

PENGARUH PENGGUNAAN *BOTTOM ASH* SEBAGAI PENGGANTI TANAH LIAT PADA CAMPURAN BATA TERHADAP KUAT TEKAN BATA

Hendro Suseno, Prastumi, Lilya Susanti, Desy Setyowulan

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167, Malang 651

ABSTRAK

Bottom ash merupakan residu pembakaran batu bara yang selama ini digunakan sebagai sumber energi Melalui Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). PLTU adalah salah satu sumber energi utama di Indonesia, oleh sebab itu volume *bottom ash* terus bertambah. Keberadaan *bottom ash* selama ini dianggap sebagai limbah yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu masyarakat sekitar. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan pengkajian untuk memanfaatkan material sisa tersebut. Bata merupakan bahan bangunan yang sering digunakan dkonstruksi. Bata terbuat dari tanah liat dimana kandungan utamanya adalah silika dan alumina, sedangkan pada *bottom ash* juga terkandung silika. Maka dari itu, perlu dilakukan pengujian tentang pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat terhadap kuat tekan bata. Pengujian dilakukan dengan membuat benda uji bata dengan variasi prosentase tanah liat dan *bottom ash*. Kemudian dilakukan uji tekan untuk mengetahui kekuatan tekan bata serta pengaruh dari pemakaian *bottom ash*. Dari pengujian, diketahui bahwa penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat dengan prosentase maksimum 45% dapat menghasilkan batu bata yang memiliki kuat tekan yang sama dengan atau lebih dari batu bata yang menggunakan tanah liat 100%.

Kata kunci : *bottom ash*, bata, kuat tekan

PENDAHULUAN

Dewasa ini banyak dilakukan penelitian yang berhubungan dengan pemanfaatan limbah sebagai bahan bangunan. Hal ini didasari oleh pembangunan fisik yang terus bertambah seiring dengan pemerataan pembangunan di Indonesia. Selain itu perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam hal material bangunan juga terus berkembang, terutama ke arah konsep pembangunan hijau atau green construction. Oleh sebab itu, limbah yang selama ini dianggap mengganggu lingkungan dan masyarakat sekitar, dikaji dan diteliti pemanfaatannya agar tidak sekedar menjadi bahan sisa atau bahan buangan.

Saat ini banyak inovasi baru mengenai bahan baku bangunan pengganti batu bata untuk dinding bangunan, dengan

harapan bahan-bahan tersebut dapat menggantikan fungsi batu bata dan juga menekan biaya produksi. Walaupun demikian, mayoritas pekerjaan konstruksi di Indonesia masih menggunakan batu bata sebagai bahan utama dari konstruksi bangunan mereka.

Bottom ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara, dimana jumlahnya akan terus bertambah selama industri terus berproduksi. Di Indonesia sendiri, pembangkit listrik yang menggunakan bahan baku batu bara setiap tahunnya meningkat sebesar 13,00% (Pusat Litbang Teknologi Mineral dan Batubara 2006).

Saat ini penanganan limbah hanya dilakukan dengan cara menimbunnya di lahan kosong. Apabila volume limbah semakin bertambah maka semakin luas pula area yang diperlukan untuk menimbunnya. Penanganan limbah

dengan cara penimbunan dapat berpotensi bahaya bagi lingkungan dan masyarakat sekitar, seperti logam-logam dalam abu bata bara yang terekstrak dan terbawa ke perairan, abu batu bara tertiuip angin sehingga mengganggu pernafasan, dan lain-lain.

Untuk menekan jumlah residu batu bara tersebut, selama ini *bottom ash* digunakan sebagai salah satu alternatif filler dalam pembuatan aspal beton. Dari penelitian sebelumnya, dapat diketahui bahwa *bottom ash* memiliki kandungan silika dan kadar oksida yang merupakan mineral dasar yang dapat digunakan dalam pembuatan campuran tanah liat. Dari segi ekonomi, material ini dapat memperkecil biaya produksi karena harga material tanah liat dapat ditekan dengan menggantinya menggunakan material *bottom ash*.

