

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 *Paving block*

Paving block mulai dikenal dan dipakai di Indonesia terhitung sejak tahun 1977/1978. *Paving block* sendiri mempunyai beberapa variasi bentuk untuk memenuhi selera pemakai. Penggunaan *paving block* ini disesuaikan dengan tingkat kebutuhan, misalnya saja digunakan sebagai tempat parkir, terminal, jalan setapak dan juga perkerasan jalan di kompleks-kompleks perumahan serta untuk keperluan lainnya. *Paving block* merupakan produk bahan bangunan dari semen yang digunakan sebagai salah satu alternatif penutup atau pengerasan permukaan tanah. *Paving block* dikenal juga dengan sebutan bata beton (*concrete block*) atau *cone block*.

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

Sebagai bahan penutup dan pengerasan permukaan tanah, *paving block* sangat luas penggunaannya untuk berbagai keperluan, mulai dari keperluan yang sederhana sampai penggunaan yang memerlukan spesifikasi khusus. *Paving block* dapat digunakan untuk pengerasan dan memperindah trotoar jalan di kota-kota, pengerasan jalan di komplek perumahan atau kawasan pemukiman, memperindah taman, pekarangan dan halaman rumah, pengerasan areal parkir, areal perkantoran, pabrik, taman dan halaman sekolah, serta di kawasan hotel dan restoran.

Paving block dengan kualitas baik adalah *paving block* yang mempunyai nilai kuat desak tinggi (satuan MPa), serta nilai absorpsi (persentase serapan air) yang rendah (%). Sehubungan dengan standar kualitas tersebut, tipe karakteristik kualitas yang diteliti adalah *larger the better* untuk kuat desak, dan *smaller the better* untuk persentase serapan air. Semakin tinggi nilai kuat desaknya maka

paving block semakin bagus. Sedangkan untuk persentase serapan air (absorpsi), semakin rendah nilai absorpsinya, produk *paving block* semakin kuat. Berdasarkan pada SNI 03 – 0691 – 1996, *paving block* dengan mutu terendah (mutu D) paling tidak memiliki kuat desak 8,5 Mpa dan persentase serapan air rata – rata maksimum 10%.

2.1.1. Kegunaan dan Keuntungan *paving block*

Keberadaan *paving block* bisa menggantikan aspal dan pelat beton, dengan banyak keuntungan yang dimilikinya. *Paving block* mempunyai banyak kegunaan diantaranya sebagai terminal bis, parkir mobil, pejalan kaki, taman kota, dan tempat bermain. Penggunaan *paving block* memiliki beberapa keuntungan, antara lain :

- Dapat diproduksi secara massal.
- Dapat diaplikasikan pada pembangunan jalan dengan tanpa memerlukan keahlian khusus.
- Pada kondisi pembebanan yang normal *paving block* dapat digunakan selama masa-masa pelayanan dan *paving block* tidak mudah rusak.
- *Paving block* lebih mudah dihamparkan dan langsung bisa digunakan tanpa harus menunggu pengerasan seperti pada beton.
- Tidak menimbulkan kebisingan dan gangguan debu pada saat pengerjaannya.
- *Paving block* menghasilkan sampah konstruksi lebih sedikit dibandingkan penggunaan pelat beton.
- Adanya pori-pori pada *paving block* meminimalisasi aliran permukaan dan memperbanyak infiltrasi dalam tanah.
- Perkerasan dengan *paving block* mampu menurunkan hidrokarbon dan menahan logam berat.
- *Paving block* memiliki nilai estetika yang unik terutama jika didesain dengan pola dan warna yang indah.
- Perbandingan harganya lebih rendah dibanding dengan jenis perkerasan konvensional yang lain.
- Pemasangannya cukup mudah dan biaya perawatannya pun murah.

2.1.2. Syarat Mutu *paving block*

Paving block untuk lantai harus memenuhi persyaratan SNI 03-0691-1996 adalah sebagai berikut :

- Sifat tampak *paving block* untuk lantai harus mempunyai bentuk yang sempurna, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.
- Bentuk dan ukuran *paving block* untuk lantai tergantung dari persetujuan antara pemakai dan produsen. Setiap produsen memberikan penjelasan tertulis dalam leaflet mengenai bentuk, ukuran, dan konstruksi pemasangan *paving block* untuk lantai.
- Penyimpangan tebal *paving block* untuk lantai diperkenankan kurang lebih 3 mm.
- *Paving block* untuk lantai harus mempunyai kekuatan fisik sebagai berikut:

Tabel 2.1 Kekuatan Fisik *paving block*

Mutu	Kegunaan	Kuat Tekan (Kg/cm ²)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks (%)
		Rata-rata	Min	Rata-rata	Min	
A	Perkerasan Jalan	400	350	0,0090	0,103	3
B	Tempat Parkir Mobil	200	170	0,1300	1,149	6
C	Pejalan Kaki	150	125	0,1600	1,184	8
D	Taman Kota	100	85	0,2190	0,251	10

(Sumber : SNI 03-0691-1996)

- *Paving block* untuk lantai apabila diuji dengan natrium sulfat tidak boleh cacat, dan kehilangan berat yang diperbolehkan maksimum 1%.

