

Pengaruh Kombinasi *Fly Ash* Dan *Bottom Ash* Sebagai Bahan Substitusi Pada Campuran Beton Terhadap Sifat Mekanis

Tengku Tantoni Yahya

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: tengku.tantoni@student.unri.ac.id

Alex Kurniawandy

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: alexkurniawandy@gmail.com

Zulfikar Djauhari

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Jl. Subrantas KM 12.5 Pekanbaru 28293

Email: Zulfkr_dj@yahoo.com

ABSTRACT

Fly ash and bottom ash were waste that generated from the power plant burning coal process. Fly ash and bottom ash has the potential to be developed as a basic ingredient in concrete composites. This research aimed to obtain the properties of fresh concrete and hard concrete of the combined effect of fly ash and bottom ash as a substitute ingredient in composite concrete. This research has examined the influence of a combination of waste fly ash and bottom ash to the compressive strength of absorption, porosity, permeability, shrinkage of concrete, setting time of cement. The percentage of fly ash waste and bottom ash waste that used were 15% by weight of cement and 15% of the weight of the sand. Research results show that using of 15% fly ash and 15% bottom ash was tending to decrease the compressive strength of concrete. However, the compressive strength was generated still within the standard of concrete strength design. Application of 15% fly ash and 15% bottom ash were experiences to increase the value of absorption, permeability and concrete porosity, but reduce the concrete shrinkage. Meanwhile, setting time of 15% fly ash and 15% bottom ash were faster than without any composite.

Keywords : *concrete, fly ash, bottom ash, permeability, shrinkage, setting time.*

1. PENDAHULUAN

Abu terbang merupakan sisa hasil proses pembakaran batubara yang keluar dari tungku pembakaran PLTU sedangkan abu dasar merupakan sisa hasil pembakaran batubara yang mengendap di dasar tungku pembakaran PLTU (Kusuma, 2013). Abu terbang dan abu dasar merupakan suatu hal yang cukup potensial untuk dikembangkan dalam bidang konstruksi salah satunya sebagai bahan dasar campuran pembuatan beton.

Sifat dan ukuran dari abu terbang sendiri memiliki kesamaan dengan semen. Oleh sebab itu pemanfaatan abu terbang sebagai bahan substitusi semen terhadap campuran beton. Sedangkan partikel dari

abu dasar memiliki kesamaan dengan pasir merupakan faktor utama yang menjadi pilihan memanfaatkan abu dasar sebagai bahan substitusi pasir dalam campuran beton. Selain itu komposisi kimia abu dasar yang bersifat *pozzolan* merupakan faktor pendukungnya walaupun sifat *pozzolan* ini tidak terlalu dominan karena ukuran partikel abu dasar yang relatif besar (Pradita, 2013).

a). Sifat Kimia

Komposisi kimia abu terbang dan abu dasar sebagian besar tersusun dari unsur-unsur *Si*, *Al*, *Fe*, *Ca*, serta *Mg*, *S*, *Na* dan unsur kimia lainnya. Unsur dominan dari abu terbang *SiO₂*, *Al₂O₃*, dan *Fe* masing-masing sebesar 53,49%, 18,29%, dan 11,87% (Kusuma, 2013). Sedangkan unsur

dominan dari abu dasar SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe masing-masing sebesar 54,80%, 21,15% dan 11,96% (Pradita, 2010).

b).Sifat Mekanis

Hal yang perlu diperhatikan yaitu adanya *friable* partikel yang umumnya teradapat pada *dry bottom ash* yaitu kerak batu bara yang berbentuk seperti kembang (*pop-corn* partikel).Partikel ini mudah hancur akibat pemadatan dan berpori sehingga memiliki tingkat penyerapan yang tinggi (Pradita, 2013). Sedangkan abu terbang memiliki bentuk yang lebih kecil dari 0.075mm lolos dari saringan no.200 yang berfungsi sebagai *filler* yang menambah ikatannya dan mengurangi porositas sehingga menjadi lebih kuat.

