

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton banyak dipakai secara luas sebagai bahan bangunan yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland* dan agregat halus, agregat kasar serta air dengan perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah pozzolan. Dari segi teknologinya beton *paving block* tidak jauh berbeda, dilihat dari susunan bahan pembuatannya yaitu semen, kerikil, pasir dan air, selain itu cara pengujian kuat desak maupun cara pemeliharanya juga sama. Namun jika dilihat dari cara pembuatannya, agregat yang dipakai, faktor air semen yang berpengaruh pada nilai slump beton berbeda. Dari perbedaan yang ada maka pada *paving block* diperlukan perlakuan khusus yaitu dalam pembuatan, perawatan dan umur pemakaian dari beton pada umumnya.

Peningkatan kemampuan atau mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan berlaku juga pada beton struktur lainnya. Usaha lain adalah dengan pemanfaatan fenomena bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori – pori yang ada semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan. Pada mortar beton, semen dan air yang berupa pasta mengikat agregat halus dan kasar yang masih menyisakan rongga atau pori – pori yang tidak dapat

terisi oleh butiran semen. Ruang yang tidak ditempati butiran semen merupakan rongga yang berisi udara dan air yang saling berhubungan yang disebut kapiler. Kapiler yang terbentuk akan tetap tinggal ketika beton telah mengeras, akibatnya akan dapat berpengaruh terhadap turunnya kekuatan beton (Antono, A., 1993). Terbentuknya kapiler ini dapat diantisipasi dengan penggunaan bahan tambah pozzolan. Bahan tambah ini merupakan bahan kusus yang ditambahkan dalam mortar sebagai pengisi dan pada umumnya berupa bubuk mineral aktif (Murdock dan Brook, 1986)

Pemanfaatan teknologi beton dihubungkan dengan sarana transportasi, dengan melihat keuntungan beton yaitu dari segi kemudahan mendapatkan bahan penyusun, kemudahan cara pembuatan, kemudahan biaya perawatan, biaya yang lebih murah dibanding aspal, dan dari segi kekuatan yang dicapai relatif tinggi, maka teknologi beton dapat digunakan sebagai perkerasan jalan (*rigid pavement*).

Pencampuran dan pemakaian jenis bahan susun serta komposisi yang berbeda maka akan menghasilkan *paving block* yang bervariasi kuat desaknya. Pada umumnya *paving block* mempunyai karakteristik kuat desak sebesar 300 kg/cm² kecuali untuk lalu lintas berat, dimana standar kekuatannya adalah 450 kg/cm² (Pino Iskandar, 1984).

3.2 Material Penyusun Beton

Bahan – bahan penyusun beton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu bahan pasif dan aktif. Kelompok pasif yaitu pasir dan kerikil (agregat halus dan agregat kasar), sedangkan kelompok aktif yaitu semen dan air. Kelompok

pasif disebut pengisi sedangkan kelompok aktif disebut pengikat atau perekat karena berfungsi merekatkan butiran-butiran agregat agar terjadi suatu massa yang padat dan kompak.

3.2.1 Semen *Portland*

Semen adalah bahan hidrolis yang berbentuk serbuk halus yang dihasilkan dengan cara menghaluskan *klinker* yang mengandung kapur, silika dan alumina. Semen *portland* dibuat dengan cara mencampur dan membakar bahan dasar semen pada suhu 1550°C dan menjadi *klinker* (Kardiyono Tjoekrodimuljo, 1995).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu masa yang kompak dalam arti menjadi satu dan padat. Semen akan berfungsi sebagai pengikat apabila diberi air, sehingga semen termasuk bahan ikat hidrolis.

Reaksi kimia antara semen *portland* dengan air menghasilkan senyawa senyawa yang disertai pelepasan panas. Kondisi ini mengandung resiko yang besar terhadap penyusutan beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi air dengan semen dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis kekeadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikat semen berlangsung lambat, sehingga memudahkan untuk dikerjakan (Kardiyono Tjoekrodimuljo, 1995).