Sementara itu, bata adalah bahan bangunan yang digunakan sebagai dinding yang merupakan bangunan non struktural yang tidak memikul beban secara langsung. Bata terbuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan lain. Bata yang baik sebagian besar terdiri dari silika dan alumina, sedangkan pada *bottom ash* juga terdapat kandungan silika. Maka sehubungan dengan uraian diatas, peneliti ingin mengetahui pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat terhadap kuat tekan bata.

Dalam penelitian ini, digunakan *bottom ash* yang berasal dari limbah PLTU Rembang, Jawa Tengah. *Bottom ash* tersebut sebelumnya diteliti kandungan kimianya di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang. Dari pemeriksaan tersebut diketahui bahwa *bottom ash* milik PLTU Rembang mengandung silika dengan prosentase rata-rata 41,73%. Dari referensi yang ada diketahui bahwa terdapat kandungan senyawa kimia yang hampir sama antara *bottom ash* dan batu bata (tanah liat) yaitu silikon oksida

(SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃), kapur (CaO), magnesium oksida (MgO).

Berdasarkan pada pengujian kandungan kima *bottom ash* PLTU Rembang, diketahui bahwa terdapat kandungan silika rata-rata sebesar 41,73%. Dengan adanya persamaan kandungan silika pada *bottom ash* dan senyawa penyusun batu bata, maka terdapat potensi untuk menggunakan *bottom ash* sebagai bahan pengganti tanah liat pada batu bata. Prosentase penggantian tanah liat dengan *bottom ash* merupakan permasalahan yang perlu diteliti, sehingga nantinya mampu menghasilkan komposisi yang optimal untuk mendapatkan batu bata yang memenuhi persyaratan kuat tekan.

Berdasarkan hal tersebut, maka dapat disampaikan beberapa tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan batu bata
2. Untuk mengetahui komposisi optimum prosentase penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat.

Untuk mengerucutkan hasil akhir dari penelitian ini, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. *Bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada batu bata adalah *bottom ash* yang berasal dari PLTU 1 Rembang, Jawa Tengah
2. Komposisi *bottom ash* yang digunakan untuk campuran pembuatan batu bata adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, dan 60% dari berat tanah liat
3. Faktor luar seperti cuaca, kelembaban, dan sebagainya diabaikan
4. Tanah liat yang dipakai yaitu tanah liat yang berasal dari pabrik batu bata yang ditinjau

Bottom ash adalah bahan buangan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit listrik (PLTU) yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari fly ash, sehingga *bottom ash* akan jatuh pada tungku pembakaran dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) di bagian bawah, lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau digunakan (Indriani Santoso, et. al. Dimensi Teknik Sipil Vol.5 : 76).

Komponen utama dari *bottom ash* adalah oksida-oksida/mineral yang mengandung silika, alumunium, besi, kalsium, natrium dan magnesium. Komponen-komponen tersebut sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan sekitar. Oleh sebab itu diperlukan penanganan terhadap limbah *bottom ash* ini (Hartanto, Widiastuti, Ulfin, 2010).

Bottom ash didominasi pasir berukuran sedang, biasanya 50%-90% lolos saringan 4,75 mm (no.4), 10%-60% lolos saringan 0,42 mm (no.40), 0%-0% lolos saringan 0,075 mm (no.200), dan untuk ukuran di bagian atas biasanya berkisar dari 19 mm (3/4 in) sampai dengan 38,1 mm (1-1/2 in). (<http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/cbabs1.cfm>, diakses tanggal 30 Mei 2012).

Bottom ash mempunyai beberapa unsur kimia antara lain Si, Al, Fe, Ca, Mg, S, Na dan beberapa unsur kimia yang lain. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *bottom ash* dapat menimbulkan sifat korosi pada tulangan baja karena *bottom ash* memiliki nilai pH yang cukup rendah. Selain itu pada *bottom ash* terdapat kandungan iron sulfide yang besar dimana sebelum *bottom ash* digunakan, kandungan iron sulfide harus dihilangkan dengan menggunakan elektromagnet.

Mengenai sifat mekanis *bottom ash*, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, nilai

maksimum dry density dari dry *bottom ash* umumnya lebih rendah 10-25 % dibandingkan material granular biasa seperti pasir, akan tetapi kelembapan optimumnya lebih besar daripada materi granular lainnya. Hal yang perlu diperhatikan adalah adanya friable partikel (umumnya pada dry *bottom ash*). Partikel ini mudah hancur dan sangat berpori sehingga akan banyak menyerap air, dimana hal ini akan meningkatkan jumlah air yang digunakan.

