

BAB III

LANDASAN TEORI

Pada bab ini membahas tentang dasar-dasar teori yang akan dipergunakan dan juga sebagai tuntunan untuk merumuskan pengujian. Pengujian yang dimaksud disini adalah pengujian *small specimen* dan pengujian *medium specimen*.

3.1 *Small Speciment*

Uji *small specimen* merupakan pengujian dimensi, berat volume, berat jenis, uji serapan air, *rupture*, kuat tekan bata. Pada pengujian ini lebih ditekankan pada pengujian karakteristik material baik dari segi fisik, bentuk, ukuran dan kematangan bata. Sebelum diuji karakteristiknya bata terlebih dahulu diuji secara visual untuk mengetahui kualitas bata tersebut.

3.1.1 Uji Dimensi (SNI-10)

Pada uji dimensi ini baik bata merah maupun batu kapur diukur panjang, lebar dan tebal dilakukan paling sedikit 3 kali pada satu bata, untuk menentukan ukuran-ukuran bata dipakai 10 buah benda percobaan. Dari hasil pengukuran panjang, lebar dan tebal, tiap-tiap bata dihitung rata-ratanya dan dinyatakan dalam mm. Untuk tiap-tiap bata penyimpangan yang terbesar dari ukuran-ukuran

menurut syarat, ditentukan dalam % panjang, lebar dan tebal rata-rata ialah jumlah panjang, lebar dan tebal rata-rata tiap-tiap bata dibagi dengan sepuluh.

3.1.2 Uji Berat Volume Kering

Pada uji berat volume kering ini bata merah dan batu kapur yang akan diuji dikeringkan terlebih dahulu dalam oven dengan suhu 110 °C-115 °C selama 24 jam setelah bata merah dan batu kapur kering maka dikeluarkan dari oven dan ditimbang untuk mendapatkan berat kering, setelah berat kering didapat maka bata merah dan batu kapur tersebut diukur dimensinya untuk mendapatkan volume kering.

Kalkulasi uji berat volume kering sebagai berikut:

$$BV = \frac{Wk_1}{Vk_1} \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana:

BV = Berat volume kering (gr/cm^3)

Wk_1 = Berat kering awal (gr)

Vk_1 = Volume kering awal (cm^3)

3.1.3 Uji Berat Jenis

Pada uji berat jenis ini sampel yang digunakan adalah sama dengan sampel pada uji berat volume kering akan tetapi sebelum bata merah dan batu kapur dioven terlebih dahulu diukur dimensinya untuk mendapatkan volume asal. Setelah itu bata merah dan batu kapur tersebut dikeringkan dalam oven dengan

suhu 110 °C-115 °C selama 24 jam setelah bata merah dan batu kapur kering maka bata merah dan batu kapur tersebut ditimbang untuk mendapatkan berat kering, setelah berat kering didapat maka bata merah dan batu kapur direndam air selama 24 jam setelah direndam bata merah dan batu kapur ditimbang untuk mendapatkan berat jenuh setelah berat jenuh didapat bata merah dan batu kapur dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu 110 °C-115 °C dan ditimbang untuk mendapatkan berat kering setelah direndam air.

Kalkulasi berat jenis sebagai berikut:

$$BJ = \frac{Wk_1}{Va - Vpori} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$Vpori = \frac{Ws - Wk_2}{\delta_{air}} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana:

BJ = Berat jenis bata (gr/cm^3)

Wk_1 = Berat kering awal (gr)

Va = Volume asal (cm^3)

$Vpori$ = Volume pori (cm^3)

Ws = Berat jenuh (gram)

Wk_2 = Berat kering akhir (gram)

δ_{air} = Berat jenis air ($1 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

3.1.4 Uji Jenuh Air (SNI NI-10)

Pada uji jenuh air ini berguna untuk mengetahui kemampuan bata merah dan batu kapur dalam menyerap air, dengan harapan bata dalam keadaan jenuh.

