

PEMANFAATAN ABU DASAR (*BOTTOM ASH*) SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI PASIR PADA BETON MUTU NORMAL

Surya Pradita

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293
email: pradita_surya@yahoo.co.id

Alex Kurniawandy

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293
email: alexkurniawandy@gmail.com

Zulfikar Djauhari

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru 28293
email: zulfikar@unri.ac.id

ABSTRACT

This research determines the optimal composition of bottom ash waste replacement of sand that can be used in normal quality concrete (K-100, K-175 and K-250) and assess the influence of bottom ash waste to the compressive strength, absorption, porosity, and shrinkage of concrete. Percentage of waste bottom ash is used by 0%, 10%, 20%, and 30% of the weight of the sand. The results showed that the use of bottom ash to the compressive strength testing of concrete quality on all three types of plans tend to be lower when the compressive strength of concrete. Decline increases with the addition of bottom ash in concrete mixtures. However, the resulting compressive strength on all variations of the use of bottom ash still meet the standards of the planned concrete strength. Based on test results obtained composition compressive strength concrete mix with the optimum use of bottom ash is 30% on each of the quality of concrete plans. The use of bottom ash in concrete mixtures tend to increase the absorption and porosity of the concrete, but the concrete shrinkage decreases.

Keyword: concrete, bottom ash, compressive strength, absorption, porosity, shrinkage.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan batubara sebagai sumber energi pengganti bahan bakar minyak di satu sisi sangat menguntungkan, namun disisi yang lain menimbulkan masalah yaitu abu batubara yang merupakan hasil samping pembakaran batubara. Abu batubara ini terdiri dari abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*).

Ukuran partikel dari abu dasar yang 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 *pozzolanic* merupakan faktor pendukungnya walaupun sifat *pozzolanic* ini tidak terlalu dominan karena ukuran partikel abu dasar yang relatif besar. Karakteristik abu dasar dipengaruhi oleh cara penyimpanan, metode

pembakaran dan perbedaan mutu batubara sehingga sifat abu dasar juga dapat bervariasi.

a) Sifat Kimia

Komposisi kimia dari abu dasar sebagian besar tersusun dari unsur-unsur *Si*, *Al*, *Fe*, *Ca*, serta *Mg*, *S*, *Na* dan unsur kimia lainnya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hisyam *et al* (2010), didapatkan bahwa unsur kimia dominan dari abu dasar yaitu SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3 masing-masing sebesar 54,80%, 21,15%, dan 11,96%.

b) Sifat Mekanis

Hal yang perlu diperhatikan yaitu adanya *friable* partikel umumnya pada *dry bottom ash* yaitu kerak batu bara yang berbentuk seperti kembang (*pop-corn* partikel). Partikel ini mudah hancur akibat pemadatan dan sangat

berpori sehingga memiliki tingkat penyerapan yang tinggi.

c) Sifat Fisik

Sifat fisik Abu dasar berdasarkan bentuk, warna, tampilan, ukuran, *specific gravity*, *dry unit weight* dan penyerapan dari *dry bottom ash* dan *wet bottom ash* dapat dilihat pada Tabel 1. di bawah ini.

Tabel 1. Sifat fisik abu dasar

Sifat Fisik	<i>Wet Bottom Ash</i>	<i>Dry Bottom Ash</i>
Bentuk	Angular / bersiku	Berbutir kecil / granular
Warna	Hitam	Abu-abu gelap
Tekstur	Keras, mengkilap	Seperti pasir halus, sangat berpori
Ukuran (%lolos ayakan)	No.4 (90-100%) No.10 (40-60%) No.40 (10%) No.200 (5%)	1.5 s/d 3/4 (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%

Sumber: Coal Bottom Ash/Boiler Slag-Material Description

Pemanfaatan abu terbang sebagai material konstruksi sudah banyak dilakukan. Pabrik semen menggunakan abu terbang sebagai pengganti (substitusi) batuan trass yang bersifat *pozzolanic* untuk pembuatan semen tahan asam (PPC). Mengingat limbah abu dasar tersebut meningkat setiap tahunnya dan masih sedikit yang memanfaatkannya maka perlu cara untuk menanggulangi limbah tersebut.

