

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Pendahuluan

Untuk mengetahui secara teoritis tentang batako tanpa pasir yang menjadi obyek pada penelitian ini, maka dalam bab ini akan dikemukakan teori-teori yang berkenaan dengan batako tanpa pasir tersebut.

3.2. Bahan

Komposisi pembentuk batako tanpa pasir ini terdiri dari tiga komponen yaitu semen, agregat dan air, sehingga menghasilkan perbandingan komposisi yang lebih sederhana jika dibandingkan dengan batako biasa, yaitu :

- a. Perbandingan berat air dengan semen biasanya disebut sebagai faktor air semen (fas).
- b. Perbandingan volume agregat dengan semen.

Dengan demikian, batako tanpa pasir ini merupakan suatu gumpalan butiran limbah bangunan pasca gempa yang saling merekat. Butiran-butiran tersebut dapat melekat dan menjadi satu kesatuan yang utuh karena diikat oleh pasta semen.

3.2.1. Semen Portland

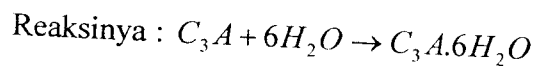
Semen adalah bahan hidrolis berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang mengandung unsur-unsur kimia seperti kapur (CaO), silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3) dan oksida besi (Fe_2O_3), yang bersifat

hidrolis dengan gypsum sebagai bahan tambahan (PUBI, 1982). Pada semen portland, komponen terbesar adalah kapur, yaitu berkisar antara 60% - 65 %. Semen portland dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen pada suhu 1550° C, dan menjadi klinker (Tjokrodinuljo, 1992). Kemudian klinker tersebut digiling ingá halus dan kemudian ditambahkan gypsum (CaSO₄).

Dalam beton semen berfungsi sebagai bahan pengikat/ perekat (apabila diberi air) untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu ikatan yang kompak, dalam arti menjadi satu kesatuan yang padat. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai pengisi ruang atau pori yang terjadi antara agregat.

Reaksi kimia antara semen portland dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Senyawa-senyawa yang dihasilkan pada reaksi kimia tersebut (Ngatidjo, 2003) adalah :

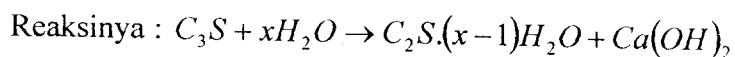
- Trikalsium Aluminat (C₃A), bereaksi dengan air berlangsung dengan sangat cepat membentuk kalsium aluminat hidrat serta pelepasan panas yang besar, sehingga akan menimbulkan massa yang kaku/ keras. Proses reaksi ini dikenal sebagai proses pengikatan semen, dan panasnya disebut sebagai panas hidrasi (panas pengikatan).



Ikatan oksida C₃A dalam semen berguna untuk memulai proses pengerasan beton.

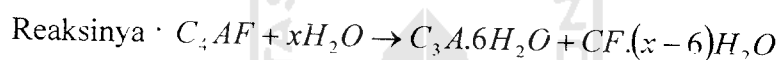
- Trikalsium Silikat (C₃S), bereaksi dengan air berlangsung dengan lambat, mula-mula pada permukaan butiran semen terbentuk kalsium silikat yang

berbentuk gel dan sisa CaO bereaksi dengan air membentuk Ca(OH)_2 . Reaksi ini akan terus berlangsung sampai butiran semen mengalami hidrasi yang selanjutnya mengalami pengerasan.



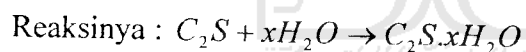
Ikatan oksida C_3S berfungsi sebagai pengatur atau pembentuk kekuatan awal dari beton.

- Tetrakalsium Aluminoforit (C_4AF), bereaksi dengan air, reaksi ini terjadi hampir sama dengan C_3A .



C_4AF berfungsi sebagai penurun temperatur pada pembentukan klinker.

- Dikalsium Silikat (C_2S), bereaksi dengan air berlangsung lambat dan berfungsi membentuk kekuatan akhir pada beton.



