

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Berdasarkan SNI 2847-2013, definisi beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan campuran tambahan (*admixture*). Penggunaan beton sebagai bahan bangunan sering dijumpai pada proyek gedung, maupun proyek lainnya. Beton merupakan bahan yang mudah diproduksi dan memiliki kuat tekan yang baik.

3.2 Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan beton normal biasa. Menurut PD T-04-2004-C tentang Tata Cara Pembuatan dan Pelaksanaan Beton Berkekuatan Tinggi, yang tergolong beton bermutu tinggi adalah beton yang memiliki kuat tekan antara 40 – 80 MPa. Beton mutu tinggi (*high strength concrete*) yang tercantum dalam SNI 03-6468-2000 didefinisikan sebagai beton yang mempunyai kuat tekan yang disyaratkan lebih besar sama dengan 41,4 MPa

3.3 Material Penyusun Beton

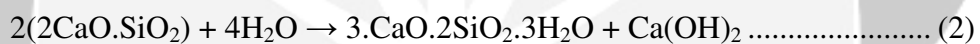
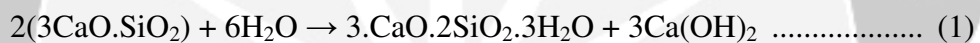
3.3.1 Semen Portland

Semen *Portland* merupakan jenis semen yang paling umum digunakan dalam campuran adukan beton, fungsinya adalah untuk mengikat agregat kasar dan agregat halus sehingga menyatu dan mengeras.

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis, yaitu :

1. Semen *Portland* tipe I, yaitu semen *Portland* untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis-jenis lain.
2. Semen *Portland* tipe II, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat atau kalr hidrasi sedang.
3. Semen *Portland* tipe III, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Semen *Portland* tipe IV, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya membutuhkan kalor hidrasi rendah.
5. Semen *Portland* tipe V, yaitu semen *Portland* yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan tinggi terhadap sulfat.

Berikut adalah persamaan kimia untuk proses hidrasi yang terjadi pada semen portland :



$\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*) yang berbentuk gel merupakan hasil utama dari hidrasi semen. Selain $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ (*tobermorite*), terdapat pula beberapa hasil lain dari proses hidrasi semen berupa kapur bebas $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kapur bebas ini dapat melemahkan beton dalam jangka waktu yang panjang karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang berada di lingkungan sekitar beton yang menyebabkan beton menjadi korosi.

3.3.2 Air

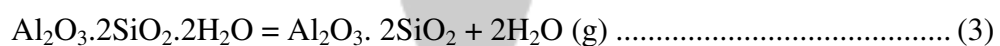
Air memiliki fungsi sebagai bahan pencampur dan pengaduk antara semen dan agregat. Persyaratan air sebagai bahan bangunan, sesuai dengan penggunaannya harus memenuhi syarat menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan Di Indonesia (*PUBI-1982*), antara lain:

1. air harus bersih.
2. tidak mengandung lumpur, minyak dan benda terapung lainnya yang dapat dilihat secara visual.

3. tidak boleh mengandung benda-benda tersuspensi lebih dari 2 gram/ liter.
4. tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (asam-asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram / liter. Kandungan klorida (Cl), tidak lebih dari 500 p.p.m. dan senyawa sulfat tidak lebih dari 1000 p.p.m. sebagai SO₃.
5. semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi.

3.3.3 Metakaolin

Metakaolin adalah kaolin yang dipanaskan (dikalsinkan) dibawah kondisi terkontrol untuk menciptakan aluminosilika yang reaktif dalam beton. Seperti pozzolan lainnya (*fly ash*, dan *silica fume*), metakaolin bereaksi dengan kalsium hidroksida yang merupakan hasil dari proses hidrasi semen. Metakaolin memiliki ciri-ciri berwarna putih, tak berbentuk, pozzolan aluminiumsilikat yang sangat reaktif membentuk *hydrates* yang stabil setelah bercampur dengan batu kapur di dalam air dan memberikan mortar sifat hidrolis. Menurut R. Ilić, dkk. (2010) suhu dan waktu yang optimal untuk mengubah kaolin menjadi metakaolin adalah sekitar 650 °C selama 90 menit. Proses terbentuknya metakaolin adalah sebagai berikut, kaolin dengan Al₂O₃.2SiO₂.2H₂O sebagai komponen dasarnya dipanaskan ke suhu 500 °C - 800°C yang menyebabkan kehilangan air dengan hasil deformasi stuktur kristal dari kaolin dan terbentuknya bentuk reaksi tak terhidrasi yang kita sebut metakaolin. Proses tersebut dapat ditulis dalam persamaan kimia berikut :



Patil, dkk. (2013) mendeskripsikan sifat fisik dan komposisi kimia metakaolin yang terdapat pada tabel 3.1 dan 3.2

Tabel 3.1 Sifat fisik metakaolin

<i>Specific Gravity</i>	2,4 – 2,6
Bentuk	Bubuk
Warna	Putih keabu-abuan
Keterangan	80-82 Hunter L.
BET	15 m ² /gram
<i>Specific Surface</i>	8 – 15 m ² /gram

Tabel 3.2 Komposisi kimia metakaolin

SiO ₂	51-53 %	CaO	< 0,20%
Al ₂ O ₃	42-44 %	MgO	< 0,10%
Fe ₂ O ₃	< 2,20 %	Na ₂ O	< 0,05%
TiO ₂	< 3,0 %	K ₂ O	< 0,40%
SO ₄	< 0,5 %	L. O. I.	< 0,50%
P ₂ O ₅	< 0,2 %		

3.4 Kuat Tekan Beton

Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasikan mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

Persamaan yang digunakan untuk menentukan nilai kuat tekan beton adalah :

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

Keterangan : $f'c$ = kuat tekan beton (MPa)
 A = luas bidang desak benda uji (mm²)
 P = beban tekan (N)

3.5 Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan nilai perbandingan antara tegangan dan regangan.

