

Online Repository of Universitas NU Kalimantan Selatan |
Alamat: Jl. A. Yani No.KM 12.5, Banua Hanyar, Kec. Kertak
Hanyar, Kabupaten Banjar, Kalsel, Indonesia 70652

Kelayakan penggunaan limbah abu batu bara untuk material konstruksi

¹Basriansyah, ²Rusdiansyah

¹Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains, Teknologi, dan Kesehatan Universitas Nahdatul Ulama
Kalimantan Selatan

E-mail: basriansyah049@gmail.com

²Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat

E-mail: rusdiansyah74@ulm.ac.id

ABSTRACT

One way to solve the waste problem is to use Fly Ash and Bottom Ash as ingredients or substitutes in the production of paving blocks, bricks, cansticks, and road bases. In order to determine the value of waste utilization, it is necessary to conduct research to ascertain the added value of the waste. This study aims to determine the percentage value of the optimal composition of added or substitute materials, such as Fly Ash and Bottom Ash, in paving blocks, bricks, cansticks, and road bases. Research can produce significant benefits by utilizing coal waste materials in construction.

The results of the study show that coal waste materials can be used as additives or substitutes in construction materials according to the required percentage composition. All compositions of Fly Ash and Bottom Ash meet the compressive strength requirements for brick quality class II (K-70) according to Job Mix Formula K-250, which refers to SNI 03-2834-2000 for KANSTIN TROTOAR and SNI 03-0691-1996 for quality B concrete bricks and paving blocks. They also meet the technical specifications for mixes on ROADBASE.

Keywords: Fly Ash, Bottom Ash, paving blocks, concrete blocks, kerstones, road bases, compressive strength, and CBR

ABSTRAK

Salah satu penanganan dalam pemecahan masalah limbah yang dapat diterapkan adalah dengan memanfaatkan Fly Ash dan Bottom Ash sebagai bahan tambah maupun bahan pengganti dari salah satu material didalam komposisi pembuatan paving block, batako, kanstin, dan road base. Untuk mengetahui berapa besar nilai pemanfaatan limbah tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai tambah limbah tersebut. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai prosentasi komposisi yang tepat dan memenuhi syarat dari adanya bahan tambah atau bahan pengganti berupa Fly Ash dan Bottom Ash terhadap paving blok, batako, kanstin, dan road base. Penelitian dapat menghasilkan manfaat besar berupa pemanfaatan material limbah batu bara untuk kontribusi material konstruksi.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa material limbah batubara dapat digunakan sebagai bahan tambah maupun bahan pengganti dalam material konstruksi sesuai prosentasi komposisi yang memenuhi syarat. Semua komposisi variasi komposisi material Fly Ash dan Bottom Ash telah memenuhi syarat SNI 03-0349-1989 tentang syarat kuat tekan untuk mutu batako kelas II (K-70), sesuai Job Mix Formula K-250 yang mengacu pada SNI 03-2834-2000 untuk KANSTIN TROTOAR, sesuai SNI 03-0691-1996 tentang syarat kuat tekan untuk bata beton mutu B untuk paving blok, dan memenuhi syarat spesifikasi teknis untuk campuran pada ROADBASE.

Kata kunci : Fly Ash, Bottom Ash, paving blok, batako, kanstin, road base, kuat tekan, dan CBR

I. PENDAHULUAN

Belakangan ini masalah limbah batubara hasil pembakaran dari pembangkit listrik tenaga uap di PT.Pembangkit Jawa Bali Unit Bisnis O dan M PLTU Pulang Pisau di Kalimantan Tengah menjadi permasalahan yang cukup serius. Limbah batubara berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dalam jumlah besar dari hasil pembakaran batubara sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap adalah menjadi perhatian serius bagi pihak PLN. Limbah batubara berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* apabila dibuang begitu saja maka akan membutuhkan biaya operasional yang tidak kecil, dan tentunya juga dapat berdampak terhadap lingkungan, karena tergolong limbah berbahaya.

