

PENGARUH PENAMBAHAN FOAM AGENT TERHADAP KUALITAS BATA BETON

Oleh : **Andriati Amir Husin, Rudi Setiadji**

Pusat Litbang Permukiman Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan – Kab. Bandung 40393

E-mail: kolaka_80@yahoo.com

Tanggal masuk naskah: 30 Januari 2008, Tanggal revisi terakhir : 12 Juni 2008

Abstrak

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air yang merupakan larutan koloid. Dengan menggunakan foam generator maka dapat dihasilkan pre foam awal yang stabil dalam kondisi basa, oleh karena itu cocok untuk digunakan pada produksi mortar yang mengandung busa. Dalam percobaan ini agregat yang digunakan berasal dari limbah industri yang berupa fly ash, bottom ash dan limbah katalis RCC. Komposisi campuran yang digunakan adalah 1 bagian semen : 2 bagian agregat. Dari hasil penelitian ternyata untuk komposisi campuran 1 bagian semen : 2 bagian agregat (75% fly ash, 25% pasir) dengan jumlah busa yang digunakan 0,8% dan 1,6% dapat memenuhi syarat untuk pemakaian di luar atau pada bagian luar bangunan, baik yang memikul beban maupun yang tidak memikul beban dimana kuat tekannya lebih besar dari 125 kg/cm². Bila agregat yang digunakan adalah bottom ash (100%) dengan jumlah busa 0,8% dapat digunakan untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang memikul beban dimana kuat tekan yang dicapai lebih besar dari 85 kg/cm² sedangkan apabila agregat yang digunakan adalah limbah katalis RCC (25% RCC, 75% pasir) dengan jumlah busa 0,8% dapat digunakan untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang tidak memikul beban dimana kuat tekan yang dicapai adalah 68 kg/cm².

Kata kunci : Foam agent, bata beton

Abstract

Foam agent is surfactant – based concentrated solution that requires for practical use to be diluted with water as colloid solution. With the aid of a foam generator, pre-foam which is stable under alkali condition can be generated and made use for form-contained mortar production. This research employs aggregate of industry waste products, namely fly ash, bottom ash and RCC-catalytic waste with the mix design in a ratio of 1 : 2 of cement to aggregate. The experimental result demonstrates that the composition consisting of 1 cement : 2 aggregate (75% fly ash, 25% sand) and 0,8% and 1,6% foam satisfies the specified requirements for both internal and external building construction and both structurally and non-structurally with the observed compressive strength greater than 125 kg/cm². Given that the aggregate used to mix is (bottom ash (100%)) with 0,8% foam, the resulting compressive strength exceeds 85 kg/cm² which is suitable for internal building construction. It is also shown that RCC-based mixture (25% RCC, 75% sand) and 0,8% foam can yield a strength of 68 kg/cm² that fits for non-structural internal building construction purposes.

Key words : Foam agent, conblock

PENDAHULUAN

Pembangunan nasional dewasa ini menganut paradigma baru selain bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat juga ditujukan untuk meningkatkan kualitas lingkungan. Pembangunan jangka panjang Indonesia di masa mendatang masih akan difokuskan pada sektor industri dan pertanian. Kegiatan pembangunan selain menghasilkan berbagai produk dan jasa, juga akan menghasilkan limbah yang diantaranya adalah limbah dari kegiatan industri, antara lain *bottom ash*, *fly ash* dan limbah katalis dari proses *Residium Catalytic Cracking* (RCC). Proses pemanfaatan limbah dapat dilakukan dengan cara perolehan kembali (*recovery*), pemanfaatan kembali (*reuse*) dan daur ulang (*recycle*). Pemanfaatan ini akan mengurangi limbah yang dihasilkan, baik dari segi kuantitas maupun kualitas dan juga akan mengoptimalkan penggunaan sumber daya alam.

Salah satu implementasi prinsip keefisiensi dalam pembangunan yang berkelanjutan adalah penggunaan bahan yang dapat di-*recovery*, di-*reuse*, dan di-*recycle*. Pemanfaatan *bottom ash*, *fly ash* dan limbah katalis RCC sebagai bahan substitusi dan bahan pengisi (*filler*) beton ringan yang berupa beton gas merupakan salah satu wujud nyata implementasi dari keefisiensi tersebut.

Kemungkinan penggantian energi PLTD dari BBM menjadi batubara akan berpotensi menghasilkan limbah berupa *bottom ash* dan *fly ash*.