Nilai modulus elastisitas pada pengujian didapatkan berdasarkan rumus :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (3-2)$$

Keterangan : E = Modulus elastisitas beton (MPa)
 σ = Tegangan (MPa)
 ε = Regangan

Menurut SNI 2847-2013 untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton secara teoritis digunakan rumus – rumus sebagai berikut :

$$E_c = w_c^{1,5} (0,043) \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3-3)$$

Keterangan : E_c = modulus elastisitas (MPa)
 w_c = berat beton (Kg/m^3)
 f_c' = mutu beton (MPa)

Dan untuk beton dengan berat normal yang berkisar $2320 \text{ kg}/\text{m}^3$:

$$E_c = 4700 \sqrt{f_c'} \dots\dots\dots (3-4)$$

Berdasarkan penelitian dari Wang, C. K. dan Salmon, C. G. (1990), untuk mendapatkan nilai modulus elastisitas beton digunakan rumus :

$$E_c = \frac{0,3 \times f_{maks}}{\varepsilon_p} \dots\dots\dots (3-5)$$

Keterangan : E_c = modulus elastisitas (MPa)
 f_{maks} = tegangan beton maksimum (MPa)
 ε_p = regangan beton (MPa)

3.6 Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah adalah kemampuan suatu material menerima beban longitudinal sampai titik mendekati patah. Dipohusodo, (1996) menyatakan nilai kuat tarik beton hanya berkisar 9 % - 15 % saja dari kuat tekannya. Pada penggunaan sebagai komponen struktural bangunan, umumnya beton diperkuat dengan batang tulangan baja sebagai bahan yang dapat bekerja sama dan mampu membantu kelemahannya terutama pada bagian yang menahan gaya tarik. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan dengan *splitting test* dan dihitung dengan rumus berikut :

$$f't = \frac{2P}{\pi dt} \dots\dots\dots (3-6)$$

Keterangan : $f't$ = kuat tarik belah (MPa)
 P = beban tekan (N)
 d = diameter beton (mm)
 t = tinggi beton (mm)

3.7 Umur Beton

Kekuatan tekan beton sangat dipengaruhi oleh umur dari beton itu sendiri. Semakin bertambah umur, beton akan mengalami perkembangan kekuatan hingga pada suatu saat akan mencapai batas optimumnya. Laju kenaikan kuat tekan beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relatif sangat kecil setelah berumur 28 hari.

Menurut PBI 1971, hubungan antara umur dan kekuatan beton adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Perbandingan kekuatan tekan beton pada berbagai-bagai umur

Umur beton (hari)	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

3.8 Workability

Workability adalah tingkat kemudahan pengerjaan beton dalam mencampur, mengaduk, menuang dalam cetakan dan pemadatan tanpa homogenitas beton berkurang dan beton tidak mengalami *bleeding* (pemisahan) yang berlebihan untuk mencapai kekuatan beton yang diinginkan

Adapun sifat sifat *workability* sebagai berikut :

- a. *Mobility* adalah kemudahan adukan beton untuk mengalir dalam cetakan.
- b. *Stability* adalah kemampuan adukan beton untuk selalu tetap homogen, selalu mengikat (koheren), dan tidak mengalami pemisahan butiran (segregasi dan *bleeding*).
- c. *Compactibility* adalah kemudahan adukan beton untuk dipadatkan sehingga rongga rongga udara dapat berkurang.
- d. *Finishibility* adalah kemudahan adukan beton untuk mencapai tahap akhir yaitu mengeras dengan kondisi yang baik.

Adapun unsur-unsur yang mempengaruhi *workability* antara lain :

- a. Jumlah air yang digunakan dalam campuran adukan beton. Semakin banyak air yang digunakan, maka beton segar semakin mudah dikerjakan.
- b. Penambahan semen ke dalam campuran juga akan memudahkan cara pengerjaan adukan betonnya, karena pasti diikuti dengan bertambahnya air campuran untuk memperoleh nilai fas tetap.

- c. Gradasi campuran pasir dan kerikil. Bila campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan, maka adukan beton akan mudah dikerjakan.
- d. Pemakaian butir-butir batuan yang bulat mempermudah cara pengerjaan beton.
- e. Pemakaian butir maksimum kerikil yang dipakai juga berpengaruh terhadap tingkat kemudahan dikerjakan.
- f. Cara pemadatan adukan beton menentukan sifat pengerjaan yang berbeda. Bila cara pemadatan dilakukan dengan alat getar maka diperlukan tingkat kelecakan yang berbeda, sehingga diperlukan jumlah air yang lebih sedikit daripada jika dipadatkan dengan tangan (Tjokrodimuljo, 2007)

