

PENGARUH PENAMBAHAN STEEL SLAG DAN ABU TERBANG (FLY ASH) TERHADAP SEBAGIAN SIFAT BETON SEGAR DAN BETON KERAS

Randi Yuzti Ramadhan¹⁾, Alex Kurniawandy²⁾, Zulfikar Djauhari²⁾

¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau

Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293

Email : randiyr@gmail.com

abstrak

This research study explained the effect of the addition of fly ash substitution of cement and steel slag substitution of sand against most properties of fresh concrete and hard concrete. This study aimed to determine the effect of fly ash and steel slag to most properties of fresh concrete and concrete hard to compare the results obtained with normal concrete so it can produce higher levels of tolerance in using a mixture of fly ash and steel slag on concrete. Testing and analysis done is workability, compressive strength, tensile strength, absorption, and porosity variations additions to the concrete normal quality 0% fly ash + 0% steel slag and 10% steel slag + 10% fly ash using portland composit cement with ordinary water immersion for 28 and 56 days. From the research results of mixing 10% steel slag + 10% fly ash in concrete obtained lower results on the testing of compressive strength and tensile strength apart than normal concrete, but the test results are still within the limits of the quality of the plan in order to obtain higher levels of tolerance is 10% , As for testing the absorption and porosity values generated in the concrete mix is higher than normal concrete.

Keywords: steel slag, fly ash, workability, compressive strength, tensile strength, absorption, and porosity.

1. PENDAHULUAN

Pelaksanaan pembangunan yang senantiasa dilakukan berakibat pada meningkatnya kebutuhan akan konstruksi, seperti pembangunan jalan, jembatan, perumahan dan gedung. Dalam bidang konstruksi, material yang paling sering digunakan adalah beton. Beton sangat digemari penggunaannya dikarenakan kemudahan untuk digunakan dan juga ketersediaan material dasar yang mudah di dapat dari sumber daya alam.

Semakin meluasnya penggunaan beton dan makin meningkatnya pembangunan menunjukkan juga semakin banyak kebutuhan beton, sehingga diperlukan suatu inovasi baru terhadap beton tersebut dalam alternatif penggunaan material dasarnya. Inovasi tersebut diantaranya yaitu penggunaan limbah *steel slag* sebagai bahan substitusi agregat halus

dan abu terbang (*fly ash*) batu bara sebagai bahan substitusi semen.

Steel Slag merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan baja berupa limbah *steel slag* yang secara fisik berbentuk halus dan granular (Mulyono, 2004). Oleh karena itu, *steel slag* dapat dimanfaatkan sebagai campuran dalam pembuatan beton karena dapat digunakan sebagai pengganti agregat (Nugraha dan Antoni, 2007). Seiring dengan upaya pelestarian lingkungan, telah banyak dilakukan penelitian pemanfaatan *steel slag* sebagai bahan pengganti dalam komposisi pembuatan beton yang memiliki hasil positif.

Abu terbang (*fly ash*) merupakan material sisa-sisa pembakaran batu bara yang tidak terpakai. Pembakaran batu bara kebanyakan digunakan pada pembangkit listrik tenaga uap. Material ini mempunyai

kadar semen yang tinggi. Oleh karena itu, diupayakan agar abu terbang dapat menjadi bahan yang berguna, antara lain pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) batubara sebagai bahan substitusi semen terhadap campuran beton. Penambahan abu terbang pada campuran beton bersifat *pozzolan*, sehingga dapat menjadi *additive* mineral yang baik untuk beton. *Pozzolan* adalah bahan yang mengandung silika dan alumunium yang bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada temperatur biasa membentuk senyawa bersifat mengikat.

Penelitian yang akan dilakukan adalah dengan menggabungkan *steel slag* sebagai *substitusi* pasir dan abu terbang (*fly ash*) batu bara sebagai *substitusi* semen dalam pembuatan beton. Penelitian tentang penggabungan bahan pengganti ini dengan pertimbangan bagaimana karakteristik yang akan di timbulkan dari *steel slag* yang berasal dari PT. Krakatau steel yang berada di Cilegon dan abu terbang (*fly ash*) batu bara yang berasal dari Dumai.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Pemeriksaan Karakteristik

Material

Material yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Danau Bingkuang Kabupaten Kampar, Riau. Adapun jenis pemeriksaan yang dilakukan tertera pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Standar Pengujian Material

