

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Karakterisasi Bahan Baku

Pada penelitian ini, dilakukan karakterisasi awal bahan baku menggunakan metode *X-Ray Fluoresence* (XRF) pada masing – masing sampel yang terdiri dari *slag blast furnace*, batu kapur, kertas habis pakai dan molase serta dilakukan analisis proksimat pada serbuk kayu. Pada tahap karakterisasi XRF, bahan baku dibagi menjadi dua jenis yakni bentuk padatan dan cairan. Hasil karakterisasi kedua jenis bahan baku tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 serta hasil analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4.1** 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

**Tabel 4.1** Hasil Karakterisasi XRF Bahan Baku Padat

No.	Komponen	Hasil (% Massa)		
		Kertas Habis Pakai	Slag Blast Furnace	Batu Kapur
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
Jumlah (%)		99,999	100,000	99,999

**Tabel 4.2** Hasil Karakterisasi XRF 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
Jumlah (%)		99,973

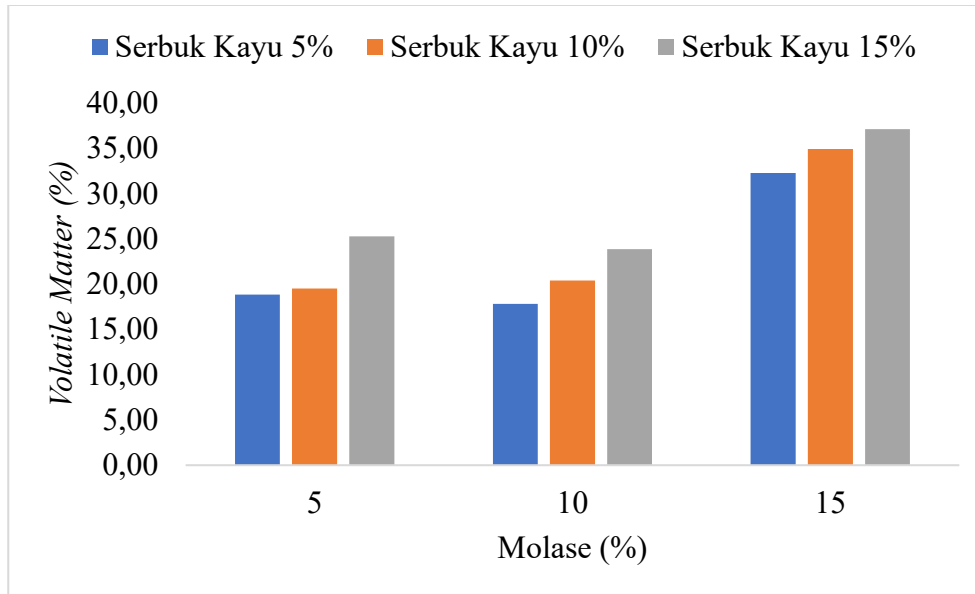
**Tabel 4.3** Data Hasil Pengujian Analisis Proksimat pada Serbuk Kayu

