

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1. Beton

Menurut Pedoman Beton 1989, beton didefinisikan sebagai campuran semen portland atau sembarang semen hidrolik yang lain, agregat halus, agregat kasar, dan air dengan atau tanpa menggunakan bahan tambahan.

Agar dapat memenuhi kriteria perancangan standar pada beton di perlukan proses untuk menentukan proporsi bahan (*mix design*). Hal ini dimaksudkan agar proporsi dari campuran dapat memenuhi syarat kekuatan serta dapat memenuhi aspek ekonomis. Metode perancangan ini pada dasarnya menentukan komposisi dari bahan – bahan penyusun beton untuk suatu kinerja yang diharapkan. Penentuan proporsi campuran dapat digunakan dengan beberapa metode yang dikenal, antara lain :

- 1) Metode *American Concrete Institute*
- 2) *Portland Cemen Association*
- 3) *Road Note No. 4*
- 4) *British Standard, Department of Engineering*
- 5) Departemen Pekerjaan Umum (SK.SNI.T-15-1990-03)
- 6) Cara coba-coba

Setelah melakukan metode perancangan (*mix design*), tahap selanjutnya adalah dengan metode pencampuran (*mixing*). Metode pencampuran dari beton

diperlukan untuk mendapatkan kelecakan yang baik sehingga beton dapat dengan mudah dikerjakan.

Metode pengadukan atau pencampuran beton akan menentukan sifat kekuatan beton dari suatu beton yang akan dibuat. Sebab meskipun pada metode perencanaan (*mix design*) baik dan juga syarat mutu bahan telah terpenuhi, akibat terjadi pengadukan yang tidak baik akan menyebabkan terjadinya *bleeding* (pemisahan air dan semen dari adukan).

Tahap selanjutnya adalah pengecoran (*placing*), metode pengecoran akan berpengaruh pada tingkat kekuatan suatu beton dan proses pemadatan yang tidak baik akan menyebabkan menurunnya kekuatan beton. Pemadatan yang berlebihan pun akan menyebabkan terjadinya *bleeding*.

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).

Menurut SNI 15-2049-2004 semen *Portland* dibedakan menjadi 5 jenis/tipe, 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 kalor 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.

3.2.2. Air

Air diperlukan pada pembuatan beton untuk memicu proses kimiawi semen, membasahi agregat, dan memberikan kemudahan dalam proses pengerjaan beton. Air yang dapat diminum umumnya dapat digunakan sebagai campuran beton. Air yang mengandung senyawa-senyawa berbahaya, yang tercemar garam, minyak, gula, atau bahan kimia lainnya, bila dipakai dalam campuran beton akan menurunkan kualitas beton, bahkan dapat mengubah sifat-sifat beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004).

3.2.3. Agregat

Agregat adalah material yang digunakan secara bersamaan dengan suatu media pengikat untuk pembentuk beton, seperti pasir, kerikil, batu pecah. Fungsi agregat adalah sebagai bahan pengisi dengan jumlah sekitar 75% dari volume beton. Berdasarkan yang tertulis pada teknologi beton, butiran pada agregat kasar besarnya lebih besar dari 4,80 mm. Sedangkan yang lebih kecil dari 4,8 mm biasa disebut dengan agregat halus.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan agar agregat dapat memberikan campuran pada beton dengan baik:

1. Bentuk Agregat (bulat, panjang, pipih);
2. Tekstur permukaan butiran (halus atau kasar, mengkilap atau kusam);
3. Ukuran maksimum agregat;
4. Gradasi (distribusi ukuran butiran agregat).

3.3. Agregat Halus

Menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat halus (pasir) adalah batuan yang mempunyai ukuran butir antara 0,15 mm hingga 5 mm. Agregat halus dapat diperoleh dari dalam tanah, dasar sungai atau dari tepi laut. Berdasarkan gradasinya, agregat halus (pasir) memiliki batas sebagaimana tercantum pada Tabel 3.1 seperti dibawah ini:

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, 2007)

3.4. Agregat Kasar

Menurut Mulyono (2004), agregat kasar adalah batuan yang mempunyai ukuran butir lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm), sedangkan menurut Tjokrodimuljo (2007) agregat kasar dibedakan menjadi 3 berdasarkan berat jenisnya, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antar 2,5–2,7 gram/cm³. Agregat ini biasanya berasal dari granit, basal, kuarsa dan lain sebagainya. Beton yang dihasilkan mempunyai berat 2,3 gram/cm³ dan biasa disebut beton normal.

