

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2. 1. TINJAUAN UMUM

Beton adalah bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen Portland, dan air (*PBBI 1971 N.I.-2*). Seiring dengan penambahan umur, beton akan semakin mengeras dan akan mencapai kekuatan rencana (f'_c) pada usia 28 hari. Kecepatan bertambahnya kekuatan beton ini sangat dipengaruhi pada Faktor Air Semen (FAS) dan suhu selama perawatan. Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan per satuan luas (*Mulyono, 2004*). Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C 39.

2. 2. TEORI TENTANG BETON

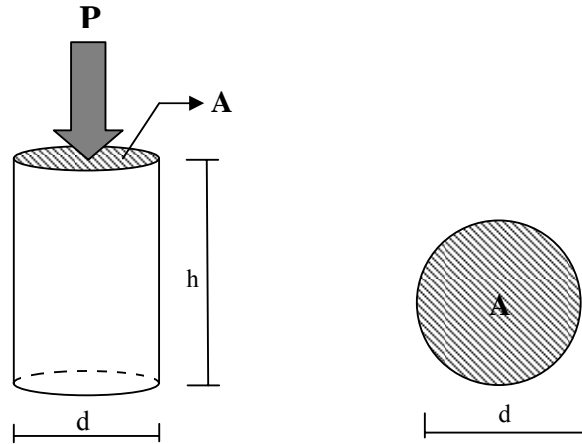
2. 2. 1. Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton umur 28 hari berkisar antara nilai 10-65 MPa. Untuk struktur beton bertulang pada umumnya menggunakan beton dengan kuat tekan antara 17-30 MPa. Sedangkan untuk beton prategang digunakan beton dengan kuat tekan lebih tinggi, berkisar antara 30-45 MPa. Untuk keadaan dan keperluan khusus, beton *ready mix* mampu mencapai kuat tekan 62 MPa dan untuk memproduksi beton kuat tekan tinggi tersebut umumnya dilaksanakan dengan pengawasan ketat laboratorium (*Dipohusodo, 1999*).

$$\text{Kuat tekan beton : } f'_c = \frac{P}{A} \quad (\text{N/mm}^2 = \text{MPa})$$

dimana:

$$P = \text{Beban maksimum (N)}$$
$$A = \text{Luas benda uji} \quad (\text{mm}^2)$$
$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$



Gambar 2.1. Model Benda Uji Silinder

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan beton yaitu:

1. Faktor Air Semen (FAS)

Faktor air semen (FAS) merupakan perbandingan antara jumlah air terhadap jumlah semen, dalam suatu campuran beton. Fungsi dari FAS yaitu:

- Untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan.
- Sebagai pelicin campuran kerikil, pasir, dan semen agar lebih mudah dalam pencetakan beton.

Kekuatan tekan beton ditentukan oleh pengaturan dari perbandingan semen, agregat kasar dan halus, air, dan berbagai jenis campuran. Perbandingan dari air terhadap semen merupakan faktor utama di dalam penentuan kekuatan beton (Wang, 1986). Hampir untuk semua tujuan, beton yang mempunyai FAS minimal dan cukup untuk memberikan workabilitas tertentu yang dibutuhkan untuk pemadatan, merupakan beton yang terbaik (Murdock & Brooks, 1979).

2. Umur Beton

Kuat tekan beton akan bertambah sesuai dengan bertambahnya umur beton tersebut. Perbandingan kuat tekan beton pada berbagai umur dapat dilihat pada SNI 03-1974-1990.

3. Jenis dan Jumlah Semen

Jenis semen berpengaruh terhadap kuat tekan beton, sesuai dengan tujuan penggunaannya (SK SNI S-04-1989-F).

4. Sifat Agregat

Sifat agregat yang paling berpengaruh terhadap kekuatan beton adalah kekasaran permukaan dan gradasi butiran agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai satu kesatuan yang utuh, homogen, dan rapat, dimana agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat yang berukuran besar (Nawy, 1998).

2. 2. 2. Workabilitas (*Workability*)

Workabilitas diartikan sebagai tingkat kemudahan suatu campuran beton untuk dikerjakan. Baik pada saat dicampur, diangkut, dipadatkan, maupun dicetak. Faktor utama yang berpengaruh dalam workabilitas ini yaitu (Taylor, 2002):

1. Kadar air

Air adalah faktor utama dalam pembuatan campuran beton yang berfungsi untuk menyatukan material pengisi dan semen. Penambahan jumlah air dalam suatu campuran beton umumnya akan meningkatkan nilai workabilitas dalam campuran tersebut.