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

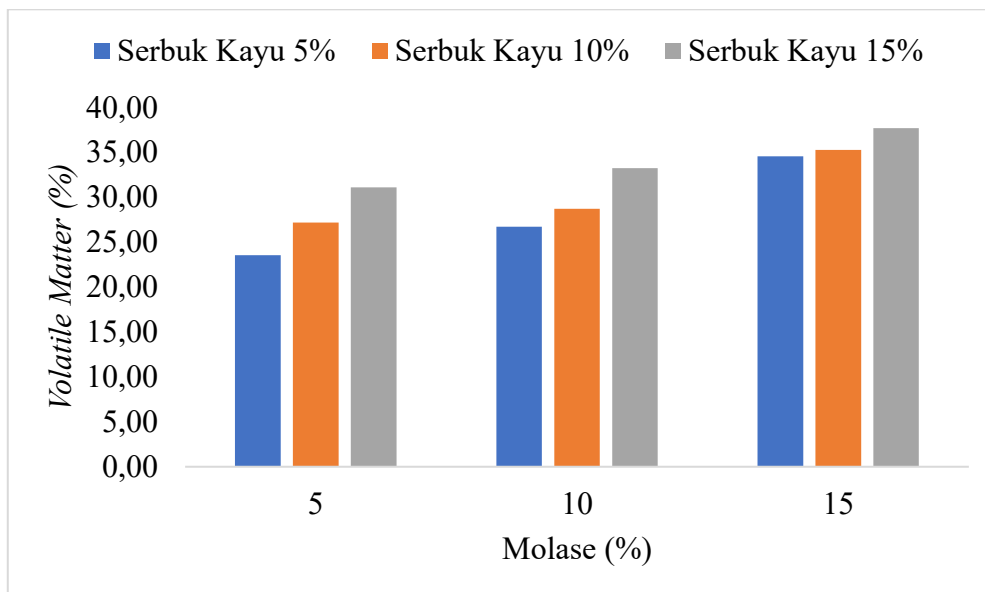
Pada Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa unsur utama pada batu kapur adalah Ca sebesar 98,643% massa. Pada data tersebut, batu kapur yang digunakan pada penelitian ini adalah kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ), unsur utama pada *slag blast furnace* adalah Ca sebesar 74,022% massa, kertas habis pakai memiliki unsur utama Ca sebesar 94,586%. Bahan baku cairan yang digunakan ialah *binder*, pada penelitian ini *binder* yang digunakan ialah molase. Data hasil karakterisasi molase dapat dilihat pada Tabel 4.2. Pada Tabel 4.2 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 4.3 menunjukkan bahwa *volatile matter* pada bahan baku serbuk kayu memiliki nilai 65,600%

#### **4.2 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 (Sunghyun, 2007). Teori ini juga di perkuat oleh Fernandez Anez pada tahun 2014 bahwa jika kandungan *volatile matter* semakin tinggi, maka suatu bahan akan semakin mudah terbakar (Fernandez Anez 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* yang harus dimiliki oleh *slag depressant* harus lebih dari 20% (Sunghyun, 2007).



**Gambar 4.1** Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Nilai *Volatile Matter Slag Depressant* Bentuk Silinder



**Gambar 4.2** Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Terhadap Nilai *Volatile Matter Slag Depressant* Bentuk Kubus

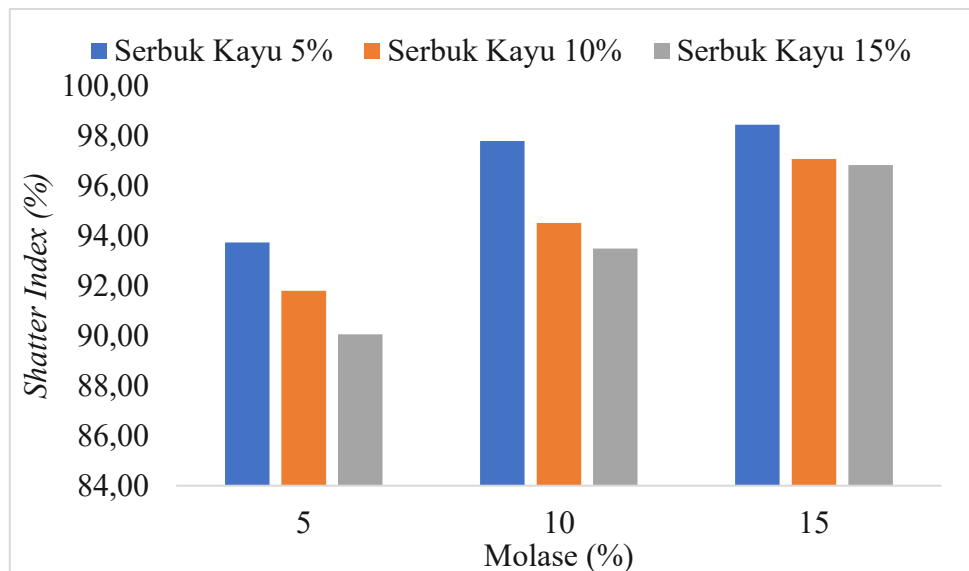
Pada Gambar 4.1 diketahui bahwa pada bentuk geometri silinder terdapat tiga sampel yang bernilai kurang 20%, nilai *volatile matter* ini tidak sesuai dengan yang tertera pada tabel 2.5 bahwa spesifikasi *slag depressant* memiliki nilai *volatile matter* lebih dari 20%, hal ini terjadi karena kurangnya komposisi bahan organik pada campuran *slag depressant*, yang mana *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 19,56%; serta pada penambahan 5% serbuk kayu dengan masing – masing penambahan 5% dan 10% molase memiliki nilai 18,91% dan 17,46%. Ketiga sampel ini memiliki nilai *volatile matter* dibawah 20%. Nilai *volatile matter* pada *slag depressant* yang memiliki nilai kurang dari 20% terjadi karena dipegaruhi 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 pada *slag blast furnace* adalah oksida CaO, SiO<sub>2</sub>, dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang sulit terbakar dan dapat menurunkan nilai dari *volatile matter* (Kanamori & Nashiwa, 2001). Hal ini sesuai dengan paten Jepang, bahwa penambahan *slag blast furnace* yang berlebihan pada *slag depressant* dapat mengakibatkan ketidaksesuaian komposisi oksida anorganik pada baja cair.