Batu bata merupakan unsur bangunan yang diperuntukkan untuk pembuatan konstruksi bangunan dan dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, yang dicetak dan kemudian dibakar pada suhu cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam air. Jadi dapat dikatakan juga suatu batu-batuan yang digunakan untuk pembuatan dinding bangunan dan dapat dipakai juga untuk pembuatan pondasi apabila tidak ada bahan lain. (Widjojo & Prabowo, 1977).

Batu bata memiliki beberapa kelebihan serta kekurangan jika dibandingkan dengan bahan bangunan lainnya, khususnya batako dan batu. Kelebihan batu bata antara lain adalah:

1. Tahan terhadap bahaya api, terutama pada saat kebakaran
2. Tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam memasang batu bata
3. Merupakan bahan bangunan yang tergolong murah dan cukup mudah ditemukan

Sedangkan kekurangan batu bata jika dibandingkan dengan bahan bangunan lain, antara lain:

1. Mudah menyerap air dan mudah rusak bila mengabsorpsi air garam, sehingga tidak cocok untuk struktur bawah air
2. Mudah menyerap panas pada saat musim kemarau dan mudah menyerap dingin pada saat musim hujan sehingga menjadikan sulit untuk mendapatkan suhu ruangan yang stabil jika menggunakan dinding batu bata

3. Jika terjadi perubahan suhu yang ekstrim, maka akan mengakibatkan retak-retak rambut pada plesteran

Bahan dasar dari batu bata terdiri dari lempung (tanah liat) yang berkisar antara 50-65%, pasir yang berkisar antara 35-50% dan air secukupnya, sampai diperoleh campuran yang bersifat plastis sehingga mudah dicetak. Keberadaan lempung di alam biasanya sudah tercampur dengan pasir, sehingga sebelumnya harus diuji dulu kandungan pasirnya agar persentasenya tidak melebihi kebutuhan.

Lempung atau tanah liat terdiri dari silikon oksida (SiO₂), aluminium oksida (Al₂O₃), besi oksida (Fe₂O₃), kapur (CaO), magnesium oksida (MgO) dan senyawa kimia lainnya, sedangkan pasir terbentuk dari silikon oksida (SiO₂). Oksida-oksida lempung ini tersusun dalam bentuk mineral-mineral lempung seperti kaolinit, illit, dan montmorillonit serta akan memberikan sifat plastis dan kohesif bila ditambahkan air serta akan memberikan kekerasan dan kekuatan pada hasil akhir setelah pembakaran.

Pasir digunakan untuk menghindari penyusutan, retak-retak dan pelengkungan dimensinya pada saat pengeringan dan pembakaran. Kapur dan oksida besi berperan sebagai fluks yang membantu butiran pasir meleleh dan mengikat partikel lempung secara bersamaan pada saat pembakaran, oksida besi juga memberikan warna merah pada bata yang bersamaan dengan oksida magnesium akan memberikan warna kuning (Suseno, Hendro. 2010).

Menurut H. Frick & Ch Koesmartadi (1999), batu bata yang baik memiliki ciri-ciri antara lain permukaannya kasar, warnanya merah seragam (merata), jika dipukul bunyinya nyaring serta tidak mudah hancur atau patah. Selain itu batu bata juga mempunyai ukuran yang bermacam-macam tergantung dari kegunaan dan pesanan.

Standard batu bata merah di Indonesia oleh Yayasan Dana Normalisasi Indonesia (YDNI) nomor NI-10 menetapkan suatu

ukuran standard untuk batu bata merah sebagai berikut:

1. Panjang 240 mm, lebar 115 mm, tebal 52 mm
2. Panjang 230 mm, lebar 110 mm, tebal 50 mm

Penyimpangan yang diijinkan adalah maksimum 3% untuk sisi panjang, maksimum 4% untuk sisi lebar, dan maksimum 5% untuk sisi lebar (Frick, 1980).

