

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), dan
- b. perbandingan volume semen dengan agregat.

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

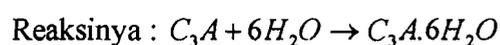
3.2.1 Semen *Portland*

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 antar 60-65%. Semen *portland* dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen pada suhu $1550^{\circ}C$, dan menjadi *klinker* (Tjokrodinuljo, 1992). Kemudian *klinker* tersebut digiling hingga halus dan kemudian ditambahkan *gypsum* ($CaSO_4$).

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 dan padat. Selain itu juga dapat berfungsi sebagai pengisi ruang atau pori yang terjadi antara agregat.

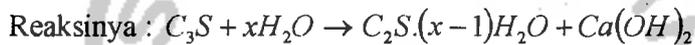
Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa-senyawa yang disertai dengan pelepasan panas. Senyawa-senyawa yang dihasilkan pada reaksi kimia tersebut (Ngatidjo, 2003) adalah :

- Trikalsium Aluminat ($3CaO.Al_2O_3$) atau disingkat dengan simbol C_3A , bereaksi dengan air berlangsung 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 hidratisasi (panas pengikatan).



Ikatan oksida C_3A dalam semen berguna untuk memulai proses pengerasan beton.

- Trikalsium Silikat ($3CaO.SiO_2$) dengan simbol C_3S , bereaksi dengan air berlangsung lambat, mula-mula pada permukaan butir semen terbentuk kalsium silikat yang berbentuk gel dan sisa CaO bereaksi dengan air membentuk $Ca(OH)_2$. Reaksi ini terus berlangsung sampai butiran semen mengalami hidrasi yang selanjutnya menyebabkan pengerasan.



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

- Tetrakalsium Aluminoferit ($4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$) dengan simbol C_4AF , bereaksi dengan air. Reaksi yang terjadi hampir sama dengan C_3A .



C_4AF berfungsi sebagai penurun temperatur pada pembentukan *klinker*.

- Dikalsium Silikat ($2CaO.SiO_2$) dengan simbol C_2S , bereaksi dengan air berlangsung lambat yang berfungsi membentuk kekuatan akhir dari beton.



Jenis-jenis semen yang terdapat di Indonesia (PUBI 1982), dapat dilihat seperti 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 di 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 60-30%. Pemilihan agregat sangat penting karena akan sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortarnya.

Berdasar 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 berkisar antara $2,5-2,7 \text{ kg/dm}^3$. Sedangkan agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari $2,0 \text{ kg/dm}^3$.

Berdasarkan sumbernya agregat terbagi menjadi dua, yaitu agregat alami dan agregat buatan. Agregat alami 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, seperti kerak tanur tinggi yang digunakan untuk konstruksi-konstruksi beton berat.

Berdasarkan gradasi ukuran agregat terbagi menjadi dua yaitu agregat halus dan agregat kasar. Agregat halus adalah agregat yang berukuran kurang dari $4,8\text{ mm}$. Agregat ini biasa disebut sebagai pasir yang bisa diperoleh dari sungai, tanah galian atau bisa juga dari hasil pemecahan batu. Agregat kasar adalah agregat yang berukuran lebih besar dari $4,8\text{ mm}$ biasa disebut kerikil, batu pecah atau *split*.

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

Pemilihan agregat yang tepat akan sangat berpengaruh. Agregat dengan permukaan yang kasar lebih dianjurkan dari pada agregat yang memiliki permukaan yang lebih halus, karena agregat dengan 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. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua fungsi, yang pertama, untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan yang kedua, sebagai pelincir campuran kerikil, pasir dan semen agar memudahkan percetakan (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 akan mengakibatkan pasta semen mengalir ke bawah meninggalkan agregat kasar, tetapi jika fas terlalu rendah maka pasta semen tidak cukup untuk merekatkan butir-butir agregat kasar dan mempersulit pengerjaannya sehingga beton 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/ltr*.
- b. Tidak boleh mengandung garam dan zat yang dapat merusak beton (asam, zat organik) lebih dari 1,5 *gr/ltr*.
- c. Tidak mengandung klorid lebih dari 0,5 *gr/ltr*.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1,0 *gr/ltr*.