Berdasarkan PP No.101 Tahun 2014 tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun, *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dikategorikan sebagai limbah B3 dengan kode limbah B409 untuk *Fly Ash* dan B410 untuk *Bottom Ash* dengan kategori bahaya 2. Limbah B3 kategori 2 merupakan limbah B3 yang mengandung B3, memiliki efek tunda (*delayed effect*), dan berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup serta memiliki toksisitas sub-kronis atau kronis. Dengan meningkatnya jumlah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* ini, maka diperlukan pemanfaatan yang optimal agar dapat menekan jumlahnya serta mampu mengurangi dampak terhadap lingkungan.

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT.Pembangkit Jawa Bali Unit Bisnis O dan M PLTU Pulang Pisau di Kalimantan Tengah, batu bara merupakan bahan bakar utamanya dan menghasilkan limbah berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dalam jumlah besar, yaitu sebesar 150 ton perhari jika 4 unit mesin PLTU digerakkan. Salah satu penanganan dalam pemecahan masalah limbah ini yang dapat diterapkan adalah dengan memanfaatkan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* sebagai bahan tambah maupun bahan pengganti dari salah satu material didalam komposisi pembuatan paving block, batako, kanstin, dan road base. Untuk mengetahui berapa besar nilai pemanfaatan limbah tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mendapatkan nilai tambah limbah tersebut. Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai prosentasi komposisi yang tepat dan memenuhi syarat dari adanya bahan tambah atau bahan pengganti berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash* terhadap paving blok, batako, kanstin, dan road base. Penelitian dapat menghasilkan manfaat besar berupa rekomendasi pemanfaatan material limbah batu bara untuk kontribusi material konstruksi.

Soeherman (2015) telah melakukan penelitian tentang beton agregat-praletak menggunakan bahan limbah dengan abu vulkanik Gunung Kelud sebagai bahan pengganti semen, abu vulkanik termasuk *Fly Ash* kelas N karena melalui proses pembakaran alam. Penelitian dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis beton dengan perbandingan volume semen dan pasir sebesar 1:0,5 ; 1:1 ; 1:1,5 ; 1:2, dan penggunaan abu vulkanik sebesar 0%, 20%, 40%, dan 60% dari berat semen. Uji silinder ukuran 15x30 cm, pengujian kuat tekan pada umur 7 hari dan 28 hari. Dan pengujian modulus elastisitas pada umur 28 hari. Hasil dari pengujian yaitu abu vulkanik sebagai pengganti semen menambah kuat tekan beton secara signifikan, sehingga abu vulkanik ini efektif sebagai bahan pengganti semen.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Rancangan Penelitian

Khusus untuk benda uji Paving blok, Batako, dan Kanstin, maka rancangan penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yaitu :

1. Persiapan dan pemeriksaan bahan
2. Pembuatan sampel mortar untuk *mix design* bahan *grout*
3. Pembuatan benda uji sampel beton silinder

4. Pengujian Kuat Tekan Beton
5. Analisa hasil percobaan

Penjelasan dari tiap rancangan penelitian diatas dapat dijelaskan dalam uraian berikut:

Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

Penelitian dimulai dengan mengumpulkan bahan-bahan dasar yang berupa semen, pasir, kerikil, dan air. Kemudian dilanjutkan pemeriksaan bahan di laboratorium. pemeriksaan bahan dasar dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik bahan yang digunakan. Pemeriksaan yang dilakukan di laboratorium meliputi:

Pemeriksaan semen PCC merk Tiga Roda (SNI 15-2049-2004): Berat jenis semen *Portland*, Pemeriksaan konsistensi normal, Pemeriksaan waktu pengikatan, Pemeriksaan berat volume semen.

Pemeriksaan agregat : Analisa saringan agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-1968-1990), Pemeriksaan berat volume agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-4804-1994), Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-4428-1997), Pemeriksaan kadar organik pada agregat halus (SNI 03-2816-1992), Pemeriksaan kadar air agregat halus dan agregat kasar (SNI 03-1971-1990), Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan pada agregat halus (SNI 03-1970-1990).