Beton gas adalah salah satu jenis beton ringan dimana dalam campuran ini tidak ditemukan adanya agregat kasar. Sebagai bahan pengisi biasanya debu halus (lolos ayakan 0,075 mm). Tetapi

kadang-kadang bisa juga agregat halus <3/16 inchi.

Pembentukan gas/udara biasanya dilakukan dengan cara *chemical aerating* yaitu ke dalam mortar dimasukkan bahan kimia, sehingga timbul reaksi kimia yang melepas gas tertentu. Cara lain adalah *foaming mixture* yaitu memberi busa dalam bubur semen. Pada penelitian ini yang akan dilakukan adalah cara *foaming mixture*.

Pada saat ini pabrik tekstil telah menggunakan batubara sebagai bahan bakar, dimana menurut perkiraan untuk setiap harinya dapat menghasilkan limbah yang berupa *bottom ash* sebanyak \pm 5–10 ton. Industri PLTU Suralaya per tahun dapat menghasilkan limbah *fly ash* sebanyak 288.000 ton dan *bottom ash* sebanyak 547.500 ton sedangkan PLTU Paiton dapat menghasilkan limbah yang berupa *fly ash* sekitar 72.157 ton dan *bottom ash* sekitar 18.039 ton per tahun. Sedangkan UP VI Pertamina Balongan Indramayu setiap harinya dapat menghasilkan limbah katalis RCC kira-kira 10 ton.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- Memanfaatkan limbah industri (*bottom ash* dan *fly ash*, limbah katalis RCC) dalam pembuatan bata beton pejal ringan
- Mendapatkan komposisi yang optimal ditinjau dari sifat fisik & mekanik berdasarkan standar yang ada.

HIPOTESA

Limbah industri yang berupa *fly ash*, *bottom ash*, limbah katalis RCC berupa pasir halus, diperkirakan dapat digunakan sebagai *filler* dalam pem-

buatan beton, asbuton, beton gas, dan lain-lain. Dalam penelitian ini akan dicoba untuk membuat gas beton yang berupa bata beton pejal. Untuk membuktikannya maka pertama-tama dilakukan percobaan pembuatan mortar, berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm dengan perlakuan asal/jenis limbah, komposisi campuran dari beberapa jenis limbah tersebut, komposisi *agent foaming* kemudian dilakukan pengujian kuat tekan. Dari percobaan tersebut di atas untuk kekuatan yang memenuhi syarat dan ekonomis, dibuat bata beton pejal. Bata beton pejal ini kemudian diuji kuat tekan dan penyerapan airnya sesuai dengan standar.

TINJAUAN PUSTAKA

Bahan Baku

1. Semen

Semen adalah bahan yang mempunyai sifat adesif dan kohesif yang dapat mengadakan ikatan-ikatan antara pecahan-pecahan mineral menjadi satu kesatuan yang utuh. Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lain.

2. Agregat/ filler

Filler merupakan bahan yang mengandung silika. Agregat adalah bahan yang dipakai sebagai pengisi atau pengurus, dipakai bersama dengan bahan perekat, membentuk suatu massa yang keras, padat, bersatu, disebut beton. Tujuan

penggunaan agregat adalah menghemat penggunaan semen; memberi bentuk pada beton dan memberi kekerasan yang dapat menahan beban, goresan dan cuaca; mengurangi penyusutan pada waktu pengerasan beton; mencapai susunan padat beton dengan gradasi yang baik dari pada bahan buatan; mengontrol kemudahan pengerjaan adukan (*workability*) beton yang sifatnya plastis dan bergradasi baik.

3. Abu Terbang

Abu terbang adalah hasil sampingan dari industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang menggunakan batubara sebagai bahan bakarnya, berupa butiran halus, ringan, bundar, tidak porous dan bersifat pozolanik. Ukuran partikel rata-rata 10 μm tetapi dapat bervariasi dari < 1 μm sampai lebih dari 150 μm . Mutu abu batubara (*fly ash, bottom ash*) ditentukan oleh sifat kimia dan sifat fisiknya, sehingga karakteristik abu batubara tergantung pada tipe batubara, kadar abu dalam batubara, proses penggilingan, tipe tungku dan efisiensi proses pembakaran batubara. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan di Puslitbang Pemukiman ternyata abu terbang dapat digunakan sebagai bahan pengganti sebagian semen. Dalam pekerjaan beton abu terbang yang digunakan untuk mengganti sebagian semen optimum 20%.