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

- a. Tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan/atau baja tulangan. Sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum.
- b. Apabila terdapat keragu-raguan mengenai air, dianjurkan untuk mengirimkan contoh air itu ke lembaga pemeriksaan, untuk diketahui kandungan zat-zat yang terdapat di dalam air tersebut.
- c. Apabila pemeriksaan air tersebut tidak dapat dilakukan, maka dianjurkan untuk diadakan percobaan perbandingan kekuatan tekan beton dengan

memakai air itu, dan dengan memakai air suling. Air tersebut dianggap dapat dipakai jika kekuatan tekan beton yang memakai air itu pada umur 7 dan 28 hari minimal 90% dari kekuatan tekan beton yang memakai air suling, pada umur yang sama.

- d. Jumlah air yang dipakai untuk membuat adukan beton dapat ditentukan dengan ukuran isi atau ukuran berat dan harus dilakukan setepat-tepatnya.

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 hingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organis yang terdapat di dalam air umumnya sebagai penyebab utama terjadinya pengotoran atau perubahan warna, terutama jika perawatan yang dilakukan cukup lama.

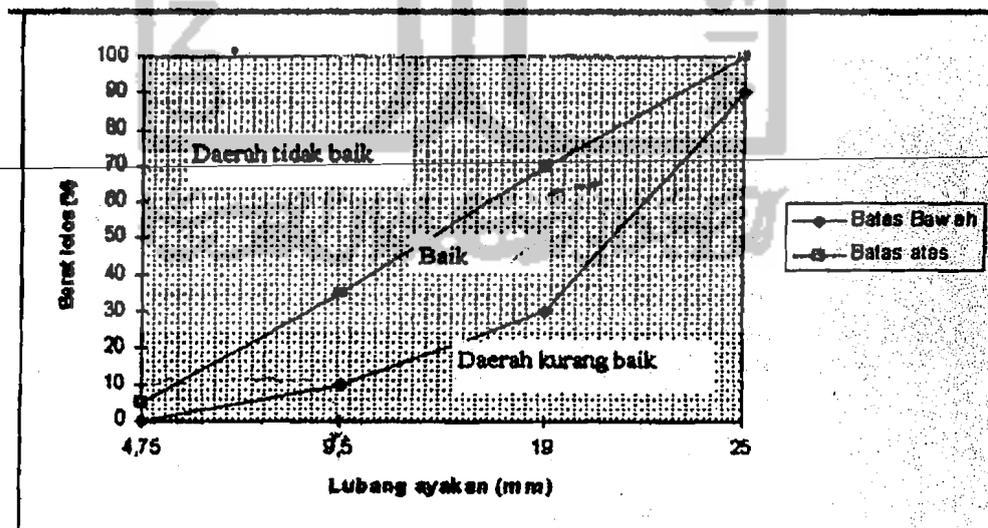
3.3 Gradasi Agregat

Gradasi adalah keragaman distribusi tiap ukuran butir (PUBI 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 di antara butiran, semakin mampat dan makin sedikit pula bahan perekat yang digunakan untuk merekatkan dan mengisi ruang di antara butiran. Selain itu,

gradasi agregat juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi *workabilitas*.

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, butir yang kecil mengisi rongga di dalam butir yang lebih besar. Agregat merupakan bahan yang banyak terdapat di dalam beton, semakin banyak persentase agregat yang digunakan dalam campuran maka akan semakin murah harga beton, dengan syarat, campuran tersebut masih cukup mudah dikerjakan.

Gradasi agregat dinyatakan dalam nilai persentase berat butiran yang tertinggal atau lolos saringan dalam susunan ayakan 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-batas gradasi agregat yang biasa digunakan menurut ASTM Standar C33-71a, diperlihatkan seperti pada gambar 3.1 di bawah ini (Neville, 1975).