2. Tipe dan ukuran agregat

Ukuran butiran agregat mempengaruhi nilai workabilitas. Suatu campuran beton dengan butir agregat yang kecil memiliki permukaan bidang yang lebih besar dalam setiap satuan berat dibandingkan campuran dengan butir agregat yang lebih besar pada satuan berat yang sama. Hal ini mengakibatkan meningkatnya kebutuhan akan air di dalam campuran beton tersebut.

Suatu adukan dapat dikatakan *workable* jika memenuhi kriteria sebagai berikut (Mindess et al., 1996):

- *Plasticity*, artinya adukan beton harus plastis (antara cair dan padat), sehingga dapat dikerjakan tanpa perlu usaha tambahan ataupun terjadi perubahan bentuk pada adukan.
- *Cohesiveness*, yaitu kemampuan suatu campuran beton untuk menghindari terjadinya segregasi. Adukan beton harus mempunyai gaya-gaya kohesi yang cukup sehingga adukan masih saling melekat selama proses pengerjaan beton.

- *Fluidity*, artinya adukan beton harus memiliki kemampuan mengalir selama proses penuangan.
- *Mobility*, artinya adukan beton harus memiliki kemampuan untuk berpindah tempat tanpa terjadi perubahan bentuk.

Meskipun semen telah memiliki workabilitas yang mencukupi untuk penanganan dan penempatan beberapa saat setelah dicampur, tetapi workabilitas semen tersebut akan menurun secara terus menerus. Hal ini dikarenakan (*Illstone & Domone, 2001*):

1. Air pencampur terserap oleh agregat yang tidak jenuh sebelum dicampur
2. Penguapan air pencampur itu sendiri
3. Reaksi hidrasi awal semen
4. Interaksi antara *admixtures* dengan partikel semen dalam campuran.

2. 2. 3. Segregasi dan Bleeding

Pengertian segregasi adalah peristiwa pemisahan komponen material dalam campuran beton segar sebagai akibat dari campuran yang tidak seragam (*Mindess et al., 1996*). Peristiwa pemisahan ini dapat terjadi dua macam: pengendapan agregat yang lebih berat di dasar campuran beton segar, atau pemisahan agregat kasar dari kesatuan campuran beton akibat pemadatan yang berlebihan.

Sedangkan *bleeding* adalah suatu jenis segregasi khusus. Pengertian *bleeding* adalah peristiwa naiknya air ke atas permukaan pada saat adukan beton telah mengalami konsolidasi, namun belum mengalami pengikatan (*Mindess et al., 1996*). Hal ini dikarenakan air menjadi material yang memiliki berat jenis terkecil dibanding komponen yang lain (agregat dan semen).

2. 2. 4. Gradasi Agregat

Gradasi adalah distribusi proporsi ukuran butiran agregat dalam suatu campuran beton (*Mindess et al., 1996*). Gradasi agregat merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam pembuatan campuran beton, karena akan berpengaruh terhadap sifat-sifat workabilitas adukan tersebut. Suatu gradasi dikatakan halus apabila memiliki komposisi butiran halus yang besar. Begitu pula sebaliknya,

suatu gradasi dikatakan kasar apabila memiliki komposisi butiran kasar yang besar dalam suatu komposisi agregat gabungan. Gradasi agregat biasa ditampilkan dalam grafik gradasi agregat. Ada 3 macam gradasi yang dikenal, yaitu:

1. Gradasi Seragam

Agregat dengan gradasi seragam/ ukuran tunggal adalah agregat yang terdiri dari butiran yang berada pada batas yang sempit dari ukuran fraksi, dalam diagram tampak garisnya hampir tegak/ vertikal. Agregat dengan gradasi seragam ini biasanya dipakai untuk beton ringan jenis beton tanpa pasir, atau untuk mengisi agregat dengan gradasi sela, atau untuk tambahan agregat dengan gradasi campuran yang kurang memenuhi syarat.

