berpengaruh kepada penambahan kuat tekan dikarenakan molase pada *slag depressant* berfungsi untuk mengikat antar partikel dan menutup pori pada *slag depressant* (Syahri et al., 2018; Yusmadi et al., 2015). Terjadi penurunan nilai kuat tekan pada *slag depressant* pada penambahan 10% serbuk kayu dan 10% molase, namun nilai kuat tekan *slag depressant* yang dihasilkan lebih dari 1500 N/cm<sup>2</sup>. Hal ini sesuai dengan literatur bahwa *slag depressant* yang digunakan pada *basic oxygen furnace* harus memiliki nilai kuat tekan lebih dari 1500 N/cm<sup>2</sup> (Yucheoljong, 2008). Pengujian porositas *slag depressant* dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap kekuatan tekan. Kuat tekan suatu bahan sangat di pengaruhi oleh nilai porositas, apabila porositas suatu material meningkat, maka kekuatan suatu material akan menurun. Hal ini sesuai dengan Gambar 9.



Gambar 9: Hubungan Porositas Terhadap Kekuatan Material (Nemati, 2015)

Hasil pengujian porositas pada *slag depressant* dengan penambahan molase dapat dilihat pada Gambar 10.

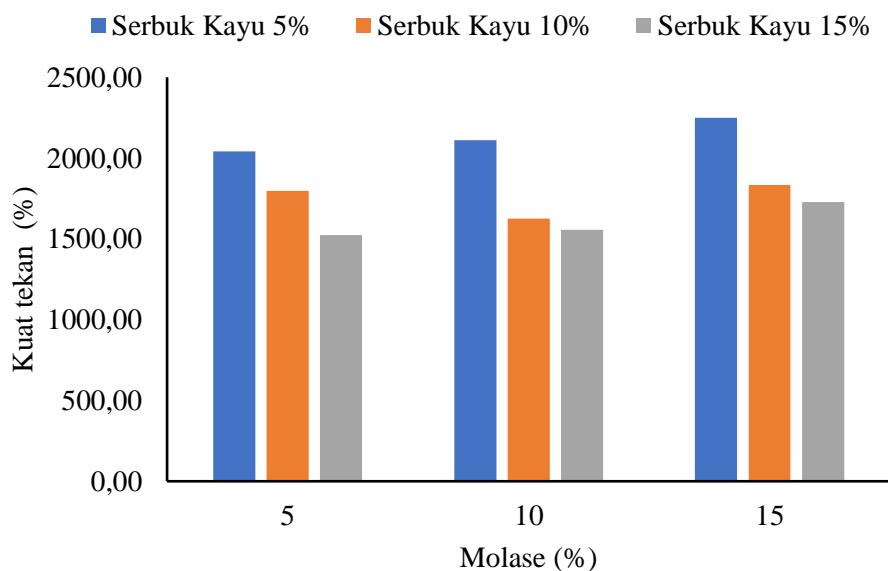


Gambar 10: Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Porositas *Slag Depressant*