Jenis-jenis semen yang terdapat di Indonesia (PUBI, 1982), dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut ini :

Tabel 3.1. Jenis-jenis semen

Jenis I	- untuk penggunaan umum - tidak memerlukan syarat-syarat khusus
Jenis II	- mempunyai ketahanan terhadap sulfat - panas hidrasinya sedang
Jenis III	- mempunyai kekuatan awal tinggi
Jenis IV	- panas hidrasinya rendah
Jenis V	- sangat tahan terhadap sulfat

Sumber : persyaratan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI, 1982)

3.2.2. Agregat

Agregat adalah butiran partikel mineral yang digunakan bersama-sama dengan semen untuk membentuk beton. Agregat batuan pada beton memiliki porsi terbesar, yaitu 60% - 80%. Pemilihan agregat sangat penting karena akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortarnya.

Berdasarkan berat jenisnya, agregat dibedakan menjadi tiga, yaitu agregat berat, agregat normal dan agregat ringan. Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari $2,8 \text{ kg/dm}^3$. Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara $2,5 - 2,7 \text{ kg/dm}^3$. Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari $2,0 \text{ kg/dm}^3$.

Berdasarkan sumbernya, agregat dibagi menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Agregat alami adalah agregat yang diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami degradasi secara alami atau dengan menggunakan mesin pemecah batu. Agregat buatan adalah agregat yang dengan sengaja dibuat dengan spesifikasi tertentu seperti kerak tanur tinggi yang digunakan untuk konstruksi beton berat/ mutu tinggi.

Berdasarkan gradasi ukuran agregatnya terbagi menjadi dua macam, yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat yang berukuran kurang dari 4,8 mm, agregat ini biasanya disebut dengan pasir yang biasa diperoleh disungai, tanah galian atau bisa juga diperoleh dari hasil pemecahan batu. Agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari 4,8 mm, agregat ini biasa disebut dengan kerikil, batu pecah (*split*).

Agregat yang akan digunakan dalam campuran haruslah memenuhi kondisi *saturated surface dry* (SSD), yaitu agregat dalam keadaan jenuh kering muka sehingga agregat tersebut tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastinya (Tjokrodimuljo, 1992).

Pemilihan agregat yang tepat akan sangat berpengaruh terhadap campuran beton. Agregat dengan permukaan yang kasar lebih dianjurkan daripada agregat yang memiliki permukaan yang lebih halus, karena permukaan yang kasar dapat meningkatkan rekatan yang terjadi antara agregat dan semen.

3.2.3. Air

Air merupakan bahan dasar yang sangat penting dalam pembuatan beton. Didalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama adalah untuk memungkinkan reaksi kimia yang akan menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, fungsi yang kedua adalah sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan dalam pencetakan atau pembuatan sampel (Murdock dan Brook, 1986).

Faktor air semen (fas) merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kekuatan desak beton, selain jumlah semen dan jenis agregat kasar yang digunakan. Jika fas terlalu tinggi maka akan mengakibatkan pasta semen mengalir kebawah meninggalkan agregat kasar, tetapi jika fas terlalu rendah maka pasta semen tidak cukup untuk merekatkan butir-butir agregat kasar dan mempersulit pengerjaannya sehingga tidak dapat dipadatkan dengan baik.

Air yang digunakan harus memenuhi persyaratan kualitas air (Tjokrodimuljo, 1992), yaitu :

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang) lebih dari 2 gr/liter.
- b. Tidak boleh mengandung garam dan zat yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 1,5 gr/liter.
- c. Tidak mengandung klorid lebih dari 0,5 gr/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1,0 gr/liter.

Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI, 1971), persyaratan kualitas air yang dapat digunakan adalah :

- a. Tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan bahan organis dan bahan-bahan lain yang dapat merusak beton atau baja tulangan. Sebaiknya dalam pemakaian air digunakan air yang benar-benar bersih.
- b. Apabila masih ragu dalam menggunakan air, dianjurkan untuk meneliti air tersebut untuk diketahui kandungan zat-zat yang terdapat dalam air tersebut.
- c. Apabila pemeriksaan air tersebut tidak dilakukan, maka dianjurkan diadakan percobaan perbandingan kekuatan tekan beton dengan memakai tersebut dengan yang menggunakan air bersih. Air tersebut dianggap dapat dipakai jika kekuatan tekan beton yang memakai air tersebut pada umur 7 hari dan 28 hari minimal 90% dari kekuatan tekan beton yang memakai air bersih yang percobaannya dilakukan pada umur beton yang sama.
- d. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan dengan ukuran yang tepat.

