

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

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

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 relatif murah dibandingkan dengan 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 akan menghasilkan *paving block* yang bervariasi kuat desaknya. Pada umumnya *paving block* mempunyai karakteristik kekuatan desak sebesar 300 kg/cm^2 kecuali untuk area lalu lintas berat, dimana standar kekuatannya adalah 450 kg/cm^2 (Pino Iskandar, 1984).

3.2 Material Penyusun Beton

Ditinjau dari fungsinya material pembentuk beton mempunyai fungsi yaitu semen dan sedikit air membentuk pasta semen yang berfungsi sebagai perekat kemudian pasta semen agregat halus (pasir) membentuk mortar untuk mengikat agregat kasar menjadi kesatuan yang kompak dengan campuran yang merata menghasilkan campuran plastis (antara cair dan padat) sehingga dapat dituang dalam acuan serta membentuknya menjadi bentuk yang diinginkan setelah menjadi kering atau padat.

3.2.1 Semen Portland

Semen adalah bahan hidrolis 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 dengan suhu 1550°C dan menjadi *klinker* (KardiyonoTjockrodimuljo, 1995).

Semen merupakan unsur terpenting dalam pembuatan beton karena semen berfungsi sebagai bahan pengikat untuk mempersatukan bahan agregat halus dan kasar menjadi satu *massa* 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 besar terhadap penyusutan kering beton dan kecenderungan retak pada beton. Reaksi semen dengan air dibedakan menjadi dua yaitu periode pengikatan dan periode pengerasan. Pengikatan merupakan peralihan dari keadaan plastis ke keadaan keras, sedangkan pengerasan adalah penambahan kekuatan setelah pengikatan selesai. Dikehendaki pengikatan semen berlangsung lambat, jika tidak adukan sulit dikerjakan karena spesifikasi semen portland mensyaratkan tidak boleh terjadi kurang dari satu jam (KardiyonoTjockrodimuljo, 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 Tjokrodimuljo, 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. Walaupun namanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau betonnya, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan mortar atau beton (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

Agregat halus memiliki ukuran butiran antara 0,15 – 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari 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 disintegrasi alami dari batuan alam berupa batu pecah dengan ukuran 5 –40 mm. Jenis sifat 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, jenis 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 jenis ini misalnya baja pecah.

3.2.4 Air

Air merupakan bahan dasar penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen dan untuk bahan pelumas antara 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 dapat diberikan untuk garam-garam terlarut, tetapi bila air jernih tidak terasa asin atau payau, maka air dapat digunakan (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

3.2.5 Pozzolan

Pozzolan merupakan bahan alam atau bahan buatan yang sebagian besar terdiri dari unsur silikat dan aluminat yang reaktif (DPU, 1982). Jenis-jenis pozzolan 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 sekam padi, abu ampas tebu).
8. Artificial (Micro silica superplastilizer).

Pengaruh penggunaan pozzolan adalah :

1. pada pembuatan beton massa (*Mass Concrete*) pemakaian *pozzolan* 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 kekerasannya meningkat. Pengaruh ini banyak digunakan dalam membuat beton mutu tinggi (Kardiyono Tjokrodinuljo, 1995).

3.2.6 Abu Ampas Tebu

Bahan pozzolan yang potensial dan mudah diperoleh serta murah. Dari hasil penelitian BTKL bahwa abu ampas tebu mempunyai sifat pozzolan yang tinggi dan baik digunakan dalam campuran pozzolan kapur dan sebagai pengganti semen, karena kandungan silikatnya mencapai 70%. Kandungan silikat pada abu ampas tebu setelah dibakar ulang pada suhu 400⁰C selama 2 jam kandungan silikatnya mencapai 73,07%.

Komposisi unsur kimia abu ampas tebu berdasarkan hasil penelitian dari BTKL dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Hasil pemeriksaan komposisi unsur kimia pada abu ampas tebu hasil pembakaran ulang pada suhu 400°C selama 2 jam dan semen.

No.	Parameter	Satuan	Abu ampas tebu	Semen
1.	SiO ₂	%	73,07	17-25
2.	AL ₂ O ₃	%	0,88	3-8
3.	Fe ₃ O ₂	%	3,50	0,5-6
4.	CaO	%	0,0021	60-65
5.	H ₂ O	%	6,28	-
6.	HD	%	55,19	-

Tabel 3.3 Sifat fisik abu ampas tebu yang telah dibakar ulang pada suhu 400°C selama 2 jam.