Persiapan *Fly Ash* (ASTM C 311) : Pengeringan *Fly Ash*, Pemeriksaan berat jenis *Fly Ash*, dan Pemisahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

2.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Bekisting beton berbentuk silinder berdiameter 100 mm dan tinggi 200 mm, Timbangan dengan ketelitian 0,01 gram, Satu set alat *Flow Cone test*, Bekisting mortar kubus 5x5x5, Bak perendam, Mesin uji kuat tekan (*compression testing machine*), Mesin los angeles, Bola baja (11 butir), Botol Le Chatelier kapasitas 250 ml, Thermometer, Mesin pengaduk (*mixer*), Alat vicat, Mold dan plat kaca, Gelas Ukur, Stop Watch, Talam, Mistar Perata, Sekop kecil atau sendokkan, Wadah baja berbentuk silinder (Bohler), Timbangan Neraca, Satu Set Saringan, Oven yang dilengkapi pengatur suhu, Mesin uji getar, Palu karet, Baskom, *Vibrator*, dan Pipa.

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Agregat kasar berupa Batu pecah (Katunum), Agregat Halus berupa Pasir Barito zona III (Agak Halus), Semen tipe PCC (Tiga Roda), Air Laboratorium, *Fly Ash* dan *Bottom Ash*.

Didalam Tabel 2.1 ditunjukkan perencanaan desain campuran untuk benda uji Kanstin Trotoar per 1 zak semen.

Tabel 2.1 Perencanaan Desain Campuran Untuk Benda Uji Kanstin Trotoar Per 1 Zak Semen

No	Variasi Campuran (%)	Air		Semen		Pasir		Agregat		<i>Fly Ash</i>		<i>Bottom Ash</i>	
		Liter	Liter	Kg	Zak	Kg	Dolak	Kg	Dolak	Kg	Dolak	Kg	Dolak
1.	<i>Fly Ash</i> (10%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	23,47	23,47	50	1	62,68	1,24	129,19	1,47	7,37	0,18	3,69	0,07
2.	<i>Fly Ash</i> (15%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	23,47	23,47	50	1	62,68	1,24	129,19	1,47	11,06	0,27	3,69	0,07
3.	<i>Fly Ash</i> (25%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	23,47	23,47	50	1	55,30	1,09	129,19	1,47	14,75	0,36	3,69	0,07
4.	<i>Fly Ash</i> (35%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	23,47	23,47	50	1	44,24	0,88	129,19	1,47	25,81	0,64	3,69	0,07

Pada Tabel 2.1 diatas disebutkan istilah dolak. Dolak merupakan alat tampung/pengangkut untuk memindahkan material di lapangan. Dalam Tabel diatas juga merupakan perencanaan komposisi campuran untuk adukan molen per 1 m³ yang telah disesuaikan dengan peralatan yang biasanya digunakan di lapangan. Pada Tabel 2.2 juga ditunjukkan perencanaan komposisi campuran untuk adukan molen per 1 m³ yang telah disesuaikan dengan peralatan yang biasanya digunakan di lapangan untuk Paving Blok. Sedangkan didalam Tabel 2.3 ditunjukkan desain komposisi campuran untuk *Roadbase*.

Tabel 2.2 Perencanaan Desain Campuran Untuk Benda Uji Paving Blok Per 1 Zak Semen (1 semen : pasir di reduksi 15% Faba, 20% Faba, 25% Faba dan 30%Faba)

No	Variasi Campuran (%)	Air		Semen		Pasir		Fly Ash		Bottom Ash	
		Liter	Liter	Kg	Zak	Kg	Dolak	Kg	Dolak	Kg	Dolak
1.	Fly Ash (10%), Bottom Ash (5%)	24,06	24,06	50	1	127,5	2,17	1155	0,3737	7,57,5	0,114
2.	Fly Ash (15%), Bottom Ash (5%)	24,06	24,06	50	1	120	2,05	22,522,5	0,5555	7,57,5	0,140,14
3.	Fly Ash (20%), Bottom Ash (5%)	24,06	24,06	50	1	112,5	1,92	3039	0,7474	7,57,5	0,140,14
4.	Fly Ash (25%), Bottom Ash (5%)	24,06	24,06	50	1	105	1,79	37,537,5	0,9292	7,57,5	0,140,14

Catatan: Perbandingan campuran (1 semen : 3 pasir : 0,48 Air)