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

3.4 Modulus Halus Butir

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

Makin besar nilai modulus halus menunjukkan bahwa makin besar butir-butir agregatnya. 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 ($W_1 = kg$).
- Semen kemudian dimasukkan ke dalam tabung silinder secara bertahap. Pada ketinggian $1/3$ tabung silinder, semen tersebut ditusuk-tusuk dengan tongkat penumbuk yang memiliki diameter 16 mm dan panjang 60 cm . Demikian juga ketika semen yang dimasukkan ke dalam tabung mencapai ketinggian $2/3$. Setelah semen penuh, diratakan.

- Tabung silinder yang berisi semen ditimbang dengan timbangan. Berat tabung + semen sebagai ($W_2 = kg$).
- Menghitung volume tabung silinder (V) yang digunakan, dengan rumus :

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

Dimana : D = diameter tabung silinder (dm)

t = Tinggi tabung silinder (dm)

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

$$\text{Berat satuan semen} = \frac{W_2 - W_1}{V} = \frac{kg}{dm^3} \dots\dots\dots (3.2)$$

2. Penyaringan agregat

Agregat kasar disaring dengan menggunakan ayakan yang berukuran 38 mm ; 19 mm ; $9,6\text{ mm}$; $4,8\text{ mm}$; $2,4\text{ mm}$; $1,2\text{ mm}$; $0,6\text{ mm}$; $0,3\text{ mm}$ dan $0,15\text{ mm}$.

3. Perendaman agregat

Agregat kerikil yang berasal dari Bebung, gunung Merapi ini direndam dalam air selama 24 jam. Setelah itu, kerikil tersebut diangkat dan langsung dikeringkan dengan kain sampai permukaannya tidak terselimuti air. Ini dilakukan agar agregat dapat memperoleh kondisi *saturate surface dry* (SSD), sehingga agregat yang terpakai tidak menyerap air dalam campuran.

4. Pemeriksaan berat satuan agregat

Pemeriksaan berat satuan agregat kerikil sama seperti yang dilakukan pada pemeriksaan berat satuan semen. Pemeriksaan berat satuan agregat kerikil

dilakukan dalam keadaan SSD. Langkah-langkah pemeriksaan berat satuan agregat adalah sebagai berikut :

- Siapkan tabung silinder, lalu ditimbang. Berat tabung silinder kosong sebagai ($W_1 = kg$).
- Agregat kasar yang telah bersih dimasukkan kedalam tabung silinder secara bertahap. Pada ketinggian 1/3 tabung silinder, agregat tersebut ditusuk-tusuk dengan tongkat penumbuk yang memiliki diameter 16 mm dan panjang 60 cm . Demikian juga ketika agregat yang dimasukkan ke dalam tabung mencapai ketinggian 2/3 . Setelah agregat penuh, diratakan.
- Tabung silinder yang berisi agregat kasar ditimbang dengan timbangan. Berat tabung + agregat sebagai ($W_2 = kg$).
- Menghitung volume tabung silinder (V) yang digunakan, dengan rumus :

$$V = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot t \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana : D = diameter tabung silinder (dm)

t = Tinggi tabung silinder (dm)

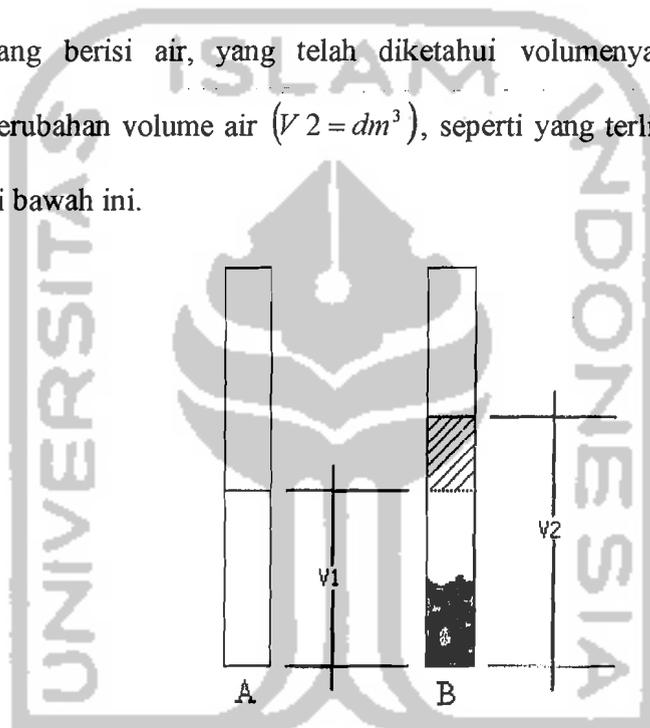
- Berat satuan agregat adalah selisih berat tabung berisi agregat (W_2) dengan berat tabung kosong (W_1), dibagi dengan volume tabung (V).