Menurut Candra (2012), persyaratan ketebalan *paving block* pada umumnya adalah sebagai berikut :

1. 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan dengan frekuensi terbatas, misalnya : sepeda motor, pejalan kaki.
2. 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas sedang atau berat dan padat frekuensinya, misalnya : mobil, pick up, truk, dan bus.
3. 10 cm, digunakan untuk beban lalu lintas super berat, misalnya: tronton, loader.

2.1.3. Klasifikasi *Paving Block*

Berdasarkan SK SNI T – 04 – 1990 – F, klasifikasi *paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain:

1. Klasifikasi berdasarkan bentuk

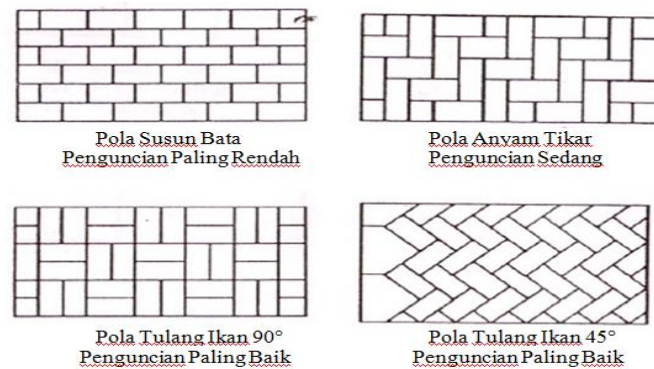
Bentuk *paving block* secara garis besar terbagi atas dua macam, yaitu :

- a. *Paving block* bentuk segi empat
- b. *Paving block* bentuk segi banyak



Gambar 2.1 Bentuk paving block

Pola pemasangan sebaiknya disesuaikan dengan tujuan penggunaannya. Pola yang umum dipergunakan ialah susun bata (*strecher*), anyaman tikar (*basket weave*), dan tulang ikan (*herring bone*). Untuk perkerasan jalan diutamakan pola tulang ikan karena mempunyai kuncian yang baik. Dalam proses pemasangannya, *paving block* harus berpinggul dan pada tepi susunan *paving block* biasanya ditutup dengan pasak yang berbentuk topi uskup



Gambar 2.2 Pola Pemasangan paving block

2. Klasifikasi berdasarkan ketebalan

Ketebalan *paving block* ada tiga macam, yaitu :

- Paving block* dengan ketebalan 60 mm
- Paving block* dengan ketebalan 80 mm
- Paving block* dengan ketebalan 100 mm

Pemilihan bentuk dan ketebalan dalam pemakaian harus disesuaikan dengan rencana penggunaannya dan kuat tekan *paving block* tersebut juga harus diperhatikan.

3. Klasifikasi berdasarkan kekuatan

Pembagian kelas *paving block* berdasarkan mutu betonnya adalah :

- Paving block* dengan mutu beton f_c' 37,35 MPA
- Paving block* dengan mutu beton f_c' 27,0 MPA

4. Klasifikasi berdasarkan warna

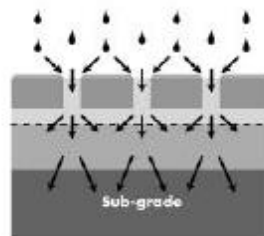
Warna yang tersedia di pasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali untuk menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

2.1.4. *Paving Block* Sebagai Lapisan Perkerasan Permeabel.

Pada prinsipnya ada 3 jenis sistem pada penggunaan *paving block* sebagai lapisan perkerasan permeabel, yaitu :

1. Sistem Infiltrasi Total

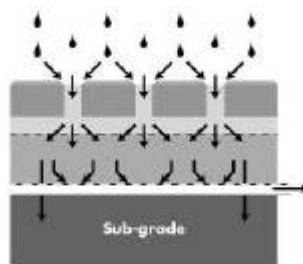
Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian masuk ke dalam tanah *sub grade*



Gambar 2.3 Sistem Total Infiltrasi

2. Sistem Parsial Infiltrasi

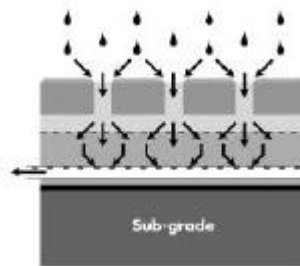
Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian sebagian akan mengalir melalui pipa berlubang dan dilepaskan pada saluran drainase, sebagian lagi masuk ke dalam tanah *sub grade*.



Gambar 2.4. Sistem Parsial Infiltrasi

3. Sisten Non Infiltrasi

Pada sistem ini, air yang jatuh ke perkerasan akan merembes melalui celah diantara *paving block*, melewati lapisan *sub base* kemudian seluruh air akan mengalir melalui pipa berlubang dan dilepaskan pada saluran drainase tanpa ada yang masuk ke dalam tanah *sub grade*.



