

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 *Paving Block*

3.1.1 Definisi *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. *Paving block* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 *Paving Block*

3.1.2 Metode Pembuatan *Paving Block*

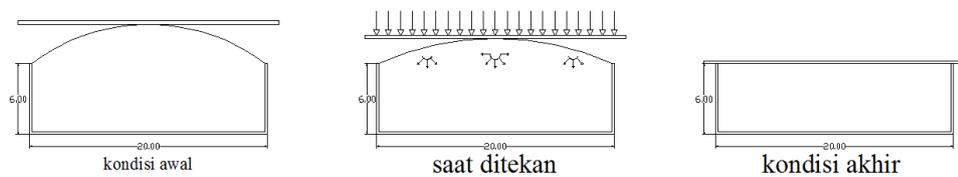
Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu sebagai berikut ini.

1. Metode Konvensional

Pembuatan *paving block* dengan menggunakan alat tradisional dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakannya. Metode ini banyak digunakan sebagai industri rumahan oleh masyarakat karena alatnya yang sederhana serta proses pembuatannya yang mudah sehingga dapat dikerjakan oleh siapapun. Semakin kuat tenaga orang tersebut maka semakin padat dan kuat *paving block* yang akan dihasilkan. Metode ini akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantamkan alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.

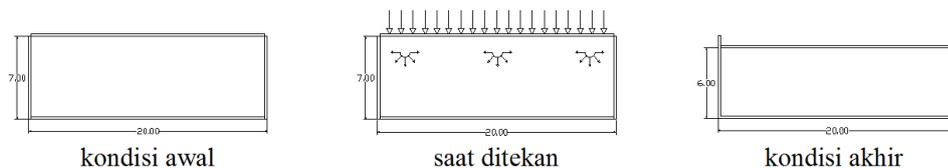
2. Metode Mekanis

Metode mekanis ini masyarakat biasa menyebutnya dengan metode press. Metode ini masih jarang digunakan karena pembuatan *paving block* membutuhkan alat mesin (*compression apparatus*) dengan harga yang relatif tinggi, sehingga metode mekanis ini biasanya digunakan oleh pabrik dengan skala industri sedang atau besar.



Gambar 3.2 Prinsip Kerja Metode Konvensional

(Sumber : Penulis, 2017)



Gambar 3.3 Prinsip Kerja Metode Mekanis

(Sumber : Penulis, 2017)

3.1.3 Syarat Mutu *Paving Block*

Standar mutu yang harus dipenuhi *paving block* untuk lantai menurut SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut ini.

1. Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
2. Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.
3. Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti Tabel 3.1 berikut ini.

Tabel 3.1 Sifat-sifat Fisika *Paving Block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		keausan (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks
	Rata – rata	Min	Rata – rata	Min	(%)
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

Keterangan.

1. Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan.
2. Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir.
3. Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki.
4. Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

3.1.4 Keunggulan Dan Kelemahan *Paving Block*

Keunggulan dan kelemahan dalam penggunaan *paving block* adalah sebagai berikut.

1. Keunggulan *paving block* adalah sebagai berikut ini.
 - a. *Paving block* lebih mudah dihamparkan dan langsung dapat digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton.
 - b. Perbandingan harganya yang lebih rendah daripada jenis perkerasan yang lain.
 - c. Penyerapan air tinggi sehingga dapat mengurangi genangan air.
 - d. Bentuk yang beragam menjadikan perkerasan yang menggunakan *paving block* mempunyai banyak pilihan bentuk, sehingga bentuk estetis perkerasan dapat diperlihatkan.
 - e. Pelaksanaannya mudah serta tidak membutuhkan alat berat, sehingga dapat diproduksi secara massal.

2. Kelemahan *paving block* adalah sebagai berikut ini.
 - a. Pasangan *paving block* mudah bergelombang apabila pondasinya tidak terlalu kuat.
 - b. *Paving block* kurang cocok digunakan untuk lahan yang dilalui dengan kendaraan berkecepatan tinggi dan perkotaan yang padat.
 - c. Sering terjadi pemasangan yang kurang cocok, sehingga mudah lepas dari sambungannya dan menghasilkan jalan yang tidak merata.

3.2 Bahan Penyusun *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996 bahan penyusun *paving block* adalah sebagai berikut ini.

3.2.1 Semen Portland

Semen merupakan bahan penyusun utama *paving block*. Arti kata semen adalah bahan yang mempunyai sifat adhesif maupun kohesif, yaitu bahan pengikat. Menurut Standar Industri Indonesia, SII 0013-1981, definisi semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidraulis bersama bahan-bahan yang biasa digunakan, yaitu gypsum (Nugraha dan Antoni, 2007).

