

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1 Bottom ash

Sebagian besar PLTU menggunakan batubara sebagai bahan bakar. Pembakaran batubara menghasilkan limbah lebih banyak dibandingkan bahan bakar fosil lain. PLTU berbahan bakar batubara biasanya menghasilkan limbah padat dalam bentuk abu. Abu batubara yang merupakan limbah dari proses pembangkit tenaga listrik tersebut dapat berupa abu terbang (*fly ash*), abu dasar (*bottom ash*), dan lumpur flue gas desulfurization. Limbah padat ini terdapat dalam jumlah yang cukup besar. Jumlah tersebut cukup besar, sehingga memerlukan pengelolaan agar tidak menimbulkan masalah lingkungan, seperti pencemaran udara, perairan dan penurunan kualitas ekosistem.

*Bottom ash* adalah bahan buangan dari proses pembakaran batubara pada pembangkit tenaga 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*) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang atau dipakai sebagai bahan tambahan pada perkerasan jalan (Indriani Santoso, et. al. Dimensi Teknik Sipil Vol.5 : 76).



Gambar 2.1 *Bottom ash*

*Bottom ash* dikategorikan menjadi dua, yaitu *wet bottom ash* dan *dry bottom ash*. Pengkategorian ini didasarkan dari jenis tungkunya. Debu yang berada dalam keadaan solid dan padat di dasar tungku disebut dengan *dry bottom ash*. Debu yang

berada dalam keadaan cair atau meleleh ketika jatuh ke dalam air yang berada di ash hopper, dimana air tersebut akan mengkristal dan membentuk butiran-butiran yang disebut *wet bottom ash* atau boiler slag (Coal *Bottom ash*/ Boiler ash Material Description, 2000).

### 2.1.1 Sifat Fisik

*Bottom ash* memiliki partikel yang tajam dengan tekstur permukaan yang sangat berpori. Partikel dari *bottom ash* memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari kerikil halus samapi pasir halus dengan prosentase kandungan tanah liat yang sangat kecil. Umumnya *bottom ash* merupakan partikel yang bergadrasi baik, walaupun variasi dalam distribusi dari ukuran partikel dari sampel yang diuji diambil dari pembangkit listrik yang sama dalam waktu yang berbeda. *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% – 10% 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)

Specific gravity dari *bottom ash* kering adalah fungsi dari komposisi kimia, dengan semakin tingginya kadar karbon maka specific gravity yang dihasilkan juga semakin rendah. *Bottom ash* dengan specific gravity yang rendah mempunyai tekstur yang berpori atau vesikuler. Pada Tabel 2.1 dijelaskan sifat fisik yang khas dari *wet bottom ash* dan *dry bottom ash*.

**Tabel 2.1** Sifat Fisik Dry *Bottom ash* dan Wet *Bottom ash*

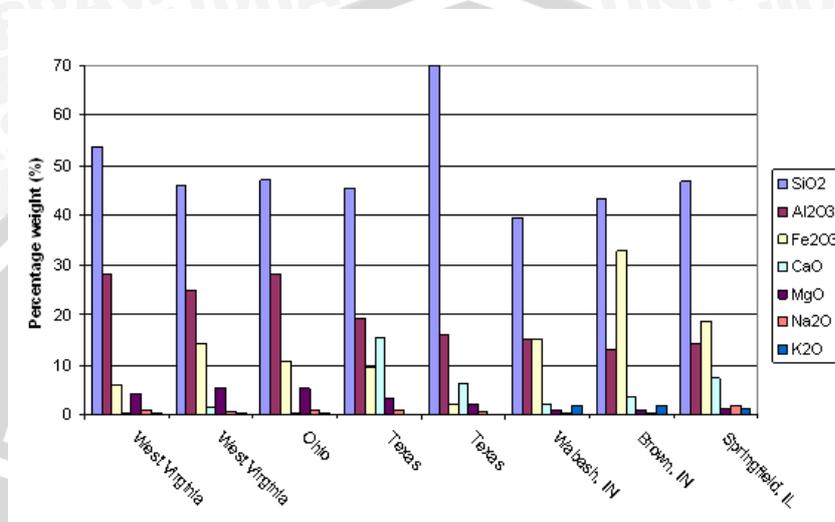
Sifat Fisik <i>Bottom ash</i>	Dry <i>Bottom ash</i>	Wet <i>Bottom ash</i>
Specific Gravity	2,1 – 2,7	2,3 – 2,9
Dry Unit Weight	7,07 – 15,72 kN/m <sup>3</sup>	7,43 – 14,15 kN/m <sup>3</sup>
Plasticity	Tidak Ada	Tidak Ada
Penyerapan	0,8 – 2,0 %	0,3 – 1,1 %