Gambar 2.5 Sistem Non Infiltrasi

Pada penggunaan *paving block* sebagai lapisan permeabel, diharapkan air dapat masuk ke dalam tanah. Meskipun demikian hal ini harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut :

- Kedalaman antara permukaan perkerasan dengan muka air tanah harus lebih dari 1 meter. Kedalaman yang lebih besar dibutuhkan untuk menghasilkan tambahan saringan untuk polutan yang melewati tanah.
- Lapisan perkerasan permeabel bisa saja berdekatan dengan sungai, hal ini dapat menjadi perlemahan struktur pada daerah sekitar sungai.
- Pada daerah terlindungi seperti di daerah sumber mata air, penggunaan lapisan perkerasan yang seluruh airnya meresap ke dalam air mungkin tidak cocok karena dapat mempengaruhi kualitas air.

2.2 Material Penyusun *Paving Block*

Material penyusun pada *paving block* yang akan digunakan antara lain, semen portland (PC), agregat halus dan air.

2.2.1. Semen Portland (PC)

Semen Portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan menggiling klinker yang terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Semen yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-81.

Portland cement (PC) atau lebih dikenal dengan semen berfungsi membantu pengikatan agregat halus dan agregat kasar apabila tercampur dengan air. Selain itu, semen juga mampu mengisi rongga-rongga antara agregat tersebut. Adapun sifat-sifat semen adalah sebagai berikut :

1. Sifat Kimia Semen

Kadar kapur yang tinggi tetapi tidak berlebihan cenderung memperlambat pengikatan, tetapi menghasilkan kekuatan awal yang tinggi. Kekurangan zat kapur menghasilkan semen yang lemah, dan bilamana kurang sempurna pembakarannya, menyebabkan ikatan yang cepat (L.J. Murdock dan K.M. Brook, 1979). Sifat kimia serta komposisi semen sesuai Teknologi Beton (Tri Mulyono, 2004)

2. Sifat Fisik Semen

Sifat fisik Semen portland yaitu :

a. Kehalusan butir

Semakin halus semen, maka permukaan butirannya akan semakin luas, sehingga persenyawaannya dengan air akan semakin cepat dan membutuhkan air dalam jumlah yang besar pula.

Pada umumnya semen memiliki kehalusan sedemikian rupa sehingga kurang lebih 80% dari butirannya dapat menembus ayakan 44 mikron. Makin halus butiran semen, makin cepat pula persenyawaannya. Makin halus butiran semen, maka luas permukaan butir untuk suatu jumlah berat semen akan menjadi lebih besar. Makin besar luas permukaan butir ini,

makin banyak pula air yang dibutuhkan bagi persenyawaannya. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk menentukan kehalusan butir semen. Cara yang paling sederhana dan mudah dilakukan ialah dengan mengayaknya.

b. Berat jenis

Berat jenis dari bubuk semen pada umumnya berkisar antara 3,10 sampai 3,30. biasanya rata-rata berat jenis ditentukan 3,15. berat jenis semen penting untuk diketahui, karena semen portland yang tidak sempurna pembakarannya dan atau dicampur dengan bubuk batuan lainnya, berat jenisnya akan terlihat lebih rendah daripada angka tersebut. Untuk mengukur baik atau tidaknya atau tercampur atau tidaknya suatu bubuk semen dengan bahan lain, dipakai angka berat jenis 3,00. dengan demikian jika kita menguji semen dan hasilnya menunjukkan bahwa berat jenisnya kurang dari 3,00 kemungkinan semen itu tercampur dengan bahan lain (tidak murni) atau sebagian semen itu telah mengeras.

Berat isi (berat satuan) semen sangat tergantung pada cara pengisian semen ke dalam takaran. Jika cara mengisinya sembur (los), berat isinya rendah yaitu antara ,1 kg/liter. jika pengisiannya dipadatkan, berat isinya dapat mencapai 1,5 kg/liter. Dalam praktek biasanya dipakai berat isi rata-rata yaitu antara 1,25 kg/liter.

c. Waktu pengerasan semen

Pada pengerasan semen dikenal dengan adanya waktu pengikatan awal (initial setting) dan waktu pengikatan akhir (final setting). Waktu pengikatan awal dihitung sejak semen tercampur dengan air hingga mengeras. Pengikatan awal untuk semua jenis semen harus diantara 60 – 120 menit.

d. Kekekalan bentuk

Pasta semen yang dibuat dalam bentuk tertentu dan bentuknya tidak berubah pada waktu mengeras, maka semen tersebut mempunyai sifat kekal bentuk.

e. Pengerasan awal palsu

Adakalanya semen portland menunjukkan waktu pengikatan awal kurang dari 60 menit, dimana setelah semen dicampur dengan air segera nampak mulai mengeras (adonan menjadi kaku). Hal ini mungkin terjadi karena adanya pengikatan awal palsu, yang disebabkan oleh pengaruh gips yang dicampurkan pada semen bekerja tidak sesuai dengan fungsinya. Seharusnya fungsi gips dalam semen adalah untuk menghambat pengerasan, tetapi dalam kasus diatas ternyata gips justru mempercepat pengerasan. Hal ini dapat terjadi karena gips dalam semen telah terurai. Biasanya pengerasan palsu ini hanya mengacau saja, sedangkan pengaruh terhadap sifat semen yang lain tidak ada. Jika terjadi pengerasan palsu, adonan dapat diaduk lagi. Setelah pengerasan palsu berakhir, jika adonan diaduk lagi adonan semen akan mengeras seperti biasa.

f. Pengaruh suhu

Pengikatan semen berlangsung dengan baik pada suhu 35°C dan berjalan dengan lambat pada suhu di bawah 15°C.