2. Agregat berat

Agregat berat adalah agregat yang berat jenisnya lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetit (Fe₃O₄), barites (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan mempunyai berat jenis yang tinggi yaitu sampai dengan 5 gram/cm³ yang digunakan sebagai dinding pelindung.

3. Agregat ringan

Agregat ringan adalah agregat yang berat jenisnya kurang dari 2 gram/cm³ misalnya tanah bakar (*bloated clay*), abu terbang (*fly ash*), busa terak tanur tinggi (*foamed blast furnace slag*). Agregat ini biasanya digunakan untuk beton ringan yang biasanya dipakai untuk elemen non-struktural.

3.5. Self Compacting Concrete (SCC)

Self Compacting Concrete (SCC) dapat didefinisikan sebagai suatu jenis beton yang dapat dituang, mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri tanpa memerlukan proses pepadatan dengan getaran atau metode lainnya, selain itu beton segar jenis SCC ini bersifat kohesif dan dapat dikerjakan tanpa terjadi segregasi atau *bleeding*. Keuntungan-keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan SCC antara lain:

1. Mengurangi lamanya konstruksi dan besarnya upah pekerja.
2. Pepadatan dan penggetaran beton yang dimaksudkan untuk memperoleh tingkat kepadatan optimum dapat dieliminir.
3. Mengurangi kebisingan yang mengganggu lingkungan sekitar.
4. Meningkatkan kepadatan elemen struktur beton pada bagian yang sulit dijangkau dengan alat pepadatan, seperti vibrator.
5. Meningkatkan kualitas struktur beton secara keseluruhan.

Menurut Dehn, dkk (2000), *Self Compacting Concrete* (SCC) mensyaratkan kemampuan mengalir yang baik pada beton segar dengan nilai

slump-flow minimal sebesar 60 cm dan pada umumnya nilai slump yang dicapai oleh beton SCC sangatlah tinggi (lebih dari 20 cm).

3.6. Zeolit Alam

Zeolit alam adalah kelompok mineral yang dalam pengertian atau penamaan bahan galian merupakan salah satu jenis bahan galian non logam atau bahan galian mineral industri. Zeolit merupakan suatu senyawa alumina silikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah.

Zeolit alam banyak tersebar di Indonesia, dan setiap tempat memiliki jenis dan komposisi kimia yang berbeda. Berikut ini adalah komposisi kimia yang terdapat pada zeolit alam jenis mordenit yang berasal dari Sumbermanjing Wetan, Kabupaten Malang.

Tabel 3.2 Komposisi Kimia Zeolit Alam

Komposisi Kimia	Prosentase (%)
Silikon Dioksida (SiO ₂)	53,23
Alumunium Oksida (Al ₂ O ₃)	10,28
Ferri Oksida (Fe ₂ O ₃)	4,8383
Kalsium Oksida (CaO)	27,69
Magnesium Oksida (MgO)	1,59

(Sumber: Setiadi dan Astrid Pertiwi, 2007)

Pada penelitian ini zeolit akan digunakan sebagai filler yang diharapkan dapat meningkatkan viskositas beton sekaligus mencegah terjadinya bleeding dan segregasi pada beton.

3.7. Serat Baja

Serat adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen, yang membentuk jaringan memanjang yang utuh yang ditambahkan ke dalam beton untuk dapat memperbaiki sifat beton antara lain dapat meningkatkan daktilitas dan kuat lentur beton. Retak-retak yang membawa keruntuhan pada struktur beton biasanya dimulai dari retak rambut (*micro crack*).

Pengaruh penambahan serat ke dalam adukan beton tergantung pada hal-hal sebagai berikut:

a. Jenis (ukuran dan bentuk) serat

Sebenarnya semua jenis serat dapat digunakan sebagai bahan tambah yang dapat memperkuat atau memperbaiki sifat-sifat beton. Penggunaan tergantung dari maksud penambahan serat ke dalam beton baik bahan alami atau buatan, tetapi yang harus diperhatikan adalah bahwa serat tersebut harus mempunyai kuat tarik yang lebih besar daripada kuat tarik beton. Selain itu ketahanan suatu serat terhadap alkali juga harus diperhatikan.

b. Aspek rasio serat

Aspek rasio serat merupakan perbandingan antara panjang dan diameter serat. Rasio perbandingan panjang dan diameter ini juga mempengaruhi kekuatan beton berserat. Zollow (1997) mengisyaratkan bahwa aspek rasio serat bervariasi kira-kira 40 sampai 1000, tetapi biasanya kurang dari 300.

c. Konsentrasi serat

Penambahan konsentrasi serat yang terlalu banyak ke dalam adukan beton akan cenderung terjadi penggumpalan yang akan menghalangi penyebaran secara merata ke seluruh beton dan menyulitkan pekerjaan beton segar. Dalam penelitian ini prosentase serat yang ditambahkan kedalam adukan beton sebesar 1% dari volume adukan beton.