4. Bottom Ash

Bottom ash dapat dihasilkan apabila pembakaran batubara dan karbon tidak sempurna. (Amir, 2004). *Bottom ash* adalah butiran yang berwarna coklat kekuning-kuningan

atau keabu-abuan gelap sampai hitam, berpori (*porous*), kebanyakan berukuran sama dengan pasir atau partikel-partikel abu dasar yang jauh lebih kasar dari pada abu terbang dengan kisaran ukuran butir dari pasir halus sampai kerikil. Karakteristik *bottom ash* tergantung pada tipe tungku *boiler* yang digunakan untuk membakar batu bara, variasi batubara, sistem pengangkutan (kering atau basah), apakah *bottom ash* digiling sebelum pengangkutan dan penyimpanan (anonim, 2006). Pada pokoknya, komposisi kimia *bottom ash* sama dengan komposisi kimia *fly ash*, tetapi secara khas mengandung banyak karbon yang lebih besar.

5. RCC

Limbah katalis *Residium Catalytic Cracking* (RCC) merupakan bahan yang dihasilkan dari proses pereengkahan katalitik pada pemisahan minyak mentah seperti komponen bensin, produk samping LPG (*Liquified Petroleum Gas*) dan olefin rendah yang diolah secara proses konversi. Limbah katalis ini mengandung silika dan alumina yang tinggi serta mempunyai sifat *pozolankc* yang menguatkan bila dicampur semen atau bahan lain, sehingga dapat dimanfaatkan untuk bahan baku berbagai bahan bangunan dan campuran aspal. Politeknik Bandung telah melakukan pengujian limbah katalis RCC terhadap tikus ternyata limbah ini tidak membahayakan. Menurut Soemarwoto (2000) setiap hasil produksi suatu industri yang terbuang dapat dimanfaatkan kembali untuk menghasilkan bahan baku produk yang lain sehingga limbah yang dihasilkan dapat didaur

ulang (*recycle*), diguna ulang (*reuse*) dan direduksi (*reduce*). Dalam satu hari terdapat limbah katalis RCC sebanyak 10 ton.

6. Air

Air yang dimaksud adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan meliputi kegunaannya dalam pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, adukan pasangan dan adukan plesteran. Air untuk keperluan pembuatan beton dan juga untuk membasahi beton saat waktu perawatan, tidak boleh mengandung bahan-bahan yang dapat menghalangi pengerasan semen portland atau dapat merusak beton itu sendiri, misalnya lumpur atau benda-benda halus lainnya, seperti bahan tanah liat; bahan-bahan golongan zat organik, seperti gula, asam humat, dan lain-lain; bahan-bahan yang terlarut seperti garam-garam sulfat, khlorida, asam dan basa.

7. Foam Agent

Foam agent adalah suatu larutan pekat dari bahan surfaktan, dimana apabila hendak digunakan harus dilarutkan dengan air. Surfaktan adalah zat yang cenderung terkonsentrasi pada antar muka dan mengaktifkan antar muka tersebut. *Detergent* ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{OSO}_3^- \text{Na}^+$) mengandung zat "*surface active*" (*surfactant*). Dilihat dari struktur molekulnya, detergent mempunyai dua gugus yang penting yaitu gugus liofil (yang menarik pelarut), dan gugus liofob (yang menolak pelarut). Gugus liofil dapat berupa gugus khlorida atau gugus bromida, atau gugus lain yang umumnya merupakan gugus yang pendek.

Gugus liofob biasanya terdiri dari rantai alifatik atau aromatik yang umumnya terdiri dari paling sedikit sepuluh atom karbon. Dalam pelarut air, gugus liofil yang juga disebut gugus hidrofil akan menarik molekul air, sedangkan gugus liofob yang juga disebut hidrofob akan menghadap ke udara. Menurut Mc Brain dalam Tontowi, larutan *detergent* di dalam air merupakan larutan koloid dan pada konsentrasi yang tinggi maka partikel-partikel koloid tersebut akan menggumpal sebagai misel. Ada empat tipe surfaktan yaitu anionik, kationik, non-ionik dan amfolitik.