Sumber : Coal *Bottom ash*/Boiler Slag – Material Description,2008

### 2.1.2 Sifat Kimia

*Bottom ash* dan boiler slag terdiri dari senyawa dasar berupa silica, alumina, dan besi, dengan prosentase lebih kecil yang terdiri dari kalsium, magnesium, sulfat, dan

senyawa lain. Komposisi dari partikel *bottom ash* atau boiler slag pada dasarnya dikendalikan oleh sumber batubara, bukan dari jenis tungku. Namun secara umum *bottom ash* sendiri sebagian besar terdiri dari senyawa silika ( $\text{SiO}_2$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dan alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ). Berikut adalah senyawa yang terkandung pada *bottom ash* menurut penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.



**Gambar 2.2** Grafik Komposisi Kimia Sampel *Bottom ash* Berdasarkan Persentase Berat Total. Sumber : Coal *Bottom ash*/Boiler Slag – Material Description,2008

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, *bottom ash* mengandung silika (Si), magnesium (Mg), kalsium (Ca), besi (Fe), dan Aluminium (Al). Berikut tabel mengenai sifat kimia dari *bottom ash* :

**Tabel 2.2** Hasil Pengujian Kimia *Bottom ash* PLTU 1 Rembang, Jawa Tengah

Parameter	Hasil Analisa	
	Kadar	Satuan
Si	41,73 ± 0,06	%
Mg	3183,456 ± 0,238	ppm
Ca	17,322 ± 0,616	ppm
Fe	432,625 ± 0,023	ppm
Al	0,0146 ± 0,000	%

Sumber : Penelitian *Bottom ash* di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, 2012

### 2.1.3 Sifat Mekanis

Sifat mekanik pada *bottom ash* tercantum pada Tabel 2.3 yang berisi nilai *maximum dry density*, kelembaban optimum, test abrasi Los Angeles (% kehilangan), *sodium sulfat soundness*, kuat geser (sudut geser), *california bearing ratio* (CBR), koefisien permeabilitas, *Friable* partikel (kerak batu bara).

**Tabel 2.3** Sifat mekanik dari *bottom ash*

Sifat Mekanik	Dry <i>Bottom ash</i>	Wet <i>Bottom ash</i>
Max Dry Density	11,79 – 15,72 kN/m <sup>3</sup>	12,89 – 16,04 kN/m <sup>3</sup>
Kelembaban Optimum	12-24 %	8-20 %
CBR	21-110%	40-70%
Test abrasi Los Angeles (% kehilangan)	30 -50 %	24-48 %
Sodium Sulfat Soundness (% kehilangan)	1,5 – 10,0 %	1,0-9,0 %
Kuat Geser (Sudut Geser)	38-42° 32-45° (< ukuran 9,5mm)	38-42° 36-46° (< ukuran 9,5mm)
Hydraulic Conductivity	1-10 <sup>-3</sup> cm/sec	10 <sup>-1</sup> -10 <sup>-3</sup> cm/sec

Sumber : Coal *Bottom ash*/Boiler Slag – Material Description, 2008

### 2.2 Batu Bata

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, kemudian dibakar pada suhu cukup tinggi hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam air. Batu bata dibuat dari tanah liat dan dicetak dalam bentuk balok-balok, yang setelah dibakar menjadi keras. 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 yang baik sebagian besar terdiri atas pasir (silika) dan tanah liat (alumina), yang dicampur dengan perbandingan tertentu sedemikian rupa sehingga bila diberi air mejadi bersifat plastis. Sifat plastis ini penting agar tanah dapat dicetak dengan mudah, dikeringkan tanpa susut, retak-retak maupun melengkung.

