

KAJIAN PENGARUH KEBAKARAN TERHADAP SIFAT KARAKTERISTIK BATA BETON GEOPOLIMER DARI *FLY ASH* DAN *BOTTOM ASH* LIMBAH PLTU TANJUNG JATI

*Sutarno*¹⁾, *Kusdiyono*¹⁾, *Wahjoedi*¹⁾, *Mawardi*¹⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang
Jln. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275

Email: sutarno@polines.ac.id, kusdiyono@polines.ac.id, wahjoedi@polines.ac.id

ABSTRAK

Bata beton geopolimer adalah batu bata beton yang pembuatannya menggunakan mortar geopolimer. Bata beton geopolimer yang dikaji dibuat dengan memanfaatkan botom ash sebagai agregat pengisi dan fly ash sebagai perekat pengganti semen yang direaksikan dengan NaOH dan Na SiO₂ hingga terjadi polimerisasi yang memiliki sifat merekat. Disisi lain PLTU Tanjung jati merupakan pembangkit listrik cukup besar, menghasilkan limbah sisa pembakaran batu bara sebagai bahan energi berupa fly ash dan botom ash. Tiap hari volume limbah berupa fly ash dan bottom ash di PLTU Tanjung Jati kurang lebih 1.000 ton perhari dan limbah ini tergolong limbah B3. Upaya mengatasi masalah limbah fly ash dan bottom ash, salah satu alternatif yang di kaji dengan dibuat Bata geopolimer. Fly Ash dimanfaatkan sebagai bahan pengikat dan botom ash sebagai bahan pengisi, fly ash direaksikan dengan NaOH dan Na SiO₂, menjadi binder kemudian ditambahkan bottom ash kemudian dicetak menjadi benda uji bata beton geopolimer. Bata sebagai benda uji dibuat dengan komposisi; 1 binder : 3 agregat dan 1 binder : 4 agregat, sedangkan untuk bindernya ada 2 variasi yaitu 16 molar dan 18 molar. Benda uji setelah mengeras dengan umur 28 hari kemudian dibakar dengan durasi pembakaran selama 1 jam, 2 jam, 3 jam dan 4 jam, setelah proses pembakaran dilanjutkan dengan uji kuat tekan, uji kembang susut volume, dan uji perubahan bobot isi, simpulan dari hasil analisis yang dilakukan adalah: Kuat tekan maximum terjadi pada binder 18 M dengan campuran 1 Fs : 3 Ba memiliki kekuatan 83,5 Kg/cm²; Terjadi peningkatan kuat tekan akibat pembakaran pada semua tipe campuran; Pada campuran 1 fs : 3 Ba peningkatan kuat tekan maximum terjadi pada pembakaran 2 jam dan untuk campuran 1 fs : 4 Ba terjadi peningkatan kuat tekan maximum pada pembakaran selama 1 jam; Tidak ada beda bobot isi benda uji akibat pembakaran untuk semua jenis campuran; Terjadi pengembangan dan retak retak akibat pembakaran.

Kata kunci: fly ash, bottom ash, batu bata, beton geopolimer.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Tumbuhnya industri dan jumlah penduduk akan diikuti bertambahnya kebutuhan energi listrik. Keberadaan PLTU Tanjung Jati merupakan jawaban fenomena tersebut terutama untuk kebutuhan listrik wilayah Jawa, Bali, Madura.

PLTU Tanjung Jati memakai bahan bakar batubara sebagai sumber

energinya, maka limbah yang dihasilkan berupa Fly Ash dan Bottom Ash, Tiap hari volume limbah batubara yang dibuang (keluar area PLTU TJB) kurang lebih 1.000 ton perhari. Limbah ini jika tidak ada rencana penanganan yang baik, kemungkinan PLTU bisa berhenti operasional, demikian pernyataan I Dewa Gede Ngurah Ambara, General Manager PLTU TJB (suaramerdeka.com, Suara Muria, 21 Maret 2013).