Beton mulai ditinggalkan orang seiring dengan mundurnya kerajaan Romawi. Baru sekitar tahun 1790, J. Smeaton dari Inggris menemukan bahwa kapur yang mengandung lempung dan dibakar akan mengeras di dalam air. Bahan ini mirip dengan semen yang dibuat oleh bangsa Romawi. Penyelidikan lebih lanjut yang mengarah pada kepentingan komersial dilakukan oleh J. Parker pada masa yang sama. Bahan tersebut mulai digunakan sekitar awal abad ke-19 di Inggris dan kemudian di Prancis. Karya konstruksi sipil pertama dikerjakan pada tahun 1816 di Souillac, Prancis berupa jembatan yang dibuat dengan beton tak bertulang. Nama semen portland (*Portland Cement*) diusulkan oleh Joseph Aspdin pada 1824 karena campuran air, pasir, dan batu-batuan yang bersifat pozzolan dan berbentuk bubuk ini pertama kali diolah di Pula Portland, dekat pantai Dorset, Inggris. Semen Portland pertama kali diproduksi di pabrik oleh David Saylor di Copley

Pennsylvania, Amerika Serikat pada tahun 1875. Sejak saat itu, semen portland berkembang dan terus dibuat sesuai dengan kebutuhan (Mulyono, 2004).

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 (Tjokrodinuljo, 1992).

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang komposisi utamanya adalah kalsium dan aluminium silikat. Penambahan air pada mineral ini menghasilkan suatu pasta yang jika mengering akan mempunyai kekuatan seperti batu. Bahan utama pembentuk semen portland adalah kapur (CaO), silika (SiO₃), alumina (Al₂O₃), sedikit magnesia (MgO), dan terkadang sedikit alkali. Untuk mengontrol komposisinya, terkadang ditambah kanoksida besi, sedangkan gipsum (CaSO₄.2H₂O) ditambahkan untuk mengatur waktu ikat semen (Mulyono, 2004).

Tabel 3.2 Komposisi Umum Oksida Semen Portland

Oksida	Nama Umum	Berat (%)
CaO	Kapur	31 – 57
SiO ₂	Silika	22 – 29
Al ₂ O ₃	Alumina	5,2 – 8,8
Fe ₂ O ₃	Oksida Besi	1,5 – 3,2
MgO	Magnesia	1,5 – 2,2

Sumber : Teknologi Beton, Mulyono (2004)

Menurut Mulyono (2004), secara garis besar ada 4 (empat) senyawa kimia utama yang menyusun semen portland, yaitu sebagai berikut.

1. Trikalsium Silikat (3CaO.SiO₂) yang disingkat menjadi C₃S.
Senyawa C₃S jika terkena air akan cepat bereaksi dan menghasilkan panas. Panas tersebut akan mempengaruhi kecepatan mengeras sebelum hari ke-14.
2. Dikalsium Silikat (2CaO. SiO₂) yang disingkat menjadi C₂S.
Senyawa C₂S lebih lambat bereaksi dengan air dan hanya berpengaruh terhadap semen setelah umur 7 hari. Senyawa C₂S memberikan ketahanan terhadap serangan kimia (*chemical attack*) dan mempengaruhi susut terhadap pengaruh panas akibat lingkungan.

3. Trikalsium Aluminat ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_3A .
Senyawa C_3A bereaksi secara *exothermic* dan bereaksi sangat cepat pada 24 jam pertama. C_3A bereaksi dengan air yang jumlahnya sekitar 40% dari beratnya. Karena persentasinya dalam semen yang kecil sekitar (10%), maka pengaruhnya pada jumlah air untuk reaksi menjadi kecil. Unsur ini sangat berpengaruh pada nilai panas hidrasi tertinggi, baik pada saat awal maupun pada saat pengerasan berikutnya yang sangat panjang.
4. Tetrakalsium aluminoforit ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) yang disingkat menjadi C_4AF .

Senyawa C_4AF kurang begitu besar pengaruhnya terhadap kekerasan semen atau beton sehingga kontribusinya dalam peningkatan kekuatan kecil.

Melihat sifat yang berbeda dari masing-masing komponen ini kita dapat membuat bermacam jenis semen hanya dengan mengubah kadar masing-masing komponennya. Misalnya kita ingin mendapatkan semen yang mempunyai kekuatan awal yang tinggi maka kita perlu menambah kadar C_3S dan mengurangi kadar C_2S . ASTM (*American Standard for Testing Material*) menentukan komposisi semen berbagai tipe sebagaimana tampak pada Tabel 3.3 berikut ini.

