

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Dalam Teknologi Beton, Tjokrodimuljo, K (2007) Beton pada dasarnya adalah campuran yang terdiri dari agregat kasar dan agregat halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antara agregat kasar dan agregat halus serta kadang-kadang ditambahkan *additive*.

Sebagai bahan konstruksi beton mempunyai kelebihan dan kekurangan, kelebihan beton antara lain sebagai berikut:

1. Beton mampu menahan gaya tekan dengan baik, serta mempunyai sifat tahan terhadap korosi dan pembusukan oleh kondisi lingkungan.
2. Beton segar dapat dengan mudah dicetak sesuai dengan keinginan.
3. Beton segar dapat disemprotkan pada permukaan beton lama yang retak maupun dapat diisikan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
4. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
5. Beton tahan aus dan tahan bakar, sehingga perawatannya lebih murah.

Kekurangan beton antara lain sebagai berikut:

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak. Oleh karena itu perlu diberi baja tulangan, atau tulangan kasa (*meshes*).

2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusak beton.
3. Bentuk yang telah dibuat sulit diubah.
4. Berat.
5. Daya pantul suara yang besar.
6. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan diteliti secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa

Menurut Sutikno (2003), mutu beton ditentukan oleh banyak faktor, antara lain:

- a. Faktor Air Semen (fas).
- b. Perbandingan bahan-bahannya.
- c. Mutu bahan-bahannya.
- d. Susunan butiran agregat yang dipakai.
- e. Ukuran maksimum agregat yang dipakai
- f. Bentuk butiran agregat.
- g. Kondisi pada saat mengerjakan.
- h. Kondisi pada saat pengerasan.

3.2. Beton Mutu Tinggi

Sesuai dengan perkembangan teknologi beton yang demikian pesat, ternyata kriteria beton mutu tinggi juga berubah sesuai dengan perkembangan jaman dan kemajuan tingkat mutu yang dicapai. Pada tahun 1950an, beton dikategorikan

mempunyai mutu tinggi jika kekuatan tekannya 30 MPa. Tahun 1960 -1970an, kriteria naik menjadi 40 MPa. Saat ini beton dikatakan sebagai beton mutu tinggi jika kekuatan tekannya diatas 50 MPa (Supartono, 1998)

Menurut Wahyudi,G., dkk. (1999) Pada umumnya beton mutu tinggi (*High Strength Concrete*) dengan $f'c > 40$ MPa (60.000 psi) memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

1. Kandungan semen tinggi.
2. Rasio air-semen rendah.
3. Penggunaan agregat yang mutunya lebih kuat.
4. Agregat berkadar air rendah.
5. Penggunaan material *pozzolan*, *Fly Ash*, *ground granulated blastfurnace slag*, *silica fume*, dan sebagainya.

3.3. Beton Pasca Bakar

Menurut Sumardi (2000) kebakaran pada hakekatnya merupakan reaksi kimia dari *combustible* material dengan oksigen yang dikenal dengan reaksi pembakaran yang menghasilkan panas. Panas hasil pembakaran ini diteruskan ke massa beton/mortar dengan dua macam mekanisme yakni pertama secara radiasi yaitu pancaran panas diterima oleh permukaan beton sehingga permukaan beton menjadi panas. Pancaran panas akan sangat potensial, jika suhu sumber panas relatif tinggi. Kedua secara konveksi yaitu udara panas yang bertiup/bersinggungan dengan permukaan beton/mortar sehingga beton menjadi panas. Bila tiupan angin semakin kencang, maka panas yang dipindahkan dengan cara konveksi semakin banyak.

