

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton Segar

Beton segar yang baik adalah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dapat dipadatkan, tidak ada kecenderungan untuk terjadi *segregasi* (pemisahan kerikil dari adukan) maupun *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan). Hal ini karena segregasi maupun bleeding mengakibatkan beton yang diperoleh akan jelek. Beton (beton keras) yang baik adalah beton yang kuat, tahan lama / awet, kedap air, tahan aus, dan sedikit mengalami perubahan volume (kembang susutnya kecil) (Tjokrodimuljo, K., 2007).

Secara umum beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Berikut ini penjelasan lengkapnya.

Kelebihan beton antara lain adalah sebagai berikut.

1. Harga relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali semen Portland.
2. Beton termasuk bahan yang berkekuatan tekan tinggi, serta mempunyai sifat tahan terhadap pengkaratan / pembusukkan oleh kondisi lingkungan.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak dalam bentuk apapun dan ukuran seberapapun tergantung keinginan.
4. Kuat tekannya tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan.

5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun diisikan ke dalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang posisinya sulit.
7. Beton termasuk tahan aus dan tahan kebakaran, sehingga biaya perawatan termasuk rendah.

Kekurangan beton antara lain adalah sebagai berikut.

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton segar mengerut saat pengeringan dan beton keras mengembang jika basah, sehingga dilatasi perlu diadakan pada beton yang panjang / lebar untuk memberi tempat bagi susut pengerasan dan pengembangan beton.
3. Beton keras mengembang dan menyusut bila terjadi perubahan suhu, sehingga perlu dibuat dilatasi untuk mencegah terjadinya retak-retak akibat perubahan suhu.
4. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
5. Beton bersifat getas (tidak daktail) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama agar setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktail, terutama pada struktur tahan gempa (Tjokrodimuljo, K., 2007).

3.2. Bahan Penyusun Beton

3.2.1. Semen portland

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menggiling terak semen portland terutama yang terdiri atas kalsium silikat yang bersifat hidrolis dan digiling bersama-sama dengan bahan tambahan berupa satu atau lebih bentuk kristal senyawa kalsium sulfat dan boleh ditambah dengan bahan tambahan lainnya (SNI 15-2049-2004).

Semen dibedakan menjadi beberapa tipe berdasarkan penggunaannya. Jenis semen berdasarkan kegunaannya adalah sebagai berikut.

1. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus seperti yang diisyaratkan pada semen jenis lain.
2. Jenis II, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan terhadap sulfat atau kalor hidrasi sedang.
3. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi pada tahap permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kalor hidrasi yang rendah.
5. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan tinggi terhadap sulfat (SNI 15-2049-2004).

3.2.2. Air

Air merupakan bahan terpenting dalam pembuatan beton karena air berfungsi untuk membantu reaksi kimia semen portland dan sebagai bahan pelicin antara semen dengan agregat agar mudah dikerjakan (*workability*). Namun

penambahan air dalam campuran juga tidak perlu terlalu banyak karena akan mengurangi kekuatan serta beton akan *porous* (Tjokromuljo, K., 2007).

3.2.3. Agregat halus

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 60-70% dari volume adukan beton (Tjokrodinuljo, K., 2007).

Menurut PBI (1971), syarat-syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut.

1. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
2. Agregat hals tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
3. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal demikian dapat dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder dengan menggunakan larutan NaOH.
4. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut.
 - a. Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - b. Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - c. Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-90% berat.

Tabel 3.1. Batas-batas gradasi agregat halus

Lubang Ayakan (mm)	Berat butir yang lewat ayakan dalam persen			
	Kasar	Agak Kasar	Agak Halus	Halus
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 : Tjokrodimuljo, K., 2007)

3.2.4. Agregat Kasar

Menurut Tjokrodimuljo (2007), agregat kasar adalah agregat yang mempunyai ukuran butir-butir besar (antara 5 mm sampai 40 mm). Sifat dari agregat kasar akan mempengaruhi kekuatan akhir dari beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca dan efek-efek perusak lainnya.

Menurut PBI 1971 syarat-syarat agregat kasar normal adalah sebagai berikut.

1. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang mengandung butir-butir pipih hanya dapat dipakai apabila jumlah butir-butir pipih tersebut tidak melebihi 20% dari berat agregat seluruhnya. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
2. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% yang ditentukan terhadap berat kering. Apabila kadar lumpur melampaui 1% maka agregat kasar harus dicuci.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat yang reaktif alkali.
4. Kekerasan butir-butir agregat kasar yang diperiksa dengan bejana penguji Rudelof dengan beton penguji 20 ton harus memenuhi syarat-syarat :
 - a. Tidak terjadi pembubukan sampai fraksi 9,5-19 mm lebih dari 24% berat.
 - b. Tidak terjadi pembubukan sampai 19-30 mm lebih dari 22% berat.
Kekerasan ini dapat juga diperiksa dengan mesin pengawas Los Angeles. Dalam hal ini tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50%.
5. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - a. Sisa diatas ayakan 31,5 mm harus 0% berat.
 - b. Sisa diatas ayakan 4 mm harus berkisar antara 90% dan 98% berat.
 - c. Selisih antara sisa-sisa kumulatif diatas dua ayakan yang berurutan, maksimum 60% dan minimum 10% berat.