c).Sifat fisik

Sifat fisik yang abu terbang memiliki bentuk partikel halus lolos saringan No.200 (0.075mm).Sedangkan abu dasar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Sifat fisik abu dasar

Sifat Fisik	<i>Wet bottom ash</i>	<i>Dry bottom ash</i>
Bentuk	Angular	Granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tampilan	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus
Ukuran (%lolos ayakan)	No.4 (90-100%) No.10 (40-60%) No.40 (10%) No.200 (5%)	1.5 s/d 3/4 in (100%) No.4 (50-90%) No.10 (10-60%) No.40 (0-10%)
<i>Specific gravity</i>	2,3 – 2,9	2,1 – 2,7
<i>Dry unit weight</i>	960 – 1440 kg/m ³	720 – 1600 kg/m ³
Penyerapan	0,3 – 1,1%	0,8 – 2,0%

Penelitian sebelumnya menggunakan abu terbang sebagai material pengganti semen dan abu dasar sebagai material substitusi agregat halus dengan variasi 0%,10%, 20%, dan 30%. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tekan beton dengan campuran abu dasar dan abu terbang mengalami penurunan dibandingkan dengan variasi kontrolnya (0%). Tetapi beton dengan campuran abu dasar dan abu terbang hingga variasi 30% masih termasuk memenuhi klasifikasi beton mutu normal (Pradita,2013) ; (Kusuma,2013).

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah abu dasar dan abu terbang untuk menentukan komposisi maksimum penggunaan abu terbang sebagai bahan substitusi semen dan abu dasar sebagai bahan substitusi pasir dalam campuran beton.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kombinasi abu terbang dan abu dasar sebagai bahan substitusi pada campuran beton terhadap sifat mekanis beton yaitu: *workability*, kuat tekan, absorpsi, porositas, permeabilitas, susut, dan waktu ikat semen.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pemeriksaan Material

Material yang digunakan adalah agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari Kabupaten Kampar, Riau. Agregat yang digunakan adalah batu pecah sedangkan agregat halus yang digunakan adalah pasir alam dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Pengujian material

Jenis pemeriksaan	Sumber
Kadar lumpur	ASTM C 142
Berat jenis	SNI 03-1970-1990
Kadar air	SNI 03-1970-1990
Modulus kehalusan	SNI 03-1970-1990
Berat volume	ASTM C 29
Ketahanan aus	SNI 03-2417-1991
Kandungan organik	ASTM C40

2.2 Perencanaan *Mix Design*

Perencanaan campuran (*mix design*) beton menggunakan metode ACI 211.1-9 dengan mutu rencana K-250. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat dibawah ini

Semen	: 343,4 kg/m ³
Air	: 190,36 kg/m ³
Agregat Kasar	: 905,26 kg/m ³
Agregat Halus	: 648,77 kg/m ³

Abu Terbang : 51,51 kg/m³

Abu Dasar : 97.315 kg/m³

2.3 Benda Uji

Pembuatan sampel benda uji beton pada penelitian ini sebanyak 52 buah sampel yang terdiri dari sampel umur 7 hari berjumlah 3 buah, umur 28 dan 91 hari sebanyak 5 buah. Benda uji berbentuk kubus dengan sisi 15 cm untuk pengujian kuat tekan, absorpsi, porositas, dan permeabilitas. Sedangkan pengujian susut beton benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 15 cm x 30 cm.

2.4 Pengujian Sifat Mekanis Beton

Pengujian sifat mekanis pada penelitian ini berupa pengujian workability, kuat tekan, absorpsi, porositas, permeabilitas, susut, dan waktu ikat semen.

Pengujian *workability* yang dilakukan berdasarkan SNI 03-1972-1990 yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Pengujian *workability*

Menurut SNI 03-1974-1990, kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang berasal dari mesin tekan. Kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$K = \frac{P}{A}$$

keterangan:

K = kuat tekan beton (Kg/cm²)

P = beban tekan (N)

A = luas permukaan benda uji (mm²)

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat benda uji berumur 7, 28, dan 91 hari. Pada umur beton 28 hari akan dilakukan analisa dari keseluruhan variasi berdasarkan nilai kuat tekan untuk mengetahui variasi penggunaan abu terbang dan abu dasar yang optimum dan dilanjutkan dengan pengujian mekanis lainnya.