Fenomena yang dapat dilihat pada beton yang terkena beban panas (kebakaran) yang ekstrim adalah terjadinya *sloughing off* (pengelupasan), retak rambut dan retak lebar, serta warna beton. Dari pengamatan secara visual dapat diperkirakan suhu yang pernah dialami oleh beton. (Nugraha, P., 2007)

Akibat pemanasan, beton berubah warna pula. Menurut Hansen (1976), bila beton dipanasi sampai sedikit di atas 300 °C akan berubah warna menjadi merah muda, jika sampai di atas 600 °C akan menjadi abu-abu agak hijau, jika sampai di atas 900 °C menjadi abu-abu, namun jika sampai di atas 1200 °C akan berubah menjadi kuning. Warna beton yang terbakar dapat menentukan tingkat kebakaran dan juga konsisi beton setelah terjadi kebakaran dapat dilihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Perubahan Warna dan Kondisi Beton Sesuai Perubahan Suhu

Suhu	Warna Beton	Kondisi
0°C - 300°C	Normal	Tidak mengalami penurunan kekuatan
300°C - 600°C	Merah jambu	Mengalami penurunan kekuatan
600°C - 900°C	Putih keabu-abuan	Tidak mempunyai kekuatan lagi
>900°C	Kuning muda	Tidak mempunyai kekuatan lagi

Sumber: Adang Surahman (1998)

3.4. Pengaruh Bahan Tambah

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

Bahan tambahan biasanya diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit, dan harus dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan yang justru akan dapat memperburuk sifat beton.

Untuk keperluan tertentu terkadang campuran beton tersebut bahan tambah berupa zat-zat kimia tambahan (*chemical additive*) dan mineral-material tambahan. Zat kimia tambahan tersebut biasanya berupa serbuk atau cairan yang secara kimiawi langsung mempengaruhi kondisi campuran beton. Sedangkan mineral atau material tambahan berupa agregat yang mempunyai karakteristik tertentu. Penambahan zat-zat kimia atau mineral tambahan ini diharapkan dapat merubah performa dan sifat-sifat campuran beton sesuai dengan kondisi dan tujuan yang diinginkan, serta dapat pula sebagai bahan pengganti sebagian dari material utama penyusun beton.

Menurut SNI S-18-1990-03 tentang Spesifikasi Bahan Tambah pada Beton. Bahan tambah (*admixture*) adalah suatu bahan berupa bubuk atau cairan, yang ditambahkan ke dalam campuran adukan beton selama pengadukan, dengan tujuan untuk mengubah sifat adukan atau betonnya. Penggunaan bahan tambah dalam sebuah campuran beton harus memperhatikan standar yang berlaku

seperti SNI (Standar Nasional Indonesia), ASTM (*American Society for Testing and Materials*) atau ACI (*American Concrete Institute*) dan yang paling utama memperhatikan petunjuk dalam manual produk dagang.

Tujuan penggunaan bahan tambah (*admixture*) untuk campuran pada beton antara lain sebagai berikut:

- a. *Water Reduction* yaitu zat kimia untuk mengurangi penggunaan air pada beton.
- b. *Retarder* yaitu zat kimia untuk memperlambat proses ikatan campuran beton.
- c. *Accelerator* yaitu zat kimia untuk mempercepat ikatan dan pengerasan campuran beton.

3.5. Semen Portland

Menurut Standar Industri Indonesia (SII 0013-1981), definisi Semen Portland adalah suatu bahan pengikat hidrolis (*hydraulic binder*) 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.

Perbandingan bahan-bahan utama penyusun semen portland adalah kapur (CaO) sekitar 60 % - 65 %, silika (SiO₂) sekitar 20 % - 25 %, dan oksida besi serta alumina (Fe₂O₃ dan Al₂O₃) sekitar 7 % - 12 % (Mulyono, Tri., 2005).

Semen Portland yang digunakan di Indonesia harus memenuhi syarat SII.0013-1981 atau Standart Uji Bahan Bangunan Indonesia 1986, dan harus memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam standart tersebut.