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

1. Batu bata merupakan bahan bangunan yang tahan terhadap bahaya api terlebih pada situasi kebakaran.
2. Tidak dibutuhkan keahlian khusus dalam memasang batu bata.
3. Batu bata merupakan bahan bangunan yang tergolong murah dan cukup mudah ditemukan.

Kekurangan batu bata dibandingkan dengan bahan bangunan lain antara lain :

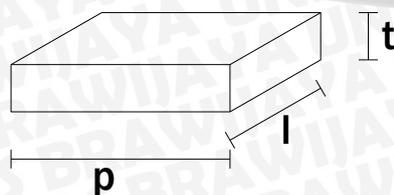
1. Batu bata mudah menyerap air dan mudah rusak bila yang terserap air garam sehingga tidak cocok untuk struktur bawah air.
2. Batu bata mudah menyerap panas pada saat musim kemarau dan mudah menyerap dingin pada saat musim hujan sehingga menjadikan suhu pada ruangan tersebut tidak stabil.
3. Bata bata tidak tahan pada perubahan suhu ekstrim yang akan mengakibatkan retak-retak rambut pada plesteran.

### 2.2.1 Dimensi Batu Bata

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:

- a. Panjang 240 mm, lebar 115 mm, tebal 52 mm.
- b. Panjang 230 mm, lebar 110 mm, tebal 50 mm.



Dimana:

p = panjang bata

l = lebar bata

t = tebal bata

**Gambar 2.3** Dimensi Batu Bata

Penyimpangan yang diijinkan oleh standard tersebut untuk panjang adalah maksimum 3%, untuk lebar adalah maksimum 4%, sedangkan untuk tebal adalah maksimum 5%. Sedangkan untuk klasifikasi kekuatan batu bata dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.4** Klasifikasi Kekuatan Batu Bata

Mutu Batu Bata	Kuat Tekan Rata-Rata (N/mm <sup>2</sup> )
Tingkat I (satu)	>10
Tingkat II (dua)	8 – 10
Tingkat III (tiga)	6 – 8

Dalam persyaratan peraturan tahan gempa Indonesia, disyaratkan kekuatan tekan bata merah minimal adalah sebesar 30 kg/cm<sup>2</sup>, dan dalam Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia tahun 1982 kekuatan tekan bata merah untuk dinding pasangan adalah 25 kg/cm<sup>2</sup>. Menurut Chanakya Arya (1994), bata merah biasanya dibuat dengan cara membakar tanah liat yang sudah dicetak dalam bentuk kotak persegi dengan alat pembakaran berupa kayu atau jerami/sekam dan dibakar pada suhu 900 – 1500 °C.

### 2.2.2 Bahan Pembuat Batu Bata

Pembuatan bata merah secara tradisional (*home industry*) biasanya dilakukan di desa – desa dengan menggunakan bahan – bahan dasar yang ada di sekitar mereka. Bahan dasar dari batu bata yaitu terdiri dari lempung (tanah liat) berkisar 50 – 65%, pasir berkisar 35 – 50% dan air secukupnya sampai diperoleh campuran yang bersifat plastis sehingga mudah dicetak. Secara umum bahan pembuat batu bata antara lain adalah:

#### 2.2.2.1 Lempung (Tanah Liat)

Tanah lempung dan mineral lempung adalah tanah yang memiliki partikel partikel mineral tertentu yang “menghasilkan sifat-sifat plastis pada tanah bila dicampur dengan air” (Grim, 1953). Partikel-partikel tanah berukuran yang lebih kecil dari 2 mikron ( $=2\mu$ ), atau  $<5$  mikron menurut sistem klasifikasi yang lain, disebut saja sebagai partikel berukuran lempung daripada disebut lempung saja. Partikel-partikel dari mineral lempung umumnya berukuran koloid ( $<1\mu$ ) dan ukuran  $2\mu$  merupakan batas atas (paling besar) dari ukuran partikel mineral lempung. Untuk menentukan jenis

lempung tidak cukup hanya dilihat dari ukuran butirannya saja tetapi perlu diketahui mineral yang terkandung didalamnya. ASTM D-653 memberikan batasan bahwa secara fisik ukuran lempung adalah partikel yang berukuran antara 0,002 mm samapi 0,005 mm (Debby Endriani, 2012).

**Tabel 2.5** Komposisi Senyawa Kimia Pada Lempung

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

Sumber : Laboratorium Kimia FMIPA USU, 2011

Tanah liat merupakan bahan utama pembuatan batu bata. Bahan ini harus memiliki kandungan silika sebesar 50% sampai 70%. Lokasi pengambilan atau penggalian lempung ini terletak dipermukaan tanah dan daerah terbuka, mungkin berupa lereng-lereng gunung atau dataran rendah yang merupakan daerah-daerah subur sehingga mudah pengambilan maupun pengangkutannya. Sebagai bahan bangunan, lempung mempunyai berat jenis berkisar (2,6-2,9), berat isi kering berkisar (1150-1700) kg/m<sup>3</sup>, kadar air dalam keadaan jenuh berkisar (21-50)%, angka pori berkisar (0,6-1,4), koefisien permeabilitas berkisar (10<sup>-9</sup>-10<sup>-6</sup>) cm/detik, kadar air pada batas cair berkisar (60-120)%, kadar air pada bata plastis berkisar (35-60)% dan kadar air pada batas susut berkisar (15-17)% dan titik lebur sekitar (1785-1850)°C.

Sebagai bahan yang terdiri dari butiran sangat halus dan kohesif, untuk menentukan daya dukung terhadap beban luar yang bekerja salah satunya digunakan rumus yang memerlukan besaran kohesi dan sudut geser dalam yang ditentukan melalui percobaan di laboratorium, besarnya kohesi berkisar (0,02-0,03) MPa, sedangkan sudut geser dalam berkisar (20-25)°. Modulus elastisitas lempung dalam keadaan lembek dan keras berkisar (1,38-13,80) GPa, sedangkan rasio poisson berkisar (0,15-0,50) (Hendro Suseno, 2010)

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, tanah liat mengandung silika (Si),

magnesium (Mg), kalsium (Ca), besi (Fe), dan Aluminium (Al). Berikut tabel mengenai sifat kimia dari *bottom ash* :

**Tabel 2.6** Hasil Pengujian Kimia Tanah Liat Daerah Pakis, Malang

Parameter	Hasil Analisa	
	Kadar	Satuan
Si	25,29 ± 0,28	%
Mg	703,42 ± 0,20	ppm
Ca	18,765 ± 0,237	ppm
Fe	282,2049 ± 0,3371	ppm
Al	18,6067 ± 0,0564	ppm

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

#### 2.2.2.2 Sekam Padi

Fungsi dari sekam padi pada proses pembuatan batu bata (dalam Lisa Kristiani D, 2011:5) adalah pada saat pencetakan digunakan sebagai las agar batu bata tidak melekat pada tanah, dan membuat permukaan batu bata menjadi cukup kasar. Sekam padi juga dicampur pada batu bata merah yang masih mentah. Pada saat pembakaran batu bata akan terbakar dan pada bekas sekam padi yang terbakar akan timbul pori-pori pada batu bata, pori-pori ini yang akan berperan dalam absorpsi air.