Dimana: 3 Pasir direduksi oleh prosentasi variasi FABA

Nilai kebutuhan Pasir (Kg) diatas telah dikurangi dengan prosentasi variasi Faba

Tabel 2.3 Perencanaan Desain Campuran Benda Uji *Roadbase*

Variasi No.	Fly Ash		Bottom Ash		Semen	
	%	Takar	%	Takar	%	Takar
1.	60	6	10	1	30	3
2.	70	7	10	1	20	2
3.	80	8	10	1	10	1
4.	87,5	8,75	2,5	0,25	10	1
5.	92,5	9,25	2,5	0,25	5	0,5
6.	85	8,5	5	0,5	10	0,1
7.	90	9	5	0,5	5	0,5
8.	85	8,5	10	1	5	0,5
9	82,5	8,25	7,5	0,75	5	0,5

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

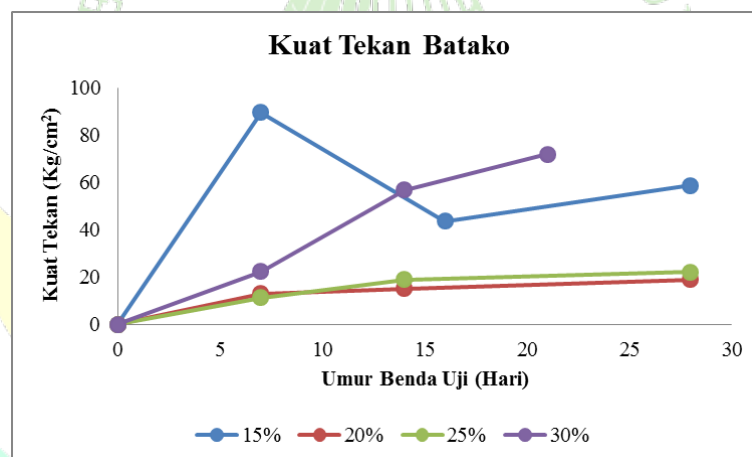
Kekuatan Tekan Batako setelah dicampur dengan Material Fly Ash dan Bottom Ash

Material Fly Ash dan Bottom Ash dengan prosentasi komposisi tertentu sebagai bahan campuran material tambahan Batako ditunjukkan didalam Tabel 3.1. Benda uji Batako dengan material tambahan Fly Ash dan Bottom Ash diperam dengan variasi waktu. Variasi I untuk lama pemeraman benda uji batako selama 7 (tujuh) hari, variasi II untuk lama pemeraman benda uji batako selama 14 (empat belas) hari, dan variasi III untuk lama pemeraman benda uji batako selama 28 (dua puluh delapan) hari.

Dari masing-masing variasi waktu peram maka ditentukan uji kuat tekannya. Didalam Tabel 3.1 dan Gambar 3.1 ditunjukkan rata-rata hasil uji kuat tekan batako hasil pencampuran dengan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*. Dari Gambar grafik 3.1 ditunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai kuat tekan yang dihasilkan dari masing – masing variasi campuran. Pada variasi campuran 15% (10% *Fly Ash* dan 5% *Bottom Ash*) dan pada lama pemeraman selama 7 (tujuh) hari maka kuat tekan yang dihasilkan memenuhi syarat mutu yang di inginkan. Namun pada lama pemeraman selama 14 (empat belas) hari maka terjadi penurunan nilai kuat tekannya, hal ini dapat disebabkan karena adanya perbedaan campuran air pada saat pelaksanaan pembuatan benda uji. Perbedaan terjadi dikarenakan pada saat proses pencampuran, adukan campuran sudah cukup basah sehingga tidak perlu di tambahkan air kembali.

Tabel 3.1 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji Batako

No	Variasi Campuran (%)	Rata – Rata Hasil Uji Kuat Tekan (Kg/cm ²)		
		I	II	III
1.	<i>Fly Ash</i> (10%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	89,65	43,69	58,73
2.	<i>Fly Ash</i> (15%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	13,02	15,15	18,94
3.	<i>Fly Ash</i> (20%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	11,36	18,84	22,29
4.	<i>Fly Ash</i> (25%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	22,51	56,82	71,97



Gambar 3.1. Kuat tekan benda uji batako

Kekuatan Tekan Kanstin Trotoar setelah dicampur dengan Material Fly Ash dan Bottom Ash

Kanstin trotoar merupakan konstruksi pelindung trotoar bagian tepi yang dapat bersinggungan langsung dengan roda kendaraan ditepi jalan. Karena fungsinya sebagai pelindung maka struktur kanstin dengan kekuatan bahan yang mencukupi adalah menjadi pertimbangan utama.

