

**PENGARUH KERTAS HABIS PAKAI DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KAYU DAN *BINDER* MOLASE TERHADAP *SLAG*  
*DEPRESSANT* BERBENTUK SILINDER DAN KUBUS**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Arief Yusuf Budiharto  
3334180066

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON - BANTEN  
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH KERTAS HABIS PAKAI DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KAYU DAN *BINDER* MOLASE TERHADAP *SLAG*  
*DEPRESSANT* BERBENTUK SILINDER DAN KUBUS**

SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui Untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



**Ir. Soesaptri Oediyani, M.E.**  
NIP. 196006232003122001

Pembimbing II



**Bening Nurul H. K. S.T., M.T.**  
NIP. 199008292020122013


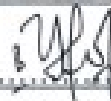


LEMBAR PERSETUJUAN

PENGARUH KERTAS HABIS PAKAI DENGAN PENAMBAHAN  
SERBUK KAYU DAN *BINDER* MOLASE TERHADAP *SLAG*  
*DEPRESSANT* BERBENTUK SILINDER DAN KUBUS

SKRIPSI


Disusun dan diajukan oleh  
**Arief Yusuf Budiharto**  
3334180066

Telah disidangkan di depan Dewan Penguji pada tanggal 28 Juli 2023

|                          | Susunan Dewan Penguji                   | Tanda Tangan   |
|--------------------------|---|--|
| Penguji I (Ketua Sidang) | : <u>Ir. Soesaptri Oediyani, M.E.</u>   | <br>..... |
| Penguji II               | : <u>Bening Nurul H. K. S.T., M.T.</u>  | <br>..... |
| Penguji III              | : <u>Rahman Faiz S, S.T., M.Sc.</u>     | <br>..... |
| Penguji IV               | : <u>Anistasia Milandia, S.T., M.T.</u> | <br>..... |

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Metalurgi

  
Adhitya Trenggono S.T., M.Sc.  
NIP. 197804102003121001

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut :

Judul : Pengaruh Kertas Habis Pakai Dengan Penambahan  
Serbuk Kayu dan *Binder* Molase Terhadap *Slag*  
*Depressant* Berbentuk Silinder dan Kubus

Nama : Arief Yusuf Budiharto

NIM : 3334180066

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan dalam lembar ini.

Cilegon, Juli 2023

  
METERAI  
TEMPEL  
**Arief Yusuf Budiharto**  
NIM. 3334180066

## ABSTRAK

*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*. Pada saat penggunaan *slag depressant* terjadi masalah baru yaitu mengendapnya serpihan *slag depressant* di dalam *hopper*. Hal ini terjadi dikarenakan rendahnya kemampuan *slag depressant* menahan beban dan kuat tekan *slag depressant* kurang dari 1500N/cm<sup>2</sup>. *Slag depressant* diharapkan mampu menahan beban tumpuk selama penggunaannya di dalam *hopper*. Upaya untuk menjawab permasalahan tersebut maka dilakukan suatu penelitian dengan penambahan variasi komposisi molase : *slag blast furnace* 5% : 25%, 10% : 30%, dan 15% : 15% serta bahan organik sebanyak 40% dengan variasi komposisi serbuk kayu : kertas habis pakai, 5% : 35%, 10% : 30%, 15% : 25%. Selain itu dilakukan penelitian perbandingan antara bentuk geometri silinder dan kubus untuk mengetahui pengaruhnya terhadap spesifikasi *slag depressant*. Penelitian dilakukan dengan pencampuran bahan baku berupa bahan organik, batu kapur, *slag blast furnace* dan molase. Setelahnya dilakukan pembentukan *slag depressant* berbentuk silinder dan kubus dengan metode kompaksi dan dikeringkan di dalam *oven* dengan temperatur 100 °C selama 5 jam. Lalu dilakukan pengujian *shatter test*, *volatile matter*, porositas dan kuat tekan. Berdasarkan pengujiannya, *shatter test* memiliki nilai tertinggi 98,24% pada penambahan 5% serbuk kayu dan 15% molase dengan bentuk geometri silinder, pengujian *volatile matter* memiliki nilai tertinggi 38,10% pada penambahan 15% serbuk kayu dan nilai porositas terkecil 16,40% dengan pada penambahan serbuk kayu 5% dan 15% molase pada bentuk geometri silinder. Penambahan molase meningkatkan kekuatan pada *slag depressant*. *slag depressant* memiliki nilai tertinggi 98,24% pada pengujian *shatter test* dan memiliki nilai kuat tekan tertinggi 2247,91 N/cm<sup>2</sup> pada penambahan 15% molase dan 5% serbuk kayu dengan bentuk silinder. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan molase sebagai *binder* dan serbuk kayu sebagai bahan organik serta bentuk geometri silinder memberikan pengaruh yang terbaik terhadap nilai *shatter test*, uji tekan, porositas, dan *volatile matter slag depressant*.

