

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **A. Kajian Pustaka**

##### **1. Batu Bata**

###### **a. Pengertian Batu Bata**

Batu bata adalah suatu unsur bangunan yang dipergunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan dan dibuat dari tanah liat ditambah air dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain melalui beberapa tahap pengerjaan, seperti menggali, mengolah, mencetak, mengeringkan, membakar pada temperatur tinggi hingga matang dan berubah warna, serta akan mengeras seperti batu jika didinginkan hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dengan air.

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-2000 sebagai berikut:

Batu bata merupakan suatu unsur bangunan yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

Tanah liat merupakan bahan dasar dalam pembuatan batu bata yang memiliki sifat plastis dan susut kering. Sifat plastis pada tanah liat sangat penting untuk mempermudah dalam proses awal pembuatan batu bata. Apabila tanah liat yang dipakai terlalu plastis, maka akan mengakibatkan batu bata yang dibentuk mempunyai sifat kekuatan kering yang tinggi sehingga akan mempengaruhi kekuatan, penyusutan, dan mempengaruhi hasil pembakaran batu bata yang sudah jadi.

Tanah liat yang dibakar akan mengalami perubahan warna sesuai dengan zat-zat yang terkandung didalamnya. Warna tanah liat bermacam-macam tergantung dari oksida-oksida yang terkandung dalam tanah liat, seperti aluminium, besi, karbon, mangan, maupun kalsium. Senyawa-senyawa besi menghasilkan warna krem, kuning, merah, hitam, dan

coklat. Liconit merupakan senyawa besi yang sangat umum menghasilkan warna krem, kuning, dan coklat. Sedangkan hematite akan memberikan warna merah pada tanah liat. Senyawa besi silikat memberi warna hijau, senyawa mangan menghasilkan warna coklat, dan senyawa karbon memberikan warna biru, abu-abu, hijau, atau coklat. Perubahan warna batu bata dari keadaan mentah sampai setelah dibakar biasanya sulit dipastikan. (Hartono, 1987: 24)

#### **b. Jenis Batu Bata**

Jika disesuaikan dengan bahan pembuatannya, secara umum batu bata digolongkan dalam 2 jenis:

##### **1) Batu Bata Tanah Liat**

Batu bata yang terbuat dari tanah liat ini memiliki 2 kategori utama, yaitu bata biasa dan bata muka.

- a) Bata biasa memiliki permukaan dan warna yang tidak menentu. Bata ini digunakan untuk dinding dan ditutup dengan semen. Bata biasa seringkali disebut dengan bata merah.
- b) Bata muka memiliki permukaan yang baik, licin, dan mempunyai warna atau corak yang sama. Meski digunakan untuk dinding juga, namun bata muka tidak perlu ditutup lagi dengan plesteran. Bata muka biasa disebut sebagai bata imitasi.

##### **2) Batu Bata Pasir-Kapur**

Sesuai dengan namanya, batu bata ini dibuat dari campuran kapur dan pasir dengan perbandingan 1:8 serta air yang ditekan ke dalam campuran sehingga membentuk bata yang sangat padat. Biasa digunakan untuk bagian dinding yang terendam air dan memerlukan kekuatan tinggi.

Jika disesuaikan dengan cara pembuatannya, secara umum batu bata digolongkan dalam dua jenis:

##### **1) Batu Bata Konvensional**

Batu bata ini dibuat dengan cara tradisional dan menggunakan alat-alat yang sederhana. Salah satu ciri dari batu bata konvensional

adalah bentuk yang tidak selalu sama, tidak rapi, dan bertekstur kasar. Ini dapat dipahami karena pembuatan batu bata konvensional menggunakan alat-alat yang sederhana dan lebih mengutamakan sumber daya manusia dalam proses pembuatannya.

## **2) Batu Bata Pres**

Pembuatan batu-bata ini menggunakan bantuan mesin-mesin. Hasilnya adalah batu bata yang memiliki tekstur halus, memiliki ukuran yang sama, dan terlihat lebih rapi dibandingkan dengan batu bata konvensional.

### **c. Proses Pembuatan Batu Bata**

Menurut Suwardono (2002) dalam Kilang (2012: 9) tahap-tahap pembuatan bata, yaitu sebagai berikut:

#### **1) Penggalian Bahan Mentah**

Penggalian bahan mentah batu bata merah sebaiknya dicarikan tanah yang tidak terlalu plastis, melainkan tanah yang mengandung sedikit pasir untuk menghindari penyusutan. Penggalian tanah dilakukan dengan menggunakan alat tradisional, berupa cangkul. Penggalian dilakukan pada tanah lapisan paling atas kira-kira setebal 40-50 cm, sebelumnya tanah dibersihkan dari akar pohon, plastik, daun, dan sebagainya agar tidak ikut terbawa. Kemudian menggali sampai ke bawah sedalam 1,5 – 2,5 meter atau tergantung kondisi tanah. Tanah yang sudah digali dikumpulkan dan disimpan pada tempat yang terlindungi. Semakin lama tanah liat disimpan, maka akan semakin baik karena menjadi lapuk. Tahap tersebut dimaksudkan untuk membusukkan organisme yang ada dalam tanah liat.

#### **2) Pengolahan Bahan Mentah**

Tanah liat sebelum dibuat batu bata merah harus dicampur secara merata yang disebut dengan pekerjaan pelumatan. Pekerjaan pelumatan dilakukan secara manual dengan cara diinjak-injak oleh orang atau hewan dalam keadaan basah dengan kaki atau diaduk dengan tangan. Bahan campuran yang ditambahkan pada saat pengolahan harus benar-benar menyatu dengan tanah liat secara merata. Bahan mentah yang sudah jadi ini sebelum dibentuk dengan cetakan, terlebih dahulu dibiarkan selama 2 sampai 3 hari dengan tujuan memberi kesempatan partikel-partikel tanah liat untuk menyerap air agar menjadi lebih stabil, sehingga apabila dibentuk akan terjadi penyusutan yang merata.

