

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Batu bata

1. Pengertian batu bata

Definisi batu bata menurut SNI 15-2094-1991, SII-0021-78 merupakan suatu unsur bangunan yang di peruntukkan 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. hal-hal yang harus di perhatikan pada pelaksanaan penelitian batu bata antara lain :

a. Pembuatan bata

Proses pembuatan, dari penggalian tanah nya, pencampuran nya dengan air dan bahan-bahan lain jika perlu, hingga pemberian bentuknya. dapat dilakukan seluruhnya dengan tangan dengan mempergunakan cetakan-cetakan kayu, atau pada prosesnya dipergunakan mesin-mesin(Yayasan Dana Normalisasi Indonesia, 1978).

b. Kualitas batu bata

Kualitas batu bata merah dapat dibagi atas tiga tingkatan dalam hal kuat tekan dan penyimpangan ukuran menurut SNI-10, 1978:6 yaitu;

1. Batu bata mutu tingkat I dengan kuat tekan rata-rata lebih besar dari 100 kg/cm² dan ukurannya tidak ada yang menyimpang.

2. Batu bata mutu tingkat II dengan kuat tekan rata-rata antara 80 kg/cm² sampai 100 kg/cm² dan ukurannya yang menyimpang satu buah dari sepuluh benda percobaan.
3. Batu bata merah mutu tingkat III dengan kuat tekan rata-rata antara 60 kg/cm² sampai 80 kg/cm² dan ukurannya menyimpang dua buah dari sepuluh benda percobaan

c. Standar batu bata

Batu bata merah adalah batu buatan yang terbuat dari suatu bahan yang dibuat oleh manusia supaya mempunyai sifat-sifat seperti batu. hal tersebut hanya dapat dicapai dengan memanas (membakar) atau dengan pengerjaan-pengerjaan kimia. (Djoko Soejoto dalam Nuraisyah Siregar, 2010).

syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-1991 dan SII-0021-78 meliputi beberapa aspek seperti :

1. Pandangan luar

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

2. Ukuran

Standar Bata Merah di Indonesia oleh Y.D.N.I (Yayasan Dana Normalisasi Indonesia) nomor 15-2094-1991 menetapkan suatu ukuran standar untuk bata merah sebagai berikut :

- (1) Panjang 240 mm, lebar 115 mm dan tebal 52 mm
- (2) Panjang 230 mm, lebar 110 mm dan tebal 50 mm

Standar ukuran batu bata menurut SII-0021-78 sebagai berikut :

Tabel 1. Modul standar ukuran batu bata merah sesuai dengan SII-0021-78

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang (mm)
M-5a	65	90	190
M-5b	65	140	220
M-6	55	110	220

Sumber : SNI-0021-78

Penyimpangan ukuran standar batu bata terbesar yang diperbolehkan dalam SII-0021-78, yaitu 3% untuk panjang maksimum, lebar maksimum 4%, dan tebal maksimum 5%. sedangkan selisih antara batu bata berukuran maksimum dengan batu bata berukuran minimum yang diperbolehkan, yaitu untuk panjang 10 mm, lebar 5 mm, dan tebal 4 mm.

Ukuran maksimum batu bata sesuai dengan SI-0021-78 sebagai berikut :

Tabel 2. Ukuran maksimum batu bata sesuai dengan SII-0021-78

Kelas	Penyimpangan Ukuran Maksimum (mm)		
	M-5a M-5b dan M-6		
	Tebal	Lebar	Panjang
25	2	3	5
50	2	3	5
100	2	3	4
150	2	2	4
200	2	2	4
250	2	2	4

Sumber : SII-0021-78

Adapun syarat-syarat batu bata dalam SNI 15-2094-2000

a. Sifat tampak

Batu bata harus berbentuk prisma segi empat panjang, mempunyai rusuk-rusuk yang tajam dan siku, bidang sisanya harus datar.

b. Ukuran dan toleransi

Standar batu bata merah di Indonesia oleh BSN (Badan Standar Nasional) nomor 15-2094-2000 menetapkan suatu ukuran standar untuk batu bata merah.

Ukuran Batu Bata Berdasarkan SNI 15-2094-2000 sebagai berikut :

Tabel 3. Ukuran batu bata berdasarkan SNI 15-2094-2000

Modul	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Panjang(mm)
M-5a	65±2	90±3	190±4
M-5b	65±2	100±3	190±4
M-6a	52±3	110±4	230±4
M-6b	55±3	110±6	230±5
M-6c	70±3	110±6	230±5
M-6d	80±3	110±6	230±5

Sumber : SNI 15-2094-2000

c. Kuat tekan

Besarnya kuat tekan rata-rata dan koefisien variasi yang diijinkan untuk bata merah pasangan dinding sesuai nilai kuat tekannya .kuat tekan sebagai berikut:

Tabel 4. Nilai kuat tekan

Kelas	Kekuatan Tekan Rata-Rata Batu Bata		Koefisien Variasi Izin
	Kg/cm ²	N/mm ²	
50	50	5,0	22 %
100	100	10	15 %
150	150	15	15 %