$$\text{Berat satuan agregat} = \frac{W_2 - W_1}{V} = \frac{kg}{dm^3} \dots\dots\dots (3.5)$$

5. Pemeriksaan berat jenis agregat

Langkah pemeriksaan berat jenis agregat adalah sebagai berikut :

- Ambil agregat kasar secukupnya dalam keadaan *saturate surface dry* (SSD), kemudian ditimbang dengan timbangan ketelitian sampai 0,01 gr sebagai ($W = kg$).
- Ambil air secukupnya ($V_1 = dm^3$), kemudian diisikan ke dalam gelas ukur berkapasitas 1000 ml.
- Agregat yang sudah diketahui beratnya dimasukkan ke dalam gelas ukur yang berisi air, yang telah diketahui volumenya. Kemudian terjadi perubahan volume air ($V_2 = dm^3$), seperti yang terlihat pada gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3.2 Perubahan volume air yang terjadi setelah dimasukkan agregat

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

$$\text{Berat jenis agregat} = \frac{W}{V_2 - V_1} = \frac{kg}{dm^3} \dots\dots\dots (3.6)$$

5. Pembuatan variasi gradasi agregat

Pada penelitian ini, variasi gradasi agregat batu alam yang dibuat terdiri atas 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 = 1:6, dan faktor air semen (fas) sebesar 0,33.

Perhitungan perencanaan kebutuhan bahan yang akan digunakan :

1. Volume padat untuk masing-masing bahan :

- Volume padat semen :

$$vol\ padat\ semen = \frac{1 \times berat\ satuan\ semen}{berat\ jenis\ semen} \dots\dots\dots (3.7)$$

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

$$vol\ padat\ agr\ A = \frac{(6 \times persentase\ agr\ A) \times berat\ satuan\ agregat\ A}{berat\ jenis\ agregat} \dots\dots (3.8)$$

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

$$vol\ padat\ agr\ B = \frac{(6 \times persentase\ agr\ B) \times berat\ satuan\ agregat\ B}{berat\ jenis\ agregat} \dots\dots (3.9)$$

- Volume padat air :

$$vol\ padat\ air = fas \times berat\ satuan\ semen \dots\dots\dots (3.10)$$

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

- Volume campuran beton :

$$\text{vol campuran beton} = (\text{vol padat semen} + \text{vol padat agr A} + \text{vol padat agr B} + \text{vol padat air}) \times 1,10 \dots\dots\dots (3.11)$$

2. Kebutuhan volume bahan untuk per m^3 beton :

- Volume semen :

$$\text{vol semen} = \frac{1}{\text{vol campuran beton}} \dots\dots\dots (3.12)$$

- Volume agregat A :

$$\text{vol agr A} = \frac{(6 \times \text{persentase agr A})}{\text{vol campuran beton}} \dots\dots\dots (3.13)$$

- Volume agregat B :

$$\text{vol agr B} = \frac{(6 \times \text{persentase agr B})}{\text{vol campuran beton}} \dots\dots\dots (3.14)$$

- Volume air :

$$\text{vol air} = \frac{\text{fas} \times \text{berat jenis semen}}{\text{vol campuran beton}} \dots\dots\dots (3.15)$$

3. Kebutuhan berat bahan untuk per m^3 beton :

- Berat semen :

$$W_{\text{semen}} = \text{vol semen} \times \text{berat satuan semen} \dots\dots\dots (3.16)$$

- Berat agregat A :

$$W_{\text{agr A}} = \text{vol agr A} \times \text{berat satuan agregat A} \dots\dots\dots (3.17)$$