Namun pada Gambar 4.2, pada bentuk geometri kubus nilai *volatile matter* sesuai dengan literatur yaitu diatas 20%, hal ini dipengaruhi oleh bentuk geometri kubus yang memiliki luas permukaan lebih besar dari bentuk geometri silinder. Dapat diketahui pada bentuk geometri silinder dan kubus terdapat 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* 65,600%, hal mampu meningkatkan nilai *volatile matter* pada *slag depressant*.

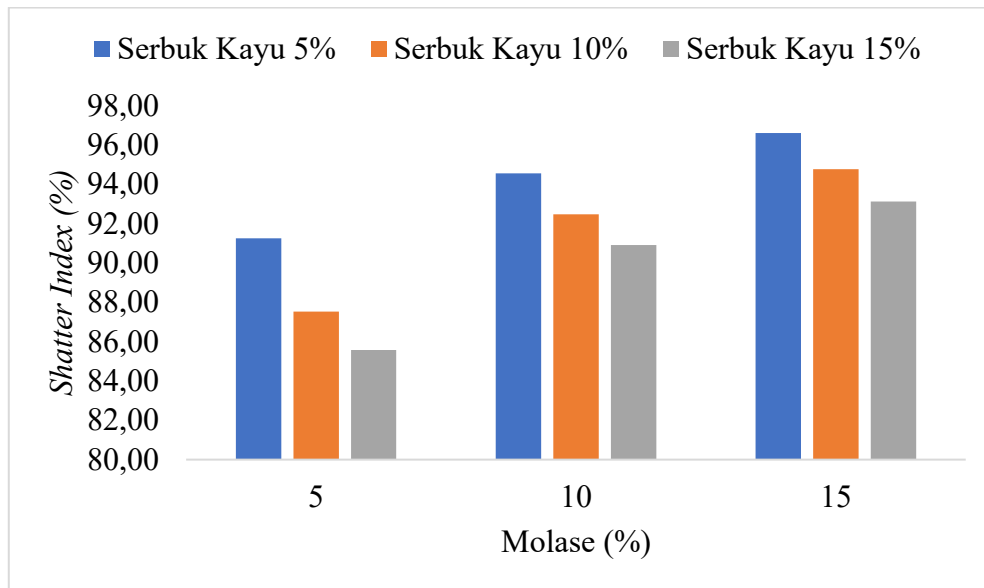
#### 4.3 Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap *Shatter Index Slag Depressant*

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*).