Penggunaan abu dasar sebagai bahan campuran beton sudah pernah diteliti salah satunya oleh Aringga (2012). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kuat tekan beton dengan campuran abu dasar mengalami penurunan dibandingkan dengan variasi kontrolnya (0% pemakaian abu dasar). Tetapi beton dengan campuran abu dasar hingga variasi 20% masih termasuk dalam klasifikasi beton mutu normal. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh pemakaian abu dasar terhadap sifat mekanis beton dengan pemanfaatan abu dasar yang lebih banyak dalam campuran beton.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui *workability* beton segar yang

menggunakan bahan pengganti limbah abu dasar, serta pengaruh abu dasar terhadap sifat mekanis beton (kuat tekan, absorpsi, porositas, dan susut beton), dan untuk menentukan komposisi optimal penggantian abu dasar terhadap agregat halus yang bisa dimanfaatkan pada beton mutu normal.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Pemeriksaan Karakteristik Material

Agregat berupa batu pecah berasal dari Tanjung Balai Karimun. Pasir berasal dari Kabupaten Kampar, sedangkan abu dasar yang digunakan berasal dari Dumai. Pengujian material yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Pengujian material

Pengujian Agregat	Standar
Analisa saringan	SNI 03-1968
Berat jenis	SNI 03-1969 dan SNI 03-1970
Kadar air	SNI 03-1971
Berat volume	SNI 03-4804
Keausan agregat	SNI 03-2417
Kadar lumpur	ASTM C-142
Kandungan organik	ASTM C-40

Penelitian kimia dari abu dasar dilakukan di Laboratorium PT. Sucofindo Cibitung dapat dilihat pada Tabel 3 dan untuk mengetahui sifat fisik dan mekanis abu dasar dilakukan di Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.

Tabel 3. Komposisi kimia

Logam Oksida	Persentase (%)
<i>SiO₂</i>	74,78
<i>Al₂O₃</i>	12,38
<i>Mg</i>	0,52
<i>Fe</i>	5,43
<i>CaO</i>	1,55

Sumber: Laboratorium PT. Sucofindo Cibitung

2.2. Perencanaan Campuran Beton

Perencanaan campuran (*mix design*) beton menggunakan metode ACI 211.1-9 dengan mutu beton rencana K-100, K-175, dan K-250. Hasil perhitungan komposisi campuran dapat dilihat pada Tabel 4 s.d Tabel 6.

Tabel 4. Komposisi campuran beton K-100 untuk 1 m³

% Abu dasar	Semen (kg)	Bt. pecah (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Abu dasar (kg)
0	287,52	971,09	785,35	178,55	0
10	287,52	971,09	706,81	178,55	78,53
20	287,52	971,09	628,28	178,55	157,07
30	287,52	971,09	549,74	178,55	235,60

Tabel 5. Komposisi campuran beton K-175 untuk 1 m³

% Abu dasar	Semen (kg)	Bt. pecah (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Abu dasar (kg)
0	358,25	971,09	728,39	180,10	0
10	358,25	971,09	655,55	180,10	72,83
20	358,25	971,09	582,71	180,10	145,67
30	358,25	971,09	509,87	180,10	218,51

Tabel 6. Komposisi campuran beton K-250 untuk 1 m³

% Abu dasar	Semen (kg)	Bt. pecah (kg)	Pasir (kg)	Air (kg)	Abu dasar (kg)
0	442,50	971,09	660,55	181,94	0
10	442,50	971,09	594,49	181,94	66,05
20	442,50	971,09	528,43	181,94	132,10
30	442,50	971,09	462,38	181,94	198,16