Berdasarkan mutu, batu bata dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelas sebagai berikut:

1. Bata merah mutu I dengan kuat tekan rata-rata lebih dari 100 kg/cm² dan ukurannya tidak ada yang menyimpang
2. Bata merah mutu II dengan kuat tekan rata-rata antara 80-100 kg/cm² dan ukurannya menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan
3. Bata merah kelas III dengan kuat tekan rata-rata antara 60-80 kg/cm² dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan

Sedangkan jika dilihat dari nilai kuat tekannya, batu bata dapat diklasifikasikan menjadi enam kelas, yaitu kelas 25, 50, 100, 150, 200, 250. Kelas kekuatan itu menunjukkan kekuatan tekan rata-rata maksimum (dalam kg/cm²) dari paling sedikit 30 buah bata contoh yang diuji. Besarnya kuat tekan dari benda uji dapat dicari dengan menggunakan rumus:

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

dimana:

σ_b = kuat tekan batu bata (kg/cm²)

P = besarnya gaya tekan hancur bata (kg)

A = luas penampang benda uji (cm²)

Dalam persyaratan peraturan tahanan gempa Indonesia, disyaratkan kekuatan tekan bata merah minimal adalah sebesar 30 kg/cm², dan dalam Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia Tahun 1982 kekuatan

tekan bata merah untuk dinding pasangan adalah 25 kg/cm^2 .

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, diketahui bahwa tanah liat mengandung silika (Si), magnesium (Mg), kalsium (Ca), besi (Fe), dan Aluminium (Al). Komposisi kimia penyusun lempung secara umum dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Komposisi Senyawa Kimia Pada Lempung

Unsur Senyawa	Lempung (%)
SiO ₂	75,40
CaO	0,70
MgO	0,71
Fe ₂ O ₃	0,01
Al ₂ O ₃	14,10

Sumber: Laboratorium Kimia FMIPA USU, 2011

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa *bottom ash* memiliki senyawa kimia yang hampir sama dengan lempung. Maka terdapat peluang untuk menggantikan lempung dengan *bottom ash*. Selanjutnya dapat ditabulasikan perbandingan sifat kimia *bottom ash* dan tanah liat sebagaimana terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan Sifat Kimia *Bottom ash* dan Tanah Liat

Parameter	Hasil analisa <i>Bottom ash</i>		Hasil Analisa Tanah Liat	
	Kadar	Satuan	Kadar	Satuan
Si	41,73 ± 0,06	%	25,29 ± 0,28	%
Mg	3183,456 ± 0,238	ppm	703,42 ± 0,20	ppm
Ca	17,32 ± 0,616	ppm	18,765 ± 0,237	ppm
Fe	432,625 ± 0,023	ppm	282,294 ± 6 ± 0,03371	ppm
Al	0,0146 ± 0,0000	%	18,6067 ± 0,0564	ppm

Sumber: Penelitian Tanah Liat di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, 2012

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai pada bulan Juli 2012 sampai dengan September 2012 dan bertempat di Laboratorium Bahan Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang. Sedangkan produksi sampel batu bata dilakukan di pabrik batu bata daerah Pakis, Malang.

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini meliputi:

- Peralatan produksi batu bata (pabrik batu bata)
- Timbangan
- Nampan
- Hydraulic press
- Proving ring
- Jangka sorong
- Stopwatch
8. Oven
- Alat pengukur defleksi (Dial gauge) dan Dial holder
- Sendok adukan
- Perendam bata
- Mesin uji kuat tekan

Sementara bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Bottom ash* yang telah di uji kimia (dari PLTU 1 Rembang, Jawa Tengah)
- Tanah liat dari pabrik pembuatan batu bata yang ditinjau
- Semen Portland tipe I produksi PT.Semen Gresik
- Air bersih yang berasal dari PDAM
- Pasir pasang

Tabel 3. Perbandingan Tanah Liat dengan *Bottom ash*

Sampel	Perbandingan		Jumlah Benda Uji
	Tanah liat (%)	<i>Bottom ash</i> (%)	
A	40	60	3
B	45	55	3
C	50	50	3
D	55	45	3
E	60	40	3
F	65	35	3

G	70	30	3
BM	100	0	3

Penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai kuat tekan batu bata dengan komposisi normal seperti pembuatan batu bata normal, namun diberi bahan tambahan berupa *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat dengan prosentase tertentu. Komposisi batu bata dibuat dengan tanah liat dan untuk variasi penambahan *bottom ash* dengan jenis variasi yang terdapat pada Tabel 3, dimana setiap variasi penambahan *bottom ash* untuk pengujian kuat tekan dibuat 3 benda uji setiap variasinya.