Di dalam Peraturan Pemerintah (PP. No. 85 tahun 1999), yang berisi tentang pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun (B3), *Fly ash* dan *bottom ash* dikategorikan limbah B3 karena mengandung logam berat, sehingga tidak boleh dibuang begitu saja karena dapat terjadi proses pelindihan secara alami dan akan mencemari lingkungan sehingga berbahaya bagi kesehatan masyarakat.

Telah menjadi tanggung jawab bersama bahwa mengurangi emisi CO₂ dan pemanasan global harus disadari dan diupayakan demi kelestarian alam, saat ini telah banyak dilakukan penelitian yang mengarah pada pengembangan "beton hijau" atau beton ramah lingkungan dengan mengurangi atau bahkan tanpa memakai semen *portland* dalam pembuatannya, dikenal dengan beton geopolimer. Beton Geopolimer pertama kali dikembangkan oleh Davidovits di tahun 1978, yaitu beton dengan pengikat dari polimer hasil reaksi alkali silika dan alumina yang terkandung dari material geologi seperti *fly ash*, *blast furnace slag*, metakaolin atau abu sekam padi. (Dany Cahyadi, 2013)

Selama periode Januari 2019 sebanyak 18 kejadian kebakaran telah berlangsung di Kota Semarang, dan kecamatan Semarang Utara menjadi daerah yang paling banyak mengalami kebakaran dengan lima kejadian. (Suara Merdeka.com, 29 Januari 2019).

Berdasarkan uraian di atas, bata beton geopolimer dengan bahan bakunya *bottom ash* yang nantinya dipakai sebagai dinding bangunan maka perlu dipastikan perilaku karakteristiknya akibat pengaruh kebakaran, mengingat kemungkinan

limbah *bottom ash* belum terbakar sempurna.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah terwujudnya batu bata geopolimer dari limbah PLTU Tanjung Jati yang siap diproduksi disertai dengan jaminan karakteristik bata yang telah dikaji sehingga diketahui kualitasnya terutama pengaruh pembakaran terhadap kuat tekan bata, bobot isi.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa hal yang perlu disampaikan sehubungan dengan bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain;

Bata Geopolimer

Bata geopolimer yang di kaji adalah bata beton yang dibuat dari bahan mortar geopolimer, yaitu mortar yang metode pengikatannya menggunakan metode polimerisasi dari bahan dasar *fly ash* limbah PLTU Tanjung Jati dengan direaksikan menggunakan NaOH dan Na SiO₂. Kemudian ditambah dengan *bottom ash* sebagai agregat halus.

Fly Ash

Batu bara sebagai bahan bakar PLTU menyebabkan masalah serius terhadap lingkungan. Limbah yang dihasilkan dapan berupa *fly ash*, *bottom ash* dan gipsum yang selama ini di tumpuk pada gudang limbah. Salah satu solusi *penggunaan Fly ash* adalah sebagai material stabilisasi sub base jalan di sekitar lokasi. Suatu struktur perkerasan jalan setelah dilaksanakan akan mengalami perubahan musim pengujan dan kemarau. Pada musim penghujan

lapis sub *base* akan mengalami genangan air merupakan masalah yang harus diatasi (Arief Subakti Ariyanto, 2017). *Fly ash* dan *bottom ash* merupakan limbah padat dihasilkan sisa pembakaran batubara pada pembangkit listrik tenaga uap atau proses industri lainnya. Limbah padat ini terdapat dalam jumlah yang relatif besar, sehingga memerlukan pengelolaan yang serius agar tidak menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem lainnya. *Fly Ash* merupakan material dengan butiran sangat halus, berwarna keabu abuan, diperoleh dari sisa pembakaran batu bara (Kusdiyono, 2017). *Fly Ash* mengandung unsur kimia antara lain Silica (SiO_2), Alumina (Al_2O_3), Fero Oksida (Fe_2O_3), dan Calsium Oksida (CaO). Menurut (ASTM. C 618- 94a) *Fly Ash* dibagi dalam tiga kelas: kelas N, kelas F dan kelas C.