2.2.2. Agregat Halus

Agregat halus atau pasir adalah butiran-butiran mineral keras yang bentuknya mendekati bulat, tajam dan bersifat kekal dengan ukuran butir sebagian besar terletak antara 0,07-5 mm (SNI 03-1750-1990). Agregat halus digunakan sebagai bahan pengisi dalam campuran *paving block* sehingga dapat meningkatkan kekuatan, mengurangi penyusutan dan mengurangi pemakaian bahan pengikat/semen. Pasir adalah salah satu dari bahan campuran beton yang diklasifikasikan sebagai agregat halus. Yang dimaksud dengan agregat halus adalah agregat yang lolos saringan no.8 dan tertahan pada saringan no.200. Pasir

merupakan bahan tambahan yang tidak bekerja aktif dalam proses pengerasan, walaupun demikian kualitas pasir sangat berpengaruh pada beton. Mutu dari agregat halus ini sangat menentukan mutu *paving block* yang dihasilkan. Menurut SNI 03-1750-1990 untuk menghasilkan *paving block* yang baik, agregat halus harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Agregat halus harus terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras dan gradasinya menerus. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari atau hujan.
- Susunan besar butir mempunyai modulus kehalusan antara 1,50-3,80.
- Kadar lumpur / bagian butir yang lebih kecil dari 0,075 mm maksimum 5%.
- Kadar zat organik ditentukan dengan larutan natrium hidroksida 3 %, jika dibandingkan dengan warna standar atau pembanding, tidak lebih tua daripada warna standar (sama).
- Kekerasan butir, jika dibandingkan dengan kekerasan butir pasir pembanding yang berasal dari pasir kwarsa Bangka, memberikan angka hasil bagi tidak lebih besar dari 2,20.

2.2.3. Air

Fungsi air pada campuran *paving block* adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan. Persyaratan air sesuai Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 adalah sebagai berikut:

- Tidak mengandung lumpur (atau benda melayang lainnya) lebih dari 2gram/liter.
- Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0.5 gram/liter.
- Tidak mengandung senyawa-senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

Pemakaian air pada pembuatan campuran harus pas karena pemakaian air yang terlalu berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung air setelah proses hidrasi selesai dan hal tersebut akan mengurangi kekuatan *paving block*

yang dihasilkan. Sedangkan terlalu sedikit air akan menyebabkan proses hidrasi tidak tercapai seluruhnya, sehingga dapat mempengaruhi kekuatan *paving block* yang dihasilkan.

2.3 Abu Cangkang Sawit

Abu cangkang sawit adalah limbah padat yang berasal dari pembakaran cangkang kelapa sawit yang dipergunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan uap pada proses penggilingan minyak sawit.

Pemrosesan buah kelapa sawit menjadi ekstrak minyak sawit menghasilkan limbah padat yang sangat banyak dalam bentuk serat, cangkang, dantan dan buah kosong. Setiap 100 ton tandan buah segar yang diproses akan menghasilkan lebih kurang 20 ton cangkang, 7 ton serat, dan 25 ton tandan kosong. Cangkang selanjutnya digunakan lagi sebagai bahan bakar yang menghasilkan uap pada penggilingan minyak sawit. Pembakaran dalam ketel uap dengan menggunakan cangkang kelapa sawit ini akan menghasilkan abu cangkang sawit (*oil palm ashes*) dengan ukuran butir yang sangat halus.

Limbah abu cangkang sawit memiliki unsur yang bermanfaat untuk meningkatkan kekuatan mortar. Abu sawit memiliki sifat pozzolan dan mengandung unsur silika yang cukup banyak berkisar 31,45% sedangkan semen Portland hanya 20-25% (Tri Mulyono, 2004). Sampai saat ini limbah cangkang sawit yang berupa abu cangkang sawit belum banyak dimanfaatkan, hanya menjadi sampah yang dapat merusak lingkungan. Untuk itu harus ada upaya untuk memanfaatkan limbah abu cangkang sawit tersebut dalam rangka meminimalkan dampak yang ditimbulkannya. Abu hasil pembakaran ini biasanya dibuang dekat pabrik sebagai limbah padat yang tidak dimanfaatkan, bahkan berpotensi menimbulkan gangguan terhadap lingkungan dan kesehatan. Salah satu upaya tersebut adalah memanfaatkan abu cangkang sawit sebagai bahan pengganti sebagian semen untuk meningkatkan kuat tekan *paving block*.