Sehingga dapat diketahui berapa besar persentase kadar air yang terserap pada bata merah dan batu kapur dan umumnya dianggap baik bila kadar jenuh airnya kurang dari 20%. Uji ini terlebih dahulu mencari berat bata merah dan berat batu kapur yang telah direndam dalam air bersih selama 24 jam. Untuk mencari berat kering bata merah dan batu kapur dapat dilihat pada penjelasan Sub Bab 3.1.3.

Kalkulasi uji serapan air sebagai berikut :

$$\text{Jenuh air (C)} = \frac{W_s - W_{k_1}}{W_{k_1}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

W_{k_1} = Berat kering awal (kg)

W_s = Berat jenuh (kg)

C = Jenuh air (% dari W_k)

Bentuk uji jenuh air dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Uji Jenuh Air

3.1.5 Uji Tekan (*Compressive Strength*) (SNI NI-10 dan SII)

Pada uji tekan bata diambil 10 buah benda percobaan. Bata-bata tadi diukur dimensinya kemudian dilakukan uji kuat tekan.

Pada uji tekan bata merah dan batu kapur menunjukkan mutu dan kelas kuat tekannya. Kuat tekan sebuah benda percobaan didapat sebagai hasil bagi beban tekan tertinggi dan luas bidang tekan terkecil. Nilai standar mutu bata merah berdasarkan kuat tekan rata-rata dapat dilihat pada peraturan bata merah sebagai bahan bangunan SII, seperti tertera pada Tabel 3.1 dan peraturan bata merah sebagai bahan bangunan SNI NI-10, seperti tertera pada Tabel 3.2.

Tabel 3.1. Mutu dan Kuat Tekan Bata (SII)

Kelas	Kuat tekan Rata-rata (kg/cm ²)
25	25
50	50
100	100
150	150
200	200
250	250

Tabel 3.2. Mutu dan Kuat Tekan Bata (SNI NI-10)

Mutu Bata Merah	Penyimpangan Dimensi Test	Kuat Tekan (kg/cm ²)
1	Tidak ada	> 100
2	1 dari 10	100-80
3	2 dari 10	80-60

Kalkulasi kuat tekan bahan uji sebagai berikut : (ASTM/C-67)

$$\text{Kuat Tekan (Compressive strength) (Cs)} = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots(3.5)$$

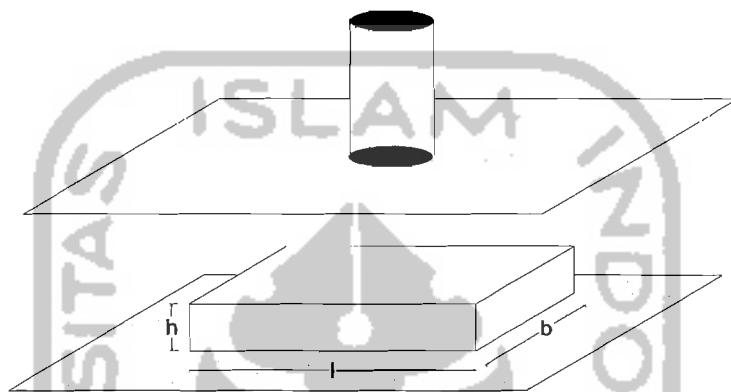
Dimana :

C_s = Kuat tekan specimen/bahan uji (kg/cm^2)

P_{max} = Maksimum pembebanan (kg)

A = Luas bidang (cm^2)

Bentuk uji tekan bata dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Uji Tekan Bata (sumber SNI-10)

3.1.6 Uji *Modulus of Rupture (Flexure Test)*

Pada uji lentur/*Modulus of rupture* bata merah dan batu kapur adalah untuk mengetahui tegangan dalam serat yang paling jauh, di hitung berdasarkan rumus lenturan elastis untuk momen lentur ultimit yang ditentukan secara eksperimental dari bahan yang melentur. Uji *modulus of rupture* dilakukan dengan cara meletakkan bata secara mendatar dan pembebanan diberikan pada tengah bentang.

Dukungan pada bata harus dapat bebas berotasi arah memanjang dan melintang, dengan demikian tidak ada gaya yang bekerja pada arah tersebut.