Diagram alir yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Variabel-variabel penelitian yang akan digunakan terbagi menjadi dua sebagaimana diuraikan berikut ini:

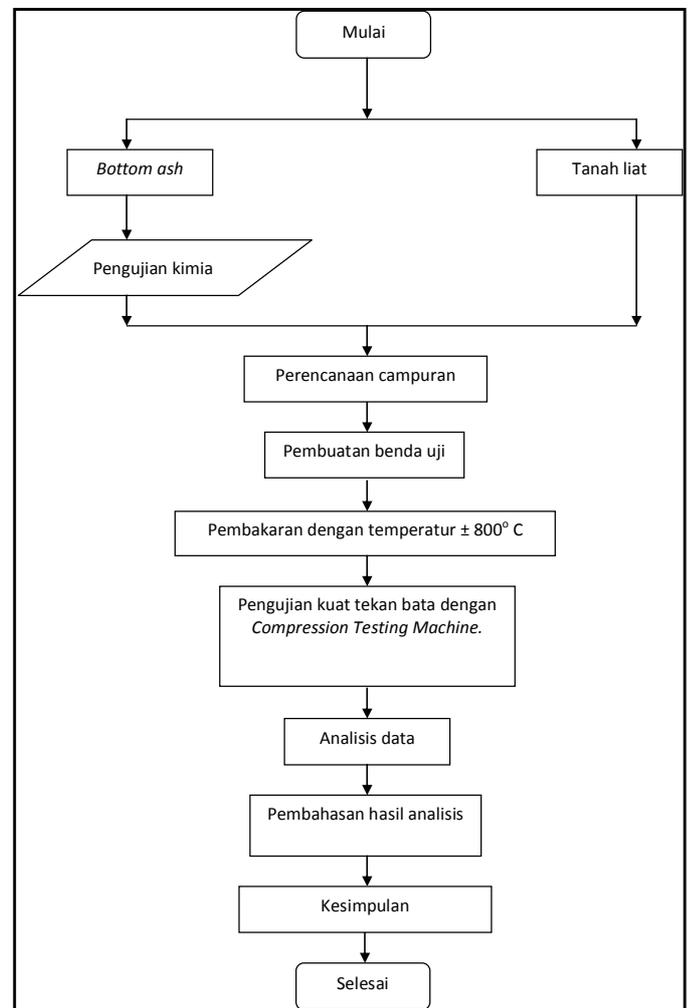
1. Variabel bebas (*independent variable*), yaitu variabel yang perubahannya bebas ditentukan oleh peneliti. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel bebas adalah variasi penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat
2. Variabel terikat (*dependent variable*), yaitu variabel yang perubahannya tergantung dari variabel bebas. Dalam penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah nilai kuat tekan

Skema pembebanan untuk benda uji batu bata dapat dilihat pada **Gambar 2**.

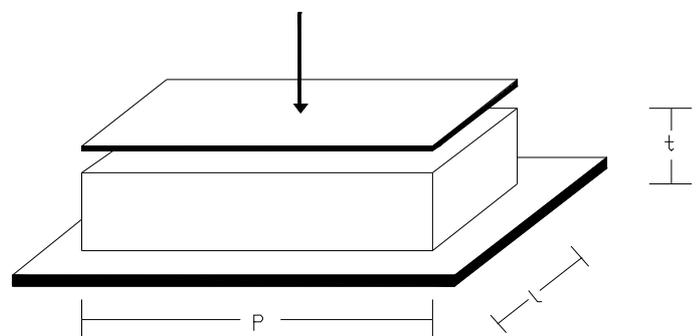
HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan data-data yang diperlukan dalam analisis, maka dilakukan pengujian terhadap benda uji yang telah dibuat sesuai dengan rancangan percobaan. Alat yang digunakan untuk pengujian batu bata adalah alat uji tekan enerpack (*Compression Testing Machine*) yang dilengkapi dengan proving ring sebagai acuan pembacaan pembebanan. Selain menghitung kuat tekan batu bata, dalam pengujian juga dilakukan pengukuran

deformasi aksial dan lateral dengan menggunakan dial gauge untuk mendapatkan nilai poisson ratio dari batu bata sampel tersebut. **Gambar 3** memperlihatkan benda uji saat dibebani gaya aksial.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Skema Pembebanan Benda Uji Batu Bata