Dalam penelitian disini surfaktan yang digunakan adalah *foam cement admixture*. Dengan menggunakan *foam generator* dapat dihasilkan *pre foam* awal yang stabil dalam kondisi basa, oleh karena itu cocok untuk digunakan pada produksi mortar yang mengandung busa. Dengan mengontrol banyaknya *pre foam* yang ditambahkan ke dalam *premixed* mortar maka berat jenis yang diinginkan dapat tercapai dengan mengadakan percobaan-percobaan. Biasanya jika berat jenis yang diinginkan turun sampai 1000 kg/m^3 maka campuran yang digunakan adalah 2 bagian agregat : 1 bagian semen tetapi apabila diinginkan berat jenis dibawah 1000 kg/m^3 maka campuran yang digunakan adalah 1 bagian agregat : 1 bagian semen. Jadi kita dapat merancang suatu campuran dengan tujuan untuk apa komponen tersebut dibuat. *Foam cement admixture* berupa cairan putih bersih dengan berat jenis 1,10 pada 20°C . Jika pasir yang digunakan mempunyai diameter lebih dari 2 mm akan sedikit mengurangi terhadap busa yang telah stabil dihasilkan, khususnya untuk berat jenis

yang lebih rendah. Untuk mengontrol pekerjaan rutin, biasanya berat jenis dilakukan pada keadaan basah. Berat jenis kering dari bahan yang telah mengandung busa lebih rendah $50-100 \text{ kg/m}^3$ dari berat jenis basah.

Produk

Beton gas adalah salah satu jenis beton ringan dimana dalam campuran ini tidak ditemukan adanya agregat kasar. Sebagai bahan pengisi biasanya debu halus (lolos ayakan $0,075 \text{ mm}$). Tetapi kadang-kadang bisa juga agregat halus $< 3/16 \text{ in}$. Berat volume beton gas sangat tergantung dari beton itu sendiri dan jumlah bahan pembentuk gelembung yang ditambahkan. Biasanya berkisar antara $800 \text{ kg/m}^3 - 1.600 \text{ kg/m}^3$.

Cara *foaming mixture* yaitu cara dimana busa ditambahkan ke dalam bubur semen kemudian diaduk sampai rata. Cara ini dibuat dengan memasukkan udara secara mekanis dalam campuran dan diaduk dengan bahan pembuih (*mix foam technique*). Dapat pula dibuat dengan membuat buihnya lebih dahulu, baru ditambahkan pada campuran air-semen (*preformed foam technique*)

Batu Cetak Beton untuk Konstruksi Pasangan

Batu cetak beton untuk konstruksi pasangan adalah batu cetak (berlubang atau pejal) yang dibuat dari campuran semen portland dan agregat halus yang sesuai serta diperuntukan bagi pembuatan konstruksi-konstruksi dinding bangunan, baik yang memikul beban maupun tidak memikul beban.

Berdasarkan pemakaian, batu cetak beton dibagi dalam tiga kelas, yaitu :

1. Kelas A : untuk pemakaian di luar atau pada bagian luar bangunan,

baik yang memikul beban maupun tidak memikul beban. Kuat tekan minimum rata-rata 125 kg/cm².

2. Kelas B : untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang memikul beban. Kuat tekan minimum rata-rata 85 kg/cm².
3. Kelas C : untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang tidak memikul beban. Kuat tekan minimum rata-rata 35 kg/cm².

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *fly ash*, *bottom ash*, limbah katalis RCC, pasir, semen, *foam agent*, air, dll.

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah ayakan, timbangan, gelas ukur, mixer, foam generator, cetakan, alat uji untuk menguji mortar dan bata peton pejal ringan, dll.

Metode Penelitian

Data yang dikumpulkan merupakan data primer yaitu data yang diperoleh langsung dari proses pencetakan kubus dan bata beton pejal ringan kemudian dilakukan pengujian sifat fisik dan mekaniknya.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan membuat benda uji

yang berupa kubus (5 cm x 5 cm x 5 cm) dan bata beton pejal dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 7,5 cm.

Rancangan Percobaan

Komposisi campuran yang digunakan adalah 1 bagian semen : 2 bagian agregat.

Agregat yang digunakan adalah :

- pasir halus;
- *bottom ash* (100% BA; 25% BA,75% psr; 50% BA,50% psr; 75% BA,25% psr);
- *fly ash* (100% FA; 25% FA,75% psr; 50% FA,50% psi; 75% FA, 25% psr);
- limbah katalis RCC (100% RCC; 25% RCC,75% psr; 50% RCC, 50% psr; 75% RCC,25% psr).