2.4 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Faktor air semen yang tinggi dapat menyebabkan beton yang dihasilkan mempunyai kuat tekan yang rendah dan semakin rendah faktor air semen kuat tekan beton semakin tinggi. Namun demikian, nilai faktor air semen yang semakin rendah tidak selalu berarti bahwa kekuatan beton semakintinggi. Nilai faktor air semen yang rendah akan menyebabkan kesulitan dalam pengerjaan, yaitu kesulitan dalam pelaksanaan pemadatan yang akhirnya akan menyebabkan mutu beton menurun. Oleh sebab itu ada suatu nilai faktor air semen optimum yang menghasilkan kuat tekan maksimum. Umumnya nilai faktor air semen minimum untuk beton normal sekitar 0,4 dan maksimum 0,65 (Tri Mulyono, 2004). Perbandingan f.a.s dengan kondisi lingkungan terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Faktor Air Semen Untuk Setiap Kondisi Lingkungan

Keterangan	Jumlah Semen minimum per m ³ Beton (Kg)	Nilai faktor air semen maksimum
Beton di dalam ruangan		
Keadaan keliling non korosif	275	0,60
Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi	325	0,52
Beton diluar ruang bangunan		
Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,60
Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah		
Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,5
Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Table tersendiri	Table tersendiri

Sumber: (SK SNI T – 15 – 1990 - 03)

Hubungan antara faktor air semen dengan kuat tekan beton secara umum dapat ditulis dengan rumus Duff Abrams (1919) sebagai berikut:

$$f'c = \frac{A}{B^{1,5} \times X} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan : $f'c$ = Kuat tekan beton (Mpa)

X = faktor air semen

A,B = Konstanta

Dengan demikian semakin besar faktor air semen semakin rendah kuat tekan betonnya, walaupun apabila dilihat dari rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil faktor air semen semakin tinggi kuat tekan beton, tetapi nilai $f'c$ yang rendah akan menyulitkan pemadatan, sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton kurang padat. Dapat disimpulkan bahwa hampir untuk semua tujuan beton yang mempunyai $f'c$ minimal dan cukup untuk memberikan *workability* tertentu yang berlebihan, merupakan beton yang baik.

Pada beton mutu tinggi atau sangat tinggi, faktor air semen dapat diartikan sebagai *water to cementious ratio*, yaitu rasio total berat air (termasuk air yang terkandung dalam agregat dan pasir) terhadap berat total semen dan *additive cementious* yang umumnya ditambahkan pada campuran beton mutu tinggi (Supartono, 1998). Pada beton mutu tinggi nilai faktor air semen ada dalam rentang 0,2 – 0,5 (ACI 211.1.89).

$$F.a.s = W (c + p) \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan : F.a.s = Faktor air semen

W = Rasio total berat air (%)

c = Berat semen (kg)

p = Berat bahan tambah pengganti semen (kg)

Nilai faktor air semen pada beton mutu tinggi termasuk berat air yang terkandung di dalam agregat. Faktor air semen pada kondisi agregat kering oven.

2.5 Kuat Tekan *Paving Block*

Dalam pembuatan *paving block*, perlu dilakukan pengujian agar dihasilkan *paving block* yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan lapis perkerasan. Adapun

paving block yang akan diuji harus memenuhi beberapa syarat agar memenuhi syarat standar bahan bangunan Indonesia.

Kuat tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Kuat tekan *paving block* dianalogikan sama seperti kuat tekan silinder beton, sehingga besarnya beban yang dapat ditahan oleh silinder beton persatuan luas yang menyebabkan benda uji silinder beton hancur karena gaya yang dihasilkan oleh mesin tekan dapat diartikan sebagai nilai kuat tekan *paving block*.

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan, f_c' , dari benda uji *paving block*. Pengujian kuat tekan *paving block* menggunakan alat *compression test*. Pengujian kuat tekan dihentikan setelah dial pada pembacaan pada alat *compression test* berhenti. Hal ini menunjukkan bahwa kuat tekan dari benda uji tersebut sudah maksimal.

Adapun perhitungan kuat tekan dari benda uji dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$F_c' = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan: F_c' = Kuat tekan benda uji (Mpa)

P = Beban Maksimum (N atau kN)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

Dari pengumpulan data kekuatan tekan hancur beton dilakukan penentuan kuat tekan karakteristik ini diperoleh dengan menggunakan rumusan (statistik) sebagai berikut :

a. Menetapkan deviasi standar benda uji

$$S = \frac{\sum \sqrt{\sigma'_{b} - \sigma'_{bm}}}{N-1} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan : S = deviasi standar

σ'_{b} = kuat tekan beton yang didapat masing-masing

σ'_{bm} = kuat tekan beton rata-rata

N = jumlah seluruh benda uji

- b. Menghitung nilai kekuatan tekan beton karakteristik dengan 5% kemungkinan adanya kekuatan yang tidak memenuhi syarat :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1.64 S$$

Keterangan : σ'_{bk} = kuat tekan beton karakteristik

- c. Nilai kekuatan beton karakteristik yang diperoleh pada langkah (b) dibandingkan dengan nilai rencana bila mutu beton kurang dari rencana, maka beton tersebut tidak memenuhi syarat. Jadi ukuran mutu pelaksanaan adalah deviasi standart pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Besar kecilnya batasan-batasan deviasi standar