Gambar 3. Pembebanan Batu Bata

Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi nilai beban maksimum (p maksimum) untuk tiga benda uji batu bata kubus yang memiliki prosentasi *bottom ash* sebesar 0%. Kemudian beban maksimum tersebut dikonversi menjadi nilai kuat tekan maksimum dan digunakan sebagai benchmark penelitian.

Dari pengujian terhadap kuat tekan batu bata kubus dengan variasi perbandingan penggunaan *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat, selanjutnya dapat dibuat grafik perbandingan antara prosentase *bottom ash* dan nilai kuat tekan sebagaimana terlihat pada **Gambar 4**.

Tabel 4. Nilai Kuat Tekan Batu Bata Kubus - *Bottom ash* 0%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)
1	190.41	9.60
2	203.10	10.49
3	224.26	11.29
Rata-rata		10.46

Dari grafik pada **Gambar 4** dapat terlihat bahwa pengujian terhadap batu bata yang menggunakan *bottom ash* sebesar 40% memiliki nilai kuat tekan rerata yang paling tinggi, yaitu sebesar 12,88 kg/cm². Nilai

kuat tekan tersebut jauh di atas nilai kuat tekan benda uji benchmark (*bottom ash* 0%). Selanjutnya terjadi penurunan nilai kuat tekan batu bata kubus yang berbanding



Gambar 4. Grafik Hubungan Prosentase Penggunaan *Bottom ash* Dan Nilai Kuat Tekan Batu Bata Kubus

lurus dengan penambahan prosentase penggunaan *bottom ash* dalam batu bata.

Namun terdapat hasil yang tidak wajar yang diperoleh dari benda uji yang menggunakan perbandingan *bottom ash* dan tanah liat sebesar 60% : 40%. Nilai kuat tekan pada benda uji tersebut tidak mengikuti trend yang terjadi, dan malah meningkat hingga 10.09 kg/cm². Ada beberapa kemungkinan penyebab terjadinya hasil yang tidak sesuai dengan trend tersebut, antara lain adalah kesalahan pada saat pembuatan/penakaran penggunaan *bottom ash* dan tanah liat, kesalahan penomoran benda uji, ataupun kesalahan pembacaan proving ring pada saat pengujian.

Walaupun demikian, jika melihat pada perilaku batu bata secara umum, didapatkan batu bata kubus yang memiliki mutu dan kuat tekan yang memenuhi kuat tekan benchmark selama pergantian tanah liat dengan *bottom ash* dilakukan dengan prosentase maksimum 40%.

Pada setiap pengujian benda uji, selain dilakukan pengamatan terhadap beban maksimum, juga dilakukan pengamatan deformasi ke arah aksial dan lateral dengan menggunakan dial gauge sepanjang sumbu horizontal dan vertikal.

Hal tersebut dilakukan untuk mengamati perilaku batu bata yang menggunakan *bottom ash* dalam hubungannya dengan nilai poisson ratio. Diharapkan, dari nilai poisson ratio selanjutnya dapat diketahui nilai kelenturan dari batu bata tersebut.

Akan tetapi, hasil analisis nilai poisson ratio dari benda uji batu bata tidak sesuai dengan kajian pustaka, karena didapatkan nilai poisson ratio yang lebih besar dari 0,5 (nilai poisson ratio untuk material karet).

Tidak terpenuhinya nilai analisis tersebut diakibatkan kondisi pengujian yang tidak ideal. Pengukuran deformasi pada arah aksial dapat diamati dengan relatif mudah karena dial gauge ditempelkan pada pelat baja. Namun hasil pengamatan deformasi di arah lateral tidak dapat digunakan karena perubahan dimensi batu bata (perilaku retak/pecah) pada arah tersebut tidak seragam di sepanjang penampang batu bata, sementara dial gauge hanya diletakkan pada satu titik pengamatan. Kesulitan dalam mengamati deformasi di arah lateral juga disebabkan oleh perilaku retak pada batu bata yang terjadi secara spontan.