Pada penelitian ini menggunakan *fly ash* dari PLTU Tanjung Jati dari hasil analisis laboratorium dengan menggunakan citra SEM dengan analisis EDX memiliki komposisi kandungan senyawa sebagai berikut:

Tabel 1. Karakteristik Kimia Limbah *Fly Ash* PLTU Tanjung Jati B Jepara

No	Nama Sampel	Komponen	Komposisi (% berat)
1	<i>Fly Ash</i>	Karbon, C	22,13
		Natrium	2,04
		Oksida, Na_2O	
		Magnesium	2,8
		Oksida, MgO	
		Alumina, Al_2O_3	17,08
		Silika	36,79
		Dioksida, SiO_2	
		Sulfat, SO_3	1,09
		Kalium	1,45

Oksida, K_2O	
Kalsium	5,52
Oksida, CaO	
Titanium	0,78
Dioksida TiO_2	
Besi Oksida, FeO	9,29
Tembaga	1,05
Oksida, CuO	

Data hasil pengujian Lab. Terpadu UNDIP, Sutarno, 2017

Dari hasil uji laboratorium maka menurut ASTM C 618, *Fly Ash* limbah PLTU Tanjung Jati B Jepara tergolong *pozzoland* kelas N dan F, memiliki kandungan (SiO_2 dan Al_2O_3) cukup tinggi, dan mengikat pengerasan geopolimer adalah terjadinya reaksi polikondensasi SiO_2 dan Al_2O_3 maka *Fly Ash* PLTU Tanjung Jati B sangat baik untuk bahan bata geopolimer.

Bottom Ash

Batubara merupakan bahan bakar yang banyak digunakan di PLTU. Pembakaran batubara akan menghasilkan limbah padat Partikel abu yang terbawa gas buang disebut abu terbang (*fly ash*), sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut abu dasar (*bottom ash*). Sebagian besar abu terbang dan abu dasar dikumpulkan dalam pembuangan abu (*ash disposal*).

Kandungan senyawa kimia pada *Bottom Ash* di dominasi oleh senyawa silica dan alumina, sebagai pembanding yang dilakukan Achmad Freddy, dkk, 2015 adalah sebagai berikut;

Tabel 2. Hasil Analisis XRF *Bottom Ash*

Senyawa	%
SiO ₂	39.96
Al ₂ O ₃	44.56
Fe ₂ O ₃	2.34
SO ₃	0.58
CaO	1.67
MgO	5.04
Na ₂ O	0.46
K ₂ O	0.26
P ₂ O ₅	1.11

Data dari Achmad Freddy Eka Prasadha, ITS, 2015.

Natrium Hidroksida (Na OH)

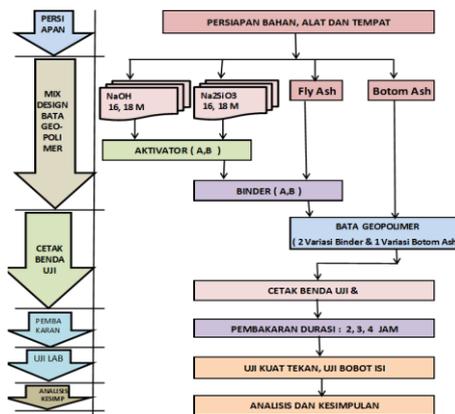
Na OH adalah larutan alkalin yang digunakan dalam pembuatan geopolimer adalah logam alkali yang larut. Logam alkali yang sering digunakan sebagai reagen pada reaksi geopolimerisasi adalah Natrium (Na) dan Kalium (K). Massa molekul relatif NaOH adalah 40 gram/mol. Natrium hidroksida dapat mengabsorpsi CO₂ dari udara, sangat korosif pada logam aluminium. Natrium Hidroksida menghasilkan panas (eksotermis) saat dilarutkan dalam air atau ketika dilarutkan dengan asam. NaOH berbentuk pelet dapat mencapai kemurnian 97-98 % (Windholtz, 1976. dalam Niken Swastika 2010).

