

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu beton itu.

Pada SNI-03-0691-1996 *paving block* dibagi menjadi beberapa klasifikasi mutu, yaitu mutu A digunakan untuk jalan, mutu B digunakan untuk pelataran parkir, mutu C digunakan untuk pejalan kaki, dan mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Mutu-mutu *paving block* tersebut dibedakan berdasarkan nilai kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air sesuai Tabel 3.1

Tabel 3.1 Sifat – Sifat Fisika *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Tahan Aus (mm/menit)		Penyerapan air (%)
	Rata – rata	Min	Rata – rata	Min	Maks
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber : SNI 03-0691-1996

Sifat tampak bata beton (*paving block*) harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpuhkan dengan kekuatan jari tangan. Serta bata beton (*paving block*) harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.

3.2 **Beton Serat**

Dilihat dari bahan penyusunnya penambahan serat pada *paving block* mirip dengan beton serat, hanya saja pada *paving block* tidak menggunakan agregat kasar.

Beton serat adalah komposit beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Serat pada umumnya berupa batang-batang dengan diameter antara 5 – 500 μm .

Bahan serat dapat berupa serat asbestos, serat tumbuh-tumbuhan, serat plastik, atau potongan kawat baja. Adanya serat mengakibatkan berkurangnya kemudahan dalam pengerjaan dan mempersulit terjadinya segregasi. Serat dalam beton berguna untuk mencegah retak-retak sehingga beton serat menjadi lebih daktail dari beton biasa (Tjokromuljo, 1992).

3.3 Bahan Penyusun *Paving Block*

3.3.1 Semen Portland

Semen *portland* adalah bahan konstruksi yang paling banyak digunakan dalam pekerjaan beton. Menurut ASTM C-150,1985 dalam Mulyono (2005), semen *portland* didefinisikan sebagai semen hidrolis yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolis, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya.

Tukang batu Joseph Aspin dari Inggris adalah pembuat semen yang pertama pada awal ke 19, dengan membakar batu kapur yang dihaluskan dan tanah liat di dalam tungku dapur rumahnya. Dari metode kasar ini berkembanglah industri pembuatan semen yang sedemikian rupa halus sehingga satu kilogram semen mengandung sampai 300 milyar butiran (Nugraha dan Antoni,2007).

Semen *portland* adalah semen hidrolisis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat yang bersifat hidrolisis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Semen *portland* merupakan bahan ikat yang penting dan banyak dipakai dalam pembangunan fisik. Di dunia sebenarnya terdapat berbagai macam semen, dan tiap macamnya digunakan untuk kondisi-kondisi tertentu sesuai dengan sifat-sifatnya yang khusus. Fungsi semen ialah untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak atau padat. Selain itu juga untuk mengisi rongga-rongga di antara butiran agregat (Tjokromuljo, 1992).

Pada dasarnya terdapat 4 unsur yang paling penting. Empat unsur itu adalah sebagai berikut (Tjokromuljo, 1992).

- a. Trikalsium Silikat (C3S) atau $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, bila semen terkena air, C3S segera mulai berhidrasi, dan menghasilkan panas. Selain itu juga berpengaruh besar terhadap pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari.
- b. Dikalsium Silikat (C2S) atau $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh terhadap pengerasan semen setelah berumur lebih dari 7 hari, dan memberikan kekakuan akhir.
- c. Trikalsium Aluminat (C3A) atau $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, berhidrasi secara *exothermic*, dan beraksi sangat cepat, memberikan kekuatan sesudah 24 jam. C3A bereaksi dengan air sebanyak kira-kira 40 persen beratnya, namun karena jumlah unsur ini yang sedikit maka pengaruhnya pada jumlah air hanya sedikit. Unsur C3A ini sangat berpengaruh pada panas hidrasi tertinggi, baik pengerasan awal maupun pengerasan berikutnya yang panjang.
- d. Tetrakalsium aluminoforit (C4AF) atau $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, unsur C4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton.

Perbedaan sifat jenis semen satu terhadap semen yang lain dapat terjadi karena perbedaan susunan kimia maupun kehalusan butir-butirnya. Karena bahan dasarnya terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina, dan oksida besi, maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semen. Sebagai hasil perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang kompleks, namun pada semen biasa dapat dilihat sebagaimana pada Tabel 3.2 (Trjokromuljo,1992).