Peraturan Beton 1989 (SKBI.1.4.53.1989) membagi semen portland menjadi lima jenis (SK.SNI T-15-1990-03:2) yaitu:

- a. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya. Digunakan untuk bangunan-bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus. Jenis ini paling banyak diproduksi karena digunakan untuk hampir semua jenis konstruksi.
- b. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidras dengan tingkat sedang. Digunakan untuk konstruksi bangunan dan beton yang terus-menerus berhubungan dengan air kotor atau air tanah atau untuk pondasi yang tertahan di dalam tanah yang mengandung air agresif (garam-garam sulfat).
- c. Tipe III, semen portland yang memerlukan kekuatan awal yang tinggi. Kekuatan 28 hari umumnya dapat dicapai dalam 1 minggu. Semen jenis ini umum dipakai ketika acuan harus dibongkar secepat mungkin atau ketika struktur harus dapat cepat dipakai.
- d. Tipe IV, semen portland yang penggunaannya diperlukan panas hidrasi yang rendah. Digunakan untuk pekerjaan-pekerjaan dimana kecepatan dan jumlah panas yang timbul harus minimum. Misalnya pada bangunan seperti bendungan gravitasi yang besar.

- e. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat. Digunakan untuk bangunan yang berhubungan dengan air laut serta untuk bangunan yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat dalam persentase yang tinggi.

3.6. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Agregat menempati 70 – 75 % volume total dari beton, maka kualitas agregat sangat berpengaruh terhadap kualitas beton. Dengan agregat yang baik, beton dapat dikerjakan, kuat, tahan lama dan ekonomis. Atas dasar inilah gradasi dari ukuran-ukuran partikel dalam agregat, mempunyai peranan yang sangat penting, untuk menghasilkan susunan beton yang padat.

Agregat halus biasanya dinamakan pasir dan agregat kasar dinamakan kerikil, split, batu pecah, kricak dan lainnya (Nugraha, P., 2007).

Gradasi agregat ialah distribusi ukuran butiran dari agregat. Bila butiran-butiran agregat mempunyai ukuran sama (seragam) volume pori akan besar. Sebaliknya bila ukuran butir-butirnya bervariasi maka volume pori menjadi kecil. Hal ini karena butiran yang kecil mengisi pori diantara butiran yang besar, sehingga pori-pori menjadi sedikit, dengan kata lain kemampatan menjadi tinggi (Tjokrodimulyo, 2007).

Agregat pada umumnya digolongkan menjadi 3 kelompok, yaitu:

- a. Batu, umumnya besar butiran lebih dari 40 mm,
- b. Kerikil, untuk butiran antara 5 sampai 40 mm,
- c. Pasir, untuk butiran antara 0,15 sampai 5 mm.

Persyaratan Pasir (agregat halus) yang baik menurut SNI (SKSNI-S-04-1989-F:28) antara lain sebagai berikut:

1. Agregat halus terdiri dari butiran yang tajam dan keras dengan indeks kekerasan $< 2,2$.
2. Sifat kekal apabila diuji dengan larutan jenuh Natrium Sulfat bagian hancurnya maksimal 12 %, dan jika diuji dengan larutan Magnesium Sulfat bagian hancurnya maksimal 10 %.
3. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.
4. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari *Abrams-Harder* dengan larutan jenuh NaOH 3 %.
5. Susunan besar butir pasir mempunyai modulus kehalusan antara 1,5 sampai 3,8 dan terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam.
6. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
7. Pasir Laut tidak boleh digunakan sebagai agregat halus untuk semua mutu beton.

8. Agregat halus yang digunakan untuk plesteran dan spesi terapan harus memenuhi syarat pasir pasangan.
9. Masih berada dalam syarat batas gradasi pasir yang baik menurut SNI. Dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3.2 Gradasi Pasir yang baik menurut SNI

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah 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	30-70	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, 2003)

Keterangan:

Daerah I : Pasir Kasar

Daerah III : Pasir Agak Halus

Daerah II : Pasir Agak Kasar

Daerah IV : Pasir Halus

3.7. Air

Fungsi air pada campuran beton adalah untuk membantu reaksi kimia yang menyebabkan berlangsungnya proses pengikatan serta sebagai pelicin antara campuran agregat dan semen agar mudah dikerjakan. Pemakaian air untuk beton sebaiknya memenuhi persyaratan.