Sumber : SNI 15-2094-2000

Bahan campuran pembuatan batu bata dalam penelitian ini menggunakan campuran abu batubara (*fly ash*) dan ampas tebu *fly ash* dan ampas tebu merupakan limbah dari pabrik (industri). dengan itu kami mencoba memanfaatkan limbah abu batu bara dan ampas tebu sebagai bahan campuran pembuatan batu bata yang bahan utamanya dari tanah lempung. pembuatan batu bata itu juga memerlukan waktu lebih lama dibanding sebelumnya.

d. Penyerapan air

Penyerapan air maksimum bata merah pasangan dinding adalah 20%.

e. Garam yang membahayakan

Garam yang mudah larut dan membahayakan *Magnesium Sulfat* (MgSO₄), *Natrium Sulfat* (Na₂SO₄), *Kalium Sulfat* (K₂SO₄), dan kadar garam maksimum 1,0%, tidak boleh menyebabkan lebih dari 50% permukaan batu bata tertutup dengan tebal akibat pengkristalan garam.

f. Kerapatan semu

Kerapatan semu minimum bata merah pasangan dinding 1,2 gram/cm³

B. Bahan-bahan pembuatan batu bata

1. Tanah lempung

a. Pengertian tanah lempung

Lempung adalah tanah hasil pelapukan batuan keras seperti : basalt(sebagai batuan dasar),andesit dan granit (batu besi). lempung sangat tergantung pada jenis batuan asalnya. umumnya batuan keras akan memberikan pengaruh warna pada lempung,seperti merah,sedangkan granit akan memberikan warna lempung menjadi putih. lempung disebut juga sebagai batuan sedimen (endapan),karena pada umumnya setelah terbentuk dari batuan keras,lempung akan diangkut oleh air dan angin,diendapkan dalam suatu tempat yang lebih rendah. lempung merupakan bahan alam yang sangat penting bagi manusia. bagian luar dari lempung disebut tubuh tanah.pada tubuh tanah ini terdapat sisa akar tumbuhan dan bahan organik lainnya yang membusuk,sehingga memberi warna abu-abu kehitaman pada lempung.ketebalan lempung ini mencapai 0,25 sampai 0,5 m

b. Jenis-Jenis Lempung yang digunakan dalam pembuatan batu bata

berdasarkan tempat pengendapan dan asalnya,lempung dibagi dalam beberapa jenis:

1. Lempung residual

Lempung residual adalah lempung yang terdapat pada tempat dimana lempung itu terjadi dan belum berpindah tempat sejak terbentuknya.sifat lempung jenis ini adalah berbutir kasar dan masih bercampur dengan batuan asal yang belum mengalami pelapukan,tidak plastis,semakin digali semakin banyak terdapat batuan asalnya yang masih kasar dan belum lapuk.

2. Lempung illuvial

Lempung illuvial adalah lempung yang sudah terangkut dan mengendap pada suatu tempat yang tidak jauh dari tempat asalnya seperti di kaki bukit. lempung ini memiliki sifat yang mirip dengan lempung residual, hanya saja lempung illuvial tidak ditemukan lagi batuan dasarnya.

3. Lempung alluvial

Lempung alluvial adalah lempung yang diendapkan oleh air sungai di sekitar atau disepanjang sungai. pasir akan mengendap di dekat sungai, sedangkan lempung akan mengendap jauh dari tempat asalnya.

4. Lempung rawa

Lempung rawa adalah lempung yang diendapkan di rawa-rawa. jenis lempung ini dicirikan oleh warnanya yang hitam. apabila terdapat di dekat laut akan mengandung garam. di Indonesia pada pembuatan batu bata merah dan genteng pada umumnya menggunakan lempung alluvial, karena sawah-sawahnya rata-rata mengandung lempung alluvial dan jarang sekali menggunakan lempung marin. tanah liat memiliki komposisi kimia sebagai berikut

- a. Silika (SiO_2), silika dalam bentuk sebagai kuarsa jika memiliki kadar yang tinggi akan menyebabkan tanah liat menjadi pasiran dan mudah slaking, kurang plastis dan tidak begitu sensitif terhadap pengeringan dan pembasahan.
- b. Alumina (Al_2O_3), terdapat dalam mineral lempung, feldspar dan mika. Kadar alumina yang tinggi akan memperlebar jarak temperature sintering. $3\text{Fe}_2\text{O}$