Kalkulasi kuat lentur/*rupture* sebagai berikut : (ASTM/C-67)

$$\text{Modulus of rupture}(S) = \frac{3P_{\max} l_s}{2bh^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

S = Modulus of rupture specimen/bahan uji (kg/cm^2)

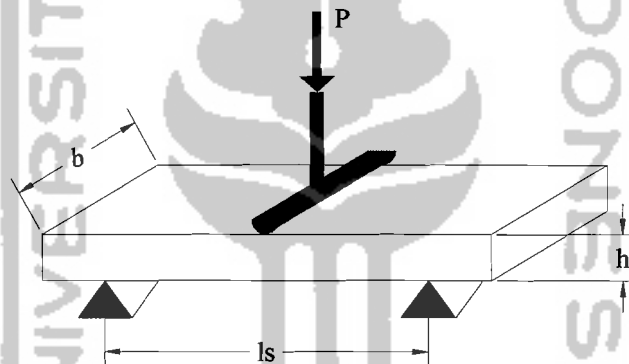
P_{\max} = Maksimum pembebanan (kg)

l_s = Jarak dukungan (cm)

b = Lebar bata (cm)

h = tinggi bata (cm)

Bentuk uji seperti terlihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Uji Modulus of Rupture bata

3.1.7. Uji Kandungan Lumpur Pasir

Pada uji kandungan lumpur pasir bertujuan untuk mengetahui berapa persentase lumpur yang terkandung dalam pasir. Lumpur merupakan butiran halus yang melekat pada pasir. Dikarenakan berat jenis pasir lebih besar dari pada lumpur, maka pada waktu pasir dicuci dan didiamkan beberapa saat pasir mengendap lebih cepat daripada lumpur. Kandungan lumpur yang terdapat didalam pasir akan dapat mengurangi adhesi pada campuran beton atau mortar.

Kandungan lumpur ini didapat dengan cara memasukkan pasir didalam gelas ukur 250 cc yang diisi dengan air setinggi 12 cm kemudian dikocok-kocok berulang kali setelah dikocok-kocok didiamkan kurang lebih satu menit apabila air belum jernih maka harus diulang sampai air jernih, setelah air sudah jernih maka pasir dituang dalam piring dan dimasukkan dalam oven dengan suhu 110 °C-115 °C setelah pasir kering lalu ditimbang kemudian dibandingkan dengan pasir sebelum dicuci dan didapatlah berat kandungan lumpur.

Dalam PBI 1971 Bab 3 Pasal 3.3 Ayat 3 disebutkan "Agregat halus (pasir) tidak boleh mengandung Lumpur lebih dari 5 % berat (ditentukan terhadap berat kering) yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm, apabila kadar lumpur melampaui 5 % berat maka agregat halus bisa diurai.

Kalkulasi uji kandungan lumpur dapat dihitung dengan rumus:

$$Kl = \frac{Bo - B}{Bo} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.7)$$

Dimana:

Kl = Kandungan lumpur (% dari Bo)

Bo = Berat awal pasir (gram)

B = Berat akhir pasir (gram)

3.1.8. Uji Tekan Mortar

Pada uji tekan mortar bermaksud untuk mendapatkan besarnya kuat tekan mortar (*compressive strength*) secara aksial dan mendapatkan regangan mortar sampai mortar tersebut patah (*failure*).

(ASTM/C-270) menyarankan perbandingan berat mortar seperti dalam Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Perbandingan berat mortar

Mortar	Semen	Kapur	Pasir
I	1	0	3
II	1	0.5	4
III	1	1	5
IV	1	2	8
V	1	3	10

Dalam penelitian ini dipakai perbandingan berat mortar tipe III dengan perbandingan berat semen : kapur : pasir (1 : 1 : 5).