**Kata Kunci:** *Slag depressant*, *slopping*, *slag foam*, *shatter test*, *volatile matter*, porositas, uji tekan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas segala berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Kertas Habis Pakai Dengan Penambahan Serbuk Kayu dan *Binder* Molase Terhadap *Slag Depressant* Berbentuk Silinder dan Kubus”. Penulis menyadari dalam menyusun skripsi ini banyak mendapatkan dukungan, bimbingan, bantuan, dan kemudahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Adhitya Trenggono, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi dan Koordinator Skripsi.
2. Ibu Ir. Soesaptri Oediyani, M.E. dan Ibu Bening Nurul H. K., ST., MT selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas bimbingan, saran, tantangan dan motivasi yang diberikan.
3. Kelapa Laboratorium Metalurgi dan Kepala Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah mengizinkan untuk menggunakan sarana penelitian.
4. Segenap Dosen Prodi Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan ilmu kepada penulis.
5. Adik, Kakak, dan Orang tua atas doa, kasih sayang, serta dukungan baik moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak luput dari kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan guna memperbaiki segala kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, Juli 2023

Arief Yusuf Budiharto

## DAFTAR ISI

|  |                              |
|--|------------------------------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....                                       | Error! Bookmark not defined. |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....                                   | <b>ii</b>                    |
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....                                  | <b>iii</b>                   |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....                                   | <b>iv</b>                    |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | <b>v</b>                     |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....                                      | <b>vi</b>                    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | <b>vii</b>                   |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | <b>ix</b>                    |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....                                       | <b>xi</b>                    |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....                                   | <b>1</b>                     |
| 1.1 Latar Belakang .....   | 1                            |
| 1.2 Identifikasi Masalah .....                                   | 4                            |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                      | 5                            |
| 1.4 Ruang Lingkup Masalah .....                                  | 6                            |
| 1.5 Sistematika Penulisan .....                                  | 6                            |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                             | <b>8</b>                     |
| 2.1 Proses Pemurnian di BOF ( <i>Basic Oxygen Furnace</i> )..... | 8                            |
| 2.2 <i>Slag Blast Furnace</i> .....                              | 10                           |
| 2.3 <i>Slag Foaming</i> .....                                    | 13                           |
| 2.4 <i>Slag Depressant</i> .....                                 | 17                           |
| 2.5 Bahan Organik .....  | 20                           |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.6                                      | Limbah Serbuk Kayu .....   | 21        |
| 2.7                                      | Limbah Kertas .....  | 22        |
| 2.8                                      | Binder Molase .....  | 25        |
| 2.9                                      | Batu Kapur .....   | 27        |
| 2.10                                     | Bentuk Geometri .....  | 28        |
| <b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>   |  | <b>31</b> |
| 3.1                                      | Diagram Alir .....   | 31        |
| 3.2                                      | Alat dan Bahan .....   | 32        |
| 3.2.1                                    | Alat .....   | 32        |
| 3.2.2                                    | Bahan .....  | 33        |
| 3.3                                      | Prosedur Penelitian .....  | 34        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b> |  | <b>45</b> |
| 4.1                                      | Karakterisasi Bahan Baku .....   | 45        |
| 4.2                                      | Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Nilai <i>Volatile Matter Slag Depressant</i> .....    | 46        |
| 4.3                                      | Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu dan Molase Terhadap <i>Shatter Index Slag Depressant</i> ..... | 49        |
| 4.4                                      | Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Kuat Tekan <i>Slag Depressant</i> .....                    | 41        |
| <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>  |  | <b>58</b> |
| 5.1                                      | Kesimpulan .....   | 58        |
| 5.2                                      | Saran .....  | 58        |
| DAFTAR PUSTAKA .....                     |  | 60        |
| LAMPIRAN A PERHITUNGAN .....             |  | 67        |
| LAMPIRAN B DATA HASIL PENELITIAN .....   |  | 69        |
| LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN .....   |  | 81        |