Dalam struktur material penyusun kanstin umumnya berkomposisi dari semen, pasir, kerikil (agregat). Dalam kajian ini komposisi pasir dikurangi dan digantikan dengan material limbah berupa *Fly Ash* dan *Bottom Ash*.

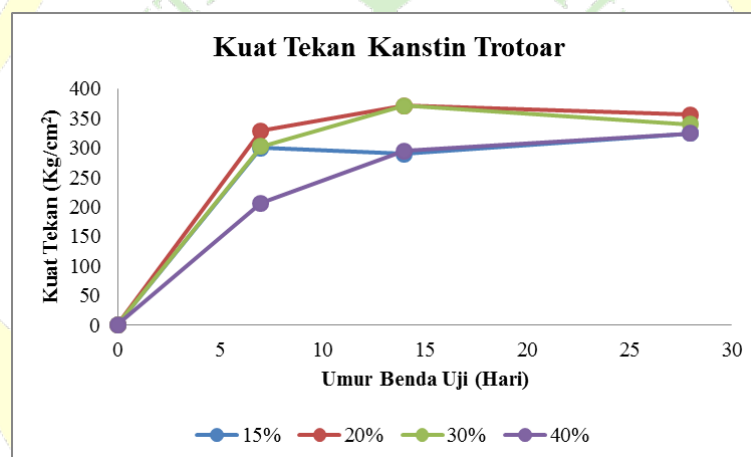
Dari hasil pencampuran masing-masing komposisi, maka benda uji kanstin selanjutnya dilakukan pengujian kekuatannya. Dalam Tabel 3.2 ditunjukkan hasil pengujian kekuatan tekan benda uji kanstin dengan material tambahan faba (*Fly Ash* dan *Bottom Ash*) pada masing-masing prosentasi. Dimana sebelum dilakukan pengujian tekan, maka sebelumnya dilakukan pemeraman terhadap benda uji tersebut dengan waktu peram selama 7 (tujuh) hari untuk variasi I,

variasi II untuk lama pemeraman 14 (empat belas) hari dan variasi III untuk lama pemeraman selama 28 (dua puluh delapan) hari.

Tabel 3.2 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji Kanstin Trotoar

No	Variasi Persentase Faba (%)	Rata – Rata Hasil Uji Tekan (Kg/cm ²)		
		I	II	III
1.	<i>Fly Ash (10%), Bottom Ash (5%)</i>	299,26	289,48	324,44
2.	<i>Fly Ash (15%), Bottom Ash (5%)</i>	328,89	371,26	355,56
3.	<i>Fly Ash (25%), Bottom Ash (5%)</i>	302,22	371,26	339,26
4.	<i>Fly Ash (35%), Bottom Ash (5%)</i>	205,93	294,81	324,44

Dalam Gambar 3.2 ditunjukkan grafik hasil dari pengujian kuat tekan pada benda uji kanstin trotoar.



Grafik 3.2. Kuat tekan benda uji kanstin trotoar

Dari Gambar 3.2 dapat ditunjukkan bahwa lamanya pemeraman (umur benda uji) mempengaruhi nilai kuat tekan pada benda ujinya. Dari data tersebut pula dapat terlihat beberapa benda uji yang memenuhi syarat untuk mutu beton K-250. Benda uji dengan variasi campuran 25% *Fly Ash* dan 5% *Bottom Ash* dengan lama pemeraman 7 (tujuh) hari telah memenuhi syarat untuk mutu beton K-250. Sedangkan untuk variasi campuran 35% *Fly Ash* dan 5% *Bottom Ash* dengan lama pemeraman 14 (empat belas) hari yang memenuhi spesifikasi mutu beton K-250. Namun perlu dikaji lebih lanjut untuk daya serap (Spesifik Grafity Absorbsi) pada material *Fly Ash* dan *Bottom Ash* sehingga nantinya dapat mempertimbangkan penggunaan atau penambahan air, karena jika digunakan Faktor air semen 0,46 dengan kebutuhan air per m³ sebanyak 205 didapatkan nilai slump hanya sebesar 1, sehingga pada proses pemadatan harus dilakukan berkali-kali (tingkat workabilitas rendah).