Tabel 3.2 Susunan Unsur Semen Biasa

Oksida	Persen (%)
Kapur, CaO	60-65
Silika, SiO ₂	17-25
Alumina, Al ₂ O ₃	3-8
Besi, Fe ₂ O ₃	0,5-8
Magnesia, MgO	0,5-4
Sulfur, SO ₃	1-2
Soda/potash Na ₂ O + K ₂ O	0,5-1

(Sumber: Tokrodumuljo, 1992)

Kandungan senyawa yang terdapat dalam semen akan membentuk karakter dan jenis semen. Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) dalam ulasannya di

halaman 1, membagi semen *portland* menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu:

- 1) Tipe I, Semen *portland* yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
- 2) Tipe II, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
- 3) Tipe III, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
- 4) Tipe IV, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
- 5) Tipe V, semen *portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.3.2 Agregat Halus

Dalam bukunya, Tjokrodimuljo (1992) menyatakan agregat adalah sebagai berikut ini.

Agregat ialah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat ini kira-kira menempati 70% volume mortar atau beton. Walaupun namanya hanya sebagai bahan pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga dalam pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton. Agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar disebut agregat kasar, sedangkan yang berbutir kecil disebut agregat halus. Sebagai batas antara ukuran butir yang kasar dan halus tampaknya belum ada nilai yang pasti, masih berbeda antara satu disiplin ilmu dengan disiplin ilmu yang lain. Dalam bidang teknologi beton nilai batas tersebut umumnya ialah 4,75 mm atau 4,80. Agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,80 mm disebut agregat kasar, dan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,80 mm disebut agregat halus. Secara umum, agregat kasar sering disebut sebagai kerikil, kericak, batu pecah, atau split, adapun agregat halus disebut pasir, baik berupa pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, atau dari hasil pecahan batu.

SK. SNI T-15-1990-03 memberikan syarat-syarat untuk agregat halus yang diadopsi dari *British Standard* di Inggris. Agregat halus di kelompokkan dalam empat zona (daerah) seperti dalam Tabel 3.3 (Mulyono, 2005).

Tabel 3.3 Batas Gradasi Agregat Halus (BS)

Lubang Ayakan (mm)	Persen Berat Butir yang Lewat Ayakan			
	I	II	III	IV
10	100	100	100	100
4.8	90-100	90-100	90-100	95-100
2.4	60-95	75-100	85-100	95-100
1.2	30-79	55-90	75-100	90-100
0.6	15-34	35-59	60-79	80-100
0.3	5-20	8-30	12-40	15-50
0.15	0-10	0-10	0-10	0-15

(Sumber: Mulyono, 2005)

Keterangan :

Daerah I : Pasir kasar

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah III : Pasir Halus

Daerah IV : Pasir Agak Halus

3.3.3 Air

Dalam bukunya, Tjokrodimuljo (1992) juga menyatakan sebagai berikut ini.

Air diperlukan untuk bereaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 30 persen berat semen saja, namun dalam kenyataannya nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. Kelebihan air ini yang dipakai sebagai pelumas. Tetapi perlu dicatat bahwa tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama-sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituangkan (*bleeding*) yang kemudian menjadi buih dan merupakan suatu lapisan tipis yang dikenal dengan *laitance* (selaput tipis). Selaput tipis ini akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah.

Apabila ada kebocoran cetakan, air bersama-sama semen juga dapat keluar, sehingga terjadilah sarang-sarang kerikil.

Namun pada pembuatan *paving block*, fas yang biasa digunakan adalah 0,2-0,35 dari berat semen. Karena jika terlalu lumer akan susah dalam pencetakan *paving block*.

3.3.4 Serat Sabut Kelapa

Menurut Suhardiyono dalam Zulkifly dkk. (2013), sabut kelapa adalah bahan berserat dengan ketebalan sekitar 5 cm, merupakan bagian terluar dari buah kelapa. Buah kelapa sendiri terdiri atas sabut 35%, tempurung 12%, daging buah 28%, dan air buah 25%. Adapun sabut kelapa terdiri atas 78% dinding sel dan 22,2% rongga. Salah satu cara mendapatkan serat dari sabut kelapa yaitu dengan ekstraksi menggunakan mesin. Serat yang dapat diekstraksi diperoleh 40% sabut berbulu dan 60% serat matras. Dari 100 gram sabut yang diabstrasikan diperoleh sekam 70 bagian, serat matras 18 bagian, dan serat berbulu 12 bagian. Dari segi teknis sabut kelapa memiliki sifat-sifat yang menguntungkan, antara lain mempunyai panjang 15-30 cm, tahan terhadap serangan mikroorganisme, pelapukan dan pekerjaan mekanis (gosokan dan pukulan) dan lebih ringan dari serat lain.