Tabel 3.2. Batas-batas gradasi agregat kasar

Ukuran Saringan (mm)	Presentase lolos saringan	
	Kasar	Agak Halus
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	22-25
0-5	0-5	0-10

(Sumber : Tjokrodimuljo, K., 2007)

3.2.5. Glenium ACE 8590

Glenium ACE 8590 adalah *eter polikarboksilat Superplasticizer* yang dikembangkan untuk *high early strength* yang cocok dengan manufaktur pracetak. Glenium ACE 8590 memiliki keunggulan terhadap pengurangan air dan ketahanan dalam kondisi cuaca panas.

Keunggulan Glenium ACE 8590 adalah sebagai berikut.

1. Pengurangan air lebih tinggi dibandingkan *superplasticizer* pada umumnya.
2. Permeabilitas yang rendah dan daya tahan beton yang tinggi.
3. *Flowability* dan *compactibility* yang mudah.
4. Mengoptimalkan siklus *curing* dengan memperpendek waktu *curing* atau menurunkan suhu *curing*.
5. Menghilangkan energy yang dibutuhkan untuk menempatkan, konsolidasi dan *curing*.
6. Meningkatkan penampilan permukaan dan kualitas beton.

3.3. **Sifat-sifat Beton**

3.3.1. *Workability*

Salah satu sifat beton sebelum mengeras (beton segar) adalah kemudahan pengerjaan (*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.

Workability akan lebih jelas pengertiannya dengan adanya sifat-sifat 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.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat *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, K., 2007).

3.3.2. *Segregasi*

Kecenderungan butir-butir kasar untuk lepas dari campuran beton dinamakan *segregasi* (Mulyono, 2004). Hal ini akan menyebabkan sarang kerikil pada beton akhirnya akan menyebabkan keropos pada beton. *Segregasi* ini disebabkan oleh beberapa hal yaitu:

1. Campuran kurus dan kurang semen.
2. Terlalu banyak air.
3. Ukuran maksimum agregat lebih dari 40 mm.
4. Permukaan butir agregat kasar yang terlalu kasar.

Kecenderungan terjadinya *segregasi* ini dapat dicegah jika:

1. Tinggi jatuh diperpendek.
2. Penggunaan air sesuai dengan syarat.
3. Cukup ruangan antara batang tulangan dengan acuan.
4. Ukuran agregat sesuai dengan syarat.
5. Pemadatan baik.

3.3.3. *Bleeding*

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan. Akibat dari peristiwa ini:

1. Bagian atas lapis terlalu basah, yang akan menghasilkan beton berpori dan lemah.
2. Air naik membawa serta bagian-bagian *inert* dan semen yang membentuk lapis buih semen (*laintace*) pada muka lapis (merintang lekatan pada lapis kemudian, maka harus dihilangkan).
3. Air dapat berkumpul dalam-dalam krikil-krikil dan baja tulangan horizontal, hingga menimbulkan rongga-rongga besar.

Cara mengurangi *bleeding* digunakan:

1. Jumlah air campuran yang tidak melebihi kebutuhan untuk mencapai *Workability*.
2. Campuran dengan semen lebih banyak.
3. Jenis semen yang butir-butirnya lebih halus.
4. Bahan batuan bergradasi lebih baik.
5. Pasir alam yang agak bulat-bulat dengan persentase butir halus lebih besar.
6. Zat tambah guna perbaikan gradasi bahan batuan (kadang-kadang digunakan bubuk Al, yang menyebabkan pengembangan sedikit pastinya, guna mengimbangi susut oleh pengeluaran air).

3.3.4. Umur Beton

Kekuatan desak beton akan bertambah dengan naiknya umur beton. Kekuatan beton akan naik secara cepat (*linier*) sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil. Kekuatan desak beton pada kasus tertentu terus akan bertambah sampai beberapa tahun dimuka. Biasanya kekuatan desak rencana beton dihitung pada umur 28 hari. Untuk struktur yang menghendaki awal tinggi,

maka campuran dikombinasikan dengan semen khusus atau ditambah dengan bahan tambah kimia dengan tetap menggunakan jenis semen tipe I (OPC-1). Laju kenaikan umur beton sangat tergantung dari penggunaan bahan penyusunnya yang paling utama adalah penggunaan bahan semen karena semen cenderung secara langsung memperbaiki kinerja desaknya (Mulyono, 2004).