No	Jenis Pemeriksaan	Standar
1	Kadar lumpur (%)	ASTM C-142
2	Berat jenis (gr/cm ³)	SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990
3	Kadar air (%)	SNI 03-1971-1990
4	Modulus kehalusan	SNI 03-1968-1990
5	Berat volume (gr/cm ³)	SNI 03-4804-1998
6	Ketahanan aus(%)	SNI 03-2417-1991
7	Kandungan organik	SNI 03-2816-1992

Untuk mengetahui komposisi kimiawi dari abu terbang (*fly ash*) dan *steel slag* dilakukan pengujian laboratorium dengan hasil pengujian zat kimia dari abu terbang (*fly ash*) dan *steel slag* dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Komposisi kimiawi (*fly ash*)

Senyawa kimia	Persentase kadar (%)
SiO ₂	53,49
Al ₂ O ₃	18,29
Fe	11,87
CaO	4,08
Mg	1,37

Sumber: Laboratorium PT. Sucifindo Cibitung

Tabel 3. Komposisi kimiawi (*steel slag*)

Senyawa kimia	Persentase kadar (%)
Al ₂ O ₃	5,875
SiO ₂	12,75
P ₂ O ₅	0,65
MgO	28,29
MnO	1,51
CaO	29,245
FeO	22,945
TiO ₂	1,41
V ₂ O ₃	0,16

Sumber :PT. KS. 2010

2.2. Perencanaan Campuran Beton

Metode yang digunakan dalam desain campuran (*mix design*) beton dengan menggunakan metode SNI 03-2834-1993 yang mengadopsi metode ACI 211.1-9: *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Pada penelitian ini mutu rencana beton yang digunakan adalah f'c 25 Mpa dengan substitusi 10% *Steel Slag* dari berat pasir + 10% *fly ash* dari berat semen. Adapun Komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 4 sebagai berikut.

Tabel 4. Komposisi campuran beton f'c 25 Mpa untuk 1 m³

Benda uji	Semen (kg)	Bt.pecah (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Steel slag	Fly ash (kg)
Normal	388,46	1.003,18	699,85	181,61	0	0
10% slag + 10% fa	349,62	1.003,18	629,87	181,61	69,99	38,85

2.3. Benda Uji

Perencanaan jumlah benda uji yang akan dibuat pada penelitian ini adalah 36 benda uji dengan menggunakan semen PCC. Benda uji berbentuk silinder dengan dimensi diameter 10 cm, tinggi 30 cm sebanyak 24 sampel yang digunakan untuk pengujian kuat tekan dan kuat tarik belah. Benda uji berbentuk kubus 15 x 15 x 15 cm sebanyak 12 sampel yang akan digunakan untuk pengujian absorpsi dan porositas. Selanjutnya akan dilakukan waktu perendaman selama 28 dan 56 hari.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dapat dibahas meliputi hasil pengujian karakteristik

material, hasil pengujian kelecakan beton, hasil pengujian kuat tekan beton, hasil pengujian hasil tarik belah beton, hasil pengujian absorpsi dan hasil pengujian waktu porositas.

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan beton dilakukan pada agregat kasar dan agregat halus. Karakteristik material menghasilkan data-data yang digunakan dalam perencanaan campuran (*mix design*) beton. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 5. Hasil pengujian karakteristik material

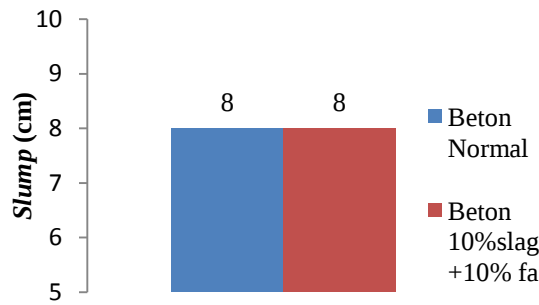
No	Jenis pemeriksaan	Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar	Hasil Pemeriksaan Agregat Halus	Standar spesifikasi
1	Modulus kehalusan	7,46	2,59	5 - 8
2	Berat jenis			
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,63	2,64	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,55	2,62	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,58	2,63	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,29	0,30	2 - 7
3	Kadar air (%)	0,17	4,82	3 - 5
4	Berat volume (gr/cm ³)			
	a. Kondisi padat	1,592	1,697	≥ 1,2
	b. Kondisi gembur	1,424	1,560	≥ 1,2
5	Ketahanan aus (%)	37,3	1,67	< 40

3.2. Hasil Pengujian Workability Beton

Pengujian *slump* dilakukan pada beton segar setelah pembuatan benda uji. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) beton.. Hasil uji slump beton dapat dilihat pada Tabel 6. dan Gambar 1.