### 3) **Pembentukan Batu Bata**

Bahan mentah yang telah dibiarkan selama 2 – 3 hari dan sudah mempunyai sifat plastisitas sesuai rencana, kemudian dibentuk dengan alat cetak yang terbuat dari kayu atau kaca sesuai ukuran SNI 15-2094-2000. Supaya tanah liat tidak menempel pada cetakan, maka cetakan kayu atau kaca tersebut dibasahi air terlebih dahulu. Lantai dasar pencetakan batu bata merah permukaannya harus rata dan ditaburi abu sekam padi. Langkah awal pencetakan batu bata yaitu letakkan cetakan pada lantai dasar pencetakan, kemudian tanah liat yang sudah siap dilemparkan pada bingkai cetakan dengan tangan sambil ditekan-tekan sampai tanah liat memenuhi segala sudut ruangan pada bingkai cetakan. Selanjutnya cetakan diangkat dan batu bata mentah hasil dari cetakan dibiarkan begitu saja agar terkena sinar matahari batu bata mentah tersebut kemudian dikumpulkan pada tempat yang terlindung untuk diangin-anginkan.

### 4) **Pengeringan Batu Bata**

Pengeringan batu bata yang dibuat secara tradisional, proses pengeringannya batu bata akan lebih baik bila berlangsung secara bertahap agar panas dari sinar matahari tidak jatuh secara langsung, maka perlu dipasang penutup plastik. Apabila proses pengeringan terlalu cepat dalam artian panas sinar matahari terlalu menyengat akan mengakibatkan retakan-retakan pada batu bata nantinya. Batu bata yang sudah berumur satu hari dari masa pencetakan kemudian dibalik. Setelah cukup kering, batu bata tersebut ditumpuk menyilang satu sama lain agar terkena angin. Proses pengeringan batu bata memerlukan waktu dua hari jika kondisi cuacanya baik. Sedangkan pada kombinasi udara lembab, maka proses pengeringan batu bata sekurang-kurangnya satu minggu.

### 5) **Pembakaran Batu Bata**

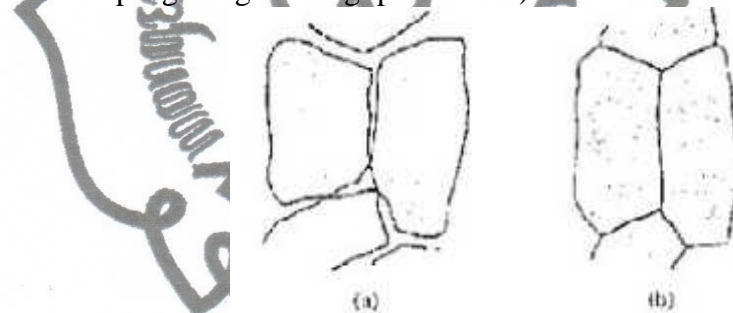
Pembakaran yang dilakukan tidak hanya bertujuan untuk mencapai suhu yang diinginkan, melainkan juga memperhatikan kecepatan pembakaran untuk mencapai suhu tersebut serta kecepatan untuk mencapai pendinginan. Selama proses pembakaran terjadi perubahan fisika dan kimia serta mineralogy dari tanah liat tersebut. Pada penelitian ini, proses pembakaran batu bata dibutuhkan waktu selama 2 hari.

Proses pembakaran batu bata harus berjalan seimbang dengan kenaikan suhu dan kecepatan suhu, ada beberapa tahapan yang harus diperhatikan, yaitu: (Suwardono, 2002) dalam Kilang (2012: 12)

- a) Tahap pertama adalah penguapan (pengeringan), yaitu pengeluaran air pembentuk, terjadi hingga temperatur kira-kira 120°C.

*commit to user*

- b) Tahap oksidasi, terjadi pembakaran sisa-sisa tumbuhan (karbon) yang terdapat di dalam tanah liat. Proses ini berlangsung pada temperatur 650 – 800°C.
- c) Tahap pembakaran penuh. Bata dibakar hingga matang dan terjadi vitrifikasi hingga menjadi bata padat. Temperatur matang bervariasi antara 920 – 1020°C tergantung pada sifat tanah liat yang dipakai.
- d) Tahap penahanan. Pada tahap ini terjadi penahanan temperatur selama 1 – 2 jam. Pada tahap 1, 2, dan 3 kenaikan temperatur harus perlahan-lahan, agar tidak terjadi kerugian pada batanya. Antara lain: pecah-pecah, noda hitam pada bata, pengembangan, dan lain-lain. Pada gambar (a) diperlihatkan bahwa partikel tanah liat sebelum dibakar mempunyai dua permukaan terpisah yang berdekatan. Setelah terbakar, butir-butir mempunyai satu batas, seperti yang diperlihatkan pada gambar (b). Gaya gerak untuk pembakaran adalah pengurangan luas permukaan (yang berarti pengurangan energi permukaan).



Gambar 2.1. Proses Pembakaran pada Pembuatan Batu Bata  
(Sumber: Van Vlack, 1992)

#### 6) Pemilihan (Seleksi) Batu Bata

Batu bata yang telah dibakar kemudian didinginkan, dibongkar dari dalam tungku. Pembongkaran ini biasanya dapat dilakukan bila temperature telah cukup rendah, dibawah 50°C. Bata tersebut dipilih, biasanya kriteria untuk pemilihan batu bata adalah sebagai berikut:

- a) Kematangan bata mudah dibedakan dengan warnanya:
  - (1) Hitam, terlalu matang
  - (2) Merah, matang
  - (3) Abu-abu/cream, masih mentah
- b) Bunyi dan warnanya
- c) Ukuran bata terlalu kecil atau terlalu besar. Kriteria yang baik dengan sendirinya harus disesuaikan dengan standar yang berlaku.



#### d. Standar Batu Bata

Penilaian terhadap kualitas batu bata dengan campuran *fly ash* batubara harus memenuhi syarat-syarat batu bata merah. SNI 15-2094-2000 mendefinisikan bata merah adalah:

Suatu unsur bangunan, yang diperuntukkan pembuatan konstruksi bangunan dan yang dibuat dari tanah dengan atau tanpa campuran bahan-bahan lain, dibakar cukup tinggi, hingga tidak dapat hancur lagi bila direndam dalam air.

Adapun syarat-syarat batu bata sebagai bahan bangunan sesuai standar baku SNI 15-2094-2000 yaitu meliputi:

##### 1) Pandangan Luar

Bata merah harus mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisi harus datar, tidak menunjukkan retak-retak, tidak mudah hancur atau patah dan perubahan bentuk yang berlebihan, warna seragam, dan berbunyi nyaring bila dipukul.