Gambar 2 Pengujian kuat tekan

Pengujian absorpsi, porositas, permeabilitas, dan susut dilakukan berdasarkan ASTM C-642 saat benda uji berumur 28 hari. Pengujian susut dilakukan dengan cara pengukuran langsung (laboratorium) berdasarkan ASTM C-1090 pada saat benda uji berumur 7 hari yang berlangsung hingga 30 hari. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat *dial gauge* yang memiliki ketelitian 0,01mm.



Gambar 3 Pengujian susut beton

Pengujian waktu ikat semen dilakukan dari awal semen bereaksi dengan air dan menjadi pasta semen hingga pasta semen cukup kaku untuk menahan tekanan.

Pengujian waktu ikat semen mengacu pada SNI 15-2049-2004



Gambar 4 Pengujian waktu ikat semen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

Pemeriksaan karakteristik material untuk pembuatan beton dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan spesifikasi agregat yang berasal dari Kabupaten Kampar. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil pemeriksaan agregat kasar

No	Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
1	Modulus kehalusan	6,82	5 – 8
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,63	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,52	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,56	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,68	2 – 7
3	Kadar air (%)	0,20	3 – 5
4	Berat volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,512	≥ 1,2
	b. Kondisi gembur	1,375	≥ 1,2
		32,3	
5	Ketahanan aus (%)	6	< 40

Tabel 4 Hasil pemeriksaan agregat halus

No	Jenis pemeriksaan	Hasil	Standar spesifikasi
1	Modulus kehalusan	3,35	1,5 - 3,8
2	Berat jenis		
	a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,66	2,5 - 2,7
	b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,58	2,5 - 2,7
	c. <i>Bulk specific gravity on SSD</i>	2,61	2,5 - 2,7
	d. <i>Absorption (%)</i>	1,24	2 – 7
3	Kadar air (%)	1,11	3 – 5
4	Berat volume (gr/cm ³)		
	a. Kondisi padat	1,806	≥ 1,2
	b. Kondisi gembur	1,689	≥ 1,2
5	Kadar lumpur (%)	8,70	< 5
6	Kadar zat organik	No.3	≤ No.3

3.2 Hasil Pengujian Slump Beton

Pengujian ini untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*) Pengujian slump dilakukan pada beton segar setelah pembuatan campuran beton. Penambahan air mengakibatkan perubahan nilai FAS pada campuran. Hasil pengujian slump dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil pengujian nilai slump

Mutu beton	Variasi		+ Air/m ³ (kg)	Nilai FAS real	Nilai slump (mm)
	Kombinasi FA . BA (%)	FAS awal			
K-250	0	0.500	20.10	0.550	75
	15	0.500	40.23	0.590	75

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa capuran dengan variasi abu terbang dan abu dasar merupakan campuran dengan nilai FAS paling maksimum dibandingkan dengan variasi kontrol 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang dan abu dasar dalam campuran beton cenderung meningkatkan kebutuhan air pada campuran beton.

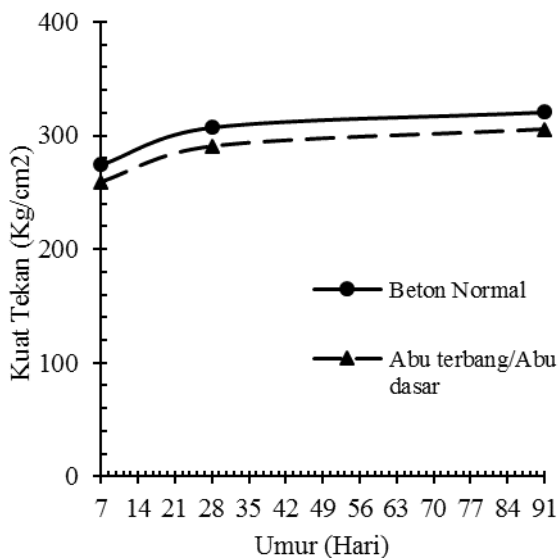
3.3 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 7, 28, dan 91 hari. Benda uji yang digunakan berbentuk kubus dengan ukuran dengan sisi 15 cm. Hasil

pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan

NO	Kode Benda Uji	Umur (Hari)	Rata-rata (kN/cm ²)
1	Beton Normal	7	274.25
2	Beton Normal	28	307.28
3	Beton Normal	91	320.65
4	Beton Variasi	7	259.14
5	Beton Variasi	28	290.51
6	Beton Variasi	91	305.54