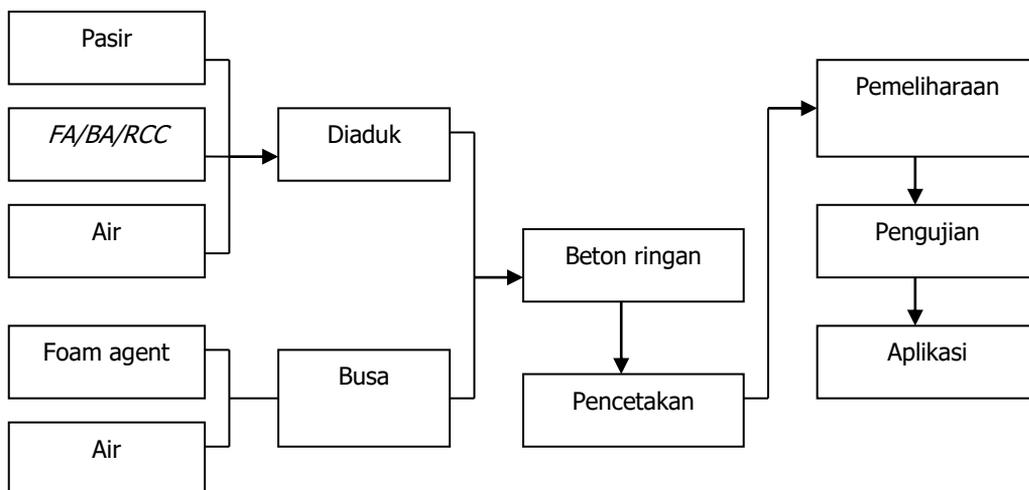
Dosis foam agent : 5 taraf (0%; 0,8%; 1,6%; 3,2%, dan 4,8%)

Pengujian

Pengujian bahan baku dari pasir, fly ash dan bottom ash dan limbah RCC Pengujian yang dilakukan untuk benda uji kubus adalah kuat tekan setelah benda uji di steam selama satu malam dan pada umur 28 hari dengan ulangan 3 buah.

Pengujian yang dilakukan untuk benda uji bata beton pejal adalah kuat tekan dan penyerapan air sesuai dengan SNI Bata Beton untuk Pasangan Dinding pada umur 7 hari dan 28 hari dengan ulangan 4 buah.

Cara Kerja



HASIL PENELITIAN

Pengujian Bahan Baku

Data hasil pengujian sifat fisik pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1.
Data Hasil Pengujian Sifat Fisik Bahan Baku

No.	Parameter	Pasir	Fly ash	Bottom ash	Limbah katalis RCC
1.	Kadar air (%)	0,03	0,43	1,23	5,83
2.	Kadar bahan yang lolos saringan 0,075 mm (%)	14,18	85,62	26,83	73,39
3.	Zat organik	Negatif	Negatif	Negatif	Negatif
3.	Bobot isi (kg/L) :				
	- Gembur	1,333	0,836	0,975	0,817
	- Padat	1,574	1,067	1,192	1,042
4.	Berat jenis (g/cc)	2,58	1,19	1,21	1,89
5.	Analisa ayak (%) tertahan kumulatif				
	4,80 mm	0	0	0	0
	2,40 mm	0	0,09	2,90	0
	1,20 mm	22,45	4,12	37,06	0
	0,60 mm	55,43	25,72	80,93	1,91
	0,30 mm	79,79	57,91	93,68	12,96
	0,15 mm	100	100	100	100
6.	Angka kehalusan	2,5767	1,8784	3,1457	1,1487

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa kadar air untuk *fly ash* dan *bottom ash* masing-masing sebesar 0,43% dan 1,23% dapat memenuhi syarat bahan pozolan sebagai mineral *admixture* beton, menurut ASTM C618-03 kadar air

yang dipersyaratkan adalah 3%. Sedangkan kadar air limbah katalis *RCC* tidak memenuhi persyaratan, karena kadar air yang didapat dari hasil percobaan adalah 5,83%, jadi perlu dikeringkan sebelum digunakan.

Kadar bahan yang lolos saringan 0,075 mm dari pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* masing-masing sebesar, 14,18%, 85,62%, 26,83% dan 73,39% tidak dapat memenuhi syarat SNI 03-1751-1990 dimana kadar bahan yang lolos saringan 0,075 mm yang dipersyaratkan adalah 5%. Jadi pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* tidak dapat digunakan sebagai agregat untuk pembuatan mortar dan beton. Tetapi harus diingat bahwa dalam pembuatan gas beton bahan baku utamanya adalah zat pengikat (*bending agent*) dan pengisi (*filler*) yaitu bahan yang mengandung silika. Pada percobaan-percobaan terdahulu ternyata kandungan oksida silika, besi dan aluminium dari *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* lebih besar dari 70%, jadi ketiga bahan tersebut dapat digunakan sebagai bahan pengikat (pozolan). Sebagai pengisi biasanya digunakan debu (halus (lolos ayakan 75 μ m)). Oleh karena itu *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat berfungsi ganda yaitu dapat digunakan sebagai bahan pengikat dan dapat juga digunakan sebagai bahan pengisi.