Tabel 6. Hasil pengujian slump

Benda Uji	Fas awal	+air/m ³ (Kg)	Fas akhir	Slump (cm)
Beton Normal	0,52	29,17	0,54	8
10% Fly ash + 10% slag	0,52	36,70	0,56	8



Gambar 1. Grafik Nilai *slump* beton normal dan beton campuran 10% slag + 10% Fa

Hasil pengujian slump pada variasi beton normal diperoleh nilai *slump* sebesar 8 cm dengan penambahan air 29,17 kg, sedangkan pada variasi beton campuran 10% slag + 10% Fa diperoleh nilai slump 8 cm dengan penambahan air 36,70 kg. Dari masing-masing pengujian tersebut dapat dilihat bahwa variasi beton campuran 10% slag + 10% Fa membutuhkan penambahan air yang lebih banyak dibanding variasi beton normal. Hasil tersebut menunjukkan penggunaan *steel slag* dan abu terbang (*fly ash*) cenderung meningkatkan kebutuhan air pada campuran beton.

Peningkatan tersebut dikarenakan dengan penambahan *steel slag* dan *fly ash* menyebabkan jauh bertambah jumlah partikel butiran yang lebih banyak dibandingkan beton normal, hal ini tentu berkaitan dengan bertambahnya jumlah volume permukaan butiran sehingga menyebabkan penyerapan (*absorption*) beton akibat penambahan *steel slag* dan abu terbang (*fly ash*) bertambah tinggi. Penyerapan abu terbang yang tinggi mengakibatkan jumlah air yang diserap pada proses pencampuran akan meningkat. Hal ini mengakibatkan beton dengan variasi beton campuran 10% slag + 10% Fa memiliki tingkat *workability* yang lebih rendah dibanding variasi beton normal.

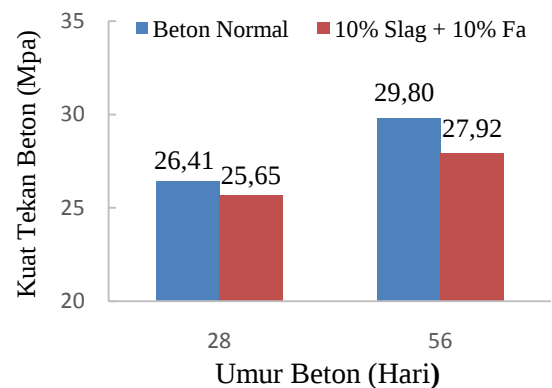
3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 dan 56 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi

30 cm. Hasil uji kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 2.

Tabel 7. Kuat tekan beton normal dan campuran

Umur	Kuat tekan rata - rata (Mpa)	
	Beton Normal	Beton 10% Slag + 10% Fa
28	26,41	25,65
56	29,80	27,92



Gambar 2. Grafik kuat tekan beton normal dan beton campuran 10% slag + 10% Fa umur 28 dan 56 hari

Hasil uji kuat tekan menunjukkan bahwa, penambahan *slag* dan abu terbang pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton tersebut. Penurunan nilai kuat tekan beton terjadi pada variasi campuran dibandingkan dengan variasi kontrolnya yaitu beton normal. Penurunan kuat tekan yang terjadi pada beton campuran masih di dalam mutu rencana. Setelah dianalisa dari hasil pengujian persentase penurunan nilai kuat tekan pada umur 28 hari yaitu berturut-turut sebesar 2,86%, dan pada umur 56 hari sebesar 6,33%. Penurunan kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Penurunan kuat tekan beton normal dan campuran

Umur	Normal	Campuran	Penurunan (%)
	F'c (Mpa)	F'c (Mpa)	
28	26,41	25,65	2,86
56	29,80	27,92	6,33