Permukaan tekan benda uji harus datar dan sebesar 5 x 5 cm dengan ketebalan 5 cm dan besar agregat 1,6 s/d 10 mm. Pengujian tekan mortar (ASTM/C-576) dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan hasilnya dapat dihitung dengan rumus.

$$\text{Kuat Tekan (Compressive strength) } (C_s) = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots(3.8)$$

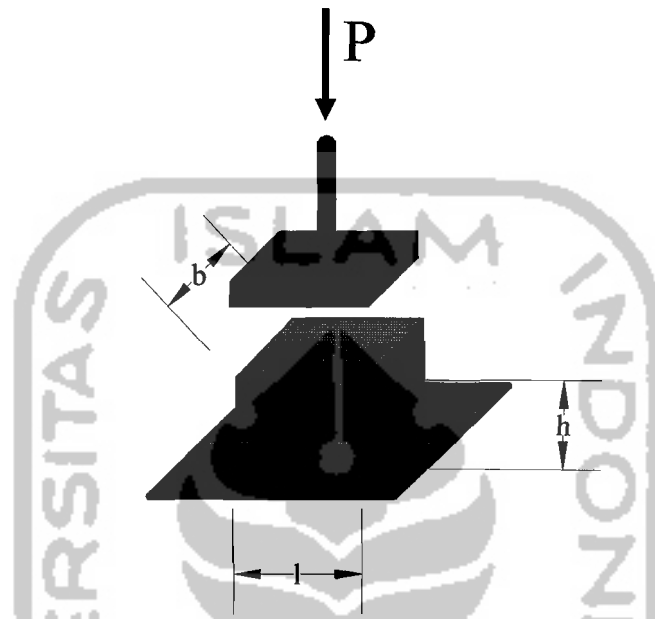
Dimana :

C_s = Kuat tekan maksimum (kg/cm²)

P_{\max} = Beban Maksimum (kg)

A = Luas permukaan (cm²)

Bentuk pengujian tekan mortar, Gambar 3.4.

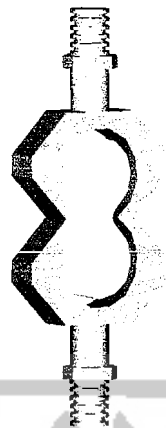


Gambar 3.4. Uji Tekan Mortar

3.1.9. Uji Tarik Mortar

Pada uji tarik mortar ini dimaksudkan agar dapat mengetahui kuat tarik dari daya tahan sifat kimia mortar, keenceran dan kesatuan bahan mortar. Ukuran lebar (b) dan tebal (d) pada daerah penyempitan adalah 25 mm ($\pm 0,25$ mm untuk lebar dan $\pm 0,05$ mm untuk tebal).

Pada uji tarik mortar dapat dilakukan apabila sampel uji tarik sudah berumur 28 hari. Kuat tarik (kg/cm^2) didapatkan dari besar kuat penarikan (kg) per luasnya (cm^2). Uji tarik mortar (ASTM/C-307) dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Uji Tarik Mortar (sumber ASTM/C-307)

3.1.10 Uji Lekatan Mortar Dengan Bata Merah Atau Batu Kapur

Pada uji lekatan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kuat lekat antara bata merah satu dengan bata merah yang lain atau kuat lekat antara batu kapur satu dengan batu kapur yang lain dengan cara saling disilangkan. Luas permukaan lekatan adalah luas dari lebar-lebar bata tersebut. Mortar diletakkan diantaranya dengan tebal $10 \text{ mm} \pm 3.2 \text{ mm}$. Biasanya minimum 24 jam mortar

untuk menjadi keras sebelum menahan bahan uji dan pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari.

Kerusakan yang mungkin terjadi pada uji lekatan dapat bersifat adhesi, kohesi maupun keduanya. Rusak adhesi adalah rusak antar lekatan bata dengan mortar, sedangkan rusak kohesi adalah rusak pada bata atau mortar.

Uji lekat yang dimaksud pada uji ini yaitu kuat lekat antara mortar dengan bata. Mortar yang digunakan yaitu perbandingan berat campuran semen : kapur : pasir dengan perbandingan 1:1:5 (ASTM/C-270).