##### 2) Ukuran

Standar Bata Merah di Indonesia oleh SNI 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut:

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

Tabel 2.1. Modul Standar Ukuran Batu Bata Merah Sesuai dengan SNI 15-2094-2000

Ukuran	Jenis besar	Jenis kecil	Toleransi
Panjang	240 mm	230 mm	$\pm 3\%$ . Selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 10 mm.
Lebar	115 mm	110 mm	$\pm 4\%$ . Selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 5 mm.
Tebal	52 mm	50 mm	$\pm 5\%$ . Selisih ukuran terbesar dan terkecil maximum 4 mm.

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2008)

### 3) Kuat Tekan

Tabel 2.2. Klasifikasi Kekuatan Batu Bata Sesuai dengan  
SNI 15-2094-2000

Mutu Bata Merah	Kuat Tekan Rata-Rata		Koefisien Variasi Izin
	Kgf/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	
25	25	2,5	25%
50	50	5,0	22%
100	100	10	22%
150	150	15	15%
200	200	20	15%
250	250	25	15%

(Sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2008)

### 4) Kadar Garam

Benda-benda percobaan tidak boleh menunjukkan tanda-tanda yang menurut hasil pengujian dinyatakan membahayakan. Hasil pengujian dinyatakan dengan kata-kata:

- Tidak membahayakan
- Ada kemungkinan membahayakan
- Membahayakan

### 5) Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan bahan dalam menyerap air (daya hisap). Bobot isi adalah perbandingan berat dalam keadaan kering dengan bobot dalam kondisi jenuh air. Daya serap air yang tinggi akan berpengaruh pada pemasangan batu bata dan adukan karena air pada adukan akan diserap oleh batu bata sehingga pengeras adukan tidak berfungsi dan dapat mengakibatkan kuat adukan menjadi lemah. Daya serap yang tinggi disebabkan oleh besarnya kadar pori pada batu bata (batu bata tidak padat).

### 6) Persyaratan

Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi menurut SNI 15-2094-2000 yaitu:

- Tampak luar, bentuk yang disyaratkan pada batu bata jenis ini adalah prisma segi empat panjang, mempunyai sudut siku dan

tajam permukaan rata dan tidak menampakkan adanya retak, warna dan bunyinya nyaring.

- b) Ukuran batu bata harus sesuai dengan SNI 15-2094-2000 yaitu: M-5a (190 x 90 x 65 mm), M-5b (190 x x 140 x 65 mm), M-6a (230 x 110 x 52 mm), M-6b (230 x 110 x 55 mm), M-6c (230 x 110 x 70 mm), dan M-6d (230 x 110 x 80 mm). Pada standar pengukuran, penyimpangan terbesar yang diperbolehkan untuk masing-masing panjang, lebar, dan tebal maksimum antara 3%-5%.
- c) Larutan garam, kadar garam yang melebihi 50% tidak boleh, karena akan mengakibatkan tertutupnya permukaan batu bata dan dapat mengurangi keawetan batu bata.
- d) Penyerapan disyaratkan tidak melebihi dari 20%
- e) Berat jenis batu bata normal berkisar antara 1,8 – 2,6 gr/cm<sup>3</sup>

## 2. Tanah Liat (Lempung)

### a. Pengertian Tanah Liat (Lempung)

Tanah lempung merupakan tanah yang berukuran mikroskopis sampai dengan sub mikroskopis yang berasal dari pelapukan unsur-unsur kimiawi penyusun batuan, tanah lempung sangat keras dalam keadaan kering dan bersifat plastis pada kadar air sedang. Pada kadar air lebih tinggi lempung bersifat lengket (kohesif) dan sangat lunak (Das, 1995:13).

Warna tanah pada tanah lempung tidak dipengaruhi oleh unsur kimia yang terkandung di dalamnya, karena tidak adanya perbedaan yang dominan dimana kesemuanya hanya dipengaruhi oleh unsur Natrium saja yang paling mendominasi. Semakin tinggi plastisitas, grafik yang dihasilkan pada masing-masing unsur kimia belum tentu sama. Hal ini disebabkan karena unsur-unsur warna tanah dipengaruhi oleh nilai *Liquid Limit* (LL) yang berbeda-beda (Marindo, 2005 dalam Afryana, 2009: 12).



Tanah lempung merupakan partikel mineral yang berukuran lebih kecil dari 0,002 mm. Partikel-partikel ini merupakan sumber utama dari kohesi di dalam tanah yang kohesif (Bowles, 1991: 9).

**b. Sifat-Sifat Tanah Liat (Lempung)**

Tanah lempung lunak mempunyai karakteristik yang khusus, diantaranya daya dukung yang rendah, kemampatan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air yang relatif tinggi, dan mempunyai gaya geser yang kecil. Kondisi tanah seperti itu akan menimbulkan masalah jika dibangun konstruksi di atasnya.

Menurut Daryanto (1994) dalam Kilang (2012: 20), tanah liat (lempung) mempunyai sifat-sifat fisis dan kimia yang penting, antara lain:

**1) Plastisitas**

Plastisitas atau keliatan tanah liat ditentukan oleh kehalusan partikel-partikel tanah liat. Kandungan plastisitas tanah liat bervariasi. Tergantung kehalusan dan kandungan lapisan airnya. Plastisitas berfungsi sebagai pengikat dalam proses pembentukan sehingga batu bata yang dibentuk tidak mengalami keretakan atau berubah bentuk. Tanah liat dengan plastisitas yang tinggi juga akan sukar dibentuk sehingga perlu ditambahkan bahan-bahan yang lain.

**2) Kemampuan Bentuk**

Tanah liat yang digunakan untuk membentuk keramik, batu bata dan genteng harus memiliki kemampuan bentuk agar dapat berdiri tanpa mengalami perubahan bentuk baik pada waktu proses maupun setelah pembentukan. Tanah liat dikatakan memiliki daya kerja apabila mempunyai plastisitas dan kemampuan bentuk yang baik sehingga mudah dibentuk dan tetap mempertahankan bentuknya.

**3) Daya Suspensi**

Daya suspensi adalah sifat yang memungkinkan suatu bahan tetap dalam cairan. Flokulan merupakan suatu zat yang akan menyebabkan butiran-butiran tanah liat berkumpul menjadi butiran yang lebih besar dan cepat mengendap, contohnya: magnesium sulfat. Deflokulan merupakan suatu zat yang akan mempertinggi daya suspensi (menghablur) sehingga butiran-butiran tanah liat tetap melayang, contohnya: waterglass/sodium silikat, dan sodium karbonat.