Pada penelitian ini menggunakan serat kawat galvanis dengan panjang 65 mm, 70mm, dan 75 mm dengan diameter 0,9 mm. Kawat galvanis terbuat dari kawat besi karbon yang cukup rendah sehingga memiliki sifat yang cukup lunak. Selain itu kawat galvanis ini juga bersifat *flexible* dan tahan dari kawat, sehingga kawat ini banyak digunakan untuk kawat pengikat untuk pembuatan *wire mesh*, pagar, dan konstruksi. Penambahan serat kawat galvanis pada beton juga dapat meningkatkan sifat mekanik beton, yaitu kuat lentur, kuat tekan, dan kuat tarik belah beton.

3.8. Sika Vicocrete – 10 (Superplasticizer)

Superplasticizer (Sika Viscocrete-10) adalah bahan tambah kimia (*chemical admixture*) yang melarutkan gumpalan-gumpalan dengan cara melapisi pasta semen, sehingga semen dapat tersebar dengan merata pada adukan beton dan mempunyai pengaruh dalam meningkatkan *workability* beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Bahan ini digunakan dalam jumlah yang relatif sedikit karena sangat mudah mengakibatkan terjadinya *bleeding*. *Superplasticizer* dapat mereduksi air hingga 40% dari campuran awal.

Beton berkekuatan tinggi dapat dihasilkan dengan pengurangan kadar air, akibat pengurangan kadar air akan membuat campuran lebih padat sehingga pemakaian *superplasticizer* sangat diperlukan untuk mempertahankan nilai *slump* yang tinggi. Kelebihan penggunaan *superplasticizer* pada campuran pasta semen maupun campuran beton antara lain:

- a. Menjaga kandungan air dan semen tetap konstan sehingga didapatkan campuran dengan *workability* tinggi.
- b. Mengurangi jumlah air dan menjaga kandungan semen dengan kemampuan kerjanya tetap sama serta menghasilkan faktor air semen yang lebih rendah dengan kekuatan yang lebih besar.
- c. Mengurangi kandungan air dan semen dengan faktor air semen yang konstan tetapi meningkatkan kemampuan kerjanya sehingga menghasilkan beton dengan kekuatan yang sama tetapi menggunakan semen lebih sedikit.
- d. Tidak ada udara yang masuk. Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan *strength* rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan tinggi diharapkan dapat menjaga "*air content*" di dalam beton serendah mungkin. Penggunaan *superplasticizer* menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam beton.
- e. Tidak adanya pengaruh korosi terhadap tulangan.

3.9. Sifat Mekanik Beton

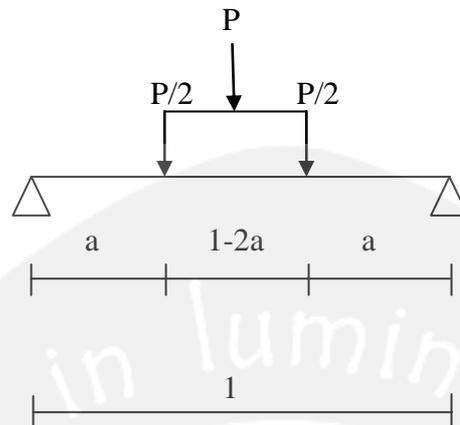
Pada penelitian ini akan ditinjau dari sifat mekanik beton yaitu kuat lentur beton dan kuat tarik belah beton.

3.9.1 Kuat Lentur Beton

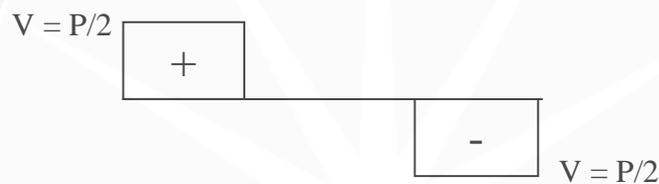
Pengujian kuat lentur bertujuan untuk mengetahui tegangan lentur balok sampai keadaan patah. Lenturan murni adalah suatu lenturan yang berhubungan dengan lenturan sebuah balok dibawah suatu momen lentur (*bending moment*) konstan, yang berarti bahwa gaya lintangnya nol (karena $V = dM / dX$).