#### 2.2.2.3 Kotoran Binatang

Kotoran binatang yang digunakan dalam proses pembuatan batu bata (dalam Lisa Kristiani D, 2011:5) adalah kotoran kerbau, kuda, dan sapi. Tujuan penggunaan kotoran binatang ini adalah untuk melunakkan tanah, selain melunakkan tanah kotoran binatang juga berfungsi untuk memberikan panas yang lebih tinggi dalam batu bata pada saat pembakaran.

#### **2.2.2.4 Air**

Air pada proses ini (dalam Lisa Kristiani D, 2011:5) berfungsi untuk melunakkan dan merendam tanah. Proses perendamannya selama satu hari satu malam, dalam kondisi sudah bersih dari batu-batu kerikil atau bahan lain yang dapat menjadikan kualitasnya jelek.

#### **2.2.2.5 Pasir Atau Semen Merah**

Pasir dan semen merah hanya digunakan sebagai bahan tambahan menurut kebutuhan. (H Frick & Ch Koesmartadi, 1999)

### **2.2.3 Proses Pembuatan Batu Bata**

#### **2.2.3.1 Pengolahan Tanah Liat**

Setelah dibersihkan dari bahan-bahan yang dapat menurunkan kualitas bata seperti kerikil, tanah liat dicampur sampai rata dengan bahan dasar bata merah lainnya, dan direndam selama satu hari satu malam. Pencampuran tanah liat harus dilakukan sampai merata artinya kadar pasir adonan tanah liat harus tercampur merata. Pekerjaan pada tahap ini dinamakan melumat. Pekerjaan melumat ini biasanya dilakukan dengan diinjak-injak oleh orang atau kerbau dalam keadaan basah. Kadar pasir tiap kali diperiksa apakah telah memenuhi syarat untuk pembuatan batu bata.

Bila kekurangan kadar pasir penyusutannya akan besar sehingga akan timbul retak-retak yang dapat mengurangi kekuatan bata, dan jika terlalu banyak mengandung pasir maka tidak semua pasir dapat terikat dalam pembuatan kembali silikat-aluminium sehingga bata menjadi rapuh. Untuk membuat batu bata yang mutunya baik, diperlukan ketelitian dalam pengolahan tanah liat, cara pembakaran yang sempurna atau cara pengaturan tinggi-rendahnya suhu dalam waktu-waktu tertentu dan pengamatan yang terus menerus. (Lisa Kristiani D, 2011)

#### **2.2.3.2 Pencetakan Batu Bata**

Di Indonesia kebanyakan pencetakan batu bata dilakukan dengan tangan. Yaitu sebagai berikut : alat cetaknya dibuat dari kayu yang berbentuk kerangka, dan mempunyai ukuran-intern (dalam) sesuai dengan ukuran bata yang dikehendaki. Ukurannya diambil sam adengan ukuran bata yang dikehendaki, ditambah 10% penyusutan. Pencetakan-bata mengambil tanah liat basah dari tempat pengadukan atau pelumatan tanah liat selanjutnya dicetak sesuai dengan kerangka cetakan bata. Selain

harus disediakan meja dan kerangka-cetakan bata, juga harus disediakan ember air untuk mencelup cetakan dan ember pasir halus. Cetakan tersebut dicelupkan ke dalam air dan diletakkan di atas meja, yang telah ditaburi dengan pasir halus. Tanah liat tadi dimasukkan ke dalam cetakan sehingga mengisi penuh sampai pada sudut-sudutnya. Kelebihan tanah liat yang menonjol ke atas dari cetakan dipotong dengan kawat halus yang direntangkan, sedangkan sisa tanah liat ini dikumpulkan untuk dilumatkan kembali. Bata tanah liat yang masih mentah ini kemudian dikeringkan.