2.3. Pengujian Sifat Mekanis Beton

Pengujian sifat mekanis beton pada penelitian ini berupa pengujian slump, kuat tekan, absorpsi, porositas, dan susut pada beton. Pengujian slump dilakukan berdasarkan SNI 03-1972-1990 yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat benda uji berumur 7, 28, dan 90 hari. Pada umur beton 7 hari akan dilakukan analisa awal dari keseluruhan variasi ketiga jenis mutu beton. Analisa ini dilakukan berdasarkan nilai kuat tekan beton, kemudian hasilnya dibutuhkan untuk mendapatkan variasi optimum penggunaan abu dasar dalam campuran beton. Selanjutnya untuk pengujian kuat tekan umur 28 dan 90 hari hanya dilakukan pada variasi penggunaan abu dasar yang optimum. Pengujian kuat tekan dilakukan berdasarkan SNI 03-1974-1990 yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Pengujian absorpsi, porositas, dan susut dilakukan pada benda uji dengan variasi abu dasar yang optimum. Pengujian absorpsi dan porositas dilakukan berdasarkan ASTM C-642 saat benda uji berumur 28 hari. Pengujian susut dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran langsung (laboratorium) dan perhitungan prediksi susut ACI 209 (teoritik). Pengukuran susut langsung dilakukan berdasarkan ASTM C-1090 pada saat benda uji berumur 7 hari yang berlangsung hingga 30 hari. Pengukuran dengan menggunakan alat *dial gauge* yang memiliki ketelitian 0,01 mm yang dapat dilihat pada Gambar 3 sedangkan perhitungan prediksi susut ACI 209 dilakukan dengan menggunakan persamaan yang diberikan ACI.



Gambar 1. (a) Pengujian slump K-100 BA 30% (b) Pengujian slump K-175 BA 30% (c) Pengujian slump K-250 BA 30%



Gambar 2. Pengujian kuat tekan beton

2.4. Benda Uji

Secara keseluruhan (tiga jenis mutu beton) jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 96 sampel dengan dua bentuk benda uji. Benda uji berbentuk kubus sebanyak 93 sampel digunakan untuk pengujian kuat tekan beton, absorpsi, dan porositas. Benda uji berbentuk silinder sebanyak 3 sampel digunakan untuk pengujian susut beton. Selanjutnya perincian jumlah benda uji dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Jumlah benda uji untuk mutu K-100, K-175, dan K-250

% abu dasar	Uji Tekan			Uji Porositas Absorpsi	Uji Susut	Jumlah
	7	28	90			
0	4					
10	4					
20	4	5	5	5	1	32
30	4					



Gambar 3. Pengujian susut beton

Perawatan (*curing*) benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam air pada suhu $(23\pm 2)^{\circ}\text{C}$ sampai dilakukan pengujian kuat tekan pada umur 7, 28, dan 90 hari. Perawatan ini dilakukan untuk menjaga beton agar terjaga kelembabannya dan agar proses hidrasi pada beton terjaga dengan baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang dapat dibahas meliputi hasil pengujian karakteristik material, hasil pengujian slump beton, hasil pengujian kuat tekan beton, hasil pengujian absorpsi & porositas beton dan hasil pengujian susut beton.

3.1. Hasil Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material menghasilkan data-data yang digunakan dalam perencanaan campuran (*mix design*) beton. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil pengujian karakteristik material

Jenis Pemeriksaan	Hasil (ag.kasar)	Hasil (ag.halus)	Hasil (abu dasar)	Standar
Berat Jenis (gr/cm^3)				
a. <i>Apparent specific gravity</i>	2,65	2,75	2,15	2,5 - 2,7
b. <i>Bulk specific gravity on dry</i>	2,54	2,52	1,81	2,5 - 2,7
c. <i>Bulk specipy gravity on SSD</i>	2,58	2,61	1,97	2,5 - 2,7
d. <i>Absorption (%)</i>	1,65	3,22	8,7	2 - 7
Kadar air (%)	1,86	5,86	17,32	3 - 5
<i>Fine modulus</i>	6,36	3,15	4,03	1,5 - 3,8
Berat Volume				
a. Kondisi padat	1,57	1,73	0,90	> 1,2
b. Kondisi lepas	1,44	1,51	0,77	> 1,2
Kadar Lumpur (%)	-	3,25	-	< 5
Kandungan zat organik	-	No.1	No.5	No.3
Keausan (%)	38,45	-	-	27 - 40