Sebaliknya, lenturan tidak merata berhubungan dengan lenturan dalam kehadiran gaya-gaya lintang, yang berarti bahwa momen lenturnya berubah apabila kita bergerak sepanjang sumbu balok (Timoshenko dan Gere, 1996).

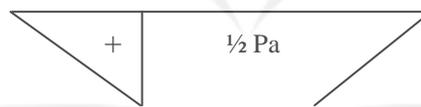
Untuk mengilustrasikan definisi ini, ditinjau sebuah balok sederhana yang dibebani secara simetris oleh 2 buah gaya $P/2$. Yang dapat dilihat pada gambar 3.1 Gaya lintang (V) yang bersangkutan dan diagram momen lentur diperlihatkan gambar 3.2 dan 3.3.



Gambar 3.1 Balok sederhana yang dibebani 2 buah gaya $P/2$



Gambar 3.2 Diagram gaya lintang



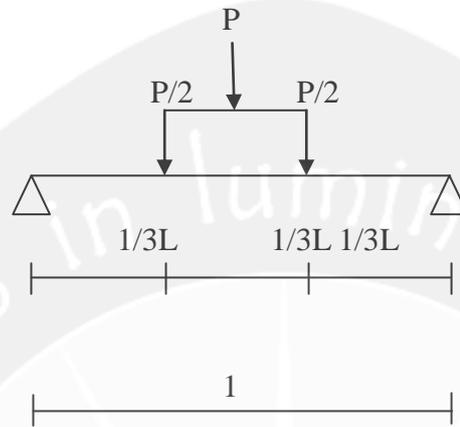
Gambar 3.3 Diagram momen lentur

Daerah diantara beban $P/2$ tidak memiliki gaya lintang dan hanya dikenakan suatu momen lentur yang besarnya :

$$M = \frac{P}{2} \times a \quad (3-1)$$

Karena itu daerah pusat dari balok ini berada dalam keadaan lentur murni. Daerah-daerah yang panjangnya a didekat ujung-ujung balok berada dalam keadaan lentur tidak merata karena momen M tidaklah konstan dan terdapat gaya-gaya lintang (Timoshenko dan Gere, 1996).

Menurut ASTM C78 – 02 rumus kuat lentur beton dinyatakan dalam Modulus Rupture (R). Rumus kuat lentur beton $1/3L$ ($1/3$ bentang) yaitu:



Gambar 3.4 Pembebanan $1/3 L$ ($1/3$ bentang)

$$R = \frac{P \times L}{b \times d \times d} \quad (3-2)$$

Dimana :

R = kuat lentur beton yang dinyatakan dalam Modulus Rupture (Mpa)

P = Maksimal beban yang diterima balok (N)

L = Panjang bentang (mm)

D = Tinggi balok (mm)

3.9.2 Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik adalah salah satu aspek kekuatan beton yang penting dalam hubungannya dengan keretakan dan pelekatan. Keretakan adalah penting, terutama pada beton bertulang dalam hal bahwa terjadinya retak dapat meningkatkan resiko terhadap pengkaratan atau korosi tulangan. Disamping itu keretakan juga menimbulkan kesan kurang baik dalam penampilan.

Mengukur kuat tarik murni beton adalah sulit. Bahkan tidak ada standar uji untuk mengetahui kuat tarik murni beton. Oleh karena itu kuat tarik beton dinyatakan dengan cara diantaranya adalah dengan kuat tarik tak langsung mealui pengujian Brazil atau pengujian keretakan belah silinder. Kekuatan tarik belah benda uji sinder beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan pada silinder yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekan mesin uji tekan. Kekuatan tarik belah dapat dihitung dengan rumus :

$$F_{ct} = \frac{2 \times P}{\pi \times l \times d} \quad (3-3)$$

Dimana :

F_{ct} = kuat tarik belah (N/mm^2)

P = beban maksimal (N)

l = panjang silinder (mm)

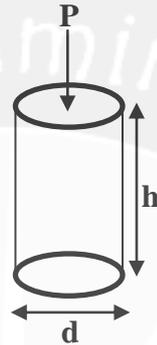
d = diameter silinder (mm)

3.9.3 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, diaeter 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).



Gambar 3.5 Benda Uji Tekan Silinder

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

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (3.4)$$

keterangan :

$f'c$: kuat tekan beton (MPa)

P : beban tekan (N)

A : 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, 1996).