Dari hasil percobaan ternyata pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* tidak mengandung zat organik. Jadi pasir, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat memenuhi syarat sebagai bahan pencampur beton.

Bobot isi gembur *fly ash*, *bottom ash*

dan limbah katalis *RCC* masing-masing sebesar 0,836 kg/L, 0,975 kg/L dan 0,817 kg/L dapat memenuhi persyaratan. Menurut SNI 03-6821-2002, bobot isi gembur agregat ringan untuk batu cetak beton pasangan dinding maksimum 1,120 kg/L.

Berat jenis *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* masing-masing sebesar 1,19 g/cc, 1,21 g/cc dan 1,89 g/cc, apabila dibandingkan dengan berat jenis semen sekitar 3,15 g/cc, maka *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* lebih ringan dari pada semen Portland. Karena itu, *fly ash*, *bottom ash* dan limbah katalis *RCC* dapat digunakan sebagai bahan bangunan ringan (*lightweight aggregate*) karena porositasnya tinggi.

Angka kehalusan *fly ash* dan limbah katalis *RCC* masing-masing sebesar 1,1487 dan 1,8784 tidak dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus untuk beton, sedangkan angka kehalusan pasir, *bottom ash* masing-masing sebesar 2,5767 dan 3,1457 dapat memenuhi syarat sebagai agregat halus untuk beton. Menurut ASTM C 33-03 angka kehalusan agregat halus untuk beton antara 2,3 sampai 3,1.

Pengujian Mortar

Data hasil pengujian mortar dari *fly ash*, *bottom ash* dan *RCC* t dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.
Data Hasil Pengujian Mortar dari *Fly Ash*

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Setelah di steam 1 hari		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis
1.	1pc : 2 <i>fly ash</i>	-	0,60	367,44	1,93	-	-
		0,8%	0,60	63,39	1,52	-	-
		1,6%	0,60	59,06	1,29	-	-
		3,2%	0,60	7,48	1,16	-	-

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Setelah di steam 1 hari		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis
		4,8%	0,50	15,04	1,14	-	-
2.	1Pc : (25%FA,75% psr)	-	0,52	173,45	2,08	371,65	2,01
		0,8%	0,50	159,45	1,955	251,28	1,955
		1,6%	0,50	114,98	1,75	155,385	1,725
		3,2%	0,50	3,64	1,18	5,28	1,21
		4,8%	0,40	1,50	1,17	2,94	1,07
3.	1Pc : (50%FA,50% psr)	-	0,60	256,29	1,93	407,79	2,07
		0,8%	0,60	28,14	1,165	33,585	1,45
		1,6%	0,60	4,84	0,98	7,29	1,15
		3,2%	0,50	2,59	0,84	6,72	1,13
		4,8%	0,50	-	-	-	-
4	1PC : (75%FA,25%psr)	-	0,60	201,34	1,97	333,03	1,93
		0,8%	0,65	172,55	1,925	315,85	1,88
		1,6%	0,60	147,89	1,79	286,85	1,78
		3,2%	0,50	134,85	1,685	190,03	1,635
		4,8%	0,50	11,19	1,25	16,95	1,25

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa untuk perbandingan campuran 1 semen : 2 agregat dilihat dari kekuatannya maka dapat diurutkan sebagai berikut : tanpa busa : (50% FA, 50% psr); (25%FA,75% psr);(75 % FA, 25% psr) dengan busa 0,8%: (75% FA,25%psr);

(25%FA,75% psr); (50% FA,50% psr). dengan busa 1,6%:(75%FA,25% psr); (25% FA,75% psr) dengan busa 3,2% :(75%FA, 25% psr). Untuk percobaan selanjutnya yaitu percobaan campuran yang terpilih adalah (75% FA, 25% psr) dengan 0,8% dan 1,6 % busa.