Air untuk perawatan umumnya harus memenuhi syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Misalkan untuk perawatan selanjutnya keasaman air tersebut tidak boleh memiliki *pH* kurang dari 7 dan tidak boleh mengandung kapur (Sagel, Kole, Kusuma, 1993). Dapat juga dipakai air seperti yang dipakai pada proses pengadukan, tetapi harus tidak menimbulkan noda atau endapan yang dapat merusak warna permukaan sehingga tidak bagus untuk dilihat. Besi dan zat organik yang terdapat didalam air umumnya sebagai penyebab utama terjadinya pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan yang dilakukan cukup lama.

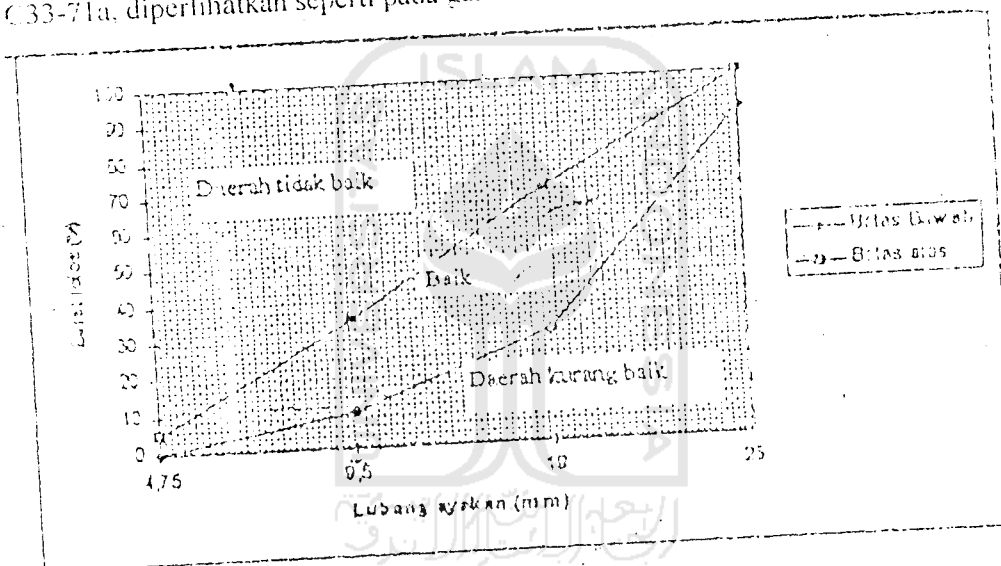
3.3. Gradasi Agregat

Gradasi adalah keragaman distribusi tiap ukuran butir (PURI, 1982). Tingkat gradasi mempengaruhi jumlah volume pori yang terjadi dan juga dapat mempengaruhi jumlah kebutuhan perekat (semen) yang dipakai. Semakin bervariasi ukuran butir agregat yang digunakan, maka akan semakin kecil pori diantara butiran, semakin rapat/ mampat dan semakin sedikit pula bahan perekat yang digunakan untuk merekatkan dan mengisi ruang diantara butiran. Selain itu, gradasi agregat juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi *workabilitas* atau kemudahan pengerjaannya.

Pada beton, biasanya terdapat sekitar 60% - 80% volume agregat. Agregat yang memiliki gradasi yang baik adalah yang menghasilkan angka pori yang rendah, yaitu butir-butir antar agregatnya saling mengisi rongga didalam butir yang lebih besar. Agregat merupakan bahan yang banyak terdapat didalam beton,

semakin banyak persentase agregat yang digunakan dalam campuran maka akan semakin murah harga beton, dengan syarat campuran tersebut masih cukup mudah dikerjakan dan kekuatannya memenuhi syarat.

Gradasi agregat dinyatakan dalam nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lolos saringan dalam susunan ayakan dengan ukuran tertentu (76 mm; 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,3 mm dan 0,15 mm). Batas gradasi agregat yang biasa digunakan menurut ASTM Standar C33-71a, diperlihatkan seperti pada gambar 3.1 dibawah ini (Neville, 1975) :



Gambar 3.1 Grafik Batas-batas Gradasi Agregat Kasar
Sumber: ASTM Standar C33-71a

3.4. Modulus Halus Butir

Modulus butir halus (*fineness modulus*) adalah suatu indeks yang dipakai untuk menjadi ukuran kehalusan atau kekasaran butir-butir agregat (Tjokrodinuljo, 1992). Modulus halus butir (mhb) ini didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif dan butir-butir agregat yang tertinggal diatas set ayakan dan kemudian dibagi seratus.