#### 4) Penyusutan

Tanah liat untuk mengalami dua kali penyusutan, yakni susut kering (setelah mengalami proses pengeringan) dan susut bakar (setelah mengalami proses pembakaran). Penyusutan terjadi karena menguapnya air selaput pada permukaan dan air pembentuk atau air mekanis sehingga butiran-butiran tanah liat menjadi rapat. Pada dasarnya susut bakar dapat dianggap sebagai susut keseluruhan dari tanah liat sejak dibentuk, dikeringkan sampai dibakar. Persentase penyusutan yang dipersyaratkan untuk jenis tanah liat earthenware sebaiknya antara 10% - 15%.

Tanah liat yang terlalu plastis pada umumnya memiliki persentase penyusutan lebih dari 15% sehingga mengalami resiko retak/pecah yang tinggi. Untuk mengatasinya dapat ditambahkan pasir halus.

#### 5) Suhu Bakar

Suhu bakar berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu kondisi benda yang telah mencapai kematangan pada suhu tertentu secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk, sehingga dapat dikatakan tanah liat tersebut memiliki kualitas kemampuan bakar. Dalam proses pembakaran tanah liat akan mengalami proses perubahan (*ceramic change*) pada suhu sekitar 600°C, dengan hilangnya air pembentuk dari bahan benda.

#### 6) Warna Bakar

Warna bakar tanah liat dipengaruhi oleh zat/bahan yang terikat secara kimiawi pada kandungan tanah. Warna pada tanah liat disebabkan oleh zat yang mengotorinya, warna abu-abu sampai hitam mengandung zat arang dan sisa-sisa tumbuhan, warna merah disebabkan oleh oksida besi (Fe). Perubahan warna batu bata merah dari keadaan mentah sampai setelah dibakar biasanya sulit dipastikan.

#### 7) Porositas

Porositas atau absorpsi adalah persentase penyerapan air oleh badan keramik atau batu bata. Persentase porositas ditentukan oleh jenis badan, kehalusan unsur badan, penambahan pasir, kepadatan dinding bahan, serta suhu bakarnya. Tanah liat poros biasanya *fragile*, artinya pada bentuk-bentuk tertentu bila mendapatkan sentakan agak keras akan mudah patah/pecah. Tanah liat *earthenware* umumnya mempunyai porositas paling tinggi sekitar 5% - 10% bila dibandingkan dengan *stoneware* atau porselin.

#### 8) Kekuatan Kering

Kekuatan kering merupakan sifat tanah liat yang setelah dibentuk dan kondisinya cukup kering mempunyai kekuatan yang stabil, tidak berubah bila diangkat untuk keperluan finishing, pengeringan serta penyusunan dalam pembakaran. Kekuatan

kering dipengaruhi oleh kehalusan butiran, jumlah air pembentuk, pencampuran dengan bahan lain dan teknik pembentukan.

#### 9) **Struktur Tanah**

Struktur tanah merupakan perbandingan besar butiran-butiran tanah dengan bentuk butiran-butiran tersebut. Sifat liat, susut kering dan kekuatan kering sangat tergantung dari struktur tanah liatnya. Struktur tanah liat dibedakan dalam dua golongan yaitu tanah liat sebagai struktur halus dan pasir sebagai struktur kasar.

#### 10) **Slaking**

*Slaking* merupakan sifat tanah liat yaitu dapat hancur dalam air menjadi butiran-butiran halus dalam waktu tertentu pada suhu udara biasa. Makin kurang daya ikat tanah liat semakin cepat hancurnya. Sifat *slaking* ini berhubungan dengan pelunakan tanah liat dan penyimpanannya. Tanah liat yang keras membutuhkan waktu lama untuk hancur, sedangkan tanah liat yang lunak membutuhkan waktu lebih cepat.

#### c. **Batas-Batas Atterberg**

Atterberg (1991) dalam Sumarni (2013: 29) memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. Batas-batas Atterberg memberikan gambaran akan plastisitas tanah atau kemampuan tanah dalam menyesuaikan perubahan bentuk pada volume yang konstan tanpa retak-retak atau remuk.

Bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. Kedudukan fisik tanah berbutir halus pada kadar air tertentu disebut konsistensi. Batas-batas konsistensi yang diberikan Atterberg tersebut antara lain:

#### 1) **Kadar Air Tanah**

Pengujian kadar air tanah sangat penting untuk mengetahui berapa banyak air yang terkandung dalam tanah. Kadar air untuk tanah biasanya berada dalam kisaran di bawah 60% seperti yang tertera pada tabel 2.3. sebagai berikut:

Tabel 2.3. Kadar Air dalam Tanah

Jenis Tanah	Kadar Air (w)
Pasir lembab	2 – 10%
Lempung sedikit membatu	2 – 10%
Lempung	20 – 60%

(Sumber: <http://eprints.undip.ac.id/>)

## 2) Berat Jenis Tanah

Berat jenis atau berat spesifik (*specific gravity*) tanah adalah perbandingan antara berat volume butiran padat ( $\rho_s$ ) dengan berat volume air ( $\rho_w$ ).

Tabel 2.4. Berat Jenis Tanah

Macam Tanah	Berat jenis (Gs)
Kerikil	2,65 – 2,68
Pasir	2,65 – 2,68
Lanau anorganik	2,62 – 2,68
Lempung organik	2,58 – 2,65
Lempung anorganik	2,68 – 2,75
Humus	1,37
Gambut	1,25 – 1,8

(Sumber: Sumarni, 2013: 4)

## 3) Batas Cair Tanah

Batas cair (LL) didefinisikan sebagai kadar air tanah pada batas antara keadaan cair dan keadaan plastis, yaitu batas atas dari daerah plastis. Batas cair biasanya ditentukan dari uji Cassagrande. Karena sulitnya menentukan ketelitian pada waktu celah menutup 25 kali pukulan, maka biasanya percobaan dilakukan beberapa kali yaitu dengan kadar air yang berbeda dengan jumlah pukulan yang berisat antara 15 – 35 kemudian hubungan antara kadar air dan jumlah pukulan digambarkan dalam grafik logaritmik. (Sumarni, 2013: 30)

## 4) Batas Plastis (*Plastic Limit*)

Batas plastis (PL) didefinisikan sebagai kadar air pada kedudukan antara daerah plastis dan semi padat, yaitu persentase kadar air dimana tanah dengan diameter silinder 3,2 mm mulai retak-retak ketika digulung. (Sumarni, 2013: 32)