- c. Komponen besi ini dapat menguntungkan atau merugikan, tergantung jumlahnya dan sebar butirannya. makin tinggi kadar besi tanah liat, makin rendah temperature peleburan tanah liat. mineral besi yang berbentuk kristal engan ukuran yang besar dapat menyebabkan cacat pada permukaan produknya seperti pada batu bata atau keramik.
- d. CaO (kapur).terdapat dalam tanah liat dalam bentuk batu kapur. bertindak sebagai pelebur bila temperature pembakarannya mencapai lebih dari 11000C, 5.MgO, terdapat dalam bentuk dolomite, magnesit atau silikat. dapat meningkatkan kepadatan produk hasil pembakaran .
- e. Organik,bahan-bahan yang bertindak sebagai protektor koloid dan menaikkan keplastisan,misalnya : humus,bitumen dan karbon. bahan dasar pembuatan batu bata merah bersifat plastis, dimana tanah liat akan mengembang bila terkena air dan terjadi penyusutan bila dalam keadaan kering atau setelah proses pembakaran. tanah liat sebagai bahan dasar pembuatan batu bata merah mengalami proses pembakaran dengan temperatur yang tinggi hingga mengeras seperti batu. proses perubahan yang terjadi pada pembakaran tanah liat dalam suhu tertentu, yaitu: pada temperatur $\pm 150^{\circ}\text{C}$, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah liat pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah. pada temperatur antara 300°C - 600°C , air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah liat akan menguap dan akan menjadi kuat dan keras seperti batu.pada temperatur diatas 800°C , terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah liat dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata merah menjadi padat dan keras. senyawa-senyawa besi akan berubah menjadi senyawa

yang lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata merah. tanah liat yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah-pecah dan retak. tanah liat yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah liat ataulempung oleh pengaruh udara maupun air (Razak, 1987: 31)

c. Sifat tanah lempung

Tanah lempung mempunyai sifat - sifat khas yaitu dalam keadaan kering akan bersifat keras, apabila dalam keadaan basah akan bersifat lunak plastis dan kohesif, mengembang dan menyusut dengan cepat sehingga mempunyai perubahan volume yang besar dan itu terjadi karena pengaruh air, berkurang kuat gesernya bila struktur tanahnya terganggu. adapun sifat - sifat umum dari mineral lempung, yaitu:

a. Aktivitas

Aktivitas tanah lempung merupakan perbandingan antara indeks plastisitas (PI) dengan prosentase butiran yang lebih kecil dari 2 μm yang dinotasikan dengan huruf *C* dan disederhanakan dalam persamaan berikut:

$$A = \frac{PI}{C}$$

Aktivitas digunakan sebagai indeks untuk mengidentifikasi kemampuan mengembang tanah lempung. berikut klasifikasi mineral lempung berdasarkan nilai aktivitasnya :

a. *Montmorillonite* : tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 7,2$;

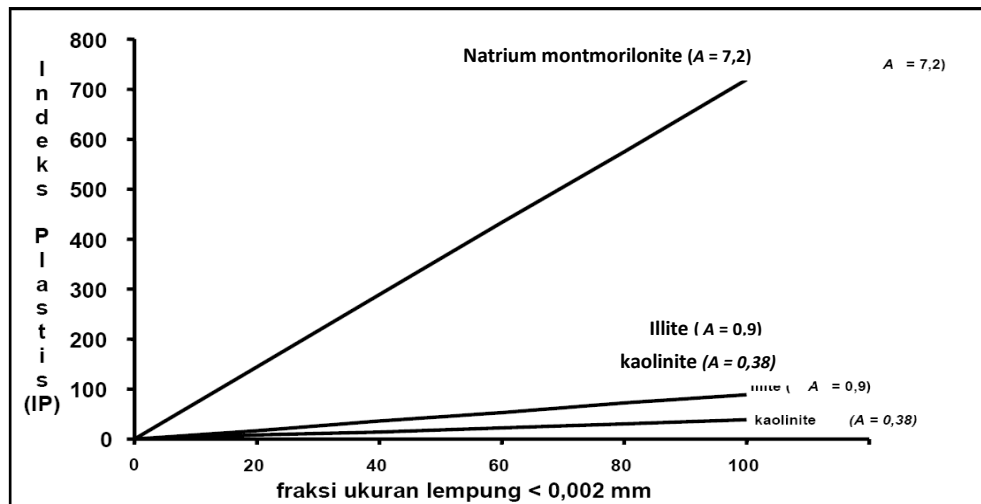
b. *Illite* : tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,9$ dan $< 7,2$;

c. *Kaolinite* : tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $\geq 0,38$ dan $< 0,9$;

dan

d. *Polygorskite* : tanah lempung dengan nilai aktivitas (A) $< 0,38$

Aktivitas Mineral Lempung sebagai berikut :



Gambar 1. Aktivitas mineral lempung

b. Hidrasi

Partikel mineral lempung biasanya bermuatan negatif sehingga partikel lempung hampir selalu mengalami hidrasi, yaitu dikelilingi oleh lapisan-lapisan molekul air dalam jumlah yang besar. lapisan ini sering mempunyai tebal dua molekul dan disebut lapisan difusi, lapisan difusi ganda atau lapisan ganda adalah lapisan yang dapat menarik molekul air atau kation yang disekitarnya. Lapisan ini akan hilang pada temperatur yang lebih tinggi dari 60°C - 100°C dan akan mengurangi plastisitas alamiah, tetapi sebagian air juga dapat menghilang cukup dengan pengeringan udara saja.