Gambar 5 Grafik pengujian kuat tekan beton

Pada Gambar 5 mengindikasikan bahwa penambahan abu terbang dan abu dasar pada campuran beton cenderung menurunkan kuat tekan beton. Selain itu dapat dilihat penurunan kuat tekan dengan penggunaan abu terbang dan abu dasar cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya umur dari beton tersebut. Hal ini disebabkan oleh limbah abu terbang dan abu dasar tidak habis bereaksi dengan air dalam campuran beton. Sisa limbah abu terbang yang tidak habis bereaksi ini merupakan bahan kapur tohor. Kapur tohor yang tidak aktif menimbulkan rongga udara pada beton yang berasal dari

penguapan air. Sedangkan untuk limbah abu dasar reaksi *pozzolanic* tidak terlalu pengaruh karena ukuran butir abu dasar yang digunakan relatif besar.

3.4 Hasil Pengujian Absorpsi Dan Porositas

Pengujian absorpsi dan porositas beton dilakukan pada benda uji dengan campuran abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir saar beton berumur 28 hari. Hasil Pengujian Absorpsi dan porositas dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil pengujian absorpsi dan porosits

Variasi FA dan BA (%)	Absorpsi Rata-rata (%)	Porositas Rata-rata (%)
0	2.61	6.22
15	4.53	7.68

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa penambahan abu terbang dan abu dasar pada campuran beton cenderung menaikkan absorpsi dan porositas dibandingkan dengan beton normal. Hal ini disebabkan oleh abu terbang dan abu dasar yang memiliki tingkat penyerapan yang tinggi sehingga menyebabkan beton berpori yang berpengaruh kepada kuat tekan dari beton tersebut.

3.5 Hasil Pengujian Permeabilitas Beton

Hasil pengujian permeabilitas dilakukan pada benda uji dengan umur 28 hari. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui angka dari permeabilitas beton dengan penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir terhadap beton normal. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 8 Hasil pengujian permabilitas beton normal

No Sampel	Tipe/Ukuran Benda Uji	Permeabilitas	Rata-rata
1	Kubus 15x15x15	1.28	1.12
2	Kubus 15x15x15	1.39	
3	Kubus 15x15x15	0.99	
4	Kubus 15x15x15	1.06	
5	Kubus 15x15x15	0.89	

Tabel 9 Hasil pengujian permeabilitas beton variasi FA 15% dan BA 15%

No Sampel	Tipe/Ukuran Benda Uji	Permeabilitas	Rata-Rata
1	Kubus 15x15x15	1.94	1.84
2	Kubus 15x15x15	2.03	
3	Kubus 15x15x15	1.86	
4	Kubus 15x15x15	1.89	
5	Kubus 15x15x15	1.49	