Bata yang masih baru dicetak diusahakan supaya jangan banyak berubah bentuknya dalam pengangkutannya. Batu bata diletakkan pada sisi lebarnya di atas papan yang terdiri dari kisi-kisi. Pengeringan dapat dilakukan langsung di luar, untuk menjaga jangan sampai bidang yang langsung kena sinar matahari lekas kering sehingga timbul retak-retak, sebaiknya bata ditutup dengan rumput alang-alang. Pengeringan dapat dilakukan selama 2 hari sampai 7 hari, namun ada pula sumber lain yang menyatakan bahwa proses ini membutuhkan waktu sampai 2 minggu. Cara ini biasanya dilakukan oleh industri yang mengerjakan pembuatan batu bata dalam skala besar (H. Frick & Ch. Koesmartadi, 1999)

### 2.2.3.3 Pembakaran Batu Bata

Menurut H Frick & Ch Koesmartadi (1999), pembakaran batu bata mentah atau batu hijau dilakukan setelah kering dan disusun sedemikian rupa, sehingga berupa suatu gunung dengan diberi celah-celah lubang untuk memasukkan bahan bakar. Cara pembakaran tanah liat ada bermacam-macam. Cara yang biasa digunakan adalah pembakaran terbuka artinya batu bata dibakar di tengah lapang. Bata mentah disusun pada sisinya tidak rapat setinggi kurang lebih 2m, lebarnya 3m, dan panjangnya ada yang sampai 5 m tergantung banyaknya batu bata yang ingin dibakar. Bagian bawahnya diberi lubang-lubang untuk pembakaran dan di dalamnya dibuat pula saluran-saluran asap. Sisi luarnya ditutup dengan batu yang setengah matang hasil pembakaran terdahulu yang saling dilekatkan dengan tanah liat, kemudian seluruhnya dilapisi dengan tanah liat. Pembakaran dilakukan siang-malam dengan mempergunakan kayu dan jerami sebagai bahan bakarnya. Suhu pada saat pembakaran  $\pm 800^{\circ}$ . Cara yang ini sangat sederhana, namun jika musim hujan datang tentu tidak bisa dilakukan. Kalau yang dibakar hanya sedikit saja maka prosentase hasil pembakaran lebih banyak. Pada umumnya kerusakan batu bata dalam proses pembakaran sekitar 20% sampai 30%. Hasil pembakaranpun tidak semuanya sama, sehingga perlu adanya pemisahan. Batu

bata yang masih setengah matang disusun kembali dan ditempatkan dekat perapian. Setelah proses pembuatan batu bata selesai maka batu bata harus disimpan di tempat yang cukup kering. Bila tidak ada gudang maka dilindungi dengan plastik terhadap air hujan.

#### **2.2.3.4 Batu Bata Hasil Pembakaran**

Setelah proses pembakaran selesai maka batu bata dikeluarkan dari dapur. Batu bata yang terletak dekat dengan perapian akan mengalami suhu yang tinggi, sehingga hasilnya akan lebih keras dan warna akan lebih tua. Bata-bata ini disebut bata klinker bunyinya nyaring kalau dipukul, warnanya rata-rata biru abu-abu, bersifat keras dan sukar dipotong. Kadang-kadang terdapat bagiannya yang mengkilap karena meleleh pada waktu proses pembakaran dan ada juga bata yang melengkung.

Menurut penelitian di laboratorium batu bata mempunyai kuat tekan antara 300-400 kg/cm<sup>2</sup>, dan penyerapan air antara 20%-25%. Bata-bata ini baik digunakan pada pasangan yang kedap air atau pada pasangan yang harus menerima beban yang tinggi. Macam batu bata yang lain adalah batu bata warna merah abu-abu dan sifatnya keras. Ada juga jenis batu bata yang warnanya merah merata sampai bagian dalamnya. Dan macam yang terakhir adalah bata berwarna merah tanah atau setengah matang, bagian dalamnya terlihat masih berwarna tanah.