Natrium Silikat (*Waterglass*)

Komposisi Natrium Silikat (*Waterglass*) saat kering adalah Na₂SiO₃, Na₆SiO₇, Na₂Si₃O₇ dengan komposisi air yang bervariasi. Bentuknya bening sampai putih atau putih keabu abuan, kristalin atau seperti lem. Natrium silikat juga dapat mengiritasi kulit. Natrium silikat dalam bentuk larutannya adalah alkalin kuat (Windholtz, 1976. dalam Niken Swastika 2010).

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dibagi dalam beberapa tahap yaitu tahap persiapan, pembuatan *activator*, pembuatan *binder*, pengadukan beton geopolimer, pencetakan benda uji, perawatan benda uji, pembakaran lalu pengujian. Uji yang dilakukan **kuat tekan** dan **bobot isi**, dari hasil uji kemudian dilakukan analisis data, untuk jelasnya dapat dilihat dalam *flow chart* jalannya penelitian sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram jalannya pelaksanaan penelitian.

Benda Uji

Benda uji di buat melalui tahapan Pencampuran dan pengadukan bahan dengan berbagai komposisi dan variasi sesuai yang direncanakan sebagai berikut:

Binder

Binder ada dua variabel yaitu *binder* A dengan kepekatan aktivator 16 molar dan *binder* B dengan kepekatan aktivator 18 molar, *binder* dibuat dengan perbandingan berat antara *activator* dengan *fly ash* 2 berbanding 5 (perbandingan berat).

Tabel 3. Komposisi *Binder*

<i>Binder</i>	Aktivator	<i>Fly Ash</i>
A	2 (NaOH, Na SiO ₂ , 16 M)	5 <i>Fly ash</i>
B	2 (NaOH, Na SiO ₂ , 18 M)	5 <i>Fly ash</i>

Komposisi Campuran Benda Uji

Benda uji untuk kuat tekan terdapat 4 variasi sebagai variabel adalah sebagai berikut; Sampel tipe 1 adalah benda uji dengan komposisi campuran menggunakan *binder* tipe A dengan komposisi *fly ash* : *bottom ash* sebesar 1 : 3 (perbandingan berat). Sampel tipe 2 adalah benda uji dengan komposisi campuran menggunakan *binder* tipe A dengan komposisi *fly ash* : *bottom ash* sebesar 1 : 4 (perbandingan berat). Sampel tipe 3 adalah benda uji dengan komposisi campuran menggunakan *binder* tipe B dengan komposisi *fly ash* : *bottom ash* sebesar 1 : 3 (perbandingan berat). Sampel tipe 4 adalah benda uji dengan komposisi campuran menggunakan *binder* tipe B dengan komposisi *fly ash* : *bottom ash* sebesar 1 : 4 (perbandingan berat).

Tabel 4. Komposisi Campuran Benda Uji

Tipe Campuran	Tipe <i>Binder</i>	Campuran
1	A	1 : 3
2	A	1 : 4
3	B	1 : 3
4	B	1 : 4

Pengujian

Benda Uji berbentuk Kubus ukuran 5 X 5 X 5 cm. dan pengujian kuat tekan dengan metode “*Compressive Strength of Cube Concrete Specimens*” (ASTM C 39 –

94), penghitungan hasil dengan formula sebagai berikut;

$$\text{Kuat Tekan}(\sigma) = \frac{F}{A}$$

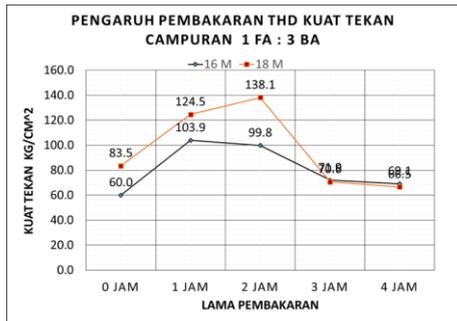
Dimana : F = Beban Maximum (Kgf) dan A = Luas penampang yang tertekan (cm²).