Makin besar nilai modulus halus butir menunjukkan bahwa semakin besar butir-butir agregat. Pada umumnya pasir mempunyai modulus halus butir antara 1,5 sampai 3,8. Adapun untuk kerikil memiliki modulus halus butir antara 5 sampai 8.

3.5. Persiapan dan Pemeriksaan Bahan

1. Pemeriksaan Berat Satuan Semen

Pemeriksaan berat satuan semen dilakukan untuk mengetahui nilai dari berat satuan yang dimiliki oleh semen yang digunakan. Langkah-langkah pemeriksaan berat satuan semen adalah sebagai berikut :

- Siapkan tabung silinder, lalu ditimbang. Berat tabung silinder kosong sebagai (W1).
- Semen kemudian dimasukkan kedalam tabung silinder secara bertahap. Pada ketinggian $\frac{1}{3}$ tabung silinder, semen tersebut ditusuk-tusuk dengan tongkat penumbuk yang memiliki diameter 16 mm dan panjang 60 cm. Demikian juga ketika semen yang dimasukkan kedalam tabung mencapai ketinggian $\frac{2}{3}$, setelah semen penuh kemudian diratakan.
- Tabung silinder yang berisi semen ditimbang dengan timbangan. Berat tabung + semen sebagai (W2).
- Menghitung volume tabung silinder (V) yang digunakan, dengan

$$\text{rumus } V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : D = diameter tabung silinder

t = tinggi tabung silinder

- Berat satuan semen adalah selisih berat tabung berisi semen (W_2) dengan berat tabung kosong (W_1), dibagi volume tabung (V).

$$\text{Beras satuan semen} = \frac{W_2 - W_1}{V} = \dots\dots\dots (3.2)$$

2. Penyaringan Agregat

Agregat kasar disaring menggunakan ayakan yang berukuran 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,15 mm; pan.

3. Perendaman Agregat

Agregat limbah bangunan pasca gempa yang berasal dari Ds. Tarungan, Kec. Wedi. Kab. Klaten ini direndam dalam air selama 24 jam. Setelah itu, agregat tersebut diangkat dan langsung dikeringkan dengan kain sampai permukaannya tidak diselimuti air. Ini dilakukan agar agregat dapat memperoleh kondisi *saturated surface dry* (SSD), sehingga agregat yang terpakai tidak menyerap air dalam campuran.

4. Pemeriksaan Berat Satuan Agregat

Pemeriksaan berat satuan agregat sama seperti yang dilakukan pada pemeriksaan berat satuan semen. Pemeriksaan berat satuan agregat dilakukan dalam keadaan SSD. Langkah-langkah pemeriksaan berat satuan agregat adalah sebagai berikut :

- Siapkan tabung silinder, lalu ditimbang. Berat tabung silinder kosong sebagai (W_1).
- Agregat kasar yang telah bersih dimasukkan kedalam tabung silinder secara bertahap. Pada ketinggian $\frac{1}{3}$ tabung silinder, agregat tersebut ditusuk-tusuk dengan tongkat penumbuk yang memiliki

diameter 16 mm dan panjang 60 cm. Demikian juga agregat yang dimasukkan kedalam tabung mencapai ketinggian $\frac{2}{3}$. Setelah agregat penuh, kemudian diratakan.

- Tabung silinder yang berisi agregat kasar ditimbang dengan timbangan. Berat tabung + agregat sebagai (W2).
- Menghitung volume tabung silinder (V) yang digunakan, dengan

$$\text{rumus } V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana : D = diameter tabung silinder

t = tinggi tabung silinder

- Berat satuan semen adalah selisih berat tabung berisi semen (W2) dengan berat tabung kosong (W1), dibagi volume tabung (V).