Dari Tabel 7. di atas terlihat bahwa penurunan nilai kuat tekan cenderung meningkat dengan substitusi agregat halus dan semen 10% slag + 10% Fa dalam campuran beton dibandingkan dengan variasi kontrolnya. Dapat dilihat bahwa *fly ash* yang mengandung *pozzolan* yang pada fungsinya dapat membentuk senyawa yang bersifat mengikat akan tetapi tidak berfungsi. Hal ini disebabkan limbah abu terbang tidak habis bereaksi dengan air dalam campuran beton. Sisa limbah abu terbang yang tidak habis ini merupakan bahan kapur tohor (CaO) yang tidak aktif dari limbah abu terbang, ditambah lagi dengan adanya kadar CaO yang tinggi pada *steel slag*.

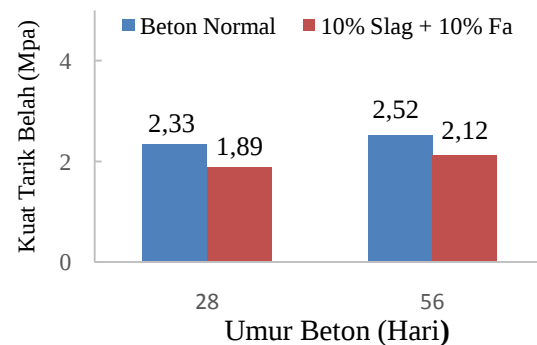
Faktor lainnya ialah proses mematikan kapur atau yang disebut kapur mati yang berlangsung lama. Kecepatan berlangsungnya reaksi tergantung kemurnian kapur, semakin tinggi kemurnian kapur, semakin besar reaksinya terhadap air (Mulyono, 2003). CaO yang tidak aktif menimbulkan rongga udara pada beton yang berasal dari penguapan air. Semakin banyak CaO yang tidak aktif terjebak, semakin besar volume rongga udara yang dihasilkan sehingga kepadatan beton menjadi berkurang dan akibat akhirnya adalah kekuatan beton menurun. Kadar SiO₂ tidak dapat bereaksi dengan kapur untuk menghasilkan senyawa CSH atau karbon silikat hidrat yang apabila bereaksi akan berfungsi sebagai gel atau pelumas yang akan menutupi pori – pori pada beton, sehingga mengakibatkan kuat tekan beton menurun karena tidak terbentuknya senyawa CSH tersebut yang dapat menyebabkan tidak sempurnanya proses hidrasi beton.

3.4. Hasil Pengujian Tarik Belah Beton

Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari dan 56 hari. Benda uji yang digunakan adalah benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Hasil uji kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 8. dan Gambar 3.

Tabel 8. Kuat tarik belah beton normal dan campuran

Umur	Kuat tarik belah rata - rata (Mpa)	
	Beton Normal	Beton 10% Slag + 10% Fa
28	2,33	1,89
56	2,52	2,12



Gambar 3. Grafik kuat tarik belah beton normal dan campuran 10% slag + 10% Fa umur 28 dan 56 hari

Hasil uji kuat tarik belah dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* yang menunjukkan bahwa, penambahan *slag* dan abu terbang pada campuran beton cenderung menurunkan nilai tarik belah beton tersebut. Penurunan nilai tarik belah beton terjadi pada variasi campuran dibandingkan dengan variasi kontrolnya yaitu beton normal. Setelah dianalisa dari hasil pengujian persentase penurunan nilai kuat tekan pada umur 28 hari yaitu berturut-turut sebesar 19,19%, dan pada umur 56 hari sebesar 15,89%. Penurunan tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 9. berikut ini.

Tabel 9. Penurunan kuat tekan beton normal dan campuran

Umur	Normal	Campuran	Penurunan (%)
	Fct (Mpa)	Fct (Mpa)	
28	2,33	1,89	19,19
56	2,52	2,12	15,89

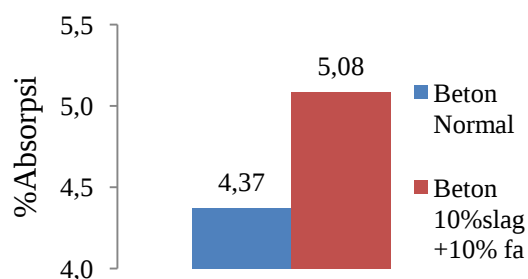
Dari Tabel 9. di atas terlihat bahwa penurunan nilai tarik belah cenderung

meningkat dengan substitusi agregat halus dan semen 10% slag + 10% Fa dalam campuran beton dibandingkan dengan variasi kontrolnya yaitu beton normal. Sama hal dengan kuat tekan, indikasi penurunan tarik belah diakibatkan CaO yang tidak aktif menimbulkan rongga udara pada beton yang berasal dari penguapan air. Semakin banyak CaO yang tidak aktif terjebak, semakin besar volume rongga udara yang dihasilkan sehingga kepadatan beton menjadi berkurang dan akibat akhirnya adalah kekuatan beton menurun.