## DAFTAR TABEL

|                  |   |    |
|------------------|---|----|
| <b>Tabel 2.1</b> | Reaksi Terjadi pada BOF dengan <i>software</i> CSH.....                             | 9  |
| <b>Tabel 2.2</b> | Komposisi Kimia <i>Slag Blast Furnace</i> .....                                     | 12 |
| <b>Tabel 2.3</b> | <i>Physical Characteristic Blast Furnace Slag</i> .....                             | 13 |
| <b>Tabel 2.4</b> | Komposisi <i>Slag Depressant</i> .....  | 18 |
| <b>Tabel 2.5</b> | Spesifikasi <i>Slag Depressant</i> .....  | 19 |
| <b>Tabel 2.6</b> | Komposisi Kimia Serbuk Kayu .....   | 22 |
| <b>Tabel 2.5</b> | Komposisi Kertas Habis Pakai.....   | 24 |
| <b>Tabel 2.6</b> | Komposisi Molase.....   | 26 |
| <b>Tabel 2.7</b> | Komposisi Batu Kapur.....   | 28 |
| <b>Tabel 3.1</b> | Variasi Komposisi <i>Slag Depressant</i> .....                                      | 38 |
| <b>Tabel 4.1</b> | Hasil Karakterisasi Awal Bahan Baku Padat.....                                      | 44 |
| <b>Tabel 4.2</b> | Hasil Karakterisasi Awal Bahan Baku Cairan. ....                                    | 45 |
| <b>Tabel 4.3</b> | Data Hasil Pengujian Analisis Proksimat pada Serbuk Kayu.....                       | 45 |
| <b>Tabel B.1</b> | Hasil Karakterisasi Awal Bahan Baku Padat. ....                                     | 70 |
| <b>Tabel B.2</b> | Hasil Karakterisasi Awal Bahan Baku Cairan. ....                                    | 71 |
| <b>Tabel B.3</b> | Variasi Komposisi <i>Slag Depressant</i> . ....                                     | 71 |
| <b>Tabel B.4</b> | Data Hasil Analisis <i>Volatile Matter Slag Depressant</i><br>Bentuk Silinder ..... | 72 |
| <b>Tabel B.5</b> | Data Hasil Analisis <i>Volatile Matter Slag Depressant</i><br>Bentuk Kubus.....     | 73 |