c. Pengaruh air

Fase air yang berada di dalam struktur tanah lempung adalah air yang tidak murni secara kimiawi. pada pengujian di laboratorium untuk batas

Atterberg, ASTM menentukan bahwa air suling ditambahkan sesuai dengan keperluan. pemakaian air suling yang relatif bebas ion dapat membuat hasil yang cukup berbeda dari apa yang di dapatkan dari tanah di lapangan dengan air yang telah terkontaminasi. air berfungsi sebagai penentu sifat plastisitas dari lempung. satu molekul air memiliki muatan positif dan muatan negatif pada ujung yang berbeda (*dipolar*). fenomena hanya terjadi pada air yang molekulnya dipolar dan tidak terjadi pada cairan yang tidak dipolar seperti karbon tetraklorida (CCl_4) yang jika dicampur lempung tidak akan terjadi apapun.

d. Flokulasi dan Dispersi

Apabila mineral lempung terkontaminasi dengan substansi yang tidak mempunyai bentuk tertentu atau tidak berkrystal (*amorphus*) maka daya negatif, ion-ion H^+ di dalam air, gaya Van der Waals, dan partikel berukuran kecil akan bersama-sama tertarik dan bersinggungan atau bertabrakan di dalam larutan tanah dan air. beberapa partikel yang tertarik akan membentuk *flok (flock)* yang berorientasi secara acak, atau struktur yang berukuran lebih besar akan turun dari larutan itu dengan cepatnya dan membentuk sendimen yang sangat lepas. flokulasi larutan dapat dinetralisir dengan menambahkan bahan-bahan yang mengandung asam (ion H^+), sedangkan penambahan bahan-bahan alkali akan mempercepat flokulasi. lempung yang baru saja berflokulasi dengan mudah tersebar kembali dalam larutan semula apabila digoncangkan, tetapi apabila telah lama terpisah penyebarannya menjadi lebih sukar karena adanya gejala *thixotropic*, dimana kekuatan didapatkan dari lamanya waktu. Sifat tanah lempung pada pembakaran sebagai berikut :

Tanah lempung yang dibakar akan mengalami perubahan seperti berikut (uraisyah,2010 dalam Ferdinand Bembim 2013) :

- a. Pada temperatur $\pm 150^{\circ}\text{C}$, terjadi penguapan air pembentuk yang ditambahkan dalam tanah lempung pada pembentukan setelah menjadi batu bata mentah.
- b. Pada temperatur antara $400^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$, air yang terikat secara kimia dan zat-zat lain yang terdapat dalam tanah lempung akan menguap.
- c. Pada temperatur diatas 800°C , terjadi perubahan-perubahan kristal dari tanah lempung dan mulai terbentuk bahan gelas yang akan mengisi pori-pori sehingga batu bata menjadi padat dan keras.
- d. Senyawa - senyawa besi akan berubah menjadi senyawa yang lebih stabil dan umumnya mempengaruhi warna batu bata.
- e. Tanah lempung yang mengalami susut kembali disebut susut bakar. susut bakar diharapkan tidak menimbulkan cacat seperti perubahan bentuk (melengkung), pecah, pecah dan retak. tanah lempung yang sudah dibakar tidak dapat kembali lagi menjadi tanah lempung oleh pengaruh udara maupun air.

Sistem klasifikasi tanah adalah suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda-beda tapi mempunyai sifat yang serupa ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok-sub kelompok berdasarkan pemakaiannya.(Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah memberikan bahasa yang mudah untuk menjelaskan secara singkat sifat-sifat tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terperinci.

Klasifikasi tanah juga berfungsi untuk *study* yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi, dan sebagainya (Bowles, 1989).

Adapun sistem klasifikasi tanah tersebut sebagai berikut :

a. Klasifikasi tanah berdasarkan *Unified system*

Sistem klasifikasi tanah ini yang paling banyak dipakai untuk pekerjaan teknik pondasi seperti untuk bendungan, bangunan dan konstruksi yang sejenis. sistem ini biasa digunakan untuk desain lapangan udara dan untuk spesifikasi pekerjaan tanah untuk jalan. klasifikasi berdasarkan *Unified system* (Das. Braja. M, 1988), tanah dikelompokkan menjadi :

1. Tanah butir kasar (*Coarse-grained-soil*) yaitu tanah kerikil dan pasir dimana kurang dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal G atau S. G adalah untuk kerikil (*gravel*) dan S untuk pasir (*sand*) atau tanah berpasir.
2. Tanah berbutir halus (*fine-grained-soil*) yaitu tanah dimana lebih dari 50% berat total contoh tanah lolos ayakan no. 200. Simbol dari kelompok ini dimulai dengan huruf awal M untuk lanau (*silt*) anorganik, C untuk lempung (*clay*) anorganik, dan O untuk lanau organik dan lempung organik. Simbol PT digunakan untuk tanah gambut (*peat*), *muck*, dan tanah-tanah lain dengan kadar organik yang tinggi.
3. Tanah organik yang dapat dikenal dari warna, bau, dan sisa tumbuh-tumbuhan yang terkandung di dalamnya.