Tabel 3.
Data Hasil Pengujian Mortar dari Bottom Ash

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Kuat tekan Kg/cm ²		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis
1.	1pc: 2 psr	-	0,5	190,18	2,07	344,34	2,09
		0,8%	0,45	76,15	1,84	109,74	1,73
		1,6%	0,40	54,32	1,87	-	-
		3,2%	0,40	1,80	1,08	3,61	1,06
		4,8%	0,40	0,84	1,03	1,65	1,04
2.	1pc : (100BA)	-	0,50	236,59	1,94	277,53	1,94
		0,8%	0,40	160,06	1,65	141,775	1,675
		1,6%	0,40	45,66	1,12	85,115	1,42
		3,2%	0,40	8,09	1,12	3,795	1,035
		4,8%	0,40	4,66	1,05	3,18	0,94
3.	1Pc : (25%BA,75% psr)	-	0,60	164,08	1,98	290,20	1,99
		0,8%	0,50	74,47	1,68	120,05	1,635
		1,6%	0,50	33,79	1,47	59,18	1,49
		3,2%	0,50	3,53	1,26	8,29	1,18

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Kuat tekan Kg/cm ²		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat Jenis
		4,8%	0,40	0,79	1,12	1,815	1,02
4.	1Pc : (50%BA, 50% psr)	-	0,50	183,02	2,01	296,17	2,02
		0,8%	0,50	65,57	1,69	-	-
		1,6%	0,40	27,20	1,55	38,735	1,495
		3,2%	0,50	3,07	1,22	5,105	1,195
		4,8%	0,50	1,77	1,11	2,24	0,93
5.	1PC : (75%BA, 25%psr)	-	0,60	173,92	1,91	246,30	1,92
		0,8%	0,60	82,25	1,60	94,375	1,52
		1,6%	0,60	51,21	1,43	58,33	1,41
		3,2%	0,60	9,66	1,07	19,88	1,09
		4,8%	0,60	538	1,04	6,43	0,93

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa jika dilihat dari kekuatannya maka dapat diurutkan sebagai berikut:

Tanpa busa: (50% BA,50% psr); (100% BA); (75 % BA, 25% psr). Dengan busa 0,8%: (100% BA; 25% BA 75% psr); 75% BA, 25% psr) dengan busa

1,6%:100%BA;(25%BA,75%psr);(75%B A,25%psr); (50%BA,50%psr).

Untuk percobaan selanjutnya campuran yang terpilih adalah 100% BA dengan 0,8% busa.

Tabel 4.
Data Hasil Pengujian Mortar dari RCC

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Setelah di steam 1 hari		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis
1.	1pc : 2 RCC	-	1,12	58,97	1,60	133,82	1,58
		0,8%	1,16	21,50	1,34	81,69	1,23
		1,6%	1,16	15,46	1,26	55,10	1,21
		3,2%	1,16	4,26	1,05	23,28	1,00
		4,8%	1,16	1,52	0,94	6,32	0,90
2.	1Pc : (25%RCC75% psr)	-	0,65	135	1,94	193,54	1,88
		0,8%	0,66	46,22	1,705	123,20	1,66
		1,6%	0,66	9,45	1,36	66,405	1,46
		3,2%	0,66	2,565	1,19	6,86	1,07
		4,8%	0,66	0,80	0,93	2,80	0,89
3.	1Pc : (50%RCC50% psr)	-	0,73	114,55	1,72	187,32	1,73
		0,8%	0,80	25,695	1,335	25,26	1,33
		1,6%	0,80	20,23	1,32	19,78	1,26
		3,2%	0,80	3,76	1,15	9,845	1,13
		4,8%	0,80	0,75	0,91	0,76	0,83
4	1PC : (75%RCC25%psr)	-	1,00	59,09	1,65	188,56	1,63
		0,8%	1,00	43,10	1,495	121,20	1,47

No.	Campuran	Jumlah busa	W/C	Setelah di steam 1 hari		Umur 28 hari	
				Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis	Kuat tekan Kg/cm ²	Berat jenis
		1,6%	1,00	29,23	1,36	110,35	1,32
		3,2%	1,00	1,92	0,99	16,96	0,97
		4,8%	1,00	1,51	0,99	9,10	1,03

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa jika dilihat dari kekuatannya maka dapat diurutkan sebagai berikut
 Tanpa busa: (25% RCC, 75% psr); (50% RCC, 50% psr); (75% RCC, 25% psr); 100% RCC. Dengan busa 0,8%: (25% RCC, 75% psr); (75% RCC, 25% psr); 100% RCC dan (50% RCC, 50% psr)
 Untuk percobaan selanjutnya campuran yang terpilih adalah (25% RCC, 75% psr) dengan penggunaan busa 0,8%.