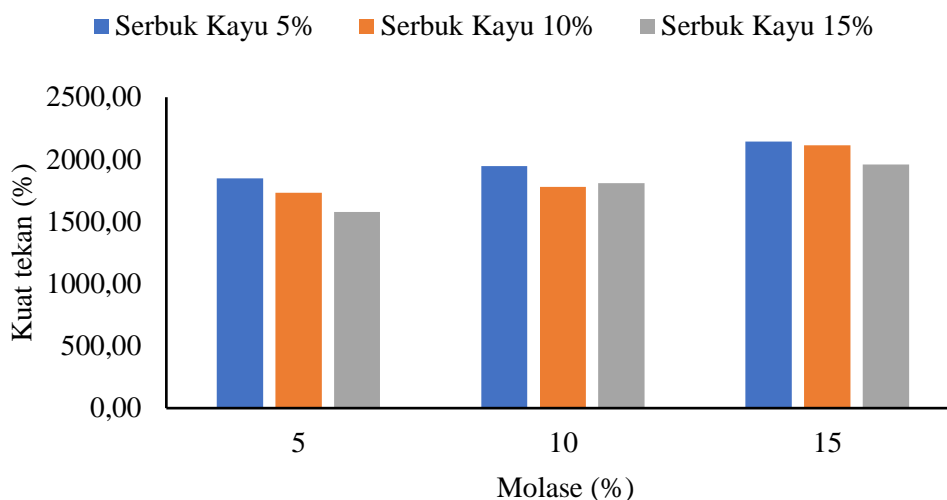
Pada Gambar 10 diatas dapat dilihat bahwa penambahan molase pada *slag depressant* mampu mengurangi nilai porositas. Hal ini dikarenakan molase adalah jenis *binder* yang berbentuk cairan kental dan tidak memiliki serat kasar sehingga memungkinkan mampu menutupi pori yang ada pada *slag depressant*. Molase akan menempel pada permukaan partikel padat agar terjadi ikatan kuat pada benda uji. (Syahri et al., 2018; Yusmadi et al., 2015). Maka dari itu dapat disimpulkan bahwa nilai yang didapat pada setiap diagram batang pengujian porositas ini penurunan saat penambahan *binder* molase.

### 3.5. Pengaruh Bentuk Geometri Terhadap Kuat Tekan *Slag Depressant*

*Slag depressant* yang digunakan dalam industri memiliki beberapa spesifikasi tertentu antara lain memiliki kuat tekan 1500 N/cm<sup>2</sup>. Untuk mendapatkan nilai kuat tekan lebih dari 1500N/cm<sup>2</sup>, dilakukan perbandingan antara geometri silinder dan kubus yang dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11: Nilai Kuat Tekan *Slag Depressant* Dengan Bentuk Geometri Silider



Gambar 12: Nilai Kuat Tekan *Slag Depressant* Dengan Bentuk Geometri Kubus

Pada Gambar 11 dan Gambar 12 menunjukkan bahwa hasil tertinggi didapat dengan nilai 2247,91 N/cm<sup>2</sup> dan 2144,61 N/cm<sup>2</sup>. Dengan nilai tertinggi didapatkan pada *slag depressant* bentuk geometri silinder. Dalam penelitian ini luas penampang pada silinder memiliki nilai sebesar 14,45 cm<sup>2</sup> dan spesimen bentuk kubus yaitu 16,32 cm<sup>2</sup>. Kuat tekan dapat suatu bahan dapat dipengaruhi oleh luas spesimen suatu benda uji, semakin besar luas penampangnya maka akan semakin kecil nilai kuat tekan yang dihasilkan. Menurut Che dkk, kuat tekan pada benda dengan bentuk kubus memiliki nilai kuat tekan lebih tinggi dari silinder (Che *et al*, 2011). Namun pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan tertinggi pada bentuk geometri silinder. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gustavo Pedroti pada tahun 2018 bahwa kuat tekan spesimen bentuk silinder lebih besar 1% sampai 26% dari spesimen bentuk kubus.

#### 4. Kesimpulan

Penambahan bahan organik serbuk kayu dapat mempengaruhi kualitas *slag depressant*. Pada setiap pengujiannya, penambahan 5% serbuk kayu memiliki nilai tertinggi 98,05%. Pada pengujian *shatter test*, penambahan 15% serbuk kayu memiliki nilai 37,14%. Pada pengujian *volatile matter* penambahan serbuk kayu 5% memiliki nilai porositas terkecil pada 16,39% dan nilai kuat tekan tertinggi 2247,91 N/cm<sup>2</sup> pada penambahan 5% serbuk kayu. *Slag depressant* memiliki nilai tertinggi 98,05% pada pengujian *shatter test* dan memiliki nilai kuat tekan tertinggi 2247,91 N/cm<sup>2</sup> pada penambahan 15% molase dengan bentuk geometri silinder. Pada penelitian ini didapat nilai kuat tekan tertinggi 2247,91 N/cm<sup>2</sup> pada *slag depressant*.