Selain pengujian terhadap benda uji kubus, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian terhadap benda uji setengah batu bata. Pada uji tekan batu bata ini ditentukan bahwa luasan bidang kontak batu minimal 90.3 cm² (ASTM C67-07). Sehingga pada pengujian ini menggunakan \pm separuh ukuran batu bata.

Tabel 5 menunjukkan rekapitulasi nilai beban maksimum (p maksimum) untuk tiga benda uji setengah batu bata yang digunakan sebagai benchmark (kadar *bottom ash* 0%), sedangkan hasil pengujian terhadap benda uji setengah batu bata adalah sebagaimana terlihat pada **Gambar 5**.

Berdasarkan pada grafik hubungan prosentase penggunaan *bottom ash* dan nilai kuat tekan pada setengah batu bata di atas, dapat dilihat bahwa penggunaan *bottom ash* pada batu bata sebagai pengganti tanah liat dapat meningkatkan nilai kuat tekan batu bata selama prosentase penggantian tidak lebih dari 45%.

Walaupun demikian, hasil pengamatan dengan metode uji setengah batu bata memperlihatkan ketidakstabilan trend peningkatan nilai kuat tekan. Pada saat 30% tanah liat digantikan oleh *bottom ash*, kuat tekan rerata yang diperoleh meningkat jauh di atas nilai kuat tekan benchmark (*bottom ash* 0%). Namun kemudian nilai kuat tekan menurun pada prosentase penggunaan *bottom ash* 35% dan 40%, dan meningkat lagi untuk benda uji dengan penggunaan *bottom ash* 45%.

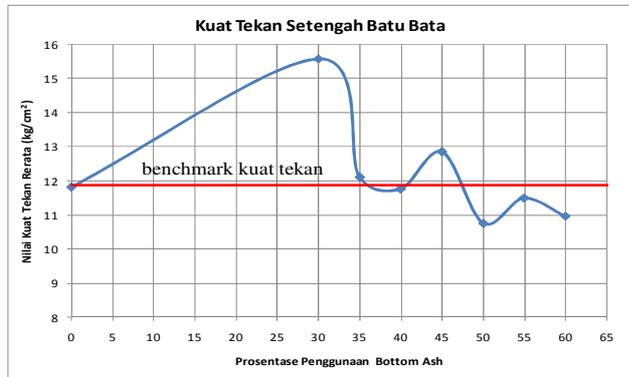
Tabel 5. Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata - *Bottom ash* 0%

Benda Uji No.	P Maksimum (kg)	Kuat Tekan Maksimum (kg/cm ²)
1	1347.0	11.5668
2	1347.0180	11.5668
3	1522.7160	12.1529
Rata-rata		11.76

Selanjutnya, nilai kuat tekan juga menurun pada saat prosentase penggunaan *bottom ash* ditingkatkan. Walaupun pada prosentase penggunaan *bottom ash* 55% terdapat peningkatan nilai kuat tekan, namun nilai kuat tekan rerata yang didapatkan dari pengujian terhadap benda uji tersebut masih di bawah nilai kuat tekan benchmark.

Sebagaimana yang terjadi pada penelitian dengan menggunakan batu bata kubus, pada pengujian setengah batu bata juga terjadi ketidakstabilan hasil pengamatan. Walau demikian, trend perubahan nilai kuat tekan dapat dilihat dengan cukup jelas. Dan dengan mengacu pada nilai kuat tekan benchmark, maka dapat ditentukan prosentase penggantian

tanah liat dengan *bottom ash* yang tidak efektif.