Ketika semen dicampur dengan air, timbul reaksi kimia antar unsur – unsur penyusun semen dengan air. Reaksi ini menghasilkan bermacam – macam

senyawa kimia yang menyebabkan ikatan dan pengerasan. Unsur penyusun utama semen tersebut adalah seperti tercantum dalam tabel 3.1 berikut ini:

Tabel 3.1 Unsur – unsur penyusun utama semen

Nama unsur	Simbol	Komposisi Kimia
Trikalsium Silikat	C_3S	$3 CaO SiO_2$
Dikalsium Silikat	C_2S	$2 CaO SiO_2$
Trikalsium Aluminat	C_3A	$3 CaO Al_2O_3$
Tetrakalsium Aluminoferrite	C_4AF	$4CaO Al_2O_3 Fe_3O_3$

Sumber : Teknologi Beton Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995

3.2.2 Agregat Halus (Pasir)

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar (beton). Agregat ini kira-kira menempati 70% volume mortar. Walau sebagai pengisi akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian yang penting dalam pembuatan mortar atau beton (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

Agregat halus mempunyai ukuran butiran antara 0,15-5mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu dari hasil pecahan batu yang dihasilkan oleh alat *stone crusher*. Agregat halus atau pasir menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*), kekuatan (*strength*) dan tingkat keawetan (*durability*).

3.2.3 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil sebagai hasil diintegrasikan alami dari bahan alam dari batu pecah dengan ukuran 5-40 mm. Jenis dan sifat agregat kasar yang umumnya adalah (Edward G. Nawy, 1990):

1. batu pecah alami, didapat dari batu cadas atau batu pecah alami yang digali. Batu ini didapat dari gunung berapi, sedimentasi atau jenis *metamorf*,
2. kerikil alami, terjadi oleh proses alami yaitu terjadi oleh pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air yang mengalir. Kerikil mempunyai kekuatan lebih rendah dari batu pecah,
3. agregat kasar buatan biasanya merupakan hasil dari proses buatan seperti yang dihasilkan oleh alat pemecah batu (*stone crusher*),
4. agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat. Agregat ini misalnya baja pecah.

3.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pegikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1991).

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas dengan agregat, agar dengan mudah beton dapat dikerjakan dan dipadatkan (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Air yang digunakan dalam pembuatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang merugikan seperti lumpur, tanah liat, bahan organik dan asam organik, alkali dan garam-garam lainnya. Tidak ada batasan khusus yang harus diberikan untuk

garam-garam terlarut, tetapi apabila air jernih tidak terasa asam dan payau, maka air dapat digunakan (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

3.3 Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan alam atau bahan buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur silikat dan aluminat yang reaktif (DPU,1992). Jenis-jenis ponzzolan antara lain adalah:

1. Tras alam,
2. Batuan kapur (*lime stone*),
3. pecahan batu bata merah,
4. gilingan terak tanur tinggi,
5. abu terbang (*fly ash*),
6. abu gunung berapi,
7. tumbuhan (abu ampas tebu,abu gergaji kayu),
8. *artificial (micro silica superplastiliser)*.

Pengaruh penggunaan pozzolan adalah:

1. pada pembuatan beton massa (*mass concrete*) pemakaian ponzzolan sangat menghemat penggunaan semen,*setting time* lebih lama dan mengurangi proses hidrasi,
2. kalsium hidroksi (unsur terlemah dari beton) yang terbentuk dapat dihilangkan dengan menambahkan abu terbang dan *silica fume*, sehingga beton yang dihasilkan lebih massif dan padat, serta kekerasanya meningkat. Pengaruh ini

banyak digunakan dalam membuat beton mutu tinggi (Kardiyono Tjokrodimuljo).

3.4 Slump

Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton segar. Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonya, sehingga adukan beton makin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, karenanya bila nilai slump sama tetapi nilai fas berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi jika kandungan nilai semena lebih banyak (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

3.5 Abu Gergaji Kayu

Abu gergaji kayu merupakan abu yang dihasilkan dari pembakaran gergaji kayu, jika gergaji kayu dibakar dalam kondisi terkontrol. Proses pembakaran gergaji kayu sampai menjadi abu, membantu menghilangkan kandungan kimia organik dan meninggalkan silika yang cukup banyak. Perlakuan panas terhadap silika dalam abu limbah gergaji kayu berakibat pada perubahan struktur yang berpengaruh terhadap aktifitas pozzolan abu dan kehalusan butiran.