## 5) Indeks Plastisitas (*Plasticity Index*)

Indeks plastisitas (PI) adalah selisih batas cair dan batas plastis ( $IP = LL - PL$ ). Indeks plastisitas merupakan interval kadar air dimana tanah masih bersifat plastis, indeks plastisitas menunjukkan sifat keplastisan tanah. Jika tanah mempunyai PI

tinggi, maka tanah mengandung banyak butiran lempung. Jika *PI* rendah, seperti lanau, sedikit pengurangan kadar air berakibat tanah menjadi kering. Batasan mengenai indeks plastisitas, sifat, macam tanah, dan kohesi diberikan oleh *Atterberg* dalam tabel 2.5. sebagai berikut:

Tabel 2.5. Nilai Indeks Plastisitas dan Macam Tanah

<i>IP</i>	Sifat	Macam Tanah	Kohesi
0	Non plastis	Pasir	Non kohesif
<7	Plastisitas rendah	Lanau	Kohesif sebagian
7 – 17	Plastisitas sedang	Lempung berlanau	Kohesif
>17	Plastisitas tinggi	Lempung	Kohesif

(Sumber: Sumarni, 2013: 35)

### 3. Air

Air dipakai dalam proses reaksi pengikatan material yang digunakan untuk pembuatan batu bata. Supaya batu bata mudah dicetak, perlu penambahan air pada kadar tertentu sesuai jenis batu bata yang diproduksi. Dalam pembuatan batu bata lempung, penambahan kadar air ditandai dengan tidak adanya penempelan lempung pada telapak tangan. Disamping itu perlu adanya pemeriksaan visual terhadap air yang digunakan seperti tidak berminyak, tidak mengandung banyak sampah dan kotoran. (Muhardi, dkk, 2007: 167)

Air yang digunakan untuk tujuan ini harus mempunyai persyaratan sebagai berikut:

- Air cukup banyak dan kontinyu sepanjang tahun. Kadar air untuk tanah liat kira-kira 30%.
- Air harus tidak sadah, tidak mengandung garam yang larut di dalam air, seperti garam dapur.
- Air cukup bersih, tidak mengandung bibit penyakit.

### 4. *Fly Ash* Batubara

*Fly ash* batubara adalah material yang memiliki ukuran butiran yang halus berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara (Wardani, 2008). Pada pembakaran batubara dalam PLTU, terdapat limbah padat, yaitu abu layang (*fly ash*) dan abu dasar (*bottom ash*). Partikel abu



yang terbawa gas buang disebut *fly ash*, sedangkan abu yang tertinggal dan dikeluarkan dari bawah tungku disebut *bottom ash*. Di Indonesia, produksi limbah abu dasar dan abu layang dari tahun ke tahun meningkat sebanding dengan konsumsi batubara sebagai bahan baku pada industri PLTU (Harijono D, 1993)

Menurut Acosta (2009), abu terbang merupakan limbah padat hasil dari proses pembakaran di dalam *furnance* pada PLTU yang kemudian terbawa keluar oleh sisa-sisa pembakaran serta ditangkap dengan menggunakan elektrostatik *precipitator*. *Fly ash* merupakan residu mineral dalam butir halus yang dihasilkan dari pembakaran batubara yang dihaluskan pada suatu pusat pembangkit listrik. *Fly ash* terdiri dari bahan inorganik yang terdapat di dalam batubara yang telah mengalami fusi selama pembakarannya. Bahan ini memadat selama berada di dalam gas-gas buangan dan dikumpulkan menggunakan *presipitator* elektrostatik. Karena partikel-partikel ini memadat selama tersuspensi di dalam gas-gas buangan, maka partikel-partikel *fly ash* umumnya berbentuk bulat. Partikel-partikel *fly ash* yang terkumpul pada *presipitator* elektrostatik biasanya berukuran (0.074 – 0.005 mm). Bahan ini terutama terdiri dari silikon dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), aluminium oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).

Clarke (1992) dalam Muhandi, dkk (2007: 168) saat penelitiannya didapat bahwa, ukuran partikel abu terbang bisa lebih besar atau kecil dari partikel semen, yaitu antara 1 – 150 mikron atau lebih banyak berukuran lanau, abu terbang bersifat non plastis, dan mempunyai berat jenis spesifik antara 1,90 – 2,72  $\text{Mg/m}^3$  dan kerapatan kering berkisar 1,09 – 1,60  $\text{Mg/m}^3$  yang tergantung pada sumber batu bara yang digunakan, dan abu terbang merupakan bahan material yang bersifat pozzolon.

Cripwell (1992) dalam Muhandi, dkk (2007: 168) mengatakan aplikasi dalam teknik sipil, abu terbang dimanfaatkan dalam berbagai bidang, antara lain: sebagai bahan pengganti atau pengisi semen dalam beton, dalam pembuatan semen, abu terbang dipakai sebagai bahan dasar terutama untuk pengering semen, *intergrinding* abu terbang dengan arang semen dan dalam

pencampuran kering antara semen abu terbang, pemanfaatan dalam bidang geoteknik seperti bahan pengganti tanah atau bahan campuran untuk timbunan tanah, pemakaian dalam pembuatan baja sebagai bahan penguat terhadap bahaya oksidasi yang menggunakan abu terbang dengan kadar karbon tinggi, pembuatan batu bata dan keramik dengan penambahan mencapai 70% dari abu terbang yang dapat meningkatkan mutu dan efisiensi pembakaran, dan aplikasi lainnya, seperti pada pembuatan jalan sebagai stabilisasi tanah dasar dan dinding penahan tanah. Berikut ini adalah gambar 2.2. *fly ash* batubara:



Gambar 2.2. *Fly Ash* Batubara

(Sumber: Wardani, 2008)

Beberapa kegunaan abu terbang batubara antara lain:

- a. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
- b. Penimbun lahan bekas pertambangan
- c. *Recovery* magnetit, *cenosphere*, dan karbon
- d. Bahan baku keramik, gelas, batu bata, dan refraktori
- e. Bahan penggosok (*polisher*)
- f. *Filler* aspal, plastik, dan kertas
- g. Pengganti dan bahan baku semen
- h. Konversi menjadi zeolit dan adsorben

## 5. *Thermal Properties*

### a. *Pengertian Thermal Properties*

Menurut Rosenlund (2000) dalam Noerwarsito & Santosa (2006: 148), kemampuan material melawan panas yang mempengaruhi bangunan disebut *thermal properties*. Hal-hal yang dapat mempengaruhi *Thermal Properties* sendiri adalah:

- 1) *Density*: mempunyai satuan  $\text{kg/m}^3$ , merupakan perbandingan antara berat dan volume, density memegang peran yang besar untuk *thermal properties*, material mempunyai density ringan mempunyai daya isolasi lebih besar daripada material yang ber-density besar.
- 2) *Conductivity*: Mempunyai satuan  $\text{W/mK}$ , adalah kemampuan material untuk berkonduksi panas. Material yang mempunyai *conductivity* rendah mempunyai daya isolator yang baik. Sebaliknya material yang mempunyai *conductivity* tinggi merupakan material penghantar panas yang baik.
- 3) *Specific heat*: mempunyai satuan  $\text{Wh/kgK}$ , adalah mengindikasikan material mempunyai kemampuan menyimpan sejumlah energy. *Specific heat* yang tinggi artinya material mempunyai kemampuan banyak menyimpan panas (*heat storage*).