3.2. Hasil Pengujian Slump Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan pengerjaan (*workability*). Pada penelitian ini untuk menjaga tingkat *workability* dilakukan dengan penambahan air pada campuran. Penambahan air ini mengakibatkan perubahan nilai FAS pada campuran. Hasil pengujian slump untuk masing-masing variasi abu dasar dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil pengujian slump beton

Mutu beton	BA (%)	FAS awal	+ Air/ m^3 (kg)	FAS real	Slump (cm)
K-100	0	0.621	0	0.621	14,0
	10	0.621	16,46	0,678	7,5
	20	0.621	24,69	0,707	7,0
	30	0.621	32,92	0,736	7,0
K-175	0	0.503	0	0.503	12,0
	10	0.503	15,64	0,546	9,5
	20	0.503	24,69	0,572	7,5
	30	0.503	32,92	0,595	7,5
K-250	0	0.411	0	0,411	11,5
	10	0.411	12,76	0,440	7
	20	0.411	24,69	0,467	7,5
	30	0.411	32,92	0,486	8,0

Berdasarkan Tabel 9, dapat dilihat bahwa campuran dengan variasi abu dasar 30% merupakan campuran dengan nilai FAS paling maksimum dari ketiga jenis mutu beton dibandingkan dengan variasi kontrol 0%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak

penggunaan abu dasar pada campuran beton, maka cenderung semakin meningkatkan kebutuhan air pada campuran. Peningkatan tersebut dikarenakan karakterisasi dari abu dasar yaitu *absorption* (penyerapan) sebesar 8,07% yang lebih tinggi dibandingkan dengan *absorption* (penyerapan) agregat halus sebesar 3,22% (Tabel 8). Hal ini mengakibatkan jumlah air yang diserap pada proses pencampuran akan meningkat. Kemudian tekstur kasar partikel abu dasar mengakibatkan meningkatnya gesekan antar agregat sehingga tingkat *workability* beton cenderung berkurang.

3.3. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

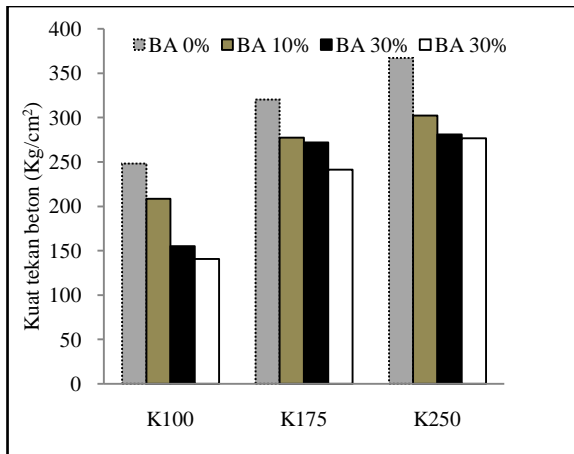
Hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Kuat tekan beton umur 7 hari

Mutu beton	Kuat tekan rata-rata (kg/cm^2)			
	0% BA	10% BA	20% BA	30% BA
K-100	248,04	208,48	155,21	140,60
K-175	320,35	277,48	271,93	241,31
K-250	367,09	302,45	280,83	276,58

Gambar 4 mengindikasikan bahwa penambahan abu dasar pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton. Penurunan nilai kuat tekan beton terjadi pada semua variasi campuran abu dasar dibandingkan dengan variasi kontrolnya. Campuran dengan variasi abu dasar 30% merupakan campuran dengan penurunan yang

paling maksimum dari ketiga jenis mutu beton yaitu berkisar antara 20-40% dari variasi kontrol 0% diikuti dengan variasi 20% berkisar antara 15-35% dan variasi 10% berkisar antara 10-20%.