Menurut Spance and Cook dalam Triwarno (2011), sabut kelapa memiliki sifat fisik dan mekanikal seperti yang tercantum pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Sifat Fisis dan Mekanis Serat Sabut Kelapa

Sifat Fisis dan Mekanis	Serat Sabut Kelapa
Berat jenis	1,33 gr/cm ²
Diameter	0,196 mm
Penyerapan air	66%
Kuat tarik	72,0 Mpa
Modulus elastisitas	2,0 Gpa

(Sumber: Triwarno, 2011)

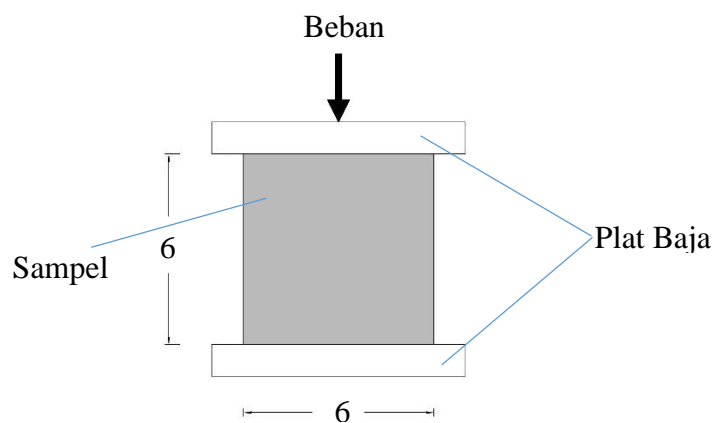
3.4 *Mix Design Paving Block*

Untuk perbandingan campuran semen-pasir pada pembuatan *paving block* belum ada ketentuan tetap yang berlaku di Indonesia. Industri-industri *paving block* juga memiliki komposisi campuran masing-masing yang sangat beragam. Sedangkan menurut Shackel dalam Syaiful (2012) berdasarkan penelitian yang digunakan sebagai standar di Amerika, untuk *paving block* dengan ketebalan 60 mm menggunakan komposisi campuran 1 : 6 dan untuk ketebalan 80mm digunakan komposisi 1 : 5,5. Faktor air semen yang digunakan adalah 0,35 dari berat semen, nilai tersebut lebih kecil dari fas yang digunakan dalam pencampuran atau *mix design* beton. Pada penelitian ini digunakan *paving block* dengan tebal 60 mm, sehingga digunakan komposisi campuras semen : pasir sebesar 1 : 6.

3.5 *Pengujian Paving Block*

3.4.1 *Kuat Tekan Paving Block*

Kuat tekan *paving block* adalah besaran beban yang mampu ditahan persatuan luas sebuah bidang *paving block* hingga *paving block* hancur akibat gaya tekan. Sketsa penujian kuat desak *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Sketsa Pengujian Kuat Tekan

Secara matematis kuat tekan *paving block* menurut SNI 03-0961-1996 ditentukan dengan rumus seperti pada persamaan 3.1 berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan:

P = Beban Ultimate.

A = Luas permukaan.

σ = Kuat tekan.

Untuk kuat tekan rata-rata:

$$\sigma_m = \frac{\sum \sigma}{n} \quad (3.2)$$

Keterangan:

$\sum \sigma$ = Total kuat tekan.

n = Jumlah benda uji.

σ_m = Kuat tekan rata-rata.

Sumber : SNI 03-0691-1996 bata beton

3.4.2 Ketahanan Aus

Keausan adalah kemampuan menerima gaya gesek yang menyebabkan permukaan benda tersebut terkikis. Penilaian kualitas ketahanan aus *paving block* dilihat dari nilai keausan yang terjadi pada *paving block*. Kualitas *paving block* semakin baik jika nilai keausannya semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, kualitas *paving block* semakin jelek jika nilai keausannya semakin besar.

Untuk memperoleh nilai ketahanan aus *paving block* menggunakan persamaan 3.3.

$$D = 1,6G + 0,0246 \quad (3.3)$$

Keterangan:

D = Keausan (mm/menit)

G = Kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)

Untuk keausan rata-rata:

$$D_m = \frac{\sum D}{n} \quad (3.4)$$

Keterangan:

$\sum D$ = Total keausan.

n = Jumlah benda uji.

D_m = Keausan rata-rata.

Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan UGM dalam Rakhmawati, 2004

3.4.3 Penyerapan Air

Penyerapan air *paving block* merupakan persentase berat air yang mampu diserap *paving block*. Untuk memperoleh nilai daya serap air *paving block* menggunakan persamaan 3.4.