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Tabel B.6</b>  | Data Hasil Pengujian Porositas <i>Slag Depressant</i> Bentuk Silinder .....    | 74 |
| <b>Tabel B.7</b>  | Data Hasil Pengujian Porositas <i>Slag Depressant</i> Bentuk Kubus .....       | 74 |
| <b>Tabel B.8</b>  | Data Hasil Pengujian <i>Shatter Test Slag Depressant</i> Bentuk Silinder ..... | 75 |
| <b>Tabel B.9</b>  | Data Hasil Pengujian <i>Shatter Test Slag Depressant</i> Bentuk Kubus .....    | 76 |
| <b>Tabel B.10</b> | Data Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Slag Depressant</i> Bentuk Kubus .....      | 77 |
| <b>Tabel B.11</b> | Data Hasil Pengujian Kuat Tekan <i>Slag Depressant</i> Bentuk Silinder .....   | 78 |
| <b>Tabel B.12</b> | Data Hasil Pengujian Analisis Proksimat pada Serbuk Kayu .....                 | 79 |

## DAFTAR GAMBAR

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Gambar 2.1</b> | Rute Pembuatan Baja .....  | 8  |
| <b>Gambar 2.2</b> | <i>Basic Oxygen Furnace Vessel</i> .....   | 14 |
| <b>Gambar 2.3</b> | Bentuk Geometri <i>Slag Depressant</i> dalam Industri .....  | 19 |
| <b>Gambar 2.4</b> | Limbah Industri Kayu .....   | 21 |
| <b>Gambar 2.5</b> | Limbah Kertas .....  | 23 |
| <b>Gambar 2.6</b> | Molase .....   | 25 |
| <b>Gambar 2.7</b> | Cetakan Silinder .....   | 29 |
| <b>Gambar 2.8</b> | Cetakan Kubus .....  | 29 |
| <b>Gambar 3.1</b> | Diagram Alir Penelitian .....  | 31 |
| <b>Gambar 3.2</b> | <i>X-Ray Fluoroscene</i> .....   | 35 |
| <b>Gambar 3.3</b> | <i>Slag Blast Furnace</i> .....  | 35 |
| <b>Gambar 3.4</b> | Batu Kapur .....   | 36 |
| <b>Gambar 3.5</b> | Bubur Kertas Habis Pakai .....   | 36 |
| <b>Gambar 3.6</b> | Molase .....   | 37 |
| <b>Gambar 3.7</b> | Cetakan Silinder .....   | 39 |
| <b>Gambar 3.8</b> | Cetakan Kubus .....  | 40 |
| <b>Gambar 4.1</b> | Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap<br><i>Volatile Matter Depressant</i> Bentuk Silinder ..... | 47 |
| <b>Gambar 4.2</b> | Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap<br><i>Volatile Matter Depressant</i> Bentuk Kubus .....    | 47 |