HASIL DAN PEMBAHASAN

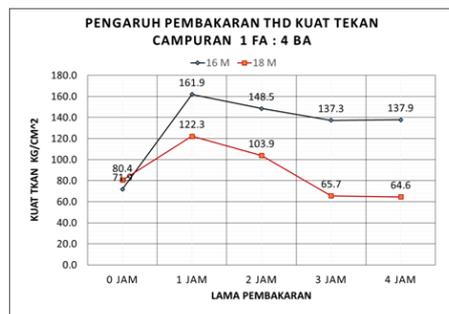
Hasil Uji Kuat Tekan

Dari hasil analisis dapat diketahui bahwa kuat tekan maksimum terjadi pada campuran dengan moralitas 18 M di campuran 1Fs : 3 Ba yaitu sebesar 83.5 Kg/Cm² dan tidak selisih jauh untuk campuran 1Fs : 4 Ba yaitu sebesar 80.4 Kg/Cm².

Dari semua jenis campuran dapat diketahui mengalami peningkatan kekuatan akibat pembakaran, untuk campuran 1Fs : 3 Ba, *binder* 18 M peningkatan maximum terjadi pada pembakaran 2 jam namun pembakaran sampai 3 dan 4 jam kekuatannya turun setara dengan sebelum dibakar. Untuk campuran 1Fs : 3 Ba, *binder* 16 M peningkatan maximum terjadi pada pembakaran 1 jam namun pembakaran sampai 2, 3 dan 4 jam kekuatannya turun hingga setara dengan sebelum dibakar. Untuk campuran 1Fs : 4 Ba, *binder* 18 M dan 16 M mengalami perubahan kuat tekan yang sama yaitu terjadi peningkatan max pada pembakaran 1 jam kemudian berangsur turun sampai pembakaran 4 jam kekuatannya kembali setara sebelum dibakar



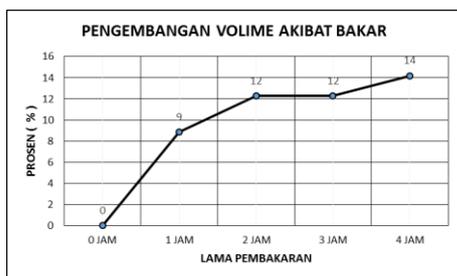
Grafik 1. Pengaruh Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Campuran. 1Fa : 3 Ba.



Grafik 2. Pengaruh Pembakaran Terhadap Kuat Tekan Campuran 1Fa : 4 Ba

Hasil Uji Muai Susut akibat Pembakaran

Bata beton geopolimer mengalami pemuai tetap akibat pembakaran, dan laju pemuai besar terjadi pada pembakaran sampai 1 jam kemudian pemuai masih bertambah sedikit sampai pembakaran 4 jam.



Grafik 3. Pengaruh Pembakaran Terhadap Pengembangan volume

Hasil Uji Susut Berat Akibat Pembakaran

Dari Uji pembakaran terhadap Bata Beton Geopolimer ternyata penyusutan pada beratnya, akan tetapi terbukti tidak ada beda penyusutan untuk semua jenis campuran maupun akibat lama pembakaran, penyusutan berat terjadi rata-rata sebesar 11 %.