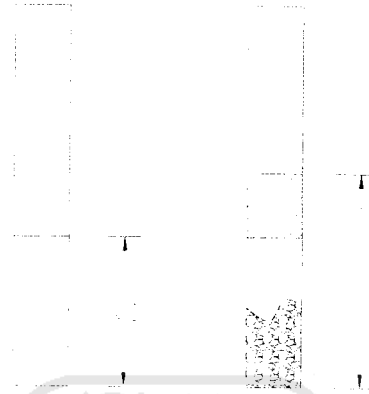
$$\text{Beras satuan semen} = \frac{W_2 - W_1}{V} = \dots\dots\dots (3.4)$$

5. Pemeriksaan Berat Jenis Agregat

Langkah-langkah pemeriksaan berat jenis agregat adalah sebagai berikut :

- Ambil agregat kasar secukupnya dalam keadaan *saturated surface dry* (SSD), kemudian ditimbang dengan timbangan ketelitian sampai 0.01 gr sebagai (W).
- Ambil air secukupnya (V1), kemudian disisihkan kedalam gelas ukur berkapasitas 1000 ml.
- Agregat yang sudah diketahui beratnya dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisi air yang telah diketahui volumenya. Kemudian

terjadi perubahan volume air (V_2), seperti yang terlihat pada gambar 3.2 dibawah ini.



- Berat jenis agregat adalah perbandingan berat agregat (W) dengan selisih perubahan volume air ($V_2 - V_1$).

$$\text{Berat jenis agregat} = \frac{W}{V_2 - V_1} = \dots\dots\dots (3.5)$$

6. Pembuatan Variasi Gradasi Agregat

Pada penelitian ini, variasi gradasi agregat limbah beton pasca gempa yang dibuat terdiri dari 10 macam variasi gradasi agregat.

3.6. Perencanaan Kebutuhan Bahan

Pada penelitian ini, campuran yang digunakan pada batako tanpa pasir adalah dengan perbandingan volume semen : agregat yaitu 1 : 7, dan faktor air semen (fas) sebesar 0,38.

Perhitungan perencanaan kebutuhan bahan yang akan digunakan :

1. Volume padat untuk masing-masing bahan

- Volume padat semen

$$\text{Volume padat semen} = \frac{1 \times \text{berat satuan semen}}{\text{berat jenis semen}} \dots\dots\dots (3.6)$$

- Volume padat agregat yang lolos saringan 19,0 mm dan tertahan saringan 9,60 mm (agregat A)

$$\text{Vol pdt agr A} = \frac{(6 \times \text{persentase agr A}) \times \text{brt satuan agr A}}{\text{brt jenis agr A}} \dots (3.7)$$

- Volume padat agregat yang lolos saringan 9,60 mm dan tertahan saringan 4,80 mm (agregat B)

$$\text{Vol pdt agr B} = \frac{(5 \times \text{persentase agr B}) \times \text{brt satuan agr B}}{\text{brt jenis agr B}} \dots (3.8)$$

- Volume padat air

$$\text{Volume padat air} = f_{as} \times \text{berat satuan semen} \dots\dots\dots (3.9)$$

- Udara dalam campuran adalah 10%, untuk campuran beton dengan pemadatan yang tidak baik (Murdock dan Brook, 1986).

- Volume campuran beton

$$\begin{aligned} \text{Vol camp beton} = & (\text{vol padat semen} + \text{vol padat agr A} \\ & + \text{vol padat agr B} + \text{vol padat air}) \times 1,10 \dots (3.10) \end{aligned}$$

2. Kebutuhan volume bahan untuk per m³ beton

- Volume semen

$$\text{Volume semen} = \frac{1}{\text{volume campuran beton}} \dots\dots\dots (3.11)$$

- Volume agregat A

$$Volume\ agr\ A = \frac{6 \times persentase\ agr\ A}{volume\ campuran\ beton} \dots\dots\dots (3.12)$$

- Volume agregat B

$$Volume\ agr\ B = \frac{6 \times persentase\ agr\ B}{volume\ campuran\ beton} \dots\dots\dots (3.13)$$

- Volume air

$$Volume\ air = \frac{fas \times berat\ jenis\ semen}{volume\ campuran\ beton} \dots\dots\dots (3.14)$$

3. Kebutuhan berat bahan untuk per m³ beton

- Berat semen

$$W_{semen} = volume\ semen \times berat\ satuan\ semen \dots\dots\dots (3.15)$$

- Berat agregat A

$$W_{agr\ A} = volume\ agr\ A \times berat\ satuan\ agr\ A \dots\dots\dots (3.16)$$

- Berat agregat B

$$W_{agr\ B} = volume\ agr\ B \times berat\ satuan\ agr\ B \dots\dots\dots (3.17)$$