|                    |  |    |
|--------------------|--|----|
| <b>Gambar 4.3</b>  | Pengaruh Penambahan <i>Binder</i> Molase dan Serbuk Kayu Terhadap <i>Shatter Index Slag Depressant</i> Bentuk Silinder.....  | 49 |
| <b>Gambar 4.4</b>  | Pengaruh Penambahan <i>Binder</i> Molase dan Serbuk Kayu Terhadap <i>Shatter Index Slag Depressant</i> Bentuk Kubus.....     | 50 |
| <b>Gambar 4.5</b>  | Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap Nilai Kuat Tekan <i>Slag Depressant</i> Bentuk Silinder .....            | 51 |
| <b>Gambar 4.6</b>  | Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap Nilai Kuat Tekan <i>Slag Depressant</i> Bentuk Kubus.....                | 52 |
| <b>Gambar 4.7</b>  | Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Porositas <i>Slag Depressant</i> Bentuk Silinder .....                                   | 54 |
| <b>Gambar 4.8</b>  | Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Porositas <i>Slag Depressant</i> Bentuk Kubus .....                                      | 54 |
| <b>Gambar 4.9</b>  | Foto Mikro Porositas Spesimen Variasi Penambahan Molase 15% Dengan Serbuk Kayu 5% pada <i>Slag Depressant</i> Silinder ..... | 55 |
| <b>Gambar 4.10</b> | Foto Mikro Porositas Spesimen Variasi Penambahan Molase 15% Dengan Serbuk Kayu 5% pada <i>Slag Depressant</i> Kubus .....    | 56 |
| <b>Gambar C.1</b>  | Alat <i>Shatter Test</i> .....   | 83 |
| <b>Gambar C.2</b>  | Ayakan 4 <i>mesh</i> .....   | 83 |
| <b>Gambar C.3</b>  | Ayakan 3/8 <i>mesh</i> .....   | 84 |
| <b>Gambar C.4</b>  | Ayakan 80 <i>mesh</i> .....  | 84 |
| <b>Gambar C.5</b>  | Ayakan 100 <i>mesh</i> .....   | 85 |
| <b>Gambar C.6</b>  | Cetakan Silinder .....   | 85 |
| <b>Gambar C.7</b>  | Cetakan Kubus .....  | 86 |
| <b>Gambar C.8</b>  | Cawan Porselen.....  | 86 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Gambar C.9</b> <i>Electric Stove</i> . .....                  | 87 |
| <b>Gambar C.10</b> Jangka Sorong. ....                           | 87 |
| <b>Gambar C.11</b> Kertas Habis Pakai. ....                      | 88 |
| <b>Gambar C.12</b> Mesin Uji Tekan.....                          | 88 |
| <b>Gambar C.13</b> Serbuk Kayu.....                              | 89 |
| <b>Gambar C.14</b> <i>Slag Blast Furnace</i> .....               | 89 |
| <b>Gambar C.15</b> Serbuk Batu Kapur.....                        | 90 |
| <b>Gambar C.16</b> Wadah Alumunium. ....                         | 90 |
| <b>Gambar C.17</b> <i>X-ray Fluorescence Spectrometer</i> . .... | 91 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam proses pengolahan baja primer menggunakan *Basic Oxygen Furnace* (BOF), terjadi pembentukan gelembung *slag* (*slag foam*). Salah satu permasalahan pada penggunaan BOF adalah *slopping*, yaitu fenomena meluap dan tumpahnya *slag foam* dari dalam BOF (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 BOF. 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 BOF 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 BOF, 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 BOF. 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>). *Slag depressant* yang memiliki nilai kekuatan tekan atau *compressive strength* di bawah 1500 N/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*). 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 sekitar 5-15% dari total massa sehingga limbah kertas dan *slag* dapat memiliki kekuatan pengikat yang lebih kuat (Kim Min Kyun, 2013).

Pada tahun 2020 dilakukan penelitian serupa dengan variasi bentuk geometri, yaitu bentuk kubus, silinder, dan bola pada *slag depressant* oleh Della Izzaty didapatkan hasil kuat tekan tertinggi pada bentuk silinder. Penambahan *binder* molase, *slag blast furnace*, dan kertas habis pakai oleh Kusnadi 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 bubur kertas habis pakai dan serbuk kayu.

Penggunaan serbuk kayu pada *slag depressant* diharapkan dapat menjadi alternatif solusi pemanfaatan limbah di Indonesia. Timbunan limbah di Indonesia mencapai 34 juta ton pada Tahun 2022, dengan 12,3 juta ton/tahun limbah yang tidak terkelola sebanyak 13,3% atau 1,6 juta ton adalah limbah kayu (SIPSN Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, 2022). Penggunaan *slag depressant* dibutuhkan 500Kg per satu ton baja cair yang diproduksi, BOF memproduksi 30 *heat batch* per harinya yang satu kali produksi menghasilkan 360 ton baja cair. Hal ini, berarti *slag depressant* yang digunakan sebanyak 180 ton pada satu kali produksi. BOF dapat memproduksi lebih dari 4 juta ton baja cair per tahun (Britanica, 2023). Maka dari itu