Gambar 4. Grafik kuat tekan beton umur 7 hari

Secara visual, abu dasar yang digunakan terlihat mengandung *friable* partikel yaitu kerak batu bara yang berbentuk seperti kembang (*pop-corn* partikel) yang sangat berpori (Gambar 5). Hal ini mengindikasikan bahwa semakin banyak penggunaan abu dasar yang digunakan dalam campuran beton maka semakin tinggi porositas beton tersebut. Oleh karena itu, kekuatan beton dengan menggunakan abu dasar cenderung menurun seiring dengan bertambahnya persentase penggunaan abu tersebut.



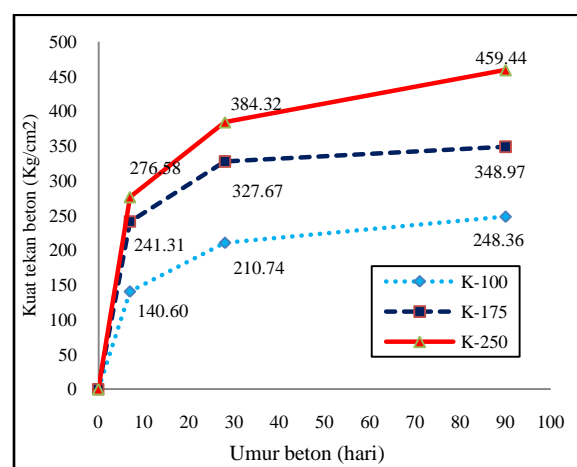
Gambar 5. *friable* partikel

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton umur 7 hari didapatkan komposisi campuran beton yang optimum dengan penggunaan abu dasar adalah sebesar 30% pada masing-masing mutu beton. Hal ini diambil dengan pertimbangan bahwa variasi

30% merupakan variasi abu dasar dengan nilai kuat tekan yang paling mendekati dengan mutu beton rencana. Selanjutnya pengujian kuat tekan beton umur 28 hari dan 90 hari hanya dilakukan pada variasi 30% yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Kuat tekan beton variasi 30% abu dasar

Mutu beton	Kuat tekan rerata (kg/cm ²)		
	7 hari	28 hari	90 hari
K-100	140,60	210,74	248,36
K-175	241,31	327,67	348,97
K-250	276,58	384,32	459,44



Gambar 6. Grafik kuat tekan terhadap umur beton

Gambar 6 menunjukkan bahwa kekuatan beton dengan menggunakan abu dasar cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton. Hasil uji kuat tekan beton mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada umur 28 hari bila dibandingkan pada beton umur 7 hari. Demikian juga pada beton umur 90 hari bila dibandingkan pada beton umur 28 hari. Kekuatan terus meningkat dan yang tertinggi pada umur beton 90 hari. Hal tersebut mengindikasikan bahwa proses hidrasi pada beton masih berjalan. Kenaikan kekuatan tersebut merupakan akibat dari kombinasi antara proses hidrasi semen dan reaksi *pozzolanic* yang terkandung dalam abu dasar.

3.4. Hasil Pengujian Absorpsi dan Porositas Beton

Pengujian absorpsi dan porositas beton dilakukan dilakukan pada benda uji dengan campuran abu dasar optimal (30%) saat

berumur 28 hari. Hasil pengujian absorpsi dan porositas beton dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Absorpsi dan porositas beton

Mutu beton	Absorpsi rerata (%)	Porositas rerata (%)
K-100	8,08	16,98
K-175	5,68	12,10
K-250	5,07	10,41