**Gambar 4.3** Pengaruh Penambahan *Binder* Molase dan Serbuk Kayu Terhadap *Shatter Index Slag Depressant* Bentuk Silinder

Pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa pada bentuk silinder memiliki *shatter index* tertinggi terdapat pada penambahan molase sebanyak 15% dengan 5% serbuk kayu dan *shatter index* terendah didapat pada penambahan 5% molase dengan penambahan 15% serbuk kayu. Dapat dilihat pada Gambar 4.4 hal serupa terjadi, bahwa penambahan molase 15% dengan penambahan serbuk kayu 5% memiliki *shatter index* tertinggi dan pada penambahan molase 5% dengan penambahan 15% serbuk kayu memiliki *shatter index* terendah.



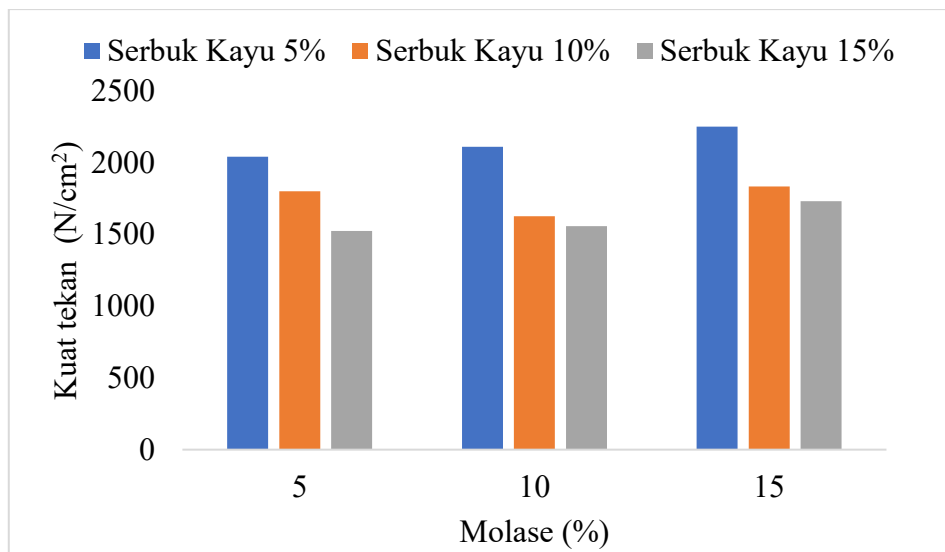
**Gambar 4.4** Pengaruh Penambahan *Binder* Molase dan Serbuk Kayu Terhadap *Shatter Index Slag Depressant* Bentuk Kubus

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 index* 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).

#### 4.4 Pengaruh Penambahan Molase dan Serbuk Kayu Terhadap Kuat Tekan dan Porositas *Slag Depressant*

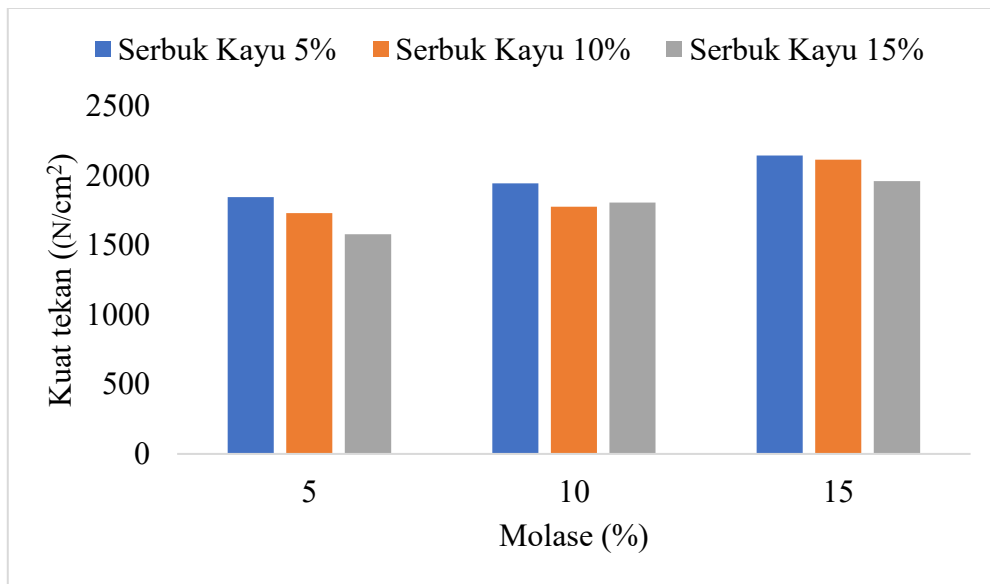
Dalam penelitian ini, dilakukan penambahan variasi komposisi *binder* berupa molase untuk melihat pengaruhnya terhadap kuat tekan *slag depressant*. Pengaruh penambahan molase terhadap kuat tekan dapat dilihat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Nilai Kuat Tekan *Slag Depressant* Bentuk Silinder



Pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa, pada bentuk geometri silinder penambahan molase memiliki pengaruh peningkatan terhadap nilai kuat tekan *slag depressant*. Nilai tertinggi didapat pada penambahan 15% molase dengan nilai kuat tekan 2247,91 N/cm<sup>2</sup>. Pada Gambar 4.6 dapat dilihat pada bentuk geometri kubus, terjadi hal serupa dengan bentuk geometri silindir yang dimana terjadi peningkatan nilai kuat tekan pada *slag depressant* dengan nilai tertinggi 2144,61 N/cm<sup>2</sup>.

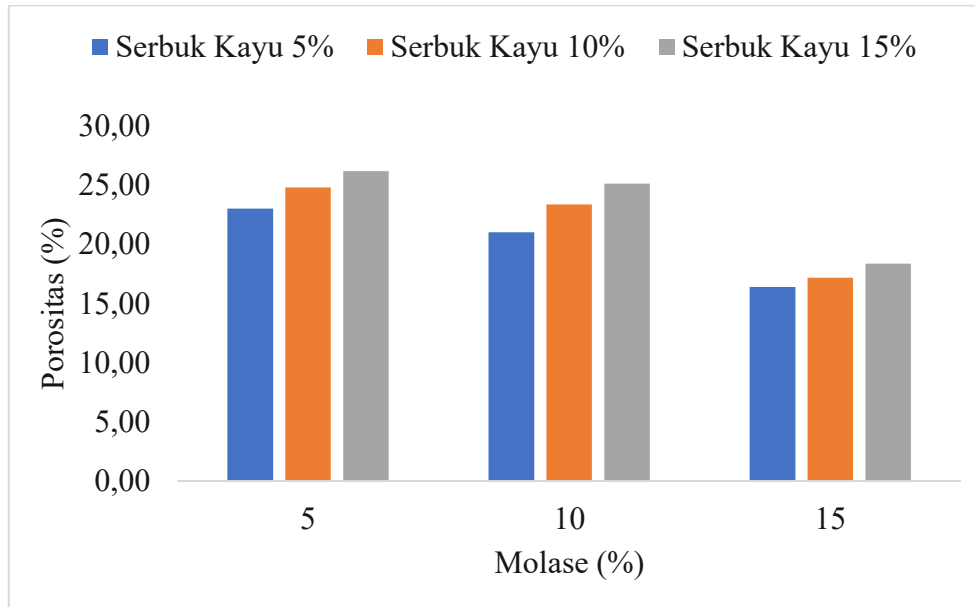


**Gambar 4.6** Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Nilai Kuat Tekan *Slag Depressant* Bentuk Silinder

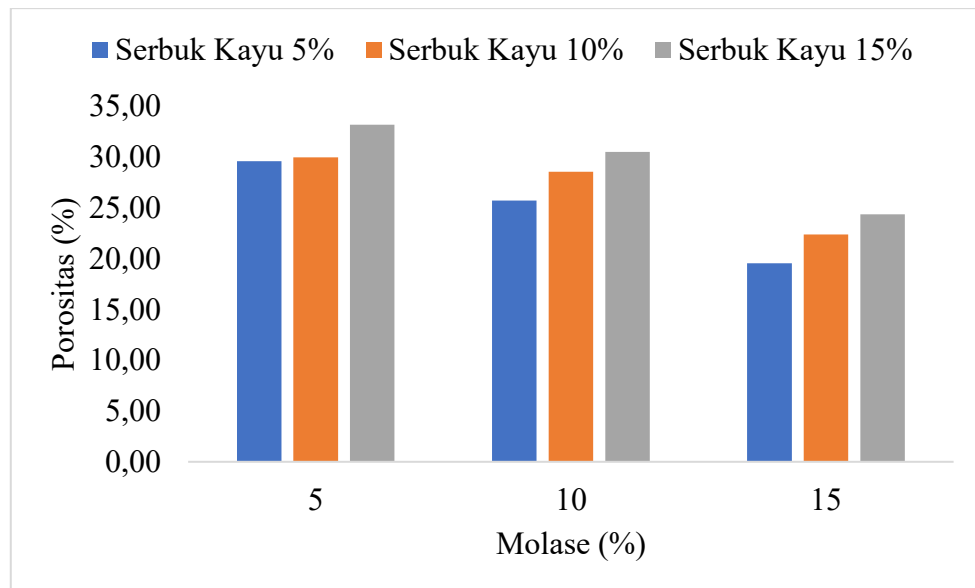
Hal ini disebabkan oleh penambahan molase yang berpengaruh kepada penambahan kuat tekan dikarenakan molase pada *slag depressant* berfungsi untuk mengikat antar partikel dan menutup