Tabel 3.3 Jenis-jenis Semen Portland Dengan Sifat-sifatnya

Tipe	Sifat pemakaian	Kadar senyawa (%)				Kehalusan blaine (m ² /kg)	Kuat 1 hari (kg/cm ²)	Panas hidrasi (J/g)
		C3S	C2S	C3A	C4AF			
I	Umum	50	24	11	8	350	1000	330
II	Modifikasi	42	33	5	13	350	900	250
III	Kekuatan awal tinggi	60	13	9	8	450	2000	500
IV	Panas hidrasi tinggi	25	50	5	12	300	450	210
V	Tahan sulfat	40	40	9	9	350	900	250

Sumber: Teknologi Beton, Nugraha dan Antoni (2007)

3.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Menurut Peraturan Beton Indonesia 1971, agregat halus untuk beton dapat berupa pasir alam sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa

pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu. Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

Syarat mutu agregat halus menurut SII.0052 dalam Mulyono (2004) adalah sebagai berikut ini.

1. Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8.
2. Kadar Lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%.
3. Kadar zat organik yang terkandung ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat (Na_2SO_4) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar tidak lebih dari pada warna standar.
4. Kekerasan butir jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir perbandingannya yang berasal dari pasir kwarsa Bangka memberikan angka tidak lebih dari 2,20.
5. Kekekalan (jika diuji dengan natrium sulfat bagian yang hancur maksimum 10% dan jika magnesium sulfat maksimum 15%)

3.2.3 Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat dan memberikan kemudahan dalam pekerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Air yang digunakan dapat berupa air tawar (dari sungai, danau, telaga, kolam, situ, dan lainnya), air laut maupun air limbah, asalkan memenuhi syarat mutu yang telah ditetapkan. Air tawar yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air laut umumnya mengandung 3.5% larutan garam (sekitar 78% adalah sodium klorida dan 15% adalah magnesium klorida). Garam-garaman dalam

air laut ini akan mengurangi kualitas beton hingga 20%. Air laut tidak boleh digunakan sebagai bahan campuran beton pra-tegang ataupun beton bertulang karena resiko terhadap karat lebih besar. Air buangan industri yang mengandung asam alkali juga tidak boleh digunakan (Mulyono, 2004).

3.2.4 Serat Bambu Ori Sebagai Bahan Tambah

Bahan tambah adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya. (Mulyono, 2004)

Bambu merupakan tanaman ordo *Bambooidae* yang pertumbuhannya cepat dan dapat dipanen pada umur sekitar 3 tahun. Pada masa pertumbuhan, bambu dapat tumbuh vertikal 5 cm per jam atau 120 cm per hari (Morisco dalam Suhardiman, 1999). Umur panen yang relatif singkat tersebut memberikan optimisme bahwa pemakaian bambu untuk berbagai keperluan dapat dengan mudah tercukupi. Morisco dalam Suhardiman (1999) menyatakan, adanya serabut sklerenkin di dalam batang bambu menyebabkan bambu mempunyai kekuatan dan dapat digunakan untuk keperluan bahan bangunan. Kekuatan bambu umumnya dipengaruhi oleh jumlah serat sklerenkin dan selulosa di dalam bambu. Kekuatan bambu bagian luar jauh lebih tinggi dibandingkan bambu bagian dalam. Penelitian Morisco dalam Suhardiman (1999) menyatakan bahwa pada bambu ori kering tungku menunjukkan kuat tarik sebesar 4170 kg/cm^2 pada bambu bagian luar dan 1640 kg/cm^2 pada bambu bagian dalam.

Penggunaan kulit bambu ori sebagai bahan serat *paving block* didasarkan pada pertimbangan bahwa kuat tarik serat bambu yang cukup tinggi, proses pembuatan dari bahan baku menjadi serat cukup mudah dan tidak perlu peralatan khusus, serta populasi bambu yang cukup banyak dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia sehingga mudah diperoleh. Bambu ori sebagai salah satu jenis bambu di Indonesia, meskipun jarang dibudidayakan secara khusus, namun banyak tumbuh di lahan-lahan liar seperti di tepi sungai, tebing-tebing dan sebagainya. Bambu jenis

tersebut juga jarang dimanfaatkan sebagai bahan pokok bangunan, sehingga harga di pasaran relatif murah dibanding bambu jenis lain.

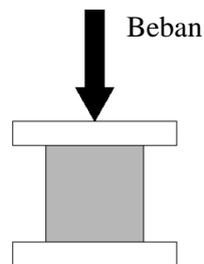
3.3 Pengujian *Paving Block*

Menurut SNI 03-0691-1996, *paving block* harus memenuhi sifat-sifat fisika yang berupa kuat tekan, keausan dan penyerapan air. Karena pada penelitian ini digunakan serat sebagai bahan tambah pada *paving block* yang bertujuan untuk menambah kuat tarik *paving block*, maka dilakukan pula pengujian kuat tarik. Pengujian *paving block* disajikan dalam subbab-subbab berikut ini.