- Berat air

$$W_{air} = fas \times berat\ semen \dots\dots\dots (3.18)$$

4. Kebutuhan berat bahan untuk satu adukan beton

$$\begin{aligned} Volume\ 1\ cetakan &= 37,5 \times 17,5 \times 9,5\ cm^3 \\ &= 6234,38\ cm^3 \\ &= 0,0062\ m^3 \end{aligned}$$

Volume 1 adukan = volume 5 cetakan

$$= 5 \times 0,0062$$

$$= 0,031 \text{ m}^3$$

- Berat semen 1 adukan

$$W_{\text{semen 1 adukan}} = \text{volume 1 adukan} \times \text{berat semen} \dots\dots\dots (3.19)$$

- Berat agregat A 1 adukan

$$W_{\text{agr A 1 adukan}} = \text{volume 1 adukan} \times \text{berat agr A} \dots\dots\dots (3.20)$$

- Berat agregat B 1 adukan

$$W_{\text{agr B 1 adukan}} = \text{volume 1 adukan} \times \text{berat agr B} \dots\dots\dots (3.21)$$

- Berat air 1 adukan

$$W_{\text{air 1 adukan}} = \text{volume 1 adukan} \times \text{berat air} \dots\dots\dots (3.22)$$

3.7. Kuat Desak

Kuat desak adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu.

Perhitungan kekuatan desak dengan menggunakan rumus :

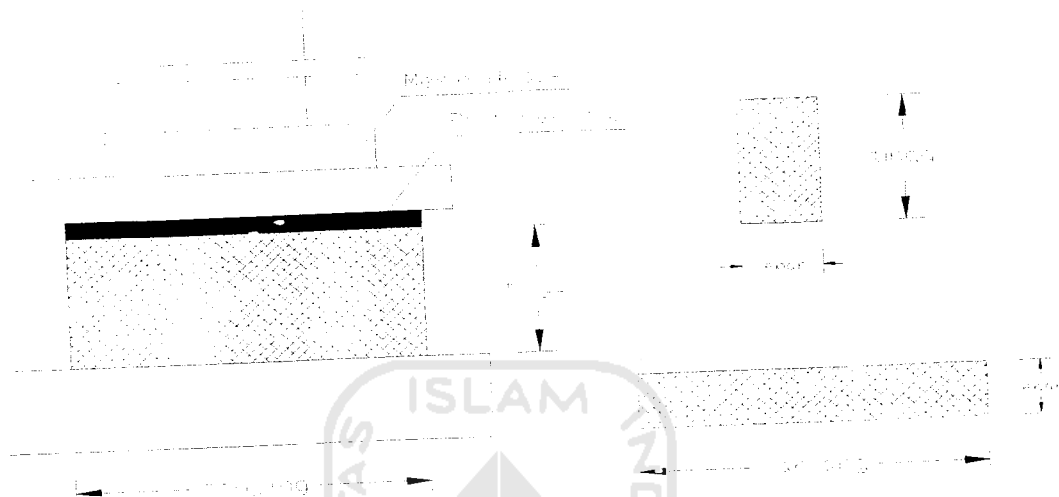
$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.23)$$

dimana : $f'c$ = kuat desak

P = beban maksimum yang diterima benda uji

A = luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung

Untuk lebih jelasnya mengenai proses pengujian yang dilakukan pada batako tanpa pasir seperti yang terlihat pada gambar 3.3 berikut ini.



Kuat desak beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain perbandingan air semen dan tingkat pemadatannya. Faktor-faktor tersebut antara lain (Murdock dan Brook, 1986) :

a. Jenis semen dan kualitasnya

Jenis semen dan kualitasnya sangat mempengaruhi kekuatan rata-rata dan kuat batas beton.

b. Jenis dan lekuk-lekuk bentuk bidang permukaan agregat

Penggunaan agregat dengan permukaan yang berpori dan kasar akan menghasilkan beton dengan kekuatan desak yang lebih besar daripada penggunaan agregat yang memiliki permukaan halus.

c. Efisiensi dan perawatan

Pengeringan dan perawatan yang dihentikan sebelum waktunya akan menyebabkan beton kehilangan kekuatan sampai dengan 40%, sehingga perawatan beton adalah hal yang sangat penting/ vital pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.

d. Faktor usia

Pada keadaan normal, kekuatan beton bertambah sesuai dengan umurnya, tetapi penambahan kekuatan yang sangat nampak perkembangannya adalah pada rentang usia 0 – 28 hari. Pengerasan terus berlangsung secara lambat sampai beberapa tahun.