Kalkulasi uji lekatan sebagai berikut : (ASTM/C-321)

$$\text{Kuat Lekatan (Bond Strength) (Bs)} = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots(3.9)$$

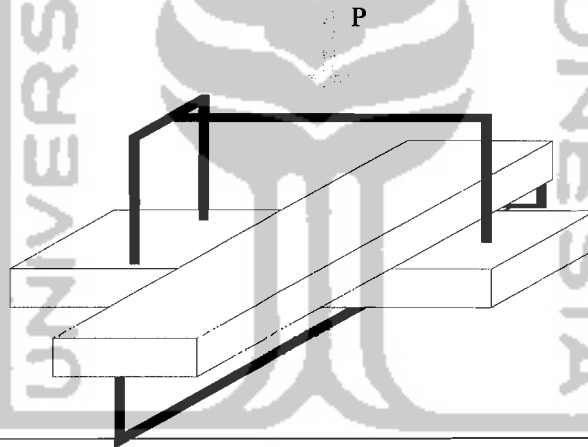
Dimana :

Bs = Kuat lekatan/Bond Strength (kg/cm^2)

P_{\max} = Maksimum pembebanan (kg)

A = Luasan dari tumpuan mortar (cm^2)

Bentuk uji lekatan seperti terlihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Uji Lekatan bata (sumber ASTM/C-321)

Hasil yang diperoleh dari kuat lekatan ini adalah kuat lekatan rata-rata benda uji dan model keruntuhan yang terjadi.

3.2 Medium Specimen

Pada uji *medium specimen* ini merupakan pengujian kuat lentur pasangan, kuat tekan pasangan dan kuat geser pasangan. Dari uji ini bisa diketahui seberapa besar kuat lekat dari pasangan bata tersebut.

3.2.1 Uji Tekan Pasangan

Pada uji tekan pasangan bata merah dan batu kapur merupakan pengujian yang dilakukan pada pasangan bata merah dan batu kapur yang telah dipleser. Kuat tekan yang diberikan pada pasangan bata merah dan batu kapur adalah gaya yang bekerja pada seluas bidang dengan satu susunan bata merah dan batu kapur keatas. Ketinggian pasangan bata merah dan batu kapur dibuat dengan rasio 2 s/d 5 tebal satu buah bata merah dan batu kapur dan tebal setiap mortarnya 10 mm.

Uji tekan pasangan ini bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan yang dihasilkan untuk mengimbangi gaya vertikal yang terjadi akibat beban dari *ring balk* maupun beban atap. Gaya vertikal dipengaruhi oleh gravitasi bumi yang bekerja seumur bangunan tersebut, uji tekan pasangan dilakukan setelah umur sampel 28 hari dan setelah dirawat dengan menggunakan air laut. Kuat tekan pasangan bata dihitung berdasarkan (ASTM/E-447) .

$$\text{Kuat Tekan (Compressive strength) } (Cs) = \frac{P_{\max}}{A} \dots\dots\dots(3.10)$$

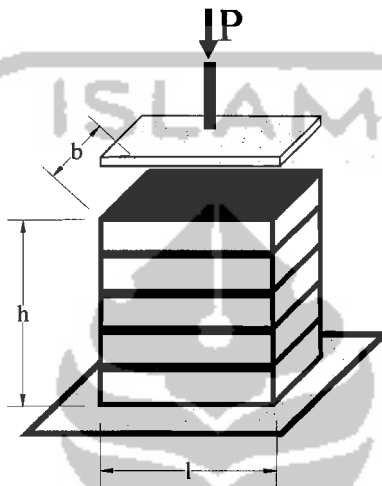
Dimana:

C_s = Kuat tekan *specimen* (kg/cm^2)

P_{max} = Beban maksimum (kg)

A = Luas pembebanan (cm^2)

Bentuk uji tekan pasangan bata dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Uji Tekan Pasangan Bata

Metode tes standar untuk kuat tekan dinding pasangan mengacu pada ASTM/E-447 dengan membandingkan data kuat tekan pasangan bata merah dan batu kapur yang dikerjakan di laboratorium, dengan ketentuan :

- a. minimum tiga dinding pasangan sebagai bahan uji,
- b. panjang dari dinding pasangan harus lebih besar dari ketebalannya,
- c. ukuran ratio tinggi pasangan bata terhadap tebal satu buah bata tidak kurang dari dua dan tidak lebih dari lima ($h/t \leq 2$ s/d 5),
- d. ketebalan mortar dalam *joint*/hubungan minimum 10 mm, dan
- e. uji tekan pasangan bata dilaksanakan pada umur 28 hari.