Klasifikasi tanah berdasarkan system Unified sebagai berikut :

Tabel 5 Klasifikasi Tanah Berdasarkan Sistem *Unified*

Divisi Utama		Simbol	Nama Umum	Kriteria Klasifikasi			
Tanah berbutir kasar ≥ 50% butiran tertahan saringan No. 200	Kerikil 50% ≥ fraksi kasar tertahan saringan No. 4	GW	Kerikil bergradasi-baik dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk GW			
		GP	Kerikil bergradasi-buruk dan campuran kerikil-pasir, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus				
		GM	Kerikil berlanau, campuran kerikil-pasir-lanau				
		GC	Kerikil berlempung, campuran kerikil-pasir-lempung				
	Pasir ≥ 50% fraksi kasar lolos saringan No. 4	Pasir bersih (hanya pasir)	SW	Pasir bergradasi-baik, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus	$Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $Cc = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$ Antara 1 dan 3 Tidak memenuhi kedua kriteria untuk SW		
			SP	Pasir bergradasi-buruk, pasir berkerikil, sedikit atau sama sekali tidak mengandung butiran halus			
		Pasir dengan butiran halus	SM	Pasir berlanau, campuran pasir-lanau		Batas-batas <i>Atterberg</i> di bawah garis A atau $PI < 4$ Bila batas <i>Atterberg</i> berada didaerah arsir dari diagram plastisitas, maka dipakai dobel simbol	
			SC	Pasir berlempung, campuran pasir-lempung			
		Tanah berbutir halus 50% atau lebih lolos ayakan No. 200	Lanau dan lempung batas cair ≤ 50%	ML		Lanau anorganik, pasir halus sekali, serbuk batuan, pasir halus berlanau atau berlempung	Diagram Plastisitas: Untuk mengklasifikasi kadar butiran halus yang terkandung dalam tanah berbutir halus dan kasar. Batas <i>Atterberg</i> yang termasuk dalam daerah yang di arsir berarti batasan klasifikasinya menggunakan dua simbol.
				CL		Lempung anorganik dengan plastisitas rendah sampai dengan sedang lempung berkerikil, lempung berpasir, lempung berlanau, lempung "kurus" (<i>lean clays</i>)	
OL	Lanau-organik dan lempung berlanau organik dengan plastisitas rendah						
Lanau dan lempung batas cair ≥ 50%	MH		Lanau anorganik atau pasir halus diatomae, atau lanau diatomae, lanau yang elastis				
	CH		Lempung anorganik dengan plastisitas tinggi, lempung "gemuk" (<i>fat clays</i>)				
	OH		Lempung organik dengan plastisitas sedang sampai dengan tinggi				
Tanah-tanah dengan kandungan organik sangat tinggi	PT	<i>Peat</i> (gambut), <i>muck</i> , dan tanah-tanah lain dengan kandungan organik tinggi	Manual untuk identifikasi secara visual dapat dilihat di ASTM Designation D-2488				
Sumber : Hary Christady, 1996.							

b. Sistem Klasifikasi AASTHO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai *Public Road Administration Classification System*. Berdasarkan sifat tanahnya dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

1. Kelompok tanah berbutir kasar (<35% lolos saringan no.200) sebagai berikut:

Tabel 6 Tanah berbutir kasar

Kode	Karakteristik Tanah
A – 1	Tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat plastis.
A – 2	Terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir halus lolos saringan no.200 dan tidak plastis.
A – 3	Kelompok batas tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%),

2. Kelompok tanah berbutir halus (>35% lolos saringan no.200).sebagi berikut :

Tabel 7 Tanah berbutir halus

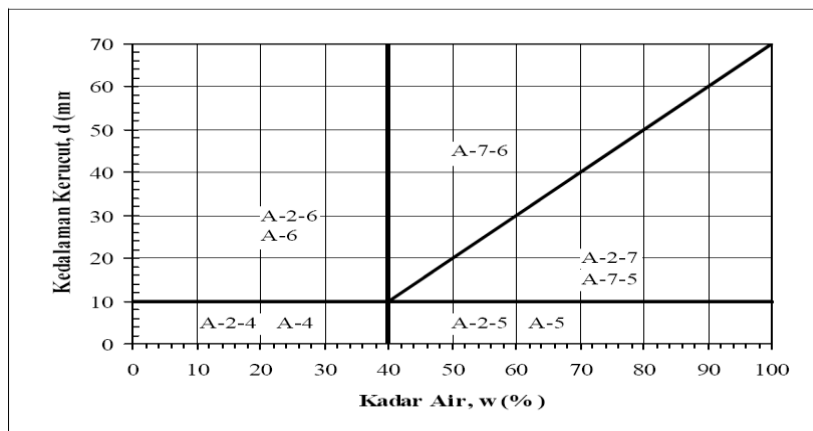
Kode	Karakteristik Tanah
A – 4	Tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah
A – 5	Tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir – butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari A – 4.
A – 6	Tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.
A – 7	Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

Adapun sistem klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria sebagai ukuran butir. dan plastis. ukuran butir. sistem klasifikasi AASHTO sebagi berikut :

Tabel 8. Ukuran butir sistem klasifikasi AASHTO

Kerikil	Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
Pasir	Tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0.075 mm).
Lanau dan Lempung	Tanah yang lolos ayakan No. 200.