Penilaian kualitas penyerapan air *paving block* dilihat dari nilai serapan air yang terjadi pada *paving block*. Kualitas *paving block* semakin baik jika nilai penyerapannya semakin kecil. Begitu juga sebaliknya, kualitas *paving block* semakin jelek jika nilai penyerapannya semakin besar.

$$DSA = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.5)$$

Keterangan:

DSA = daya serap air

W_b = berat *paving block* basah

W_k = berat *paving block* kering

Untuk penyerapan air rata-rata:

$$DSA_m = \frac{\sum DSA}{n} \quad (3.6)$$

Keterangan:

∑DSA = Total penyerapan air.

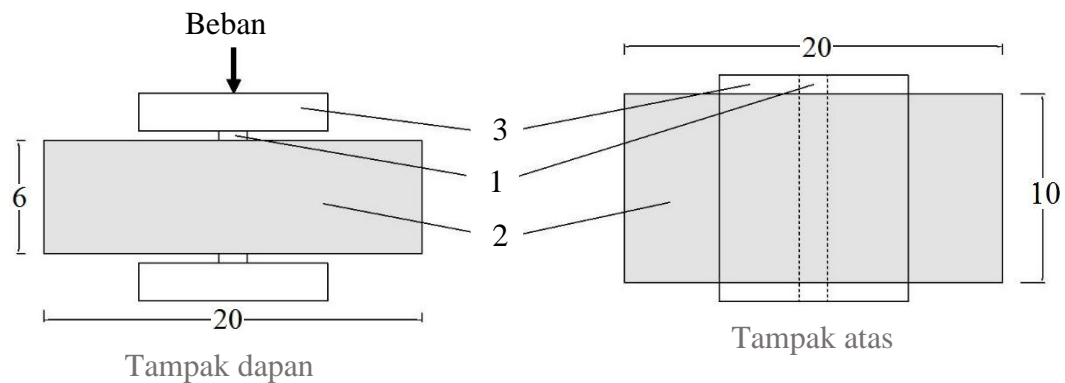
n = Jumlah benda uji.

DSA_m = Penyerapan air rata-rata.

Sumber : SNI 03-0691-1996 bata beton

3.4.4 Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Pengujian Kuat tarik belah *paving block* dilakukan dengan memberi beban pada bagian melintang *paving block*. Saat ini belum ada SNI yang mengatur tentang pengujian kuat tarik belah pada *paving block*, oleh karena itu prosedur dan perhitungan dilakukan sesuai BS EN 1338 dalam Purwanto dan Priastiwi (2008) tentang kuat tarik belah *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut ini.



Gambar 3.2 Sketsa Pengujian Kuat Tarik Belah

keterangan :

- 1 = potongan pelat baja dengan tebal a (4 ± 5) mm; lebar b (15 ± 5) mm dan minimal 10 mm lebih panjang dari panjang bidang keruntuhan
- 2 = benda uji *paving block*
- 3 = balok melintang pembebanan

Perhitungan kuat tarik belah *paving block* dihitung berdasarkan BS EN 1338 dalam Purwanto dan Priastiwi (2008) pada Persamaan (3.5) berikut ini.

$$T = 0,637 \times \frac{P}{S} \times k \quad (3.7)$$

dengan :

- T = kuat tarik belah *paving block* (N/mm^2)
P = beban maksimal (N)
S = luas bidang keruntuhan tarik belah (mm^2)
k = faktor koreksi

Nilai faktor koreksi k dapat ditentukan sebagai berikut ini.

1. Untuk $140 \text{ mm} < t < 180 \text{ mm}$, maka : $k = 1,3 - 30 \left(0,18 - \frac{t}{1000}\right)^2$
2. Untuk $t > 180 \text{ mm}$, maka : $k = 1,3$
3. Untuk $t \leq 140 \text{ mm}$, maka : nilai k sesuai Tabel 3.5 berikut ini.

Tabel 3.5 Nilai k untuk $t \leq 140 \text{ mm}$

t (mm)	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
K	0,71	0,79	0,87	0,94	1,00	1,06	1,11	1,15	1,19	1,23	1,25

Sumber : BS EN 1338 dalam Purwanto dan Priastiwi (2008)

Untuk kuat tarik rata-rata:

$$T_m = \frac{\Sigma T}{n} \quad (3.8)$$

Keterangan:

ΣT = Total kuat tarik.

n = Jumlah benda uji.

T_m = Kuat tarik rata-rata.