Macam batu bata merah abu-abu dibagi dalam dua kelompok, pertama yang mempunyai kuat tekan antara 200-300 kg/cm<sup>2</sup>, dan yang kedua mempunyai kuat tekan antara 100-200 kg/cm<sup>2</sup>. Bata yang pertama lebih kuat digunakan sebagai pasangan dinding luar dari bangunan yang tidak perlu diplester sehingga terlihat keindahan bata serta konstruksi susunannya. Jadi bata ini selain kuat untuk dijadikan pasangan dinding yang harus mendukung beban, juga tahan terhadap pengaruh udara, hujan maupun panas. Bata yang kedua cukup kuat untuk pasangan dinding yang harus mendukung beban, tetapi untuk dinding luar sebaiknya diplester. Selain itu baik juga digunakan untuk pondasi bangunan gedung bila batu kali sukar didapat dan harganya mahal. Macam batu bata merah biasa mempunyai kuat tekan kurang dari 100 kg/cm<sup>2</sup>. Dan yang kuat tekannya antara 60-100 kg/cm<sup>2</sup>, dapat digunakan untuk pasangan dinding, yang tidak perlu menerima atau mendukung beban, atau dinding-dinding bagian dalam. Macam batu bata merah tanah atau setengah matang tidak baik untuk dipergunakan sebagai bahan bangunan, dan harus dibakar kembali. Bata yang retak-retak dan yang

potong-potong sebaiknya di hancurkan untuk dibuat semen merah sebagai bahan campuran adukan kapur (Sutopo Edi dkk, 1977).

### 2.3 Perbandingan Sifat Kimia Bottom Ash dan Tanah Liat

Dari hasil laboratorium Jurusan Kimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya pada tahun 2012 didapatkan sifat-sifat kimia bottom ash dan tanah liat yang ditinjau sebagai berikut:

**Tabel 2.7** Perbandingan Sifat Kimia *Bottom Ash* dan Tanah Liat

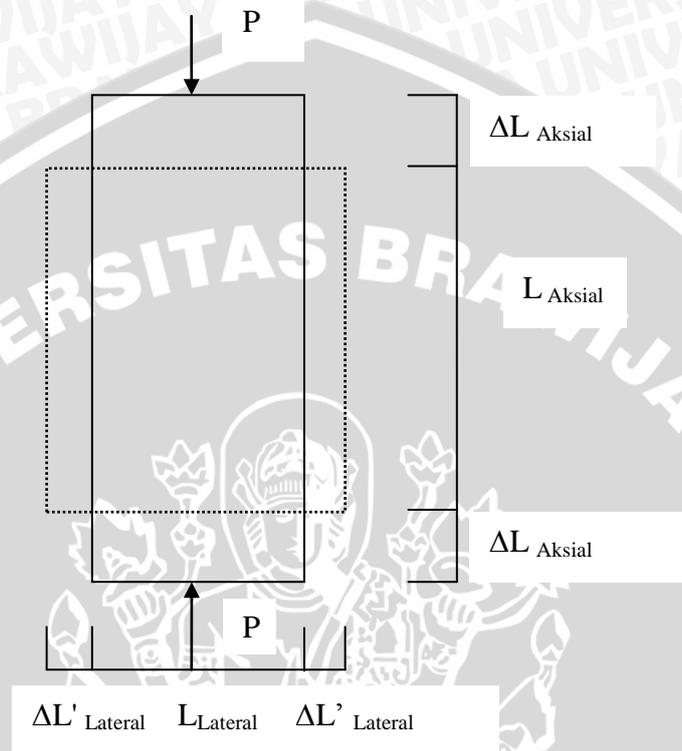
Parameter	Hasil analisa <i>Bottom Ash</i>		Hasil Analisa Tanah Liat	
	Kadar	Satuan	Kadar	Satuan
Si	41,73 ± 0,06	%	25,29 ± 0,28	%
Mg	3183,456 ± 0,238	ppm	703,42 ± 0,20	ppm
Ca	17,32 ± 0,616	ppm	18,765 ± 0,237	ppm
Fe	432,625 ± 0,023	ppm	282,2946 ± 0,03371	ppm
Al	0,0146 ± 0,0000	%	18,6067 ± 0,0564	ppm

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

## 2.4 Karakteristik Batu Bata

### 2.3.1 Poisson ratio

Menurut Gere dan Timoshenko (1996), semua bahan padat akan berdeformasi pada arah tegak lurus dari gaya yang bekerja yaitu pemuaian atau penyusutan lateral.