Plastisitas merupakan kemampuan tanah yang dapat menyesuaikan bentuk pada volume konstan tanpa retak-retak atau pun remuk. hal itu bergantung pada kadar air, tanah dapat berbentuk cair, plastis, semi padat, atau padat. lanau dipakai apabila bagian – bagian halus dari tanah mempunyai indeks plastis sebesar 10 atau kurang, sedangkan lempung dipakai jika bagian – bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisnya sebesar 11 atau lebih. Nilai-nilai batas Atterberg untuk subkelompok tanah sebagai berikut :

**Gambar 2.** Nilai-nilai batas Atterberg untuk subkelompok tanah

2. *Fly ash*

fly ash merupakan material yang memiliki ukuran butiran yang halus, berwarna keabu-abuan dan diperoleh dari hasil pembakaran batubara. pada intinya *fly ash* mengandung unsur kimia antara lain silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5). Menurut ASTM C618 *fly ash* dibagi menjadi tiga kelas yaitu *fly ash* kelas F, kelas C dan N. perbedaan utama dari ketiga tersebut adalah banyaknya kalsium, silika, aluminium dan kadar besi di *fly ash* tersebut. walaupun kelas F dan kelas C sangat ketat ditandai untuk digunakan *fly ash* yang memenuhi spesifikasi ASTM C618, namun istilah ini lebih umum digunakan berdasarkan asal produksi batu bara atau kadar CaO . yang penting diketahui, bahwa tidak semua *fly ash* dapat memenuhi persyaratan ASTM C618, kecuali pada aplikasi untuk beton, persyaratan tersebut harus dipenuhi.

Fly ash kelas F Merupakan *fly ash* yang diproduksi dari pembakaran batubara *anthracite* atau *bituminous*, mempunyai sifat pozzolanic dan untuk mendapatkan sifat *cementitious* harus diberi penambahan quick lime, hydrated lime, atau semen. *fly ash* kelas F ini kadar kapurnya rendah ($\text{CaO} < 10\%$).

Fly ash kelas C Diproduksi dari pembakaran batubara lignite atau sub-bituminous selain mempunyai sifat pozzolanic juga mempunyai sifat self-cementing (kemampuan).

Fly ash Kelas N Pozzolan alam, seperti tanah diatome, shale, tufa, abu gunung merapi atau pumice.

Sebenarnya abu terbang tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen, namun dengan kehadiran air dan ukurannya yang halus, oksida silika yang dikandung di dalam abu batu bara akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan akan menghasilkan zat yang memiliki kemampuan yang mengikat (Djiwantoro, 2001) partikel *fly ash* kebanyakan berbentuk seperti butiran kaca, padat, berlubang, berbentuk bola kosong berlubang yang disebut *cenosphere*, atau berbentuk bulatan yang sedikit mengandung *fly ash* disebut *plerospheres*. butiran *fly ash* sangat halus (*silt size* 0,074 – 0,005 mm) dan sebagian besar lolos ayakan no. 325 (45 mm) sehingga cocok sebagai *pozzolan* pada beton. *fly ash* yang dikumpulkan dengan cara elektrik akan mempunyai ukuran butiran yang lebih halus, kandungan kimia yang lebih tinggi dan unsur karbon yang lebih kecil dibanding dengan yang dikumpulkan secara mekanik. *fly ash* memiliki berat jenis antara 2,15 – 2,8 g/cm³. berat jenis ini umumnya ditentukan dari total berat unsur-unsur kimia yang dikandung dan besarnya volume bola-bola yang terbentuk (Cockrelletal, 1970). menurut PP 18 tahun 1999 juncto PP 85 tahun 1999 abu terbang (*fly ash*) digolongkan sebagai limbah B-3 (bahan berbahaya dan beracun) dengan kode limbah D 223 dengan bahan pencemar utama adalah logam berat, yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan.

a. Manfaat *Fly ash* (abu terbang)

Manfaat *fly ash* (abu terbang) ini sudah mengalami berbagai penelitian yang sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. pada umumnya. *fly ash* (abu terbang) ini memiliki pemanfaatan yang bermacam – macam untuk bidang konstruksi maupun lainnya, seperti :

1. Batu Bata

Batu bata dari *fly ash* telah digunakan untuk konstruksi rumah di Windhoek, Namibia sejak tahun 1970, akan tetapi batu bata tersebut akan cenderung untuk gagal atau menghasilkan bentuk yang tidak teratur. hal ini terjadi ketika batu bata tersebut kontak dengan air dan reaksi kimia yang terjadi menyebabkan batu bata tersebut memuai. pada Mei 2007, Henry Liu pensiunan Insinyur Sipil dari Amerika mengumumkan bahwa dia menemukan sesuatu yang baru terdiri dari *fly ash* dan air. di padatkan pada 4000 psi dan diperam 24 jam pada temperatur 668°C *steam bath*, kemudian dikeraskan dengan bahan *air entrainment*, batu bata berakhir untuk lebih dari 100 *freeze-thaw cycle*. metode pembuatan batu bata ini dapat dikatakan menghemat energi, mengurangi polusi merkuri dan biayanya 20% lebih hemat dari pembuatan batu bata tradisional dari lempung. batu bata dari *fly ash* kelas C dan di press dengan mesin *Baldwin Hydraulic*.