Gambar 5. Grafik Hubungan Prosentase Penggunaan *Bottom ash* Dan Nilai Kuat Tekan Setengah Batu Bata

Dari kedua jenis pengujian (batu bata kubus dan setengah batu bata), dapat dilihat bahwa prosentase penggunaan *bottom ash* yang menghasilkan batu bata yang memenuhi nilai kuat tekan benchmark berkisar antara 30% hingga 45%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa hal yang dapat diangkat sebagai kesimpulan dari penelitian ini, diantaranya adalah:

1. *Bottom ash* memiliki komposisi kimia yang hampir sama dengan tanah liat, sehingga dapat digunakan untuk menggantikan tanah liat pada pembuatan batu bata.
2. Penggunaan *bottom ash* untuk menggantikan tanah liat sebesar 30% hingga 40% dapat memberikan nilai kuat tekan yang optimum.
3. Nilai kuat tekan batu bata menurun pada saat *bottom ash* digunakan untuk menggantikan tanah liat lebih dari 45%.
4. *Bottom ash*, dalam kondisi dan prosentase tertentu, dapat digunakan sebagai pengganti tanah liat dalam pembuatan batu bata tanpa mengurangi kekuatan tekan dari batu bata tersebut.

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya, diantaranya adalah:

1. Pengukuran deformasi aksial dan lateral perlu dilakukan dengan metode yang lebih teliti, seperti penggunaan strain gauge, karena tingkat ketelitian dari dial gauge tidak dapat diandalkan untuk mengamati perubahan dimensi batu bata terkait dengan karakteristik material tersebut.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap kuat geser, absorbs, porositas, dan kuat lekat batu bata yang menggunakan *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat.
3. Karena sifat kimia *bottom ash* sangat dipengaruhi oleh batu bara yang digunakan, maka perlu dilakukan pengujian kimia jika sumber *bottom ash* berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008. Coal *Bottom ash* / Boiler Slag – Material Description. <http://www.rmrc.unh.edu/tools/uguidelines/cbabs1.asp> . (diakses 23 Mei 2012).

Anonim. 2011. Porositas Batuan (Part 1). <http://chadsquarepants.wordpress.com/2011/02/05/porositas-batuan-part-1/> . (Diakses 24 Agustus 2012)

Arya, Chanakya. 1994. Design of Structural Elements. London: E&FN Spon.

ASTM International. 2003. ASTM C 67-03. Standard Test Methods for Sampling and Testing Brick and Structural Clay Tile, United States : ASTM International.

Endriani, Debby. 2012. Pengaruh Penambahan Abu Cangkang Sawit Terhadap Daya Dukung Dan Kuat Tekan Pada Tanah Lempung Ditinjau Dari Uji UCT Dan CBR Laboratorium. Tesis. Tidak diterbitkan. Medan : Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.

Frick, H dan Koesmatardi Ch. 1980. Ilmu Konstruksi Bangunan I. Yogyakarta : Kanisius dan Soegijapranata Universitas Perss.

Frick, H dan Koesmatardi Ch. 1999. Ilmu Bahan Bangunan. Yogyakarta : Kanisius dan Soegijapranata Universitas Perss. Maria. 2009. Pemanfaatan Limbah (Oil Sludge)

- Sebagai Bahan Utama Dalam Pembuatan Bata Konstruksi Paving Block. Skripsi tidak diterbitkan. Medan : Magister Ilmu Fisika SPs USU.
- Hartanto, Djoko., Widiastuti, Nurul., Ulfina, Ita. 2010. Pemanfaatan Limbah Abu Dasar (*Bottom ash*) Sebagai Bahan Penyerap Multifungsi Untuk Ammonia dan Organik Pada Air Tambak Udang Serta Penyerapan Logam Berat Dari Limbah Industri Pelapisan Logam. Research Report, Research Institutions and Community Service, ITS 541.335 Djo p, 2009.
- Nurlina, Siti. 2008. Teknologi Bahan. Malang: Bargie Media.
- Ruringtyas, Rizal. Pengaruh Porositas Dan Komposisi Mortar Terhadap Kuat Lekatan, Kuat Tekan Prisma Dan Kuat Geser Batu Bata Dari Tiga Daerah Di Kabupaten Malang. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang; Universitas Brawijaya.
- Santoso, Indriani., Roy Kumar, Salil. 2003. Pengaruh *Bottom ash* Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton. Dimensi Teknik Sipil Vol 5, No.2 2003:76.
- Suseno, Hendro. 2010. Bahan Bangunan Untuk Teknik Sipil. Malang : Bargie Media.
- Widjojo B, Prabowo dan Sutopo Edi. 1977. Ilmu Bahan Bangunan. Jakarta Pusat :PT. Intisa.