*slag depressant* yang digunakan sebanyak lebih dari 2 juta ton per tahun, yang dimana sebanyak 5-15% komposisi *slag depressant* ialah serbuk kayu. Pada penelitian ini, dilakukan 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.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang, *slag depressant* memiliki permasalahan pada kekuatan tekan, hasil nilai porositas dan nilai kuat tekan yang tidak sesuai dengan literatur, serta pemanfaatan limbah serbuk kayu sebagai campuran bahan organik, maka indentifikasi masalah pada penelitian ini ialah :

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Della (2020), dilakukan variasi bentuk geometri pada *slag depressant* dan didapatkan hasil kuat tekan tertinggi dengan bentuk geometri silinder. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pengujian kembali untuk mengetahui pengaruh bentuk geometri terhadap *slag depressant* dengan penambahan bahan baku molase dan serbuk kayu.
2. *Slag depressant* terbentuk dari campuran *slag*, bahan organik, dan kalsium karbonat. *Slag depressant* dapat dibuat menggunakan serbuk kayu sebagai bahan baku organik (Nimoto, 2016). Pada penelitian ini digunakan serbuk kayu sebagai pemanfaatan limbah kayu. Serbuk kayu sebagai campuran

bahan baku organik tambahan dengan kertas habis pakai. Massa total bahan organik sebesar 40%. Variasi komposisi bahan organik serbuk kayu : kertas habis pakai adalah 5% : 35%, 10% : 30%, 15% : 25%.

3. Penambahan *binder* molase dan *slag blast furnace* dengan massa total 30%, untuk melihat pengaruh terhadap nilai kekuatan yang dihasilkan. Adapun variasi komposisi *binder* molase : *slag depressant* adalah 5% : 25%, 10% : 20%, 15% : 15%.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Secara umum tujuan penelitian ini adalah meningkatkan kualitas kekuatan *slag depressant*. Secara khusus, tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh bentuk geometri silinder dan kubus terhadap nilai *shatter test*, porositas, *volatile matter*, dan uji tekan *slag depressant*.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan limbah serbuk kayu terhadap nilai *shatter test*, porositas, *volatile matter*, dan uji tekan *slag depressant* sebagai alternatif bahan baku campuran.
3. Mengetahui pengaruh variasi komposisi *binder* molase terhadap nilai kekuatan *slag depressant* yang sesuai dengan standar.

### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang Lingkup penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. *Slag blast furnace* yang di gunakan dari PT. Krakatau Steel, batu kapur dari PT. Krakatau Posco Chemtech *Calcination*, dan molase, kertas habis pakai

serta serbuk kayu yang digunakan berasal dari Cilegon.

2. Proses preparasi sampel dan penelitian dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Karakterisasi awal sampel dilakukan di PT Multi Hanna Kreasindo dan PT tekMIRA.
4. Pengujian dilakukan di Laboratorium Metalurgi dan Laboratorium Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi penelitian ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan tentang latar belakang dilakukannya penelitian mengenai *Slag depressant*, lalu ada identifikasi masalah yang merupakan dasar penelitian ini dilakukan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan tentang teori mengenai proses pembuatan baja di BOF, *slag*, *ironmaking slag*, *slag foaming*, *slag depressant*, limbah serbuk kayu, limbah kertas, dan bahan pengikat. Bab III berupa metodologi penelitian yang menjelaskan mengenai diagram alir pembuatan *slag depressant*, alat dan bahan yang digunakan saat penelitian, dan prosedur penelitian karakterisasi awal sampel, preparasi sampel, pengeringan *slag depressant*, pengujian *volatile matter*, pengujian porositas, pengujian tekan dan uji jatuh. Bab IV menjelaskan mengenai hasil karakterisasi bahan baku, hasil penelitian dan analisis dari data pengujian pengaruh penambahan serbuk kayu dan molase terhadap nilai *shatter test*, porositas, *volatile matter*, dan uji tekan *slag depressant*. Bab V merupakan kesimpulan

yang didapatkan dari hasil pengaruh penambahan serbuk kayu terhadap nilai *shatter test*, *volatile matter*, porositas dan uji tekan *slag depressant* serta mengetahui pengaruh molase terhadap nilai kekuatan tekan *slag depressant* dan saran untuk penelitian lebih lanjut. Daftar pustaka berisi buku, jurnal, dan web yang digunakan sebagai referensi dalam penyusunan laporan penelitian ini. Lampiran berisi contoh perhitungan dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, gambar alat, dan bahan yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

Almeida, R. A., Vieira, D., Bielefeldt, W. V., & Vilela, A. C. (2017). Slag foaming fundamentals - A critical assessment. *Materials Research*, 20(2), 474-480. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2016-0059>.