3.3.1 Kuat Tekan *Paving Block*

Kuat tekan *paving block* adalah nilai beban yang mampu ditahan dalam suatu luasan bidang *paving block* hingga *paving block* tersebut hancur. Pada umumnya kekuatan utama *paving block* ditinjau dari kuat tekannya, oleh karena itu diharapkan dengan adanya serat bambu pada penambahan campuran *paving block* ini akan menambah kuat tekan pada *paving block*.

Prosedur pengujian kuat tekan *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut ini.



Gambar 3.4 Prosedur Pengujian Kuat Tekan *Paving Block*

Pada SNI 03-0691-1996 kuat tekan *paving block* dapat dihitung menggunakan Persamaan (3.1) berikut ini.

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

dengan :

- σ = kuat tekan (N/mm²)
 P = beban tekan (N)
 A = luas bidang tekan (mm²)

3.3.2 Keausan

Keausan adalah hilangnya sejumlah lapisan permukaan material karena adanya gesekan antara permukaan padatan dengan benda lain. Definisi gesekan itu sendiri adalah gaya tahan yang menahan gerakan antara 2 permukaan solid yang bersentuhan maupun solid dengan liquid (Octoviawan, 2010). Ketahanan aus permukaan *paving block* sangat penting karena perkerasan lantai atau jalan sering terkena gesekan roda kendaraan (Cahyaningrum dalam Fitalaka, 2012).

Untuk memperoleh nilai keausan *paving block* menggunakan Persamaan (3.2) berikut ini.

$$D = 1,2 G + 0,0246 \quad (3.2)$$

dengan :

- D = keausan (mm/menit)
 G = kehilangan berat/lama pengausan (gram/menit)

Sumber : Laboratorium Bahan Bangunan, Universitas Gajah Mada

3.3.3 Penyerapan Air *Paving Block*

Penyerapan air *paving block* merupakan persentase berat air yang mampu diserap melalui pori-pori oleh *paving block*. Hasil ini bisa didapatkan dengan membandingkan berat *paving block* kering dan *paving block* basah (setelah direndam air). Berat *paving block* kering didapatkan dari pengovenan benda uji pada suhu 100±5°C dalam waktu 24 jam.

Untuk memperoleh nilai penyerapan air pada *paving block* dapat menggunakan Persamaan (3.3) berikut ini.

$$DSA = \frac{W_b - W_k}{W_k} \times 100\% \quad (3.3)$$

dengan :

DSA = penyerapan air (%)

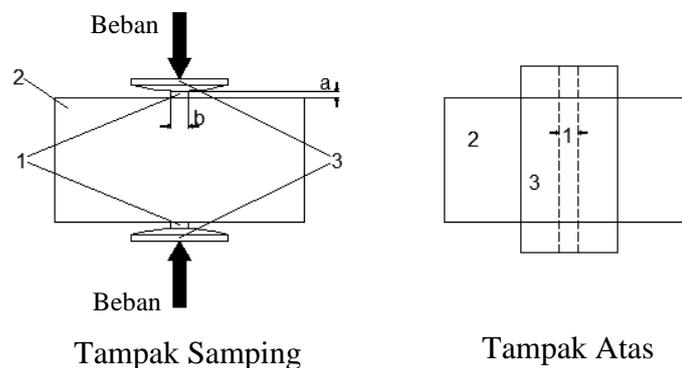
Wb = berat *paving block* basah (gram)

Wk = berat *paving block* kering (gram)

3.3.4 Kuat Tarik Belah *Paving Block*

Metode pengujian kuat tarik belah *paving block* merupakan pemberian beban tekan sepanjang bidang melebar *paving block* sampai batas keruntuhan. Pembebanan ini menimbulkan tegangan tarik pada bidang datar yang diberi beban. Keruntuhan tarik terjadi akibat dari keruntuhan tekan karena area beban dalam keadaan tekan triaksial, sehingga memungkinkan mendapatkan tegangan tekan lebih tinggi daripada kekuatan tekan uniaksial.

Prosedur pengujian kuat tarik belah *paving block* dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5 Prosedur Pengujian Kuat Tarik Belah *Paving Block*

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 (3.6) berikut ini.

$$T = 0,637 \times \frac{P}{S} \times k \quad (3.6)$$

dengan :

T = kuat tarik belah *paving block* (N/mm²)

P = beban maksimal (N)

S = luas bidang keruntuhan tarik belah (mm²)

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 3.4 berikut ini.

Tabel 3.4 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)