3.2.2 Uji Lentur Pasangan

Pada kuat lentur disini diasumsikan bahwa beban angin dan gempa dapat membebani dinding pasangan bata merah dan batu kapur sehingga dinding pasangan bata merah dan batu kapur akan mengalami lenturan yang diakibatkan oleh beban angin dan gempa. Beban yang terjadi bolak-balik, mengakibatkan dinding mengalami lenturan. Uji lentur pasangan ini bertujuan untuk mengetahui besar kekuatan yang dihasilkan untuk mengimbangi gaya horisontal yang tegak lurus dengan bidang pasangan yang terjadi.

Metode ini menentukan kekuatan lentur tembok/dinding pasangan yang tidak diperkuat. Metode yang digunakan mengacu pada ASTM/E-518 dengan metode A yakni uji menggunakan balok sederhana dengan pembebanan 2 titik. Ketebalan minimal 460 mm dan ketebalan mortar $10 \pm 1,5$ mm dan paling sedikit 3 sampel benda uji. Uji lentur pasangan dilakukan pada umur 28 hari dengan perawatan memakai air laut dengan uji beban 2 titik.

Kalkulasi kuat lentur pasangan dengan pembebanan 2 titik sebagai berikut :

(ASTM/E-518)

$$R = \frac{(P_{\max} + 0,75P_s)l_s}{bh^2} \dots\dots\dots(3.11)$$

Dimana :

R = Modulus rupture/lentur untuk gross area (kg/cm^2)

P_{\max} = Maksimum pembebanan (kg)

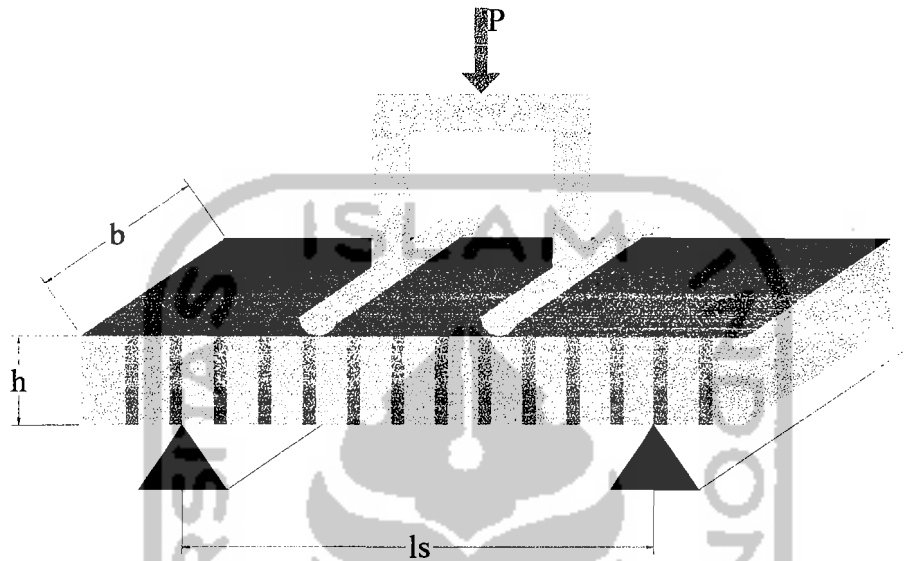
P_s = Berat specimen/bahan uji (kg)

l_s = Jarak antar dukungan (cm)

b = Lebar *specimen* (cm)

h = Tinggi *specimen* (cm)

Bentuk uji lentur pasangan seperti terlihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Uji Lentur pasangan bata (sumber ASTM/E-518)