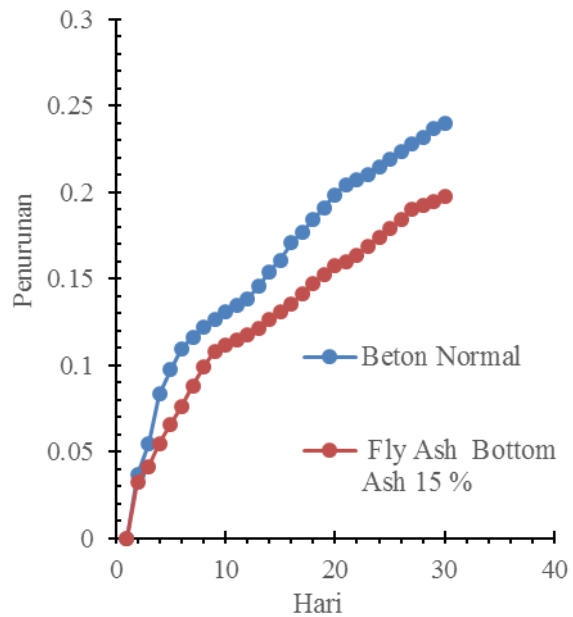
Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir memiliki angka permeabilitas yang lebih tinggi dibandingkan beton normal. Hal tersebut dikarenakan penyerapan abu terbang dan abu dasar yang tinggi cenderung meningkatkan faktor air semen pada campuran beton. Beton yang memiliki tingkat penyerapan yang tinggi akan meningkatkan angka permeabilitas dari beton tersebut.

3.6 Hasil Pengujian Susut Beton

Pengujian susut dilakukan pada benda uji saat umur 7 hari dan dilakukan pengukuran selama 30 hari. Pengujian bertujuan untuk mengetahui susut yang terjadi pada beton dengan penambahan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir pada campuran beton terhadap beton normal. Pengukuran ini dilakukan dengan cara pengukuran langsung (laboratorium). Hasil pengujian susut beton dapat dilihat pada Tabel 10 berikut.

Tabel 10 Hasil pengujian susut beton

Variasi (%)		Pengamatan Langsung(μm)
FA	BA	
0	0	100
15	15	85



Gambar 6 Grafik pengujian susut beton

Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir pada campuran beton cenderung mengurangi nilai susut pada beton. Hal ini dikarenakan penggunaan abu terbang sebagai pengganti semen mengurangi jumlah dari pasta semen, dimana pasta semen merupakan faktor penyebab terjadinya susut pada beton

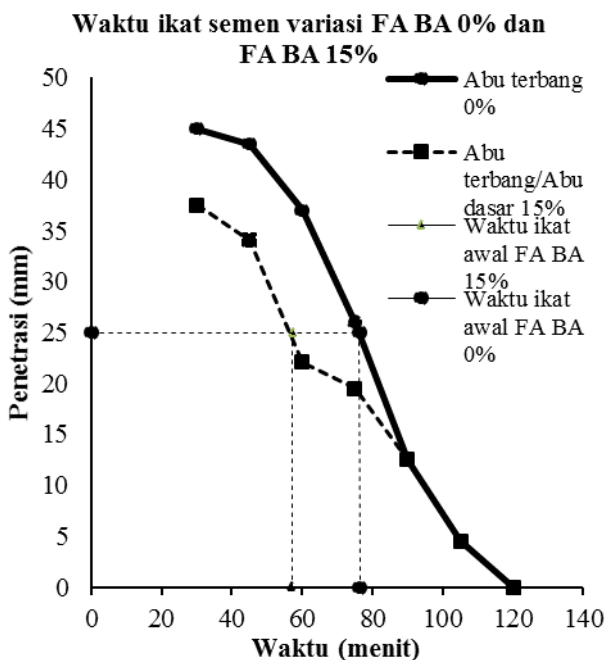
3.7 Hasil Pengujian Konsistensi Semen

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase air yang diperlukan untuk pengujian waktu ikat pada semen. Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PCC dari produk PT. Semen Padang. Dari hasil penelitian didapat nilai jumlah air yang digunakan untuk pengujian konsistensi normal adalah 168 ml. Sedangkan nilai jumlah air yang digunakan untuk pengujian konsistensi penggunaan abu terbang dan abu dasar adalah 216 ml.

3.8 Hasil Pengujian Waktu Ikat Semen

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui waktu ikat pada semen variasi abu terbang 0% dan abu dasar 0% dengan waktu ikat semen variasi abu terbang 15% dan abu dasar 15%. Dari hasil pengujian diperoleh rata-rata waktu ikat awal (*initial setting*) untuk variasi abu terbang 0% dan abu dasar 0% yaitu 76,34 menit untuk waktu ikat akhir (*final setting*) untuk variasi abu terbang 0% dan abu dasar 0% yaitu 120 menit.