3.5. Hasil Pengujian Absorpsi Beton

Pengujian absorpsi dilakukan pada benda uji beton normal dan beton campuran 10% slag + 10% *fly ash* saat berumur 28 hari. Hasil pengujian absorpsi menunjukkan bahwa nilai absorpsi beton normal yaitu sebesar 4,37 % dan pada beton campuran 10% slag + 10% *fly ash* yaitu sebesar 5,08 %, hal ini menunjukkan bahwa nilai absorpsi beton cenderung menurun pada beton dengan campuran 10% slag + 10% *fly ash* dibandingkan dengan beton normal. Hasil uji absorpsi beton dapat dilihat pada Tabel 10. dan Gambar 4.

Benda Uji	Absorpsi rerata (%)
Beton Normal	4,37
Beton 10% slag+10% fa	5,08



Gambar 4. Grafik absorpsi rerata beton

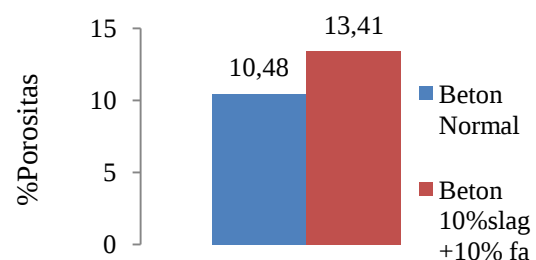
Gambar 4. memperlihatkan pengaruh penggunaan bahan tambahan terhadap absorpsi beton yaitu pada beton campuran slag dan *fly ash* cenderung akan

meningkatkan absorpsi dari beton tersebut. Hal ini disebabkan beton berpori akibat dari kadar CaO yang besar dari slag dan *fly ash* yang tidak aktif menjadi kapur bebas sehingga menyebabkan volume rongga udara pada beton meningkat. Beton menjadi berpori sehingga penyerapan air menjadi tinggi. Dapat dilihat dari hasil pengujian absorpsi indikasi tentang volume udara yang banyak setelah penambahan variasi beton campuran terbukti.

3.6. Hasil Pengujian Porositas Beton

Pengujian porositas dilakukan pada benda uji beton normal dan beton campuran 10% slag + 10% *fly ash* saat berumur 28 hari. Dari Hasil pengujian porositas menunjukkan bahwa nilai porositas beton normal yaitu sebesar 10,48 % dan pada beton campuran 10% slag + 10% *fly ash* yaitu sebesar 13,41 %, hal ini menunjukkan bahwa nilai absorpsi beton cenderung menurun pada beton dengan campuran 10% slag + 10% *fly ash* dibandingkan dengan beton normal. Hasil uji porositas beton dapat dilihat pada Tabel 11. dan Gambar 5.

Benda Uji	Absorpsi rerata (%)
Beton Normal	10,48
Beton 10% slag+10% fa	13,41



Gambar 5. Grafik porositas rerata beton

Hasil pengujian porositas diatas memperlihatkan bahwa nilai porositas beton campuran cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan beton normal. Penggunaan *steel slag* dan *fly ash* dalam campuran beton cenderung semakin