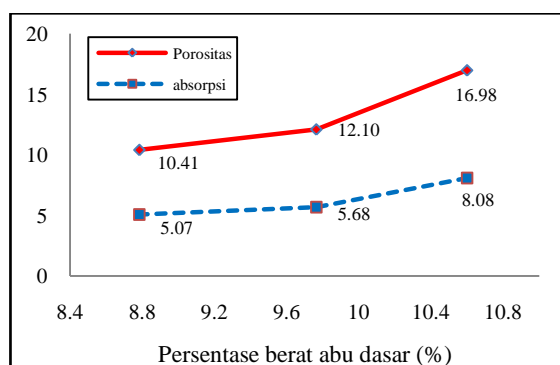
Karena pengujian ini hanya dilakukan pada variasi abu dasar yang optimal (30%)

maka untuk menganalisa pengaruh penggunaan abu dasar dalam campuran beton terhadap absorpsi dan porositas dari beton maka dilakukan dengan cara membandingkan berat masing-masing abu dasar yang digunakan per tiap mutu beton rencana seperti yang terlihat pada Tabel 13. Setelah itu maka didapatlah hubungan antara persentase berat penggunaan abu dasar terhadap nilai absorpsi dan porositas beton.

Tabel 13. Perbandingan berat komposisi abu dasar 30%

Bahan penyusun	Berat bahan (kg)			Perbandingan berat (%)		
	K-100	K-175	K-250	K-100	K-175	K-250
Semen	287,52	358,25	442,50	12,94	16,01	19,61
Air	178,55	180,10	181,94	8,03	8,05	8,06
Ag.kasar	971,09	971,09	971,09	43,69	43,39	43,04
Ag.halus	549,74	509,87	462,38	24,74	22,78	20,50
Abu dasar	235,60	218,51	198,16	10,60	9,76	8,78
Jumlah	2222,52	2237,84	2256,08	100	100	100

Gambar 7 menunjukkan bahwa pengaruh penggunaan abu dasar terhadap absorpsi dan porositas beton yaitu semakin banyak penggunaan abu dasar dalam campuran beton cenderung akan meningkatkan absorpsi dan porositas dari beton tersebut. Hal ini disebabkan abu dasar yang digunakan mengandung *friable* partikel yaitu kerak batu bara yang berbentuk seperti kembang (*pop-corn* partikel) yang sangat berpori sehingga mengurangi kekuatan agregat halus sebagai pengisi yang menyebabkan beton menjadi berpori sehingga penyerapan air menjadi tinggi.



Gambar 7. Grafik absorpsi dan porositas beton

3.5. Hasil Pengujian Susut Beton

Pengujian susut dilakukan pada benda uji dengan campuran abu dasar optimal (30%). Pada penelitian ini untuk mendapatkan nilai susut beton dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran langsung (laboratorium) dan perhitungan prediksi susut menurut ACI 209 (teoritik).

Hasil pengukuran langsung menunjukkan total susut cenderung meningkat sebanding dengan naiknya mutu beton. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya :

- a) Jumlah semen
Pada mutu beton yang lebih tinggi memakai semen yang lebih banyak sehingga pasta yang dihasilkan juga lebih banyak yang menyebabkan susut yang terjadi juga lebih besar.
- b) Jumlah agregat
Agregat bekerja mengekang pasta semen sehingga susut akan lebih kecil terjadi pada beton dengan jumlah agregat yang lebih banyak.
- c) Jumlah abu dasar
penggunaan abu dasar yang lebih banyak cenderung memperkecil nilai susut beton