Kekuatan Tekan Paving Blok setelah dicampur dengan Material *Fly Ash* dan *Bottom Ash*

Dalam desain komposisi material penyusun Paving Blok adalah sama dengan desain komposisi material Batako, terutama pada komposisi untuk bahan agregat kasar dan agregat

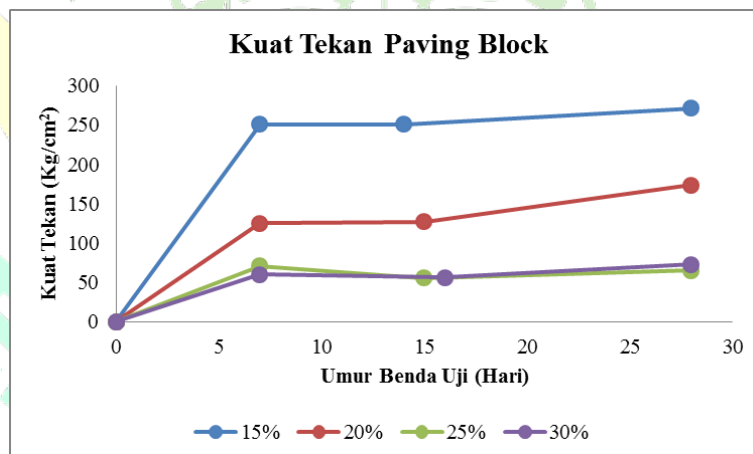
halusnya, serta sumber material yang digunakan juga sama. Dalam Tabel 3.3 dan Gambar 3.3 ditunjukkan hasil uji kuat tekan benda uji Paving Blok sesudah adanya pencampuran dengan material *Fly Ash* dan *Bottom Ash*.

Dalam Tabel 3.3 kondisi benda uji diperlakukan dengan pemeraman. Terdapat 3 (tiga) variasi pemeraman, yaitu pada variasi I adalah benda uji dengan kondisi pemeraman selama 7 (tujuh) hari, variasi II untuk lama pemeraman selama 14 (empat belas) hari dan variasi III adalah untuk lama pemeraman selama 28 (dua puluh delapan) hari.

Tabel 3.3 Kuat Tekan Rata – Rata Benda Uji Paving Blok

No	Variasi Persentase Faba (%)	Rata – Rata Hasil Uji Tekan (Kg/cm ²)		
		I	II	III
1.	<i>Fly Ash</i> (10%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	250,87	250,87	271,00
2.	<i>Fly Ash</i> (15%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	125,44	126,98	173,44
3.	<i>Fly Ash</i> (20%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	71,23	55,75	65,04
4.	<i>Fly Ash</i> (25%), <i>Bottom Ash</i> (5%)	60,39	56,68	72,78

Grafik hasil dari pengujian kuat tekan pada benda uji paving blok ditunjukkan didalam Gambar 3.3. Berdasarkan Gambar 3.3 dapat dijelaskan bahwa adanya kenaikan nilai kuat tekan benda uji berdasarkan lamanya pemeraman, dimana semakin lama pemeraman yang diberikan maka nilai kuat tekan benda uji menjadi meningkat. Berdasarkan SNI 03 – 0691 – 1996 tentang syarat kuat tekan untuk bata beton mutu B mempunyai minimal kuat tekan rata – rata adalah sebesar 20 MPa. Sehingga dari beberapa variasi campuran, campuran dengan variasi *Fly Ash* sebesar 10% dan *Bottom Ash* sebesar 5% dengan lama pemeraman selama 7 (tujuh) hari adalah yang memenuhi spesifikasi untuk mutu beton kelas B.



Grafik 3.3 Kuat tekan benda uji paving blok

Karakteristik Material *Fly Ash* dan *Bottom Ash* untuk Material ROADBASE

Dalam struktur jalan, road base terbentuk dari material tanah timbunan pilihan. Dalam kajian ini dicoba bahan limbah *Fly Ash* dan *Bottom Ash* sebagai bahan utama yang mendominasi sebagai pengganti material tanah pada timbunan jalan. Dalam pencampurannya dibutuhkan bahan pengikat *Fly Ash* dan *Bottom Ash*, dalam hal ini digunakan material bahan semen. Fungsi semen disini sebagai pengikat komposisi campuran layaknya seperti tanah timbunan murni yang diikat oleh cohesi dari tanah itu sendiri. Tabel 3.4 ditunjukkan hasil pengujian material Roadbase setelah diberikan penambahan dengan *Fly Ash* dan *Bottom Ash*.