3.5.1 Mekanisme pengaruh abu gergaji kayu

Terjadinya penurunan kuat desak *paving block* disebabkan oleh adanya abu gergaji kayu, mekanisme terjadinya pengaruh dari abu gergaji kayu sebagai berikut :

1. Mekanisme reaksi pozzolanik abu gergaji kayu

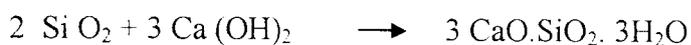
Berlangsungnya proses reaksi abu gergaji kayu dalam pengikatan kapur bebas sisa dari hidrasi semen sangatlah sulit untuk diketahui secara teliti, namun secara sederhana reaksi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Dari persamaan di atas keduanya menghasilkan 3 CaO.SiO₂.3H₂O disingkat C₃S₂H₃ yang disebut dengan *Tobermorite* dan sisa reaksi berupa Ca (OH)₂ (Kalsium Hidroksida). *Tobermorite* adalah pasta semen yang terdiri dari gel (suatu butiran sangat halus hidrasi, memiliki luas permukaan yang besar) dan mempunyai kemampuan seperti perekat, sedangkan kalsium hidroksida merupakan sisa semen yang tidak bereaksi (Kardiono, 1995).

Jika abu gergaji kayu yang mengandung silika (SiO₂) dimasukkan dalam adukan beton, maka bahan ini akan bereaksi dengan Kalsium Hidroksida (Ca (OH)₂).

Reaksinya adalah sebagai berikut :



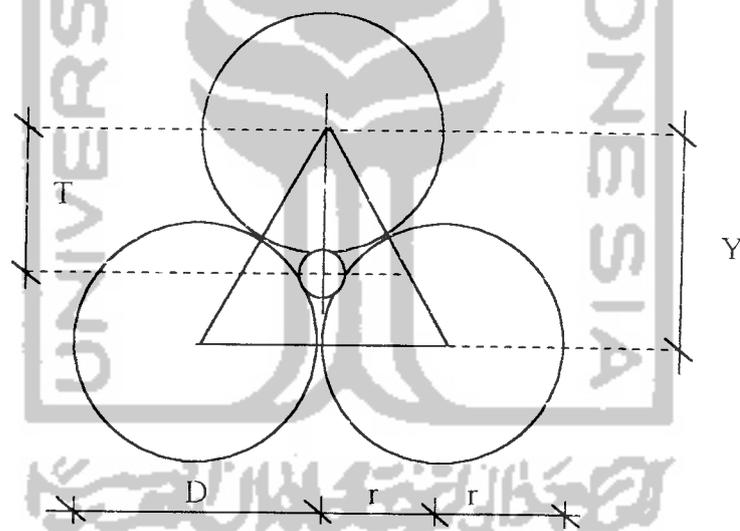
persamaan di atas menghasilkan *Tobermorite* baru, dengan demikian penambahan abu gergaji kayu mengakibatkan hilangnya Kalsium Hidroksida (Ca (OH)₂) yang merupakan unsur terlemah dalam beton sehingga akan dihasilkan *paving block* yang berifat massif, padat akan

tetapi kekerasannya berkurang dibandingkan *paving block* yang tidak menggunakan campuran abu gergaji kayu.

2. Mekanisme abu gergaji kayu sebagai *Filler*

Karena reaksi pozzolanik abu gergaji kayu kecil, maka menyebabkan berkurangnya kekuatan *paving block*, sedangkan pada *paving block* tanpa abu gergaji kayu, pori-pori yang terisi air akan menjadi porous. Keadaan ini menyebabkan kekuatan *paving block* lebih tinggi dibandingkan *paving block* yang menggunakan abu gergaji kayu.

Pori yang terjadi dapat dijelaskan pada gambar 6.4 berikut ini,



Gambar 3.1 Butiran pada kelompok agregat

Butiran yang besar lolos saringan ukuran 0,6 mm menyisakan pori-pori pada ikatan butiran, sehingga dapat dihitung kemungkinan besarnya butiran yang mampu mengisi pori-pori sebagai berikut :

$$\tan 60 = \frac{Y}{0,3} \text{ mm}$$

$$Y = 0,52 \text{ mm}$$

$$T = 0,52 \times \frac{2}{3}$$

$$= 0,347 \text{ mm}$$

$$\text{Ukuran butiran} = (0,347 - 0,3) \times 2$$

$$= 0,094 \text{ mm}$$

Sehingga pori-pori yang ada diantara butiran agregat dapat diisi dengan abu gergaji kayu yang lolos ayakan 0,094 mm.