Kombinasi dari ketiga *thermal properties* material diatas menghasilkan apa yang disebut *Time lag*. *Time lag* adalah waktu maksimum yang dipergunakan oleh dinding untuk mengeluarkan panas dari permukaan luar dinding ke bagian dalam dinding.

Konduktivitas termal merupakan suatu nilai konstanta dari suatu bahan yang menunjukkan kemampuan untuk mentransfer kalor dan dapat memberikan keterangan ketahanan panas dari suatu benda. Persamaan Fourier merupakan persamaan dasar tentang konduktivitas termal, yang mana dengan persamaan tersebut dapat dilakukan perhitungan dalam percobaan untuk menentukan konduktivitas termal suatu benda. Nilai konduktivitas termal menunjukkan seberapa cepat kalor mengalir dalam bahan tertentu (Wibowo, 2008: 115).

J.P. Holman (1993) menyebutkan Besarnya laju perpindahan panas ( $q$ ) berbanding lurus dengan luas bidang ( $A$ ) dan perbedaan suhu ( $dT/dL$ ), seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$q = A \frac{dT}{dL}$$

*commit to user*

Dengan memasukkan konstanta kesetaraan yang disebut konduktivitas termal didapatkan persamaan yang disebut juga dengan hukum Fourier tentang konduksi. Konduktivitas termal  $k$  didefinisikan sebagai arus panas (negatif) per satuan luas yang tegak lurus pada arah aliran dan per satuan gradien suhu, maka persamaannya menjadi:

$$q = -kA \frac{dT}{dL}$$

dimana:

$k$  = Konduktivitas termal bahan (Kcal/mh°C)

$\frac{dT}{dL}$  = Gradien suhu pada penampang (°C/meter)

$A$  = Luas penampang yang dialiri panas secara konduksi (m<sup>2</sup>)

$q$  = Laju perpindahan kalor (Kcal)

Dari persamaan di atas jelas bahwa makin besar konduktivitas termal  $k$ , makin besar pula arus panas, dengan catatan asal faktor yang lain tetap sama. Oleh sebab itu, material dengan harga  $k$  yang besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila  $k$  kecil merupakan bahan penyekat yang baik. Nilai konduktivitas termal berbagai bahan dapat dilihat pada tabel 2.6. dibawah ini:

Tabel 2.6. Nilai Konduktivitas Bahan Bangunan SNI 03-6389-2000

Bahan	$k$ (w/m.k)
Beton	1,448
Beton ringan	0,303
Bata dengan lapisan plester	0,807
Bata langsung tanpa plester	1,154
Plesteran pasir-semen	0,533
Kaca lembaran	1,053
Papan gypsum	0,170
Kayu lunak	0,125
Kayu keras	0,138
Kayu lapis	0,148
Glasswool	0,035
Fiberglass	0,035
Paduan aluminium	211
Tembaga	385

(sumber: Badan Standarisasi Nasional, 2006 )

## 6. Penelitian yang Relevan

Beberapa penelitian yang relevan dan dijadikan referensi pada penelitian ini diantaranya:

- a. Penelitian yang dilakukan oleh Cahyaning Kilang (2012) Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret Surakarta tentang **“Pengaruh Penggantian Tanah Liat Oleh *Fly Ash* Batu Bara Dan Lama Pembakaran Terhadap Karakteristik Fisis dan Mekanis Batu Bata”**

Variabel batu bata yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada variasi persentase penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara 0%, 15%, 30%, 40%, dan 50% dari volume tanah liat. Sedangkan variasi lama pembakaran yang dilakukan adalah 12 jam, 18 jam, 24 jam, dan 30 jam. Pembuatan benda uji dilakukan di perusahaan pembuatan batu bata Pak Hartadi Desa Baki RT 03/05, Sukoharjo, Jawa Tengah.

Pengujian terhadap karakteristik batu bata meliputi pengujian karakteristik fisis dan mekanis. Pengujian fisis terdiri berat jenis, susut bakar, dan porositas. Sedangkan secara mekanis, pengujian batu bata dilakukan terhadap kuat tekan dan kuat patah dengan menggunakan mesin *Gotech Testing Machines U60* dengan kapasitas 50000 kgf.

Dari penelitian tersebut dapat disimpulkan:

- 1) Berat Jenis

Berat jenis batu bata dengan penggantian *fly ash* lebih ringan daripada batu bata tanpa penggantian *fly ash*.

- 2) Susut Bakar

Persentase susut bakar dan persentase penggantian tanah liat oleh *fly ash* untuk 12 jam, 18 jam, 24 jam dan 30 jam berturut-turut sebagai berikut: 0,768% pada 11,5%; 0,882 pada 14%; 0,9262% pada 17%; dan 1,203% pada 15%. Dari seluruh sampel uji memenuhi standar susut bakar batu bata (3%).



3) Porositas

Pada 12 jam, 18 jam, 24 jam, dan 30 jam persentase dan porositas berturut-turut adalah sebagai berikut 32,67% sebesar 35,19%; 25,80% sebesar 31,05%; 22,70% sebesar 27,43%; dan 24,88% sebesar 33,37%. Keseluruhan sampel uji mencapai porositas diatas 20%.

4) Kuat Tekan

Pada 12 jam, 18 jam, 24 jam, dan 30 jam persentase dan kuat tekan adalah 28,83% sebesar 3,60 N/mm<sup>2</sup>; 21,38% sebesar 3,81N/mm<sup>2</sup>; 26,33% sebesar 4,60 N/mm<sup>2</sup>; dan 23,50% sebesar 3,90 N/mm<sup>2</sup>. Keseluruhan lama pembakaran memenuhi standar kuat tekan batu bata minimal (2,5 N/mm<sup>2</sup>).