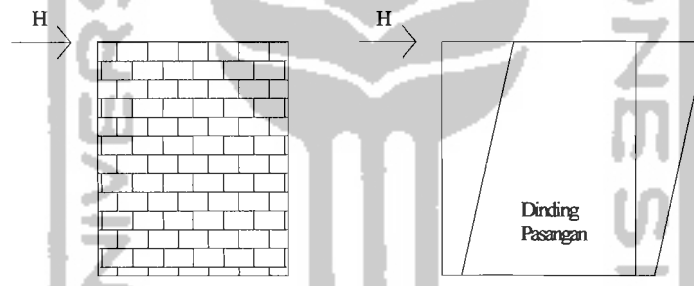
3.2.3 Uji Geser Pasangan

Untuk mendapatkan sudut yang proporsional pada uji geser pasangan maka pasangan bata merah dan batu kapur dibuat berbentuk bujur sangkar. Pembebanan diberikan pada satu sisi diagonal. Sehingga kerusakan yang terjadi adalah geser diagonal yang tegak lurus dengan diagonal pembebanan dan desak pada daerah yang searah dengan diagonal pembebanan.

Dinding pasangan bata merah dan batu kapur dibuat dengan ukuran $\pm 36 \times 36$ cm dengan jarak antara bata ± 10 mm. Uji geser pasangan dilakukan setelah umur sampel 28 hari dengan perawatan menggunakan air laut.

Untuk memberikan gaya yang tepat diagonal maka dibuatkan sepatu pembebanan berbentuk sudut dari bujur sangkar. Sepatu pembebanan ini diletakkan pada sudut-sudut yang berlawanan. Pembebanan dilakukan secara vertikal diagonal. Maka dari itu pasangan bata merah dan batu kapur didirikan sehingga sepatu pembebannya tepat tengah-tengah mesin/alat pembebanan.

Uji geser pasangan ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan yang dihasilkan untuk mengimbangi gaya *horizontal*/gempa. Metode ini digunakan untuk menentukan kuat geser diagonal dinding pasangan bata merah dan batu kapur yang menggunakan plesteran untuk dinding *structural*. Model yang terjadi akibat gaya geser ditunjukkan pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Gaya Geser yang terjadi pada dinding

Metode ini untuk menentukan kuat geser maksimum dinding pasangan. Dengan menggunakan *specimen*/bahan uji pada posisi diagonal, menunjukkan model keruntuhan tegangan diagonal dengan *specimen* yang terpisah paralel pada arah beban. Uji geser pasangan bata dilakukan pada umur 28 hari dengan perawatan menggunakan air laut.

Kalkulasi kuat geser pasangan sebagai berikut : (ASTM/E-519)

$$\text{Kuat Geser (Shear Stress) } (S_s) = \frac{0.707 P_{\max}}{A_n} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

S_s = Tegangan geser pada netto area (kg/cm^2)

P_{\max} = Beban maksimum (kg)

A_n = Luasan netto dari *specimen* (cm^2), yang didapat dari :

$$A_n = \frac{b+h}{2} dn \dots\dots\dots(3.13)$$

Dimana:

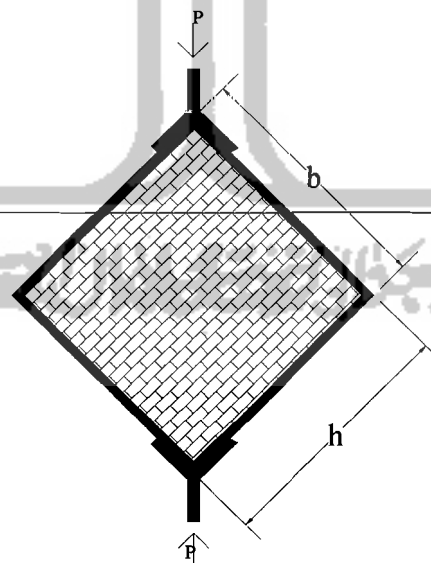
b = Lebar *specimen*/bahan uji (cm)

h = Tinggi *specimen*/bahan uji (cm)

d = Ketebalan total dari *specimen*/bahan uji (cm)

n = Prosentase *gross area* dari unit solid, dinyatakan dengan desimal

Bentuk uji geser pasangan seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Uji Geser pasangan bata (sumber ASTM/E -519)