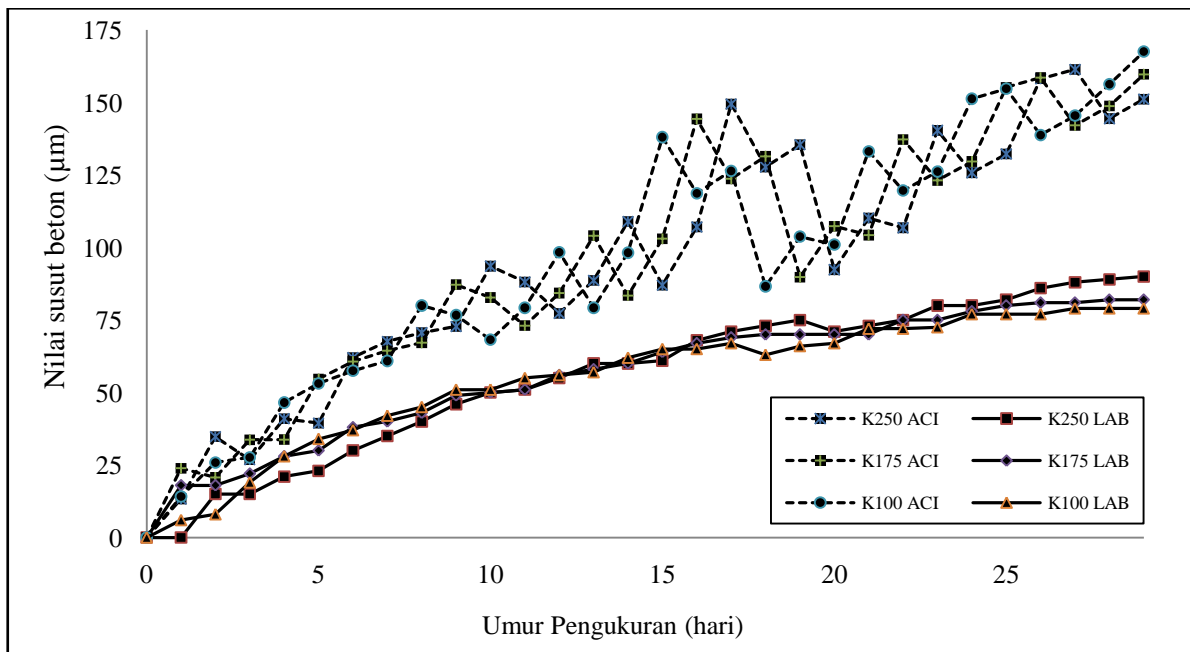
karena berat jenis abu dasar yang lebih kecil dibandingkan dengan pasir sehingga dengan berat yang sama menghasilkan volume yang lebih banyak pada abu dasar yang mengakibatkan daya kekang terhadap pasta bertambah.

Prediksi susut menurut ACI 209 menunjukkan hasil yang berbeda dibandingkan dengan hasil susut pengukuran langsung. Dimana susut tertinggi terjadi pada mutu beton K-100, diikuti K-175 dan K-250. Hal ini dikarenakan pada prediksi susut ACI 209 perhitungan mengabaikan adanya campuran abu dasar didalam beton sehingga susut yang diprediksi merupakan susut yang terjadi pada beton biasa (tanpa abu dasar) sementara pada pengukuran langsung (laboratorium), beton yang digunakan untuk pengujian adalah beton dengan menggunakan campuran abu dasar sebagai bahan substitusi pasir. Hasil pengukuran kedua cara ini dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Total susut beton selama 30 hari pengukuran

Mutu beton	Langsung (μm)	ACI 209 (μm)
K-100	79,0	167,6
K-175	82,0	159,7
K-250	90,0	151,1

Gambar 8 memperlihatkan bahwa hasil perhitungan prediksi susut menurut ACI 209 menghasilkan pola yang tidak beraturan. Hal ini disebabkan perbedaan kelembaban relatif yang signifikan setiap harinya. Kemudian dari Gambar 8 memperlihatkan bahwa secara umum prediksi susut ACI 209 memberikan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung. Berdasarkan analisa diatas hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan abu dasar sebagai bahan substitusi pasir dapat mengurangi susut beton.