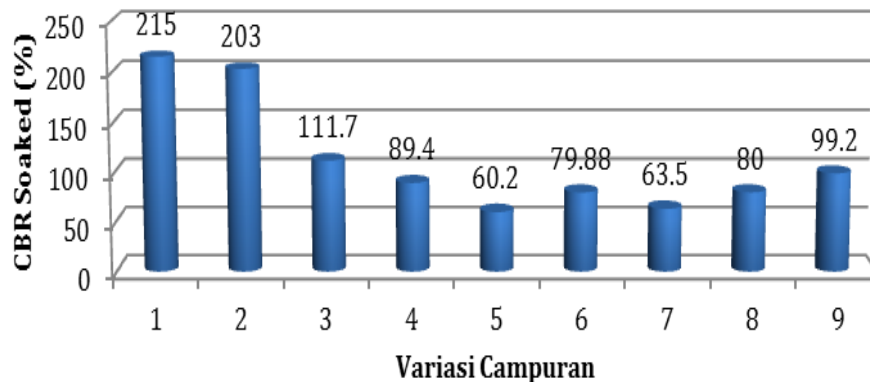
Tabel 3.4 Hasil Pengujian Material Roadbase

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
Variasi Campuran Fly Ash (60%), Bottom Ash (10%), Portland Cement (30%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	31,56% 24,82% 6,74%	- - Max 10%	- - Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990	Terlampir	-	-
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,75	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	2,04 gr/cm ³ 19%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	215%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (70%), Bottom Ash (10%), Portland Cement (20%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	32,03% 26,335 5,70%	- - Max 10%	- - Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,68	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,90 gr/cm ³ 19,62%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	203%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (80%), Bottom Ash (10%), Portland Cement (10%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	29,20% 25,11% 4,09%	- - Max 10%	- - Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008		Min 2	
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,73 gr/cm ³ 20,69%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	111,7%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (87,5%), Bottom Ash (2,5%), Portland Cement (10%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	34,12% 24,38% 9,74%	- - Max 10%	- - Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,58	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,69 gr/cm ³ 23,42%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	89,4%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (92,5%), Bottom Ash (2,5%), Portland Cement (5%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008	38,42% 26,36%	- -	- -

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
	Batas Indeks (PI)	SNI 1966-2008	12,06%	Max 10%	Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,57	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,64 gr/cm ³ 20,35%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	60,2%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (85%), Bottom Ash (5%), Portland Cement (10%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	38,92% 26,85% 13,07%	- - Max 10%	- - Tidak Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008		Min 2	
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,715 gr/cm ³ 23,44%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	79,88%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (90%), Bottom Ash (5%), Portland Cement (5%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	37,59% 25,68% 11,91%	- - Max 10%	- - Tidak Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,58	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,68 gr/cm ³ 21,84%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	63,5%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (85%), Bottom Ash (10%), Portland Cement (5%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	40,86% 26,53% 14,33%	- - Max 10%	- - Tidak Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,58	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008 SNI 1742-2008	1,69 gr/cm ³ 22,76%	- -	- -
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	80%	Min. 60%	Memenuhi
Variasi Campuran Fly Ash (82,5%), Bottom Ash (7,5%), Portland Cement (5%)					
1.	Atterberg Limit : Batas Cair (LL) Batas Plastis (PL) Batas Indeks (PI)	SNI 1967-2008 SNI 1966-2008 SNI 1966-2008	36,36% 28,97% 7,39%	- - Max 10%	- - Memenuhi
2.	Sieve Analysis	SNI 03-1968-1990		-	Memenuhi
3.	Spesific Gravity (GS)	SNI 1964-2008	2,62	Min 2	Memenuhi
4.	Compaction Standart : Max. Dry Density	SNI 1742-2008	1,73 gr/cm ³	-	-

No	Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Keterangan
	Opt. Moisture Content	SNI 1742-2008	23,36%	-	-
5.	CBR Soaked	SNI 1744: 2012	99,2%	Min. 60%	Memenuhi

Dalam Gambar 3.4 dapat dijelaskan grafik hubungan variasi campuran material *Roadbase* akibat adanya penambahan *Fly Ash* dan *Bottom Ash* serta nilai CBR Soaked (direndam) yang telah dihasilkan.