Isi Pekerjaan		Deviasi standart (kg/cm ²)		
Sebutan	Jumlah beton	Baik sekali	Baik	Dapat
Kecil	<1000	45<S<65	55<S<65	65<S<85
Sedang	1000-3000	35<S<45	45<S<55	55<S<75
Besar	>3000	25<S<35	35<S<45	45<S<65

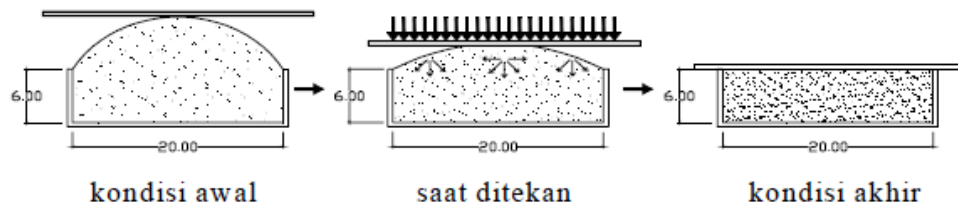
Sumber: (SK SNI T – 15 – 1990 - 03)

2.6 Cara Pembuatan *Paving Block*

Cara pembuatan *paving block* yang biasanya digunakan dalam masyarakat dapat diklasifikasikan menjadi dua metode, yaitu :

1. Metode Konvensional

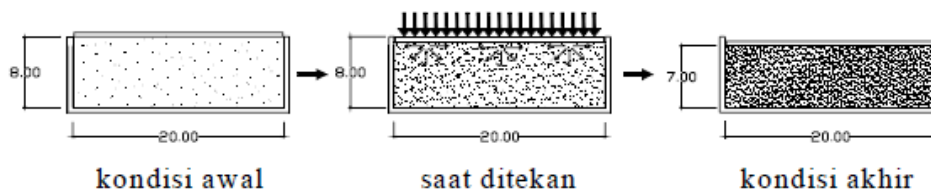
Metode ini adalah metode yang paling banyak digunakan oleh masyarakat kita dan lebih dikenal dengan metode gablokan. Pembuatan *paving block* cara konvensional dilakukan dengan menggunakan alat gablokan dengan beban pemadatan yang berpengaruh terhadap tenaga orang yang mengerjakan. Metode ini banyak digunakan oleh masyarakat sebagai industri rumah tangga karena selain alat yang digunakan sederhana, juga mudah dalam proses pembuatannya sehingga dapat dilakukan oleh siapa saja Semakin kuat tenaga orang yang mengerjakan maka akan semakin padat dan kuat *paving block* yang dihasilkan. Dilihat dari cara pembuatannya, akan mengakibatkan pekerja cepat kelelahan karena proses pemadatan dilakukan dengan menghantamkan alat pemadat pada adukan yang berada dalam cetakan.



Gambar 2.6 Prinsip Kerja Metode Konvensional

2. Cara *press hidrolis* (mesin)

Alat *press paving* yang digerakan dengan tenaga mesin (diesel), alat *presshidrolis* dapat menghasilkan kualitas paving yang baik, karena tekanan yang diberikan pada tiap-tiap paving lebih merata dan tekanan yang diberikan juga lebih besar, sehingga *paving block* yang dibuat dengan alat *press hidrolis* lebih padat dari pada yang dibuat dengan alat *press manual*. Alat *press hidrolis* maksimal kapasitasnya 1000 buah/hari.



Gambar 2.7 Prinsip Kerja Metode Mekanis

2.7 Curing

Curing adalah perlakuan atau perawatan terhadap *paving block* selama masa pembekuan. Pengukuran *Curing* diperlukan untuk menjaga kondisi kelembaban dan suhu yang diinginkan pada *paving block*, karena suhu dan kelembaban di dalam secara langsung berpengaruh terhadap sifat-sifat *paving block*. Pengukuran *Curing* mencegah air hilang dari adonan dan membuat lebih banyak hidrasi semen. Untuk memaksimalkan mutu *paving block* perlu diterapkan pengukuran *Curing* sesegera mungkin setelah *paving block* dicetak. *Curing* merupakan hal yang kritis untuk membuat permukaan *paving block* yang tahan terhadap beban yang berat.

Curing harus dibuat pada setiap bahan bangunan, bagian konstruksi atau produk yang menggunakan semen sebagai bahan baku. Hal ini karena semen memerlukan air untuk memulai proses hidrasi dan untuk menjaga suhu di dalam yang dihasilkan oleh proses ini demi mengoptimalkan pembekuan dan kekuatan semen. Pengaturan suhu di dalam dengan air disebut *Curing*. Proses hidrasi yang tidak terkontrol akan menyebabkan suhu semen kelebihan panas dan kehilangan bahan-bahan dasar untuk pengerasan dan kekuatan akhir produk semen seperti beton, mortar, dan lain-lain. *Curing* yang baik berarti penguapan dapat dicegah atau dikurangi. Secara umum ada 3 jenis utama *Curing* yang digunakan pada sektor konstruksi, yaitu:

1. *Curing* air

Curing air adalah yang paling banyak digunakan. Ini merupakan sistem dimana sangat cocok untuk konstruksi rumah dan tidak memerlukan infrastruktur atau keahlian khusus. Bagaimanapun *Curing* air memerlukan banyak air yang mungkin tidak selalu mudah dan bahkan mungkin mahal. Untuk mengekonomiskan penggunaan air perlu dilakukan pengukuran untuk mencegah penguapan air pada produk semen. Misal beton harus dilindungi dari sinar matahari langsung dan angin untuk mencegah penguapan air yang cepat. Cara seperti menutup beton dengan pasir, serbuk gergaji, rumput dan dedaunan tidaklah mahal, tetapi masih cukup efektif. Selanjutnya plastik, goni bisa juga digunakan sebagai bahan untuk mencegah penguapan air dengan cepat. Sangat penting seluruh produk semen (batako, *paving block*, batu pondasi, bata pondasi, pekerjaan plaster, pekerjaan lantai, dll) dijaga tetap basah dan jangan pernah kering, jika tidak kekuatan akhir produk semen tidak dapat dipenuhi. Jika proses hidrasi secara dini berakhir akibat kelebihan panas (tanpa *Curing*), air yang disiram pada produk semen yang telah kering tidak akan mengaktifkan kembali proses hidrasi, kehilangan kekuatan akan permanen. Pada *Curing* air, produk semen harus dijaga tetap basah (misal dengan menutup produk dengan plastik) untuk lebih kurang 7 hari.

2. *Curing* uap air

Curing uap air dilakukan dimana air sulit diperoleh dan semen berdasarkan unsur-unsur bahan setengah jadi seperti slop toilet, ubin, tangga, jalusi dan lain-lain diproduksi masal. *Curing* uap air menurunkan waktu *Curing* dibandingkan dengan *Curing* air biasa lebih kurang sekitar 50 – 60%. Prinsip kerja *Curing* uap air adalah dengan menjaga produk semen pada lingkungan lembab dan panas yang membolehkan semen mencapai kekuatan lebih cepat dari pada *Curing* air biasa. Untuk menghasilkan lingkungan lembab dan panas ini perlu dibuat suatu ruang pemanasan sederhana dengan dinding dan lantai penahan air yang ditutup dengan plastik untuk membuat matahari memanaskan ruang pemanasan dan mencegah air menguap. Tinggi permukaan air dari lantai sekitar 5 sampai 7 cm dijaga setiap waktu agar prinsip kerja sistem penguapan dapat bekerja.

3. *Curing* uap panas

Curing uap panas biasanya hanya digunakan pada pabrik yang sudah canggih yang memproduksi produk semen secara massal. Sistem *Curing* uap panas mahal dan membutuhkan banyak energi untuk membangkitkan panas yang dibutuhkan untuk uap panas. Bagaimanapun, produk *Curing* uap panas dapat digunakan setelah kira-kira 24 – 36 jam setelah produksi, yang mempunyai keunggulan dibandingkan *Curing* sistem lainnya.

Pada dasarnya semua aturan dan regulasi untuk pembuatan beton secara benar diikuti, kekuatan beton dapat diperoleh seiring dengan waktu. Bagaimanapun, tingkat kenaikan kekuatan akan berkurang dengan waktu.

2.8 Uji Validitas Data

Dalam penelitian, data mempunyai kedudukan yang tinggi, karena data merupakan penggambaran variabel yang diteliti dan berfungsi sebagai alat pembuktian hipotesis. Benar tidaknya data, sangat menentukan bermutu atau tidaknya hasil penelitian. Sedang besar tidaknya data, tergantung dari baik tidaknya instrument data. Pengujian instrument biasanya terdiri dari uji validitas dan reliabilitas.

Validitas adalah tingkatan keandalan dan kesahihan alat ukur yang digunakan. Instrument dikatakan valid berarti menunjukkan alat ukur yang dipergunakan untuk mendapatkan data itu valid atau dapat digunakan untuk mengukur apa yang seharusnya diukur. Dengan demikian, instrument yang valid merupakan instrument yang benar-benar tepat untuk mengukur apa yang hendak diukur. Sedangkan uji reliabilitas berguna untuk menetapkan apakah instrument yang dalam hal ini kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama akan menghasilkan data yang konsisten. Dengan kata lain, reliabilitas mencirikan tingkat konsistensi.

Analisis data kuat tekan dan penyerapan air *paving block* dilakukan dengan menggunakan program computer yaitu Microsoft Excel. Adapun analisis yang akan dilakukan antara lain uji korelasi dan uji regresi yaitu untuk mengetahui hubungan antara variabel dan persamaan hubungannya.

2.8.1 Uji Korelasi

Analisis korelasi adalah metode statistika yang digunakan untuk menentukan kuatnya data derajat hubungan linier antara dua variabel atau lebih. Semakin nyata hubungan linier (garis lurus), maka semakin kuat atau tinggi hubungan garis lurus antara kedua variabel atau lebih. Hubungan garis lurus ini dinamakan koefisien korelasi. Korelasi menyatakan hubungan antara dua variabel tanpa memperhatikan variabel mana yang menjadi perubah. Karena itu hubungan korelasi masih belum dapat dikatakan sebagai hubungan sebab akibat.