No.	Sifat fisik	Data yang ada
1.	Berat jenis	2,499 gr/cm ³
2.	Warna	Hitam keabu – abuan
3.	Kehalusan Butir	Lolos saringan ukuran 150 µm

3.2.7 Slump

Slump merupakan pedoman yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton segar. Makin besar nilai slump berarti makin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton 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 semennya lebih banyak (Kardiyono Tjokrodimuljo, 1995).

3.3 Perancangan Campuran Adukan *paving block*

Cara perancangan campuran proporsi adukan beton tergantung hingga tingkatan tertentu pada kekuatan serta jumlah beton yang dikehendaki. Untuk memperoleh campuran beton yang optimum harus tepat dalam pemilihan dan perancangannya.

Campuran beton biasanya direncanakan untuk memberikan kekuatan desak pada umur 28 hari setelah pencetakan beton, karena dapat memberikan keuntungan yang cukup dalam karakteristik beton itu sendiri.

Pada penelitian ini digunakan komposisi berat dari hasil penelitian sebelumnya dengan perbandingan berat 1 : 3 : 2,5 terdiri dari semen portland, pasir, krikil dan air sebagai pereaksi serta abu ampas tebu hasil pembakaran ulang 400° C selama 2 jam sebagai bahan pengganti sebagian semen. Komposisi ini memenuhi mutu standar kekuatan hancur beton sebesar 300 kg/cm².

3.4 Pengolahan *paving block*

Beberapa langkah yang perlu diambil dalam pengolahan adukan *paving block* adalah sebagai berikut ini :

1. Pengadukan *paving block*, merupakan proses pencampuran bahan dasar *paving block* dalam perbandingan yang baik dan telah ditentukan sesuai

dengan takaran, hingga terjadi persamaan campuran yang merata melalui peralatan mekanis/ alat pencampur seperti molen pan mixer.

2. Penuangan adukan *paving block*, campuran bahan susun dituangkan kedalam acuan (*formwork*) dan diratakan agar seluruh bagian acuan terisi padat agar diperoleh detail yang baik pada setiap sudut konstruksinya.
3. Pemadatan adukan *paving block*, prinsip pemadatan adukan adalah usaha agar diperoleh *paving block* padat yang mampat tidak berongga yang dapat membantu reaksi antar unsur – unsur didalamnya dengan memberikan beban pressure melalui penggetaran (*vibrator*). Pada dasarnya pemadatan dengan cara penggetarandigunakan pada adukan lebih kering (produk beton kering) yang menghasilkan kuat desak tinggi, kedap air, detail yang baik pada sudut konstruksi disertai pengurangan penyusutan dan memungkinkan penggunaan campuran yang kurang workability-nya pada proporsi campuran tertentu.
4. Perawatan *paving block* (*curing*), perencanaan perawatan *paving block* ditujukan untuk mempertahankan *paving block* supaya terus – menerus dalam keadaan lembab selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu, termasuk pencegahan penguapan yang menyebabkan penyusutan kering terlalu awal dan cepat, yang berakibat timbulnya retak – retak *paving block*.

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

1. Menutupi permukaan *paving block* dengan hessian (kain / 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. Menghindarkan 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

3.5 Kuat desak *paving block*

Nilai kuat desak beton didapat melalui pengujian standar, menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan pada beban tertentu atas benda uji *paving block* hingga hancur. Laju kenaikan kekuatan beton mula – mula cepat, makin lama laju kenaikan beton makin lambat.

Sebagai standar kekuatan *paving block* dipakai kuat desak beton umur 28 hari. Kuat beton dapat dihitung dengan cara membagi beban ultimit yang dicapai dengan luas permukaan dari bagian yang tertekan. Disamping itu kuat desak beton juga dipengaruhi oleh hal sebagai berikut :

1. sifat – sifat dari bahan pembentuknya
2. perbandingan dari bahan – bahannya,
3. cara pengadukan dan penuangannya,
4. cara pemadatannya,
5. perawatan selama proses pengerasan, dan
6. umur beton

Kuat desak *paving block* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma'b = P / A$$

Dimana, $\sigma'b$ = Tegangan kuat desak beton

P = Beban desak ultimit (kg)

A = Luas permukaan (cm²)

Hasil pengujian pada *paving block* perlu diperiksa perkiraan kuat desak dari keseluruhan benda uji yang telah diuji. Sedangkan nilai kuat desak beton rata – rata dihitung dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\sigma'_{bm} = \Sigma (\sigma'b / n)$$

dimana: σ'_{bm} = kuat desak beton rata – rata

n = Jumlah benda uji