Pada pengujian waktu ikat semen dengan penggunaan abu terbang 15% dan abu dasar 15% diperoleh rata-rata waktu ikat awal (*initial time*) yaitu 57,25 menit dan untuk waktu ikat akhir (*final setting*) untuk variasi abu terbang 15% dan abu dasar 15% yaitu 120 menit.



Gambar 7 Pengujian waktu ikat semen

Hasil pengujian waktu ikat awal (*initial setting*) variasi abu terbang 15% dan abu dasar 15% lebih cepat dibandingkan dengan waktu ikat awal (*initial time*) abu terbang 0% dan abu dasar 0%. Hal ini terjadi karena reaksi antara air dengan semen hanya 70% sehingga waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi lebih sedikit dibanding semen 100%. Sementara

penggunaan abu terbang dan abu dasar pada campuran tidak lagi sebagai *pozzolan* yang dapat membentuk senyawa akan tetapi fungsinya menjadi agregat halus. Sisa dari abu terbang dan abu dasar yang tidak habis bereaksi ini merupakan bahan kapur tohor (Cao) yang tidak aktif dari abu terbang (Kusuma, 2013). Semakin tinggi kemurnian kapur semakin besar reaksinya terhadap air (Mulyono, 2003).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir pada campuran beton cenderung mengurangi tingkat *workability*.
2. Penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton dibandingkan dengan variasi kontrolnya.
3. Pengujian permeabilitas dengan penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir cenderung menaikkan angka permeabilitas yaitu 1,84 cm dari beton normal yaitu 1.12 cm.
4. Pengujian absorpsi dan porositas dengan penggunaan abu terbang 15% dari semen dan abu dasar 15% dari berat pasir cenderung menaikkan nilai absorpsi dan porositas dibandingkan dengan variasi kontrolnya.
5. Pengujian susut beton dengan penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir cenderung mengurangi susut beton.
6. Pengujian waktu ikat semen dengan penggunaan abu terbang 15% dari berat semen dan abu dasar 15% dari berat pasir memiliki waktu ikat awal yang lebih cepat yaitu 57,25 menit dibandingkan waktu ikat semen normal yaitu 76,25 menit.

4.2 Saran

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

- 1) Pada saat pembuatan sampel disarankan untuk setiap benda uji diberi perlakuan yang sama agar tidak terjadi perbedaan sifat mekanik antar beton.
- 2) Selama proses perawatan beton disarankan untuk menjaga kebersihan dari bak rendaman agar proses hidrasi semen berjalan dengan baik.
- 3) Sebaiknya untuk pengujian susut beton dilakukan pada ruangan yang tertutup agar suhu dan kelembaban udara terjaga.

DAFTAR PUSTAKA

- American Concrete Institute (ACI) Committee 209.** (1992). *Prediction of Creep, Shrinkage, and Temperature Effects in Concrete Structures*. Journal ACI Committee 209.
- American Concrete Institute (ACI) Committee 211.1.** (1991). *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. Journal ACI Committee 201.1.
- ASTM C 142 – 97.** 2004. *Standard Test Method for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregates*. United States: ASTM.
- Dorner, H.W. & Beddoe, R. E.** 2005. *Modelling acid attack on concrete: Part I. The essential mechanisms*. Germany: Technische Universität München
- Kusuma.** (2013). *pemanfaatan abu terbang (fly ash) sebagai bahan substitusi semen pada beton mutu normal*. Skripsi Jurusan Teknik.
- Mulyono, T.** (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nugroho, E.H.** (2010). *Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Pradita,S.** (2013). *pemanfaatan abu dasar (bottom ash) sebagai bahan substitusi pasir pada beton mutu normal*. Skripsi Jurusan Teknik. Pekanbaru: Universitas Riau
- 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 03-2417-1991.** (1991). *Metode pengujian keausan agregat dengan mesin abrasi los angeles*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- SNI 03-2816-1992.** (1992). *Metode pengujian kotoran organik dalam pasir untuk campuran mortar atau beton*. 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.