- Berat agregat B :

$$W_{agr B} = vol\ agr\ B \times berat\ satuan\ agregat\ B \dots\dots\dots (3.18)$$

- Berat air :

$$W_{air} = fas \times berat\ semen \dots\dots\dots (3.19)$$

4. Kebutuhan berat bahan untuk satu adukan :

$$Volume\ 1\ cetakan = 40 \times 20 \times 10\ cm^3$$

$$= 8000\ cm^3 = 0,008\ m^3$$

$$Volume\ 1\ adukan = volume\ 5\ cetakan$$

$$= 5 \times 0,008 = 0,04\ m^3$$

- Berat semen 1 adukan :

$$W_{semen\ 1\ adukan} = vol\ 1\ adukan \times berat\ semen \dots\dots\dots (3.20)$$

- Berat agregat A 1 adukan :

$$W_{agr A\ 1\ adukan} = vol\ 1\ adukan \times berat\ agregat\ A \dots\dots\dots (3.21)$$

- Berat agregat B 1 adukan :

$$W_{agr B\ 1\ adukan} = vol\ 1\ adukan \times berat\ agregat\ B \dots\dots\dots (3.22)$$

- Berat air 1 adukan :

$$W_{air\ 1\ adukan} = vol\ 1\ adukan \times berat\ air \dots\dots\dots (3.23)$$

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 :

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3.24)$$

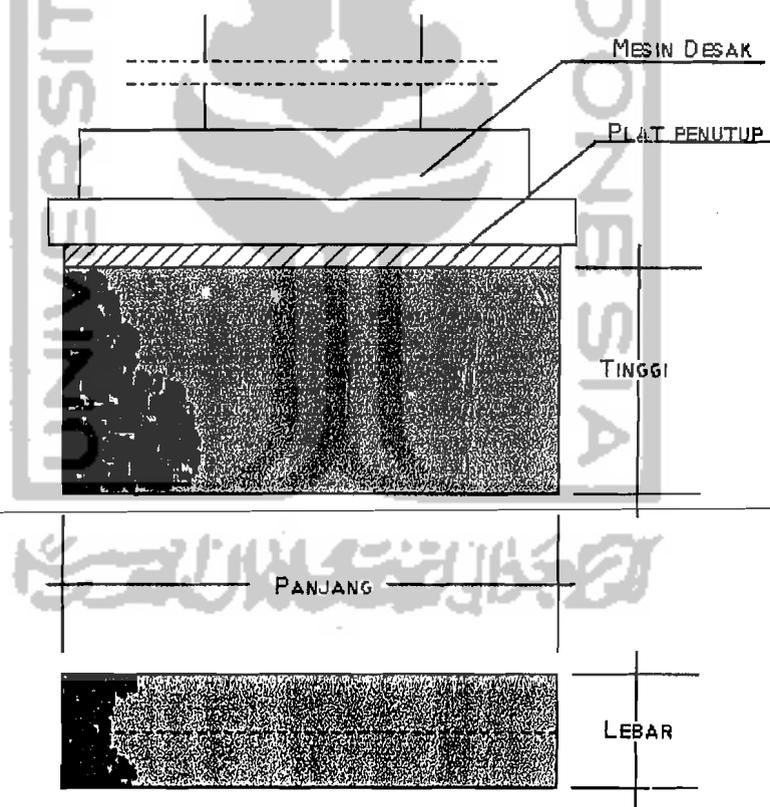
dimana :

$f'c$ = kuat desak (kg/cm^2)

P = beban maksimum yang diterima benda uji (kg)

A = luas permukaan benda uji yang menerima beban langsung
($panjang \times lebar = cm^2$)

Untuk lebih jelasnya mengenai proses pengujian yang dilakukan pada batako tanpa pasir seperti yang terlihat pada gambar 5.3 di bawah ini.



Gambar 3.3 Proses pengujian kuat desak terhadap
benda uji batako tanpa pasir

Kuat desak beton sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain perbandingan air semen dan tingkat pematatannya. 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 yang 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 vital pada pekerjaan lapangan dan pada pembuatan benda uji.

d. Faktor usia

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