Air berpengaruh terhadap kuat tekan beton, karena kelebihan air akan menyebabkan penurunan pada kekuatan beton itu sendiri. Selain itu kelebihan air akan mengakibatkan beton mengalami *bleeding*, yaitu air bersama-sama semen

akan bergerak ke atas permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang. Hal ini akan menyebabkan kurangnya lekatan beton antara lapis permukaan (akibat *bleeding*) dengan beton lapisan di bawahnya. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, bila dihembuskan dengan udara tidak keruh dan lain-lain, tetapi tidak berarti air yang digunakan untuk pembuatan beton harus memenuhi syarat sebagai air minum.

Dalam pemakaian air untuk beton sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut (Tjokrodimulyo, 2007):

- a. Tidak mengandung lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
- b. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
- c. Tidak mengandung klorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
- d. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.8. Bahan Tambah

3.8.1. *Fly Ash*

Fly Ash adalah bagian dari sisa abu pembakaran yang berupa bubuk halus dan ringan yang diambil dari campuran gas tungku pembakaran menggunakan bahan batubara pada boiler Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU). *Fly Ash* diambil secara mekanik dengan sistem pengendapan elektrostatis (Hidayat, 1986)

Fly Ash memiliki butiran yang lebih halus daripada butiran semen dan mempunyai sifat hidrolik. *Fly Ash* bila digunakan sebagai bahan tambah atau pengganti sebagian semen maka tidak sekedar menambah kekuatan mortar, tetapi secara mekanik *Fly Ash* ini akan mengisi ruang kosong (rongga) di antara butiran-butiran (Suhud, 1993)

Unsur kimia yang terkandung di dalam *Fly Ash* antara lain: silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), fero oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), juga mengandung unsur tambahan lain yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), sulfur trioksida (SO_3), pospor oksida (P_2O_5) dan carbon.

Menurut (*ACI Manual of Concrete Practice 1993 Parts 1 226.3R-3*), *Fly Ash* dapat dibedakan menjadi 3 jenis , yaitu:

a. Kelas C

1. *Fly Ash* yang mengandung CaO lebih dari 10 %, dihasilkan dari pembakaran lignite atau sub bitumen batubara.
2. Kadar ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 50 %.
3. Kadar Na_2O mencapai 10 %.
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15 % - 35 % dari total berat binder.

b. Kelas F

1. *Fly Ash* yang mengandung CaO kurang dari 10 %, dihasilkan dari pembakaran anthrachite atau bitumen batubara.
2. Kadar Kadar($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) > 70 %.
3. Kadar Na_2O < 5 %.
4. Pada campuran beton digunakan sebanyak 15 % - 25 % dari total berat binder.

c. Kelas N

Pozzolan alam atau hasil pembakaran yang dapat dogolongkan antara lain tanah *diatomic*, *opaline chert* dan *shales*, *tuff* dan abu vulkanik, dimana bisa diproses melalui pembakaran atau tidak. Selain itu juga berbagai hasil pembakaran yang mempunyai sifat *pozzolan* yang baik.

Faktor-faktor yang mempengaruhi sifat fisik, kimia dan teknis dari *Fly Ash* adalah tipe batubara, kemurnian batubara, tingkat penghancuran, tipe pemanasan dan operasi, metoda penyimpanan dan penimbunan.