meningkatkan porositas dari beton tersebut. Dari uraian diatas maka dapat dihubungkan bahwa besarnya tingkat penyerapan (absorpsi) yang terjadi pada beton berbanding lurus dengan tingkat porositasnya, dikarenakan faktor penyebab yang sama yaitu pada beton campuran *slag* dan *fly ash* cenderung akan meningkatkan absorpsi dari beton tersebut. Hal ini disebabkan beton berpori akibat dari kadar CaO yang besar dari *slag* dan *fly ash* yang tidak aktif menjadi kapur bebas sehingga menyebabkan volume rongga udara pada beton meningkat. Beton menjadi berpori sehingga penyerapan air menjadi tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai penggunaan *steel slag* sebagai substitusi agregat halus dan *fly ash* substitusi semen pada beton mutu normal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Dari penelitian ini berdasarkan hasil pengujian *trial mix* kuat tekan umur 7 hari didapatkan komposisi maksimum penggunaan pada beton adalah sebesar 10% *steel slag* sebagai bahan substitusi pasir dan 10% *fly ash* sebagai bahan substitusi semen pada masing-masing variasi campuran beton. Hasil *trial mix* dari variasi ini masih memenuhi standar kekuatan beton yang direncanakan.
2. Penggunaan *steel slag* dan *fly ash* pada beton cenderung mengurangi tingkat *workability* pada beton sehingga membutuhkan penambahan air lebih banyak dibandingkan beton normal untuk mencapai standar *workability* yang direncanakan.
3. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan dengan penambahan *steel slag* dan *fly ash* pada beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton bila dibandingkan dengan variasi kontrolnya yaitu beton normal.
4. Berdasarkan hasil pengujian tarik belah dengan penambahan *steel slag* dan *fly*

ash pada beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton bila dibandingkan dengan variasi kontrolnya yaitu beton normal.

5. Pada penelitian ini pada jenis mutu beton penggunaan 10% *steel slag* sebagai bahan substitusi pasir dan 10% *fly ash* sebagai bahan substitusi semen pada campuran beton masih menghasilkan nilai kuat tekan yang memenuhi standar kekuatan beton yang direncanakan, persentas inilah sebagai kadar optimum penambahan *steel slag* dan *fly ash*.
6. Berdasarkan hasil pengujian absorpsi dan porositas pada ketiga jenis mutu beton, maka semakin banyak penggunaan 10% *steel slag* dan 10% *fly ash* dalam campuran beton cenderung meningkatkan absorpsi dan porositas dari beton tersebut.

4.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perlu beberapa saran untuk ditindaklanjuti yaitu sebagai berikut:

1. Sebaiknya pengujian dilakukan pada umur beton yang lebih lama dari penelitian ini agar dapat diketahui hasil dari perbandingan beton campuran dan beton normal dengan reaksi kapur mati pada beton yang lebih lama lagi apakah akan memperbaiki kinerja dari sifat mekanik beton. Hal ini untuk mengetahui pengaruh umur campuran terhadap nilai dari sifat mekanik beton.
2. Sebaiknya penambahan *steel slag* dan *fly ash* dilakukan pada beton mutu tinggi agar pengaruh penambahan dari material ini diperoleh hasil komposisi yang sesuai dalam pengurangan panas hidrasi beton.
3. Sebaiknya pengujian juga dilakukan dengan memvariasi nilai FAS awal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan masukan selama dilakukan penelitian.

6. DAFTAR PUSTAKA

- ASTM.** (1995). *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM.
- Hanif.** (2012). Penggunaan *steel slag* dengan variasi FAS terhadap kuat tekan Beton. Politeknik negeri lhokseumawe.
- Ilham.** (2013). Pemanfaatan abu terbang (*fly ash*) sebagai bahan substitusi semen pada beton dengan mutu normal. Universitas riau.
- Kumar1, Ramana.** (2015). Use of Copper Slag and Fly Ash in High Strength Concrete. Engineering College, Kurnool
- Mulyono, T.** (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Munir, M.** (2008). *Pemanfaatan Abu Batubara (Fly Ash) untuk Hollow Block yang Bermutu dan Aman Bagi Lingkungan*, Tesis Jurusan Ilmu Lingkungan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nugraha, P, dan Antoni.** (2007). *Teknologi Beton*. Yogjakarta: Andi.
- PT. Krakatau Steel.** 2010. *Kajian Pemanfaatan Slag Baja Untuk Perkerasan Jalan di Lingkungan PT. KS.*
- SNI 03-1968-1990.** (1990). *Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990.** (1990). *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1971-1990.** (1990). *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1972-1990.** (1990). *Metode Pengujian Slump Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990.** (1990). *Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-4804-1998.** (1998). *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2847-2002.** (2002). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 15-2049-2004.** (2004). *Semen Portland*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Tjokrodimuljo, K.** (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik UGM.