3.6 Paving Block

Suatu komposisi bahan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambah lainnya yang mengurangi mutu *paving block* tersebut (SII 0819-88).

3.6.1 Perancangan Campuran Adukan *Paving Block*

Cara perancangan dari campuran adukan *paving block* tergantung hingga tingkatan tertentu pada kekuatan serta jumlah komposisi adukan *paving block* yang dikehendaki, untuk memperoleh campuran adukan *paving block* yang optimum harus tepat dalam pemilihan dan perancangannya.

Pada campuran *paving block* biasanya direncanakan untuk memberikan kekuatan desak pada umur 28 hari setelah pencetakan *paving block*, karena dapat memberikan keuntungan yang cukup dalam karakteristik *paving block* itu sendiri.

Penelitian ini digunakan komposisi dengan perbandingan volume 1 pc : 3 ps : 2,5 kr terdiri dari semen portland, pasir, kerikil dan air sebagai pereaksi serta

abu gergaji kayu hasil pembakaran 400°C selama 2 jam sebagai bahan substitusi sebagian semen.

3.6.2 Pembuatan *Paving Block*

Langkah-langkah yang diperlukan dalam pembuatan adukan *paving block*:

1. pengadukan bahan susun *paving block*, merupakan proses pencampuran bahan dasar *paving block* dalam perbandingan yang baik dan telah ditentukan sesuai dengan takaran, hingga terjadi persamaan yang merata melalui peralatan mekanis,
2. penuangan adukan *paving block*, campuran bahan susun dituangkan kedalam acuan (*formwork*) dan diratakan agar seluruh bagian acuan terisi dan diperoleh detail yang baik pada setiap sudut konstruksinya,
3. pemadatan adukan *paving block*, prinsip pemadatan adukan adalah usaha agar diperoleh *paving block* padat. tidak berongga yang dapat membantu reaksi-reaksi antar unsur-unsur didalamnya dengan memberikan beban tekanan melalui pemukul. Pada dasarnya pemadatan dengan cara pemukulan digunakan pada adukan yang lebih kering. Sehingga menghasilkan kuat desak tinggi, kedap air, detail yang baik pada sudut kontraksi disertai pengurangan penyusutan dan memungkinkan penggunaan campuran yang kurang *workability*nya,

4. perawatan *paving block* (*curing*), perencanaan perawatan *paving block* dimaksudkan untuk mempertahankan *paving block* supaya terus menerus dalam keadaan yang lembab selama beberapa hari atau minggu termasuk pencegahan penguapan yang menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan terlalu cepat, sehingga mengakibatkan timbulnya retak-retak pada *paving block*.

Dalam perkembangannya ada beberapa cara dalam perawatan *paving block* yaitu:

1. menutupi permukaan *paving block* dengan hesian (kain atau karung goni basah),
2. menutupi permukaan *paving block* dengan jerami basah,
3. penyiraman atau penyemprotan atau dengan memberikan percikan air secara periodik,
4. menggenangi permukaan *paving block* dengan cara merendamnya.

Pada penelitian ini perawatan *paving block* dengan cara menyiram dengan air secara periodik setiap harinya, hal ini dimaksudkan untuk:

1. menghindari timbulnya retak-retak pada permukaan beton akibat terlalu cepatnya kehilangan air pada saat *paving block* itu masih berada dalam keadaan plastis,
2. menjamin tercapainya kekuatan tekan yang disyaratkan, dimana tergantung pada :

- a. jumlah air yang mengisi rongga - rongga antar butir agregat dan mengelilingi butir- butir semen,
- b. jumlah semen yang terhidrasi.

3.6.3 Kuat Desak *Paving Block*

Kuat desak *paving block* dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\sigma^b = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dimana,

σ^b = tegangan desak beton (kg/cm^2)

P = beban desak ultimit (kg)

A = luas permukaan (cm^2)

Sedangkan kuat desak rata-rata dihitung dengan rumus:

$$\sigma^{bm} = \frac{\sum \sigma^b}{n} \dots\dots\dots (2)$$

dimana,

σ^{bm} = Kuat desak rata-rata (kg/cm^2)

σ^b = Kuat desak (kg/cm^2)

n = Jumlah benda uji (buah)