3. Material Konstruksi Jalan

Fly ash kelas F dan kelas C keduanya dapat digunakan sebagai mineral *filler* untuk pengisi *void* dan memberikan kontak point antara partikel agregat yang lebih besar pada campuran *aspalt concrete*. aplikasi ini digunakan sebagai pengganti *portland cement* atau *hydrated lime*. untuk penggunaan perkerasan aspal, *fly ash* harus memenuhi spesifikasi *filler* mineral yang ada di ASTM. sifat *hydrophobic* dari *fly ash* memberikan daya tahan yang lebih baik untuk perkerasan dan tahan terhadap *stripping*. *fly ash* juga dapat meningkatkan *stiffness* dari matrix aspal, meningkatkan daya tahan terhadap *rutting* dan meningkatkan *durability* campuran. selain itu abu terbang batubara memiliki berbagai kegunaan yang amat beragam antara lain :

1. Penyusun beton untuk jalan dan bendungan
2. Penimbun lahan bekas pertambangan
3. *Recovery magnetik, cenosphere* dan karbon
4. Bahan baku keramik, gelas, batubata, dan refraktori
5. Bahan penggosok (*polisher*)
6. Filler aspal, plastik, dan kertas
7. Pengganti dan bahan baku semen
8. Aditif dalam pengolahan limbah (*waste stabilization*)

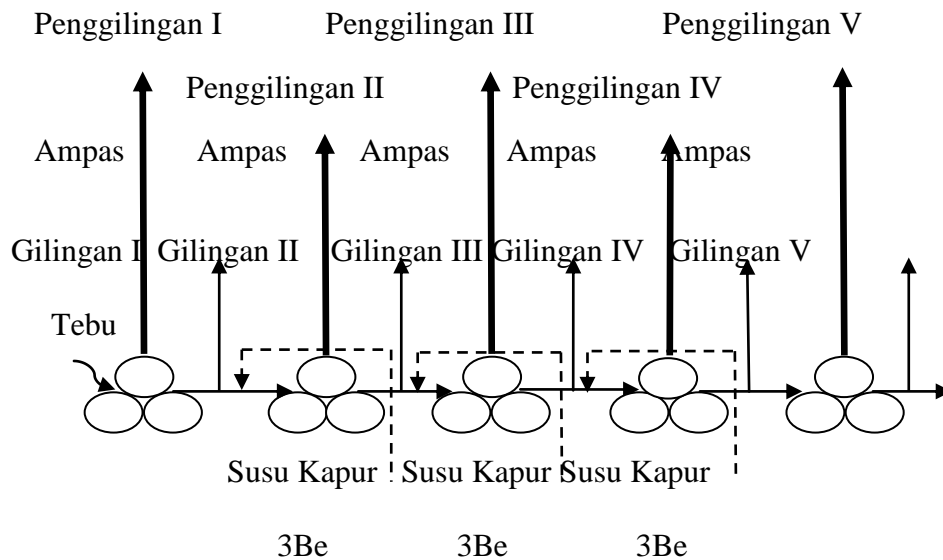
3. *Portland Cement*

Fly ash digunakan untuk pengganti *portland cement* pada beton karena mempunyai sifat *pozzolanic*. sebagai *pozzoland* sangat besar meningkatkan strength, durabilitas dari beton. penggunaan *fly ash* dapat dikatakan sebagai faktor kunci pada pemeliharaan beton tersebut. penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian berat semen pada umumnya terbatas pada *fly ash* kelas F. *fly ash* tersebut dapat menggantikan semen sampai 30% berat semen yang dipergunakan dan dapat menambah daya tahan dan ketahanan terhadap bahan kimia. *Fly ash* juga dapat meningkatkan *workability* dari semen dengan berkurangnya pemakaian air. produksi semen dunia pada tahun 2010 diperkirakan mencapai 2 milyar ton, di mana penggantian dengan *fly ash* dapat mengurangi emisi gas carbon secara dramatis.