Kuat desak beton akan bertambah tinggi dengan bertambahnya umur (Tjokrodinuljo, K., 2007). Yang dimaksud umur disini adalah dihitung sejak beton dicetak. Laju kenaikan kuat desak beton mula-mula cepat, lama-lama laju kenaikan itu akan semakin lambat dan laju kenaikan itu akan menjadi relative sangat kecil setelah berumur 28 hari. Sebagai standar kuat desak beton (jika tidak disebutkan umur secara khusus) adalah kuat desak beton pada umur 28 hari. Laju kenaikan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis semen portland, suhu keliling beton, faktor air-semen dan faktor lain yang sama dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kuat desak beton. Hubungan antara umur dan kuat desak beton dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Rasio kuat desak beton pada berbagai umur

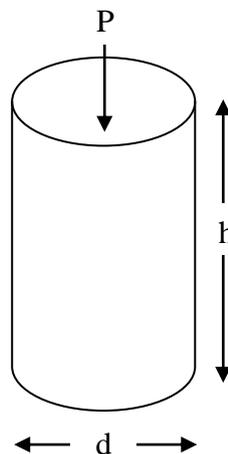
Umur beton	3	7	14	21	28	90	365
Semen Portland biasa	0,4	0,65	0,88	0,95	1	1,2	1,35
Semen Portland dengan kekuatan awal yang tinggi	0,55	0,75	0,9	0,95	1	1,15	1,2

Sumber: PBI 1971, NI-2, dalam Tjokrodinuljo, K., 2007

3.4. Kuat Tekan Beton

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

Nilai kuat tekan beton didapat dari pengujian standar dengan benda uji yang lazim digunakan berbentuk silinder. Dimensi benda uji standar adalah tinggi 300 mm dan diameter 150 mm. Tata cara pengujian yang umumnya dipakai adalah standar ASTM C39-86. Kuat tekan masing-masing benda uji ditentukan oleh tegangan tekan tertinggi (f_c') yang dicapai benda uji umur 28 hari akibat beban tekan selama percobaan (Dipohusodo, 1996). Sketsa pengujian kuat tekan beton dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Sketsa pengujian kuat tekan beton

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tekan beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut.

$$f_c = \frac{P}{A_o} \quad (3-1)$$

Keterangan :

f^c : kuat tekan beton (MPa)

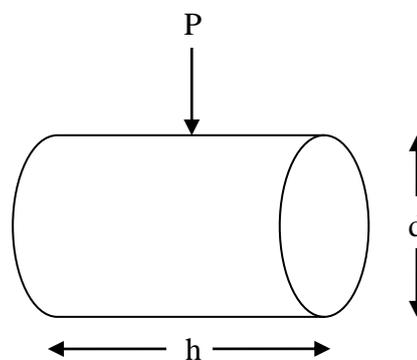
P : bebas tekan (N)

A_o : luas penampang benda uji (mm^2)

Sifat beton yang baik adalah jika beton tersebut memiliki kuat tekan tinggi (antara 20-50 MPa pada umur 28 hari). Dengan kata lain dapat diasumsikan bahwa mutu beton ditinjau hanya dari kuat tekannya saja (Tjokrodinuljo, K., 2007).

3.5. Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan (SNI 03-2491-2002). Sketsa pengujian kuat tarik belah beton dapat ditunjukkan seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Sketsa pengujian kuat tarik belah beton

Rumus untuk mendapatkan nilai kuat tarik belah beton berdasarkan percobaan di laboratorium adalah sebagai berikut :

$$f_t = \frac{2P}{dh} \quad (3-2)$$

Keterangan :

f_t : kuat tarik belah beton (MPa)

P : beban maksimum (N)

h : tinggi silinder (mm)

d : diameter silinder beton (mm)

3.6. Modulus Elastisitas Beton

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan itu (Murdock dan Brook, 1986).

Modulus elastisitas beton adalah kemiringan kurva tegangan regangan beton pada kondisi linier atau mendekati linier. Secara umum, peningkatan kuat tekan beton seiring dengan peningkatan modulus elastisitasnya. Berbeda dengan baja, modulus elastisitas beton adalah berubah – ubah menurut kekuatan. Modulus elastisitas juga tergantung pada umur beton, sifat-sifat dari agregat dan semen, kecepatan pembebanan, jenis dan ukuran benda uji. Biasanya nilai modulus elastisitas mempunyai nilai 25-50% dari kuat tekan f_c' yang diambil sebagai modulus elastisitas (Wang & Salmon, 1986).

Untuk mendapatkan ϵ koreksi harus dibuat grafik yang menghubungkan antara f dengan ϵ . kemudian pada grafik tersebut dicari ϵ koreksi, maka akan didapatkan garis regresi serta persamaan dalam bentuk x dan y . selanjutnya untuk mendapatkan nilai x , persamaan y dimasukkan nilai 0 . ϵ koreksi adalah ϵ yang dijumlahkan dengan nilai x yang didapat dari grafik. kemudian ϵ koreksi dimasukkan kedalam rumus Wang & Salmon.

Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai modulus elastisitas hasil uji adalah sebagai berikut ini.

$$E = \frac{f}{\varepsilon} \quad (3-3)$$

$$f = \frac{P}{A} \quad (3-4)$$

$$\varepsilon = \frac{(l - l_0)}{(l_0)} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3-5)$$

Keterangan :

E = modulus elastisitas beton desak (MPa)

ε = regangan

f = tegangan (MPa)

P = beban desak (kg)

A = luas tampang beton (cm²)

l = panjang (yang memendek) waktu ada tegangan (cm)

l₀ = panjang awal benda uji (cm)

Δl = perubahan panjang benda uji (cm)