Tabel 4. Pengaruh Pembakaran Terhadap Susut Berat

Waktu bakar (jam)	Molar itas	Campuran	Berat belum bakar (gr)	Berat sudah bakar (gr)	Susut berat (gr)	Susut berat (%)
0	16	1:3 (I)	204	204	0	0
		1:4 (II)	207	207	0	0
	18	1:3 (III)	213	213	0	0
		1:4 (IV)	198	198	0	0
1	16	1:3 (I)	195	179	16	8
		1:4 (II)	208	187	21	10
	18	1:3 (III)	215	189	26	12
		1:4 (IV)	204	179	15	12
2	16	1:3 (I)	197	181	16	8
		1:4 (II)	204	181	23	11
	18	1:3 (III)	213	187	26	12
		1:4 (IV)	209	183	26	12
3	16	1:3 (I)	207	191	16	8
		1:4 (II)	207	185	22	11
	18	1:3 (III)	212	185	27	13
		1:4 (IV)	202	178	24	12
4	16	1:3 (I)	211	191	20	9
		1:4 (II)	207	186	21	10
	18	1:3 (III)	212	185	27	13
		1:4 (IV)	205	180	25	12
						11

Gambar Pengujian



Foto 1. Buat Benda Uji dan Foto 2. Uji Bobot Isi

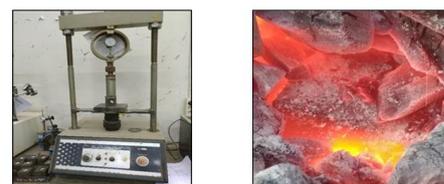


Foto 3. Uji Kuat Tekan dan Foto 4. Uji Bakar

SIMPULAN

1. Kuat tekan meningkat setelah mengalami pembakaran satu sampai 2 jam dan kembali pada kuat tekan semula pada pembakaran 3 sampai 4 jam.
2. Benda uji mengalami pemuaiian sebesar 9 % pada pembakaran selama 1 jam dan 12 % pada pembakaran 2 dan 3 jam serta 14 % pada pembakaran 4 jam.
3. Benda Uji mengalami penyusutan berat sebesar 11 % pada pembakaran 1, 2, 3 dan 4 Jam.
4. Akibat pembakaran secara visual permukaan benda uji terlihat retak – retak halus.
5. Bahan bata dari *Fly Ash* dan *Bottom Ash* dengan pengikatan secara geopolimer sangat baik untuk bahan bangunan karena tergolong material tidak mudah terbakar dan tidak terjadi penurunan kuat tekan akibat pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

....., PLTU Tanjung Jati B Ramah Lingkungan, suaramerdeka.com. 21 Maret 2013.

Ariyanto, Arief Subakti. 2017. *Pengaruh Durabilitas Terhadap Stabilisasi Sub Base Jalan Dengan Fly Ash Dari Pltu Asam Asam Kalimantan Selatan*. Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora, 3 (1, April). Semarang: Politeknik Negeri Semarang.

Cahyadi, Dany. 2013. *Sifat Mekanik dan Durabilitas Polypropylene Fiber Reinforced Geopolymer Concrete*. Jurnal Teknik Sipil. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.

Kusdiyono, Tedjo Mulyono & Supriyadi. 2017. *Pengaruh Penambahan Fly Ash Dan Bottom Ash Terhadap Mutu Paving*. Bangun Rekaprima: Majalah Ilmiah Pengembangan Rekayasa, Sosial dan Humaniora, 3 (2, Oktober). Semarang: Politeknik Negeri Semarang.

Niken Swastika, 2010. *Analisis Ketahanan Beton Geopolimer Berbahan Abu Terbang dan Berbahan Metakaolin Terhadap Paparan Air Laut ASTM*. Fakultas Teknik Jakarta: Universitas Indonesia.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999. Perubahan Atas Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Beracun. 7 Oktober 1999. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999. Jakarta.

Prasanda, Achmad Fredya Eka. 2015. *Paving Geopolimer Berbahan Dasar Bottom Ash dan Sugar Cane Bagasse Ash (SCBA)*. Jurnal Teknik Sipil ITS. Vol. 4, No. 2, ISSN: 2337 – 3539, Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.

Sutarno. 1999. *Kajian Efek Abu Terbang Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen.*

Jurusan Teknik Sipil.
Semarang: Politeknik Negeri Semarang.