Gambar 8. Grafik susut beton

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan mengenai penggunaan abu dasar sebagai pengganti agregat halus pada beton mutu normal, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung mengurangi tingkat *workability* pada ketiga jenis mutu beton sehingga membutuhkan penambahan air untuk mencapai standar *workability* yang direncanakan. Penambahan air meningkat sebanding dengan penambahan jumlah abu dasar dalam campuran beton.
2. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan pada ketiga jenis mutu beton, maka penggunaan abu dasar pada campuran beton cenderung menurunkan nilai kuat tekan beton bila dibandingkan dengan variasi kontrolnya. Penurunan meningkat sebanding dengan penambahan jumlah abu dasar dalam campuran beton.
3. Pada penelitian ini pada ketiga jenis mutu beton penggunaan abu dasar 10% sampai dengan 30% dalam campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan yang masih masuk didalam standar kekuatan beton yang direncanakan.
4. Kekuatan beton dengan menggunakan abu dasar sebagai bahan substitusi pasir cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya umur beton pada ketiga jenis mutu beton.
5. Berdasarkan hasil pengujian absorpsi dan porositas pada ketiga jenis mutu beton rencana, maka semakin banyak penggunaan abu dasar dalam campuran beton cenderung meningkatkan absorpsi dan porositas dari beton tersebut.
6. Berdasarkan hasil pengujian susut pada ketiga jenis mutu beton, maka semakin banyak penggunaan abu dasar dalam campuran beton cenderung mengurangi susut dari beton tersebut.
7. Dari penelitian ini berdasarkan hasil pengujian kuat tekan didapatkan komposisi campuran beton yang optimum dengan penggunaan abu dasar adalah sebesar 30% pada masing-masing mutu beton.

4.2. Saran

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

1. Sebaiknya pada pengujian porositas, absorpsi, dan susut beton dilakukan juga pembuatan benda uji tanpa penggunaan abu dasar yang berguna sebagai pembanding hasil pengujian.
2. Sebaiknya penambahan air dilakukan seragam pada semua variasi penggunaan abu dasar sehingga nilai FAS yang dihasilkan juga seragam.
3. Sebaiknya pengujian susut dilakukan pada ruangan tertutup sehingga kelembaban relatif ruangan dapat terjaga dan tidak bervariasi.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian terutama kepada:

1. Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi & Lembaga Pendidikan UR melalui Skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi BOP TW.
2. Rekan seperjuangan tugas akhir, Ilham, Azmi, Raja, Arie, Jaya, Rika, Ririn, Winda dan sahabat-sahabat asisten Laboratorium Teknologi Bahan Fakultas Teknik Universitas Riau.
3. Rekan-rekan senasib seperjuangan mahasiswa/i Teknik Sipil S-1 2008 Universitas Riau.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aggarwal, P., Aggarwal, Y., & Gupta, S.M.** (2007). *Effect of Bottom Ash as Replacement of Fine Aggregates in Concrete*. Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing), 8, 49-62.
- 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.
- Aringga, A.** (2012). *Pengaruh Penggunaan Abu Dasar (Bottom Ash) Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada Beton Normal*, Skripsi Jurusan Teknik Sipil. Pekanbaru: Universitas Riau.
- ASTM.** (1995). *Annual Book of ASTM Standards*. Philadelphia: ASTM
- Coal Bottom Ash/Boiler Slag-Material Description.** (2000). Available at: <http://www.fthrc.gov/hnr20/recycle/waste/cbabs2.htm>, diakses pada November 2012.
- Hisyam, M.S., Fadluhartini, & Zulkifli, M.** (2010). *The Properties of Special Concrete Using Washed Bottom Ash (WBA) as Partial Sand Replacement*. International Journal of Sustainable Construction Engineering & Technology, 2, 65-76.
- Kasemchaisiri, R., & Tangtermsirikul, S.** (2007). *Properties of Self-Compacting Concrete in Incorporating Bottom Ash as a Partial Replacement of Fine Aggregate*. Science Asia, 34, 87-95.
- Mulyono, T.** (2003). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Nawy, G.E., Tavio, & Kusuma, B.** (2010). *Beton Bertulang*. Surabaya: Penerbit ITS Press.
- Olivia, M., Rachmadan, O., Indrawar, R.J., Indrawan, B., & Damon.** (2005). *Pemanfaatan Abu Sawit Sebagai Bahan Tambah Pada Beton*. Jurnal Sains dan Teknologi, 4(1), 10-15.
- 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.