3.8.2. Pasir Kuarsa

Kuarsa adalah bahan galian yang terdiri atas kristal-kristal silika (SiO_2) dan mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. kuarsa juga dikenal dengan nama pasir putih merupakan hasil pelapukan batuan yang mengandung mineral utama, seperti kuarsa dan *feldspar*. Hasil pelapukan kemudian tercuci dan terbawa oleh air atau angin yang terendapkan di tepi-tepi sungai, danau, atau laut. Pasir kuarsa mempunyai komposisi gabungan dari SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 ,

TiO₂, CaO, MgO, dan K₂O, berwarna putih bening atau warna lain bergantung pada senyawa pengotornya, kekerasan 7 (skala Mohs), berat jenis 2,65, titik lebur 171500 C, bentuk Kristal hexagonal, panas spesifik 0,185, dan konduktivitas panas 12-10000 C. (Nugraheni, 2011).

Dalam penelitian ini digunakan *filler* pasir kuarsa dengan ukuran diameter mesh 200 atau sekitar 0,074 mm.

3.8.3. Glenium ACE 8590

Penambahan Glenium ACE 8590 pada dosis 0,5 % - 1,5 % kuat tekan beton mengalami kenaikan terutama di umur awal beton dan memiliki kenaikan kuat tekan secara maksimal di umur 28 hari. Keuntungan memakai Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut:

- a. *High Water Reduction*.
- b. Ketahanan beton yang baik.
- c. Meningkatkan Kualitas beton.
- d. Penampilan permukaan baik.
- e. *Workability*.

Master Glenium ACE 8590 ini terutama cocok untuk kontruksi yang membutuhkan *workability* yang baik dan juga memiliki kekuatan beton yang tinggi diawal pada umur 7 hari dan di akhir pada umur 28 hari. Contoh aplikasi Master Glenium ACE 8590 antara lain sebagai berikut:

- a. Untuk memproduksi beton pracetak misalnya Girder Jembatan dan tiang pancang.
- b. Untuk membuat beton pada saat cuaca panas.
- c. Untuk *In situ Casting* atau pekerjaan pengecoran yang dilakukan ditempat.
- d. Untuk pengecoran beton dengan bentuk bekesting susah dijangkau oleh *vibrator*.

3.9. Kuat Tekan Beton

Pengertian kuat tekan beton menurut SNI 03-1974-1990 yaitu besarnya beban per satuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Selanjutnya Mulyono (2006) mengemukakan bahwa kuat tekan beton mengidentifikasi mutu sebuah struktur di mana semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang dikehendaki, maka semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Nilai Kuat Tekan Beton dapat dihitung dengan rumus:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3-1)$$

Dengan : $f'c$ = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = beban maksimum (kg)

A = luas penampang (cm²)

Dalam penelitian ini, digunakan benda uji berbentuk silinder. Sehingga luas permukaan silinder dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Luas permukaan (A)} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (3-2)$$

Beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan tekan beton. Ada empat bagian utama yang mempengaruhi mutu dari kekuatan beton, antara lain sebagai berikut:

1. Proporsi bahan-bahan penyusunnya.
2. Metode perancangan.
3. Perawatan.
4. Keadaan pada saat pengecoran dilaksanakan, yang terutama dipengaruhi oleh lingkungan setempat.

3.10. Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume lubang-lubang kosong yang dimiliki oleh zat padat (volume kosong) dengan jumlah dari volume zat padat yang di tempati oleh zat padat. Porositas pada suatu material dinyatakan dalam persen (%) rongga fraksi volume dari suatu rongga yang ada dalam material tersebut. Besarnya porositas pada suatu material bervariasi mulai dari 0 % sampai dengan 90 % tergantung dari jenis dan aplikasi material tersebut.

Nilai Porositas dapat dihitung dengan rumus:

$$P = \left(\frac{wb - wk}{vb} \right) \times \frac{1}{\rho_{air}} \times 100\% \quad (3-3)$$

Dimana : P = Porositas

wb = Massa basah sampel setelah direndam (gram)

wk = Massa kering sampel setelah direndam (gram)

vb = volume benda uji (cm³)

Volume benda uji dapat dihitung dengan rumus (3-2)