Apriliani, N. F. "Pengaruh Penambahan Larutan  $MgCl_2$  pada Sintesis Kalsium Karbonat Presipitat Berbahan Dasar Batu Kapur dengan Metode Karbonasi", *Sains dan Seni ITS*, 1(1), pp. B30–B34. 2012.

ASTM C20-00. (2015). Standard Test Methods for Apparent Porosity , Water Absorption , Apparent Specific Gravity , and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water. *American Society for Testing and Materials*, 00(Reapproved 2015), 1–3. <https://doi.org/10.1520/C0020-00R10.2>.

ASTM D1762-84 (2013) Standard Test Method for Chemical Analysis of Wood Charcoal. ASTM International, West Conshohocken. <http://www.astm.org/Standards/D1762.htm>.

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.

ASTM E9 – 9 (2000). Test methods of compression testing of metallic materials at room temperature. (n.d.). <https://doi.org/10.1520/e0009-89ar95>.

Brämning, M. (2010). Avoiding Slopping in Top-Blown BOS Vessels. Luleå University of Technology Department of Chemical Engineering and Geosciences

Division of Extractive Metallurgy SE-971 87 Luleå Sweden.  
[https://pure.ltu.se/portal/files/5159297/Mats\\_Bramming\\_Lic2010.pdf](https://pure.ltu.se/portal/files/5159297/Mats_Bramming_Lic2010.pdf).

Cheng, A. S., Yen, T., Liu, Y. W., & Sheen, Y. N. (2008). Relation between porosity and compressive strength of slag concrete. Proceedings of the 2008 Structures Congress - Structures Congress 2008: Crossing the Borders, 314.  
[https://doi.org/10.1061/41016\(314\)310](https://doi.org/10.1061/41016(314)310).

Che, Y., Ban, S. L., Cui, J. Y., Chen, G., & Song, Y. P. (2010). Effect of specimen shape and size on compressive strength of concrete. *Advanced Materials Research*, 163-167, 1375-1379. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.163-167.1375>.

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).

Fernandez-Anez, "*Flammability Properties of Thermally Dried Sewage Sludge*", *Fuel*. Elsevier Ltd, 134. 2014.

Geum Chang Hoon, "*Matters for Depressing Slag*" Korea Patent No. 101485033B1, 2012.

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.

Gupta, S. K., Prasad, A., Chatterjee, A., Kumar, M., Ghosh, S., & Datta, R. (2015). Adoption of Sinter Addition in Steelmaking Converter to Control Spitting. *Journal of Metallurgy*, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2015/187042>.

Heenatimulla, J., Brooks, G. A., Dunn, M., Sly, D., Snashall, R., & Leung, W. (2022). Acoustic analysis of slag foaming in the BOF. *Metals*, 12(7), 1142. <https://doi.org/10.3390/met12071142>.

Horisawa, S., Sunagawa, M., Tamai, Y., Matsuoka, Y., Miura, T., & Terazawa, M. (1999). Biodegradation of nonlignocellulosic substances II: Physical and chemical properties of sawdust before and after use as artificial soil. *Journal of Wood Science*, 45(6), 492-497. <https://doi.org/10.1007/bf00538959>.