pori pada *slag depressant* (Syahri et al., 2018; Yusmadi et al., 2015). Pada Gambar 4.5 Terjadi penurunan nilai kuat tekan 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). Pada Gambar 4.5 dan Pada Gambar 4.6 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.

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 juga berlaku sebaliknya bahwa apabila porositas suatu material menurun, maka kekuatan suatu material akan meningkat. Hasil pengujian porositas pada *slag depressant* dengan penambahan molase pada bentuk geometri silinder dan kubus dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8.

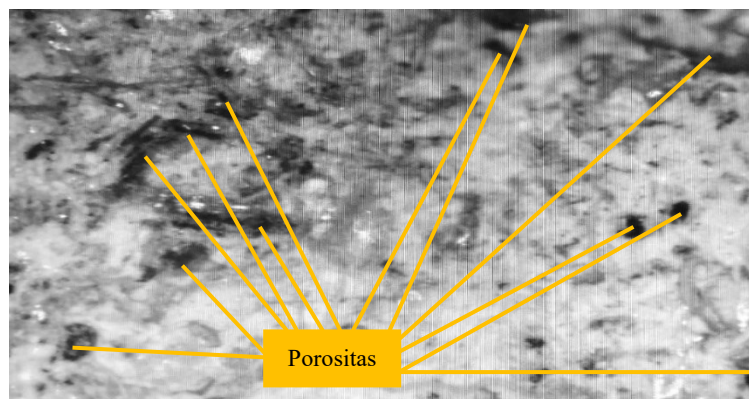


**Gambar 4.7** Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Porositas *Slag Depressant* Silinder



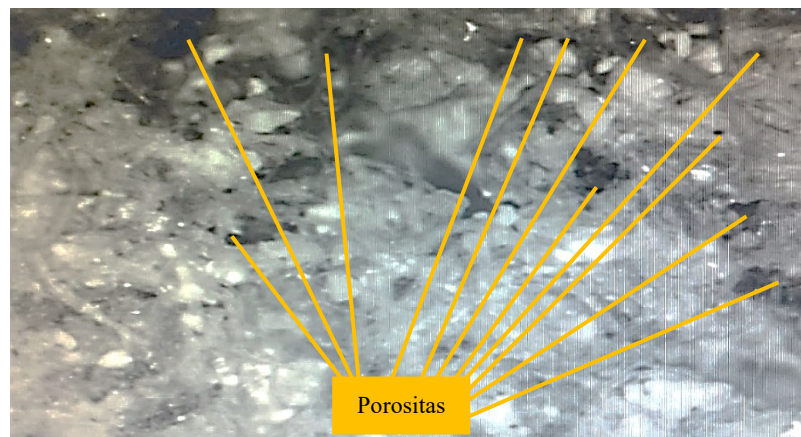
**Gambar 4.8** Pengaruh Penambahan Molase Terhadap Porositas *Slag Depressant* Bentuk Kubus

Pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 diatas dapat dilihat bahwa penambahan molase pada *slag depressant* mampu mengurangi nilai porositas yang dimana nilai porositas terendah dengan nilai 16,40% terdapat pada penambahan *binder* molase sebesar 15% pada bentuk geometri silinder dan nilai porositas terbesar dengan nilai 26,15% terdapat pada penambahan *binder* molase sebesar 5% pada bentuk geometri silinder. Lalu pada bentuk geometri kubus memiliki nilai porositas dengan nilai 19,87% pada penambahan 15% molase dan nilai porositas tertinggi dengan nilai 31,90% terdapat pada penambahaha 5% molase. 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, penambahan molase mampu menurunkan nilai porositas pada *slag depressant*. Untuk lebih menguatkan data pengukuran, dilakukan uji foto mikro dengan perbesaran sebesar 100x dan hasil fotonya sebagai berikut:



**Gambar 4.9** Foto Mikro Porositas Spesimen Variasi Penambahan Molase 15% Dengan Serbuk Kayu 5% pada *Slag Depressant* Silinder

Pada Gambar 4.9 spesimen variasi penambahan molase 15% dengan serbuk kayu 5% pada *Slag Depressant* Silinder menunjukkan susunan porositas yang cukup banyak. Terlihat bahwasanya terdapat beberapa susunan porositas dengan ukuran yang cukup besar.



**Gambar 4.10** Foto Mikro Porositas Spesimen Variasi Penambahan Molase 15% dengan Serbuk Kayu 5% pada *Slag Depressant* Kubus

Pada Gambar 4.10 spesimen variasi penambahan molase 15% dengan serbuk kayu 5% pada *Slag Depressant* bentuk geometri silinder menunjukkan susunan porositas yang sangat banyak. Terlihat bahwasanya terdapat beberapa susunan porositas dengan ukuran yang sangat besar.

Data-data yang diperoleh pada penelitian terhadap nilai cacat porositas menunjukkan adanya perubahan pada penurunan nilai porositas setelah dilakukan penambahan molase yang lebih banyak. Dapat dilihat adanya pengaruh penambahan molase dan penambahan serbuk kayu terhadap nilai porositas, nilai porositas terkecil

dengan penambahan molase sebesar 15% dan penambahan serbuk kayu 5% pada geometri silinder dan kubus sebesar 16,40% dan 19,87% dan nilai porositas terbesar terdapat pada penambahan molase sebesar 5% dan penambahan serbuk kayu 15% pada geometri silinder dan kubus sebesar 26,15% dan 31,90%. Berikut ialah data hasil pengukuran porositas menggunakan *software image-j*.

**Tabel 4.4** Data Hasil Pengukuran Porositas Menggunakan *Software Image-J*

<i>Slice</i>	<i>Count</i>	<i>Total Area (pixel)</i>	<i>Avarange Size</i>	<i>Porosity (%)</i>
Silinder	605	24142	39,90	13,76
Kubus	342	17376	37,32	20,88

Pada Tabel 4.4 dapat diketahui hasil dari pengukuran *software image-j*, nilai porositas pada bentuk geometri silinder memiliki nilai 13,76% dan pada bentuk geometri kubus memiliki nilai porositas sebesar 20,88%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa nilai porositas bentuk geometri silinder lebih kecil dari nilai porositas bentuk geometri kubus.