5) Kuat Patah

Kecenderungan kuat patah optimal pada 30% untuk semua lama pembakaran. Pada 12 jam, 18 jam, 24 jam, dan 30 jam berturut-turut adalah sebagai berikut 0,080 N/mm<sup>2</sup>; 0,150 N/mm<sup>2</sup>; 0,320 N/mm<sup>2</sup>; dan 0,240 N/mm<sup>2</sup>. Lama pembakaran 24 jam adalah pembakaran paling optimal mencapai kuat patah.

- b. Penelitian yang dilakukan oleh Muhardi, Reni Suryanita dan Alsaidi (2007), Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau tentang **“Perbaikan Karakteristik Batu Bata Lempung Dengan Penambahan Abu Terbang”**.

Variabel batu bata yang digunakan dalam penelitian ini adalah pada variasi persentase kadar abu terbang yaitu: 0%, 5%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, dan 80%. Pembuatan benda uji dilakukan di tempat pabrik batu bata di daerah Kulim yang dilakukan dengan beberapa tahapan kerja sebagai berikut:

- 1) Material yang telah diolah dan dicetak sesuai dengan komposisi perbandingan variasi dijadikan satu dengan penambahan kadar air sebanyak 56%. Banyaknya material yang digunakan berdasarkan banyaknya jumlah material yang dibutuhkan dalam satu cetakan

berukuran 65 x 90 x 190 mm dan ukuran 50 x 90 x 190 mm. Acuan banyaknya material yang digunakan diambil dari pembuatan satu sampel cetakan batu bata dengan ukuran 65 x 90 x 190 mm dan 50 x 90 x 190 mm adalah 1237,39 gram dan 920,76 gram.

- 2) Pembuatan benda uji batu bata menggunakan tipe M-5a dengan ukuran 65 x 90 x 190 mm sebanyak 90 buah untuk pengujian kekuatan tekan batu bata pada umur 7, 14, dan 28 hari. Sedangkan pembuatan batu bata ukuran 50 x 90 x 190 mm sebanyak 100 buah untuk pengujian karakteristik fisis batu bata.
- 3) Pengeringan batu bata dilakukan selama 5 hari dengan pengeringan tanpa langsung terkena sinar matahari.
- 4) Pembakaran dilakukan pada tungku pembakaran selama kurang lebih 48 jam dengan menggunakan bahan bakar kayu.
- 5) Batu bata yang telah dibakar dibiarkan sampai dingin selama 2 hari.

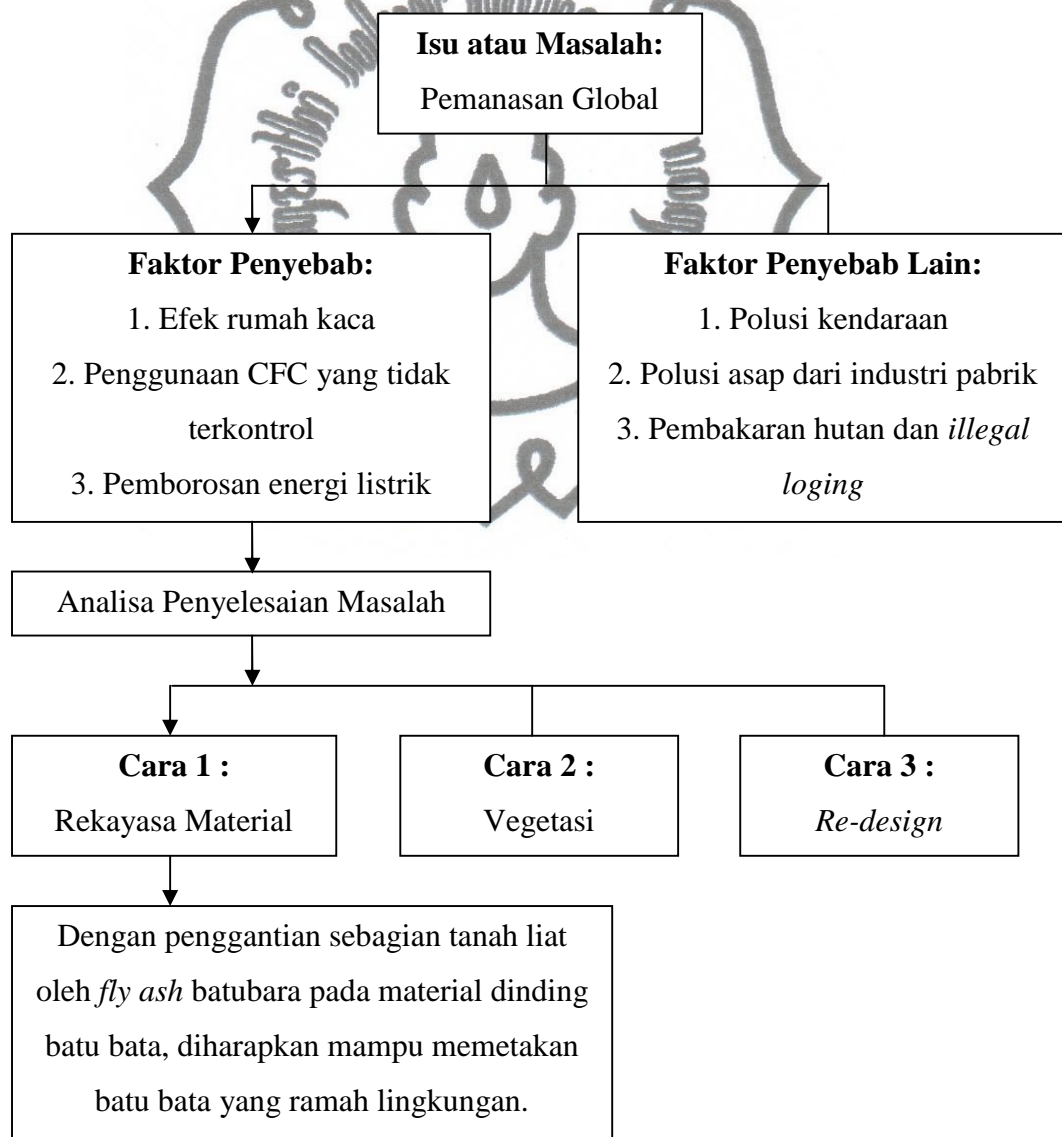
Pengujian terhadap karakteristik batu bata meliputi pengujian karakteristik fisis dan mekanis. Pengujian fisis terdiri dari pemeriksaan visual, berat jenis, penyerapan air, dan porositas batu bata. Sedangkan secara mekanis, pengujian batu bata dilakukan terhadap kekuatan tekan batu bata pada umur 7, 14, dan 28 hari dengan menggunakan alat mesin uji tekan (*compressive strength machine*).