Indonesia Eximbank Institute. (2018). Analisa Rantai Pasok (Supply Chain) Komoditas Unggulan Ekspor Indonesia : Pulp & Kertas. In *Analisa Rantai Pasok (Supply Chain) Komoditas Unggulan Ekspor Indonesia*. LEMBAGA PENGEMBANGAN BISNIS DAN INKUBASI UNIVERSITAS AIRLANGGA.

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).

Maschio, S., Furlani, E., Tonello, G., Faraone, N., Aneggi, E., Minichelli, D., Fedrizzi, L., Bachiorrini, A., & Bruckner, S. (2009). Fast firing of tiles containing paper mill sludge, glass cullet and clay. *Waste Management*, 29 (11), 2880–2885. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.06.016>.

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.

Nangaro, R. A., Tamod, Z. E., & Tinah, T. (2020). *ANALISIS KANDUNGAN BAHAN*



ORGANIK TANAH DI KEBUN TRADISIONAL DESA SEREH KABUPATEN  
KEPULAUAN TALAUD.

<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/cocos/article/view/32111/30488>.

Nimoto, Kenichi. "Forming Inhibitor", Japanese Patent No. 2016009186A. 2016.

Nemati, K. M, "Strength of concrete", *Nature*, 132(3345), p. 2015.

Ortega-Zavala, D. E., Santana-Carrillo, J. L., Burciaga-Díaz, O., & EscalanteGarcía, J. I. (2019). An initial study on alkali activated limestone binders. *Cement and Concrete Research*, 120, 267–278. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2019.04.002>.

Palankar, N., Ravi Shankar, A., & Mithun, B. (2015). Studies on eco-friendly concrete incorporating industrial waste as aggregates. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 4(2), 378-390. <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2015.05.002>.

Palmonari, A., Cavallini, D., Sniffen, C., Fernandes, L., Holder, P., Fagioli, L., Fusaro, I., Biagi, G., Formigoni, A., & Mammi, L. (2020). Short communication: Characterization of molasses chemical composition. *Journal of Dairy Science*, 103(7), 6244-6249. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17644>.

Rosenqvist, T., 2010, *Principles of Extractive Metallurgy* (2nd ed.). Tapir Academic Press.

Ruuska, J. (2012). Special measurements and control models for a basic oxygen furnace (BOF). University of Oulu, Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering.

Samant, L. D. (1981). Method of Determination of Shatter Index of Iron Ore Lumps, Sinters, and Pellets (Patent No. Indian Standard IS 9963-1981).

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>.

Sunghyun, Taman “*Manufacturing Method of Converter Slag and Converter Slag Thereof*”, Korea Patent No. 100880527B1. 2007.

Syahri, M., Retnani, Y., & Khotijah, L. (2018). Evaluasi Penambahan Binder Berbeda terhadap Kualitas Fisik Mineral Wafer Abstrak. *Buletin Makanan Ternak*, 16(1), 24–35.

Tarigan, A. P. S. M. A. P. H. J. (2014). Pemanfaatan Limbah Pabrik Gula (Gula Tetes) Sebagai Bahan Tambah dalam Campuran Beton. 1, 0–4.

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.

Wing, M., 2010, "The making of Iron and Steel", *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 35(6), pp. 5–7.

Yildirim, I. Z., & Prezzi, M. (2011). Chemical, mineralogical, and morphological properties of steel slag. *Advances in Civil Engineering*, 2011, 1–13. <https://doi.org/10.1155/2011/463638>.

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.

Yusmadi, Khairi, & Suryani. (2015). Pengaruh Pemakaian CaCO<sub>3</sub> dan Molase terhadap Peningkatan Kualitas Daya Ikat dan Lama Pengerasan Mineral Blok. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 3(2), 39–43.

Zhai, Y., Wang, T., Zhu, Y., Peng, C., Wang, B., Li, X., Li, C., & Zeng, G. (2018). Production of fuel pellets via hydrothermal carbonization of food waste using molasses as binder. *WasteManagement*, 77,185-194. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.022>.