**Gambar 2.3** Perubahan Panjang Benda Saat Ditekan

Apabila suatu benda padat menerima suatu gaya tarik aksial maka benda tersebut akan mengalami penurunan dalam ukuran lebar (regangan negatif) dan regangan aksial menyatakan pemanjangan (regangan positif). Untuk keadaan tekan benda menjadi lebih pendek (regangan aksial negatif) dan lebih lebar (regangan lateral positif). Benda akan mengalami perubahan volume karena dimensinya juga berubah saat mengalami tekan maupun tarik. Pada saat mengalami tarik regangan aksial bernilai positif sehingga mengalami penambahan volume, sedangkan pada kondisi tekan benda akan mengalami pengurangan volume karena regangan aksialnya bernilai negatif.

Pada umumnya pengertian deformasi lateral akan dijabarkan sebagai deformasi per satuan panjang dari dimensi melintang benda, disebut sebagai regangan lateral (lateral strain). Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa regangan lateral memiliki hubungan konstan dengan regangan yang terjadi pada arah aksial selama bahan tersebut tetap elastis, homogen, dan isotropis.

Secara matematis poisson rasio dapat ditulis sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \quad (2-1)$$

dengan:

$\mu$  = poisson rasio

$\varepsilon'$  = regangan lateral

$\varepsilon$  = regangan aksial

Regangan (dalam Lisa Kristiani D, 2011:18) adalah perpanjangan suatu bahan per satuan panjang. Besar regangan suatu bahan dapat diukur dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2-2)$$

$$\varepsilon' = \frac{\Delta L'}{L} \quad (2-3)$$

dengan:

$\Delta L$  = perubahan panjang arah aksial (mm)

$\Delta L'$  = perubahan panjang arah lateral (mm)

$L$  = panjang awal bahan (mm)

Menurut Popov (1999), nilai  $\nu$  berubah-ubah untuk setiap bahan yang berbeda namun nilainya relative kecil. Pada umumnya berkisar antara 0,25-0,35 untuk sebagian besar metal dan beberapa bahan lainnya. Pada beberapa bahan tertentu, nilai *poisson ratio* bisa jadi sangat kecil. Seperti gabus, memiliki nilai *poisson ratio* mendekati nol. Bahan lainnya seperti beton memiliki poisson rasio 0,1-0,2. Batasan tertinggi untuk nilai *poisson ratio* adalah 0,5 (karet). Efek *poisson ratio* yang dialami bahan tidak akan memberi tambahan tegangan yang lain kecuali bila deformasi lateral dibatasi.

### 2.3.2 Kuat Tekan Batu Bata

Kuat tekan batu bata adalah perbandingan antara beban maksimum yang diterima oleh bata dengan luas penampang batu bata. Standar kuat tekan batu bata yang disyaratkan oleh ASTM C 67-03 adalah sebesar 10,40 MPa.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan batu bata adalah:

$$\sigma_b = \frac{P}{A} \quad (2-4)$$

dengan:

$\sigma_b$  = kuat tekan batu bata (kg/cm<sup>2</sup>)

$P$  = beban maksimum (kg)

$A$  = luas penampang bidang tekan batu bata (cm<sup>2</sup>)

#### 2.4 Hipotesis Penelitian

Setelah menguraian kajian pustaka di atas, maka bisa kita dapatkan hipotesis :

1. Terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap nilai *poisson ratio* batu bata.
2. Terdapat pengaruh *bottom ash* sebagai pengganti tanah liat pada campuran batu bata terhadap kuat tekan batu bata.