Gambar 3.4 Perbandingan nilai CBR masing – masing variasi campuran

Berdasarkan Gambar 3.4 dapat dijelaskan bahwa semua variasi campuran memenuhi persyaratan untuk spesifikasi teknis *Roadbase* karena menghasilkan nilai CBR yang melebihi dari nilai minimal CBR untuk *Roadbase*. Dimana berdasarkan Spesifikasi Teknis Tahun 2010 Revisi III yang dikeluarkan oleh Ditjen Bina Marga KemenPUPR didalam Divisi V untuk lapis pondasi agregat kelas B yaitu nilai CBR minimal sebesar 60%. Dengan mempertimbangkan kemudahan dalam pelaksanaan di lapangan, serta dengan memperhatikan karakteristik fisik berupa kegetasan yang progresif cepat hancur (gagal), maka direkomendasikan variasi 4 (87,5% FA+2,5% BA+10% Semen) dengan nilai CBR = 89,4%, dan Variasi 6 (85% FA+5% BA+10% Semen) dengan nilai CBR = 79,9% sebagai komposisi campuran yang memenuhi syarat untuk *Roadbase*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Untuk pengujian yang telah dilakukan pada benda uji BATAKO, variasi yang memenuhi syarat sesuai dengan SNI 03 – 0349 – 1989 tentang syarat kuat tekan untuk mutu batako kelas II (K-70) adalah variasi batako dengan perbandingan komposisi 1 semen : 3 pasir : 0,48 air dan penambahan 10% *Fly Ash* dan 5% *Bottom Ash* dari penggunaan agregat halus (pasir), dengan lama pemeraman selama 7 (tujuh) hari.
2. Berdasarkan hasil pembuatan Job Mix Formula K-250 yang mengacu pada SNI 03-2834-2000, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan pada benda uji KANSTIN TROTOAR, variasi yang memenuhi syarat mutu beton K-250 adalah variasi kanstin trotoar dengan perbandingan komposisi 1 semen : 2,58 Kerikil : 1,25 pasir : 0,47 air dan penambahan 0,15 *Fly Ash* dan 0.07 *Bottom Ash* dari penggunaan agregat halus (pasir), dengan lama pemeraman selama 7 (tujuh) hari
3. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada benda uji PAVING BLOK, variasi yang memenuhi syarat sesuai dengan SNI 03 – 0691 – 1996 tentang syarat kuat tekan untuk bata beton mutu B adalah variasi paving blok dengan perbandingan komposisi 1 semen : 3 pasir : 0,48 air dan penambahan 10% *Fly Ash* dan 5% *Bottom Ash* dari penggunaan agregat halus (pasir) dengan lama pemeraman selama 7 (tujuh) hari

4. Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan untuk campuran pada *ROADBASE*, variasi yang memungkinkan untuk implementasi di lapangan dengan pertimbangan komposisi campuran adalah *variasi campuran 85% Fly Ash, 5% Bottom Ash dan 10% portland cement*.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 311, *Standard Test Methods for Sampling and Testing Fly Ash or Natural Pozzolans for Use in Portland-Cement Concrete*
- Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 15-2049-2004, *Semen Portland*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1998, SNI 03-4804-1998, *Metode Pengujian Berat Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1997, SNI 03-4428-1997, *Metode Pengujian Agregat Halus atau Pasir Yang Mengandung Bahan Plastik Dengan Cara Setara Pasir*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1992, SNI 03-2816-1992, *Pengujian Kotoran Organik Dalam Pasir Untuk Campuran Mortar atau Beton*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1971-1990, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional, 1990, SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010, *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Revisi 3 Divisi 5, Perkerasan Berbutir dan Perkerasan Beton Semen*, Jakarta: Kementrian Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Peraturan Pemerintah, 2014, PP No.101 Tahun 2014, *tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun*, Jakarta: Peraturan Pemerintah Republik Indonesia
- Soeherman,Ogi, 2015, *Pemanfaatan Abu Vulkanik Gunung Kelud Sebagai Bahan Substitusi Semen Untuk Graut Mortar Pada Beton dengan Metode Pengerjaan Preplaced Aggregate Concrete*, Teknik Sipil, Universitas Gadjah Mada.