#### Referensi

- ASTM D 5142-02., (1994), "Standard Test Methods for Proximate Analysis of the Analysis Sample of Coal and Coke by Instrumental Procedures", Society, pp. 1–6
- Ciocan, A., (2012), "Assessment of Blast Furnace Slag Transformation Into value Added by-Products on Basis on Knowledge of Slag Characteristics", pp. 38–48.
- Dicker, Jonathan., (2014), "Monitoring of Slag Foaming and Other Performance Indicators in an Electric Arc Furnace", School of Materials Science and Engineering.
- Djoko Perwonto., (2009), "Analisa Jenis Limbah Kayu Pada Industri Pengolahan Kayu" [https://www.researchgate.net/publication/314241565\\_ANALISA\\_JENIS\\_LIMBAH\\_KAYU\\_PADA\\_INDUSTRI\\_PENGOLAHAN\\_KAYU](https://www.researchgate.net/publication/314241565_ANALISA_JENIS_LIMBAH_KAYU_PADA_INDUSTRI_PENGOLAHAN_KAYU)
- Fruehan, R. J., (2012), The Making, Shaping and Treating of Steel: Steelmaking and Refining Volume (R. J. Fruehan (ed.); 11nd ed.). The AISE Steel Foundation. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Ghosh, Ahindra., (2001), "Ironmaking and Steelmaking Theory and Practice", New Delhi, Gugyeonghoe., (2007), "Matters for Depressing Slag Foaming and the Method for Adding It", South Korea Patent No. 100946375B1.
- Gupta, R. C., (2010), Theory and Laboratory Experiments in Ferrous Metallurgy. PHI Learning Private Limited.
- James Pandiangan, R. K., (2015), "Perbandingan Pengaruh Penggunaan Steel Slag Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Lentur Pada Beton Bertulang Dengan Beton Normal (Studi Eksperimental)"
- Kambuna, B. N., Oediyani, S., Salman, D. I., & Kusnadi, K. (2021). The effect of composition and shape variations on compressive strength slag depressant. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 17(2), 211. <https://doi.org/10.36055/tjst.v17i2.12371>.
- Kanamori, T., & Nashiwa, H., (2001), Depressant for Foaming of Iron and Steel Slag (Patent No. JP2001032007A)
- Karim, G. A., Susilowati, E., & Pratiwi, W., (2018), Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Terhadap Sifat Fisika Semen Portland Jenis-I the Effect of Ground Granulated Blast Furnace Slag on Physical Properties of Portland Cement Type I. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 47–52.
- Kyun, K. M., (2017), Deslopping agent of Converter having waste red mud and method for manufacturing the same (Patent No. KR101736625B1)
- Matsuzawa, Reihiro., (2008), "Slag Foaming Killing Material, and Slag Foaming Killing Method", South Korea Patent No. 101234483B1
- Miyamoto, T., Akahane, K., Torii, K., & Hayashiguchi, S., (2015), Production and Use of Blast Furnace Slag Aggregate for Concrete. NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL TECHNICAL REPORT No. 109 JULY 2015, 109, 102–108
- Nimoto, Kenichi. "Forming Inhibitor", Japanese Patent No. 2016009186A. (2016).
- Rosenqvist, T., (2010), Principles of Extractive Metallurgy (2nd ed.). Tapir Academic Press
- Srinivasarao, P., & Birru, A. K., 2017, Effect of Mechanical Properties with Addition of Molasses and FlyAsh in Green SandMoulding. *Materials Today: Proceedings*, 4(2), (1186–1192). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.01.136>
- Winata, A., (2013), Karakteristik Biopellet dari Campuran Serbuk Kayu Sengon dengan Arang Sekam Padi Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan.
- World Steel Association., (2022), Energy Use in the Iron and Steel Industry. In Energy Use in Steel Industry. [worldsteel.org](http://worldsteel.org)
- Wing, M., (2010), "The making of Iron and Steel", ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 35(6), pp. 5–7
- Yucheoljong., (2008), "Deslopping Agent of Converter and Producing Method of The Same", Korea Patent No. 101008157B1
- Yuksel, Isa., (2018), "Blast-Furnace Slag, Waste and Supplementary Cementitious Materials in Concrete: Characterisation, Properties and Applications". Elsevier Ltd.