Pada variasi campuran 10% - 80% didapat bahwa pada penambahan 50% abu terbang merupakan penambahan maksimum terhadap batu bata dengan persentase kenaikan kuat tekan 25,27%; 26,40%; dan 20,37% pada umur 7, 14, dan 28 hari terhadap kuat tekan batu bata tanpa abu terbang, sedangkan kuat tekan maksimum terjadi pada penambahan 40% dengan persentase kenaikan kuat tekan 36,69%; 39,32% dan 48,37% pada umur 7, 14, dan 28 hari. Untuk penambahan di atas 50%, kekuatan tekan batu bata mengalami penurunan dibandingkan kuat tekan batu bata tanpa abu terbang. Sedangkan karakteristik fisis batu bata yang menggunakan abu terbang didapat bahwa batu batanya lebih ringan, penyerapan air yang kecil, dan lebih padat.

- c. Penelitian yang dilakukan oleh Munir, M. **“Penambahan Abu Terbang Batubara (*Fly Ash*) Pada Pembuatan Batako dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan”**. Melalui penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa dilihat dari kuat tekan penambahan abu terbang batu bara sebagai pengganti semen sebanyak 5% dan 19% mampu meningkatkan kuat tekan produk batako 5,6% dan 2,56% dibanding tanpa penambahan abu terbang batubara dan penambahan sampai dengan 10% dapat meningkatkan produk batako dari mutu II menjadi produk batako mutu I. Serta penambahan abu terbang batubara sebagai pengganti semen sampai dengan 25% masih memberikan produk batako mutu II.
- d. Penelitian yang dilakukan oleh Noerwarsito, dan Santosa tentang **“Pengaruh Thermal Properties Material Bata Merah Dan Batako Sebagai Dinding, Terhadap Efisien Energi Dalam Ruang Di Surabaya”**. Melalui penelitian ini diperoleh kesimpulan:
- 1) Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan simulasi, dinding bata merah lebih berpengaruh terhadap rendahnya temperatur dibandingkan dengan dinding batako.
  - 2) Karena tinggi temperatur luar ruang berpengaruh terhadap temperatur di dalam, bulan Oktober merupakan bulan yang tertinggi temperaturnya, sehingga kondisi temperatur ruang pada bulan tersebut merupakan temperatur tertinggi.
  - 3) Rung berdinding bata merah dan batako, pada buulan yang mempunyai temperatur relatif tinggi, tidak pernah mencapai kenyamanan (*thermal comfort*).
  - 4) Selain dipengaruhi oleh tinggi rendahnya temperatur luar, temperatur dalam juga dipengaruhi oleh *thermal properties* material. Hal ini menunjukkan bahwa *thermal properties* bata merah lebih sesuai untuk iklim Surabaya, daripada *thermal properties* batako.

## B. Kerangka Berpikir

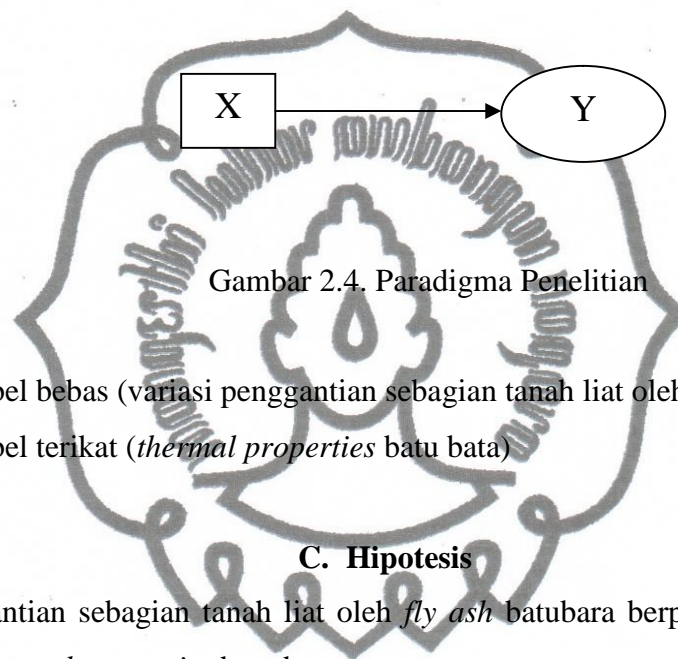
Berdasarkan uraian dalam kajian teori dan hasil penelitian yang relevan, diuraikan kerangka berpikir “Pengaruh Penggantian Sebagian Tanah Liat Oleh *Fly Ash* Batubara Terhadap Nilai *Thermal Properties* Sebagai Upaya Memetakan Material Batu Bata Yang Ramah Lingkungan” yaitu penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara dengan berbagai variasi persentase *fly ash* yang digunakan sebagai bahan campuran dalam pembuatan batu bata diduga berpengaruh terhadap nilai *thermal properties*



Gambar 2.3 Kerangka Berpikir Penelitian

Dari kerangka berpikir di atas, maka dapat ditentukan variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini. Variabel bebasnya adalah variasi penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara, sedangkan variabel terikatnya adalah *thermal properties* batu bata.

Untuk lebih jelasnya hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dapat dilihat dalam gambar 2.4. di bawah ini:



Gambar 2.4. Paradigma Penelitian

dengan :

- X : variabel bebas (variasi penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara)  
Y : variabel terikat (*thermal properties* batu bata)

### C. Hipotesis

1. Penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara berpengaruh terhadap nilai *thermal properties* batu bata.
2. Dapat diketahui persentase optimal penggantian sebagian tanah liat oleh *fly ash* batubara untuk mendapatkan batu bata dengan daya hambat panas maksimal.
3. Dapat diketahui nilai perbandingan *thermal properties* yang dihasilkan oleh batu bata dengan campuran *fly ash* batubara pada variasi campuran 0%, 15%, 30%, 40%, dan 50%.