3. Abu Ampas Tebu

Ampas tebu yang dipergunakan adalah ampas tebu yang telah mengalami proses penggilingan kelima kali. ampas tebu sendiri merupakan hasil limbah buangan yang berlimbah dari proses pembuatan gula (+30% dari kapasitas giling). secara

garis besar, proses produksi dari tebu menjadi ampas tebu .proses penggilingan tebu sebagai berikut :



Gambar 3. Proses penggilingan tebu

Ampas tebu yang berlimpah tersebut telah dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada ketel uap (pesawat untuk memproduksi uap pada suatu jumlah tertentu pada setiap jamnya dengan suatu tekanan dan suhu tertentu pula besarnya) dimana energi yang dihasilkan dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik tenaga uap.

Pemanfaatan serat ampas ebu

1. Di mesir telah diadakan penelitian bahwa ampas tebu dapat dimanfaatkan sebagai komponen penyusunan dalam pembuatan keramik ..
2. Telah dicobakan pemanfaatan ampas tebu sebagai campuran semen dengan perbandingan 1semen 12 ampas tebu, dan ternyata memberi hasil yang lebih kuat, ringan dan tahan terhadap kondisi agresif, dan tentu saja membutuhkan biaya yang lebih ekonomis.

3. Telah dicoba dalam pembuatan panil gypsum, dimana ampas tebu dipakai sebagai bahan tambah mampu menghasilkan panil gypsum yang memiliki kuat lentur yang baik

Tiap berproduksi, pabrik gula selalu menghasilkan limbah yang terdiri dari limbah padat, cair dan gas. limbah padat, yaitu ampas tebu (*bagasse*), abu boiler dan blotong (*filter cake*). ampas tebu merupakan limbah padat yang berasal dari perasan batang tebu ini banyak mengandung serat dan gabus. kelebihan ampas tebu dapat membawa masalah sebab ampas bersifat meruah sehingga menyimpannya perlu area yang luas. ampas mudah terbakar sebab di dalamnya banyak mengandung air, gula, serat, dan mikroba sehingga bila tertumpuk akan termentasi dan melepaskan panas. untuk mengatasi kelebihan ampas tebu adalah dengan membakarnya untuk mengurangi jumlah ampas tebu. pembakaran ampas tebu inilah yang menghasilkan abu ampas tebu. komposisi abu pembakaran ampas tebu sebagai berikut :

Tabel 9 Komposisi abu pembakaran ampas tebu

Senyawa Kimia	Presentase (%)
SiO ₂	71
Al ₂ O ₃	1,9
Fe ₂ O ₃	7,8
CaO	3,4
MgO	0,3
KzO	8,2
P2O5	3,0
MnO	0,2

(Sumber : Dubey dan Varma *Sugar By-Products & Subsidiary Industries* dalam Kian dan Susesno, 2002)

C. Proses pembuatan batu bata

1. Tanah lempung di uji di laboratorium tanah untuk mengetahui sifat fisik tanah asli.
2. Tanah lempung di tambah , air, abu batu bara dan ampas tebu tersebut di campur dengan merata sehingga tercampuran semua nya.
3. Campuran untuk siap cetak tersebut di lakukan pemeraman selama 3 minggu.
4. Pengambilan sampel pemeraman pada mesin cetak batayang siap untuk di bentuk sesuai dengan ukuran nya..
5. Batu bata mentah yang sudah. dipotong kemudian di jemur selama tiga minggu
6. Proses berikutnya adalah membakar batu bata dengan suhu yang telah di tentukan kurang lebih 24 jam

D. Proses Pembakaran Batu Bata

Dari seluruh proses pembuatan batu bata, maka pada tahap pembakaran adalah tahap yang paling menentukan berhasilnya tidak usaha ini. jika pembakaran gagal, maka pengusaha akan mengalami kerugian total. karena, bahan pembuatan batu bata hanya dibakar sekali, jika tidak matang sepenuhnya, maka bahan pembuatan batu bata tersebut tidak dapat dimatangkan lagi dengan pembakaran yang kedua.

Pembakaran batu bata dapat dilakukan dengan menyusun batu bata secara bertingkat dan bagian bawah tumpukan itu diberi terowongan untuk kayu bakar. bagian samping tumpukan ditutup dengan batu bata setengah matang dari proses pembakaran sebelumnya atau batu bata yang sudah jadi. sedangkan bagian atasnya ditutup dengan batang padi dan lumpur tanah liat.

Saat kayu bakar telah menjadi bara menyala, maka bagian dapur atau lubang tempat pembakaran tersebut di tutup dengan lumpur tanah liat. tujuannya agar panas dan

semburan api selalu mengangah dalam tumbukan bata. proses pembakaran ini memakan waktu 1 – 2 hari tergantung jumlah batu bata yang dibakar.

Pada saat musim kemarau, proses penjemuran tanah liat itu hanya memerlukan waktu sekitar dua hari. namun, saat musim hujan proses penjemuran tanah liat itu bisa memakan waktu hingga sepekan lebih. proses yang terakhir yaitu membakar tanah liat yang telah dijemur itu. cetakan tanah liat yang sudah berbentuk persegi panjang itu ditata sedemikian rupa di atas tungku pembakaran dan proses pembakaran batu bata memerlukan waktu lebih lama dibanding pada pembakaran saat musim kemarau.