Kuat hubungan antara variabel dinyatakan dalam koefisien korelasi. Koefisien korelasi dapat diketahui berdasarkan penyebaran titik-titik pertemuan antara dua variabel, misalnya X dan Y yang digambarkan dalam diagram pencar (*scatterplot*). Dari diagram / grafik tersebut akan diperoleh nilai koefisien korelasi (r). Untuk mengetahui kuat atau tidaknya hubungan antar variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi (r^2) yang didapat, dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.4 Interval Koefisien Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat Rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat Kuat

(Sumber: Sugiono, Dr., *Statistika Untuk Penelitian*, 2002)

2.8.2 Uji Regresi

Regresi adalah pengukur dua variabel atau lebih yang dinyatakan dengan bentuk hubungan atau fungsi. Untuk menentukan bentuk hubungan (regesi) diperlukan pemisahan yang tegas antara variabel bebas yang sering diberi simbol X dan variabel tak bebas dengan simbol Y. untuk memperkirakan hubungan antara dua variabel tidak mungkin tanpa membuat asumsi terlebih dahulu mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Fungsi linier sering digunakan sebagai pendekatan (*approximation*) atas hubungan yang bukan linier (non linier). Persamaan umum regresi linier sederhana adalah :

$$Y = a + bX \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

- Y = Subjek dalam variabel *dependent* yang diprediksikan.
- a = Harga Y bila X = 0 (harga Konstan).
- b = Angka arah atau koefisien regresi, yang menunjukkan angka peningkatan ataupun penurunan variabel *dependent* yang didasarkan pada variabel *independent*. Bila b (+) maka baik, dan bila b (-) maka terjadi penurunan.
- X = Subjek pada variabel *independent* yang mempunyai nilai tertentu

2.9 Penelitian Sejenis yang Pernah Dilakukan

Beberapa penelitian sejenis yang pernah dilakukan sebagai referensi tambahan yaitu :

- a. Penelitian “Nilai Korelasi Kuat Tekan *paving block* Pada Umur 3, 7, 14, 21 dan 28 Hari” (Wulansari, dkk. 2003). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Kuat tekan *paving block* dipengaruhi oleh umur, kebutuhan air campuran, jenis semen, jumlah semen, dan sifat agregat.
- b. Penelitian “Kadar Fly Ash Optimum pada *paving block* Mutu Tinggi” (Kukandi, 2004). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Campuran *paving block* biasa/normal terdiri dari semen, pasir, abu batu, dan air.
 - Perbandingan jumlah pasir sama dengan perbandingan jumlah abu batu pada campuran *paving block* (berdasarkan Metode DOE dan ACI).
- c. Penelitian "Studi Pemanfaatan Lumpur Limbah Cair B-3 yang Mengandung Pb dan Cr dari Industri percetakan sebagai Bahan Baku Tambahan Pembuatan *paving block*", (Nita Anggraeni, 2004). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan komposisi optimum lumpur limbah cair B-3 sebagai bahan tambahan pembuatan *paving block*, serta untuk mengetahui proses pengikatan dan karakteristiknya.
 - Variasi kadar lumpur limbah cair B-3 yang digunakan ialah 10% ; 15% ;20% ; 25% ; 30% ; 35% ; 40%
 - Penelitian ini menggunakan benda uji balok persegi (20x10x5 cm) dengan komposisi campuran pasir : semen adalah 1 : 3.
 - Dari hasil penelitian tersebut didapat kesimpulan yaitu kadar lumpur limbah cair B-3 yang dapat dimanfaatkan yaitu antara 10% - 30%.

Kadar lumpur limbah cair B-3 yang mempunyai perlakuan paling baik terdapat pada kadar 10% dengan kuat tekan 229,375 kg/cm² dan daya serap 11,334%.

- d. Penelitian "Karakteristik Mortar Geopolimer Abu Sawit dengan Variasi Modulus Aktivator", (Winda Astuti Halinda, 2013). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Peningkatan suhu perawatan akan meningkatkan kuat tekan mortar abu sawit.
 - Pembakaran kembali abu sawit dalam keadaan terpapar panas langsung dalam *furnace* memberikan kuat tekan lebih tinggi daripada pembakaran tertutup.
- e. Penelitian "Pengaruh Perawatan (*Curing*) pada Beton dengan Limbah Abu Boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS) sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton", (FD Pardi Habeahan, Nursyamsi, 2013). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Secara umum hasil penelitian menyimpulkan bahwa beton dengan perawatan rendam menghasilkan kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *curing* plastic. Serta curing kering menghasilkan kuat tekan yang paling rendah dari ketiga macam *curing*.
- f. Penelitian "Perilaku Kuat Tekan Mortar Semen Pasangan Dengan Abu Sabut Cangkang Sawit Yang Dioven dan Tidak Dioven", (Dofi Hendro Fogi, 2013). Kesimpulan dari hasil penelitiannya adalah sebagai berikut :
 - Hasil kuat tekan rata-rata pada penggunaan abu cangkang sawit yang dioven saling bertolak belakang pada setiap campuran. Sedangkan abu cangkang sawit yang tidak dioven memiliki penengkatan dan penurunan yang linier. Keduanya sama-sama memiliki kuat tekan maksimum pada persentase campuran 10%..