Pengujian Bata Beton Pejal

Data hasil pengujian kuat tekan dan absorpsi dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5.
Data Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Absorpsi Bata Beton Pejal Umur Satu Bulan

No.	Campuran	Kuat tekan (kg/cm ²)	Absorpsi (%)
1.	75% FA, 25% psr 0,8% busa	231,47	12,86
2.	75% FA, 25% psr 1,6 % busa	216,83	13,92
3.	100% BA, 0,8% busa	86,425	15,40
4.	25% RCC, 75% psr 0,8% busa	68,685	15,73

Dari tabel di atas dapat dikatakan bahwa untuk campuran 1 semen : 2 agregat (75% fly ash, 25% pasir) dengan pemakaian busa sebesar 0,8% dan 1,6%. Dapat memenuhi syarat bata cetak beton untuk konstruksi bangunan kelas A yaitu untuk pemakaian di luar atau pada bagian luar bangunan, baik yang memikul beban maupun yang tidak

memikul beban, dimana kekuatan yang dipersyaratkan untuk kelas A adalah 125 kg/cm². Untuk campuran 1 semen : 2 agregat (100% bottom ash) dengan pemakaian busa sebesar 0,8% dapat memenuhi syarat bata cetak beton untuk konstruksi bangunan kelas B yaitu untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang memikul beban, dimana kekuatan yang dipersyaratkan untuk kelas B adalah 85 kg/cm². Untuk campuran 1 semen : 2 agregat (25% RCC, 75% pasir) dengan pemakaian busa sebesar 0,8% dapat memenuhi syarat bata cetak beton untuk konstruksi bangunan kelas C yaitu untuk pemakaian di dalam atau pada bagian dalam bangunan yang tidak memikul beban, dimana kekuatan yang dipersyaratkan untuk kelas C adalah 35 kg/cm². Karena pada penelitian ini digunakan untuk bangunan non struktural maka cukup menggunakan kelas C yaitu dengan cara mengurangi kuat tekan atau perbandingan campuran ditinggikan.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kadar air fly ash dan bottom ash dapat memenuhi persyaratan ASTM C618-03, dimana kadar airnya masing-masing sebesar 0,43% dan 1,23%
2. Fly ash, bottom ash dan limbah katalis RCC dapat berfungsi ganda yaitu dapat digunakan sebagai bahan pozolan gan juga digunakan sebagai bahan pengisi
3. Pasir, Fly ash, bottom ash dan

limbah katalis RCC tidak mengandung zat organik.

4. Untuk campuran 75% FA, 25% psr 0,8% busa dan 75% FA, 25% psr 1,6 % busa dapat memenuhi syarat kelas A; Untuk campuran 100% BA, 0,8% busa dapat memenuhi syarat kelas B dan untuk campuran 25% RCC, 75% psr 0,8% busa dapat memenuhi syarat kelas C
5. Karena akan digunakan untuk bangunan non struktural maka disarankan untuk menambah pemakaian foam agent atau perbandingan campuran ditingkatkan.

DAFTAR PUSTAKA

- , 1989, Spesifikasi Bahan Bangunan Bagian A (Bahan Bangunan Bukan Logam), SKBI-4.4.55.1989, Departemen Pekerjaan Umum.
- , 2004, ASTM, *Standard Specification for Concrete Aggregates*, Volume 04.02.
- , 2006, *Pedoman Pengelolaan Abu Batubara*, Kementerian Negara Lingkungan Hidup.
- Abdullah, *Beton Gas*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Bandung.
- Dhahiyat, Y, 2002, *Pemanfaatan Limbah Katalis Pasca Perengkahan Minyak Residu untuk Menghasilkan Produk Semen Tersubstitusi dan Filler Aspal Beton yang Aman dan Akrab Lingkungan*, Riset Unggulan Terpadu, UNPAD, Bandung.
- Masruri, N., 1984, *Pemanfaatan Agregat Lempung Bekah untuk Beton Ringan*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung.
- Masruri, N., 1980, *Pengetahuan Beton*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departemen Pekerjaan Umum, Bandung.
- Soemarwoto, 2001, *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, Djambatan, Jakarta.
- Subagja, A., 2000, *Pemanfaatan Limbah Katalis RFCC sebagai Bahan Substitusi Semen Portland pada Mortar dan Beton*, Kajian Laboratorium, Politeknik Negeri Bandung.