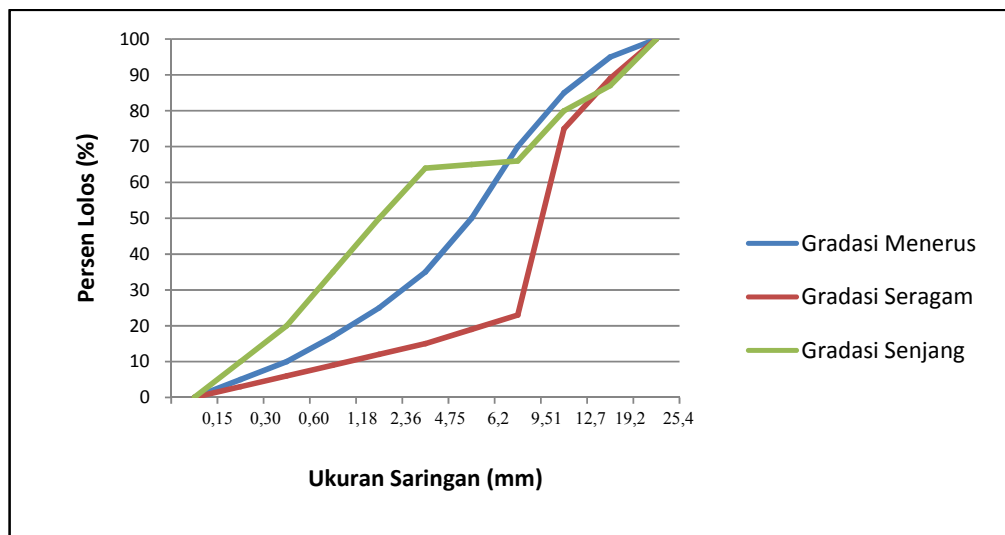
2. Gradasi Menerus

Gradasi menerus didefinisikan sebagai suatu agregat yang memiliki proporsi yang seimbang di tiap ukuran butiran. Dengan kata lain, seluruh ukuran fraksi terdapat dalam agregat tersebut. Dalam gambar diagram, gradasi menerus ditunjukkan dengan adanya suatu garis yang menerus atau diagonal.

3. Gradasi Sela

Gradasi sela atau disebut juga gradasi senjang didefinisikan sebagai suatu agregat dengan gradasi salah satu fraksi atau lebih yang berukuran tertentu tidak ada. Pada gradasi sela ini dalam diagram gradasi ditunjukkan dengan adanya suatu garis horizontal pada suatu fraksi ukuran agregat tertentu.

Contoh Grafik Gradasi Agregat dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Grafik 2.1. Contoh Grafik Gradasi Menerus, Seragam, dan Senjang

Adapun pada penelitian ini direncanakan menggunakan 5 macam variasi gradasi agregat gabungan. Tiap variasi memiliki gradasi agregat halus yang sama, tetapi gradasi agregat kasar berbeda. Gradasi agregat kasar yang digunakan antara lain gradasi ideal, gradasi kondisi batas maksimum, gradasi kondisi batas minimum, gradasi di luar kondisi batas maksimum, dan gradasi di luar kondisi batas minimum. Kemudian kelima variasi tersebut dinamakan Gradasi I, Gradasi II, Gradasi III, Gradasi IV, dan Gradasi V. Gradasi agregat tersebut didapat dengan cara mengatur komposisi prosentase agregat kasar pada ukuran-ukuran butiran tertentu. Grafik gradasi agregat halus, agregat kasar, dan agregat gabungan terlampir.

2. 3. MATERIAL PEMBENTUK BETON

Untuk memahami dan mempelajari seluruh perilaku elemen gabungan, diperlukan pengetahuan tentang karakteristik masing-masing komponen. Beton dihasilkan dari sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi sejumlah material pembentuknya (*Nawy, 1998*). Bahan pembentuk beton terdiri dari campuran agregat halus dan agregat kasar dengan air dan semen sebagai pengikatnya.

2. 3. 1. Agregat

Agregat adalah bahan-bahan campuran beton yang saling diikat oleh perekat semen (*CUR 2, 1993*). Pada beton biasanya terdapat sekitar 65% sampai 80% volume agregat terhadap volume keseluruhan beton (*Illstone & Domone, 2001*). Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen, dan rapat, di mana agregat yang kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada di antara agregat berukuran besar (*Nawy, 1998*). Dua jenis agregat adalah (*Nawy, 1998*):

1. Agregat halus (pasir alami dan buatan)
2. Agregat kasar (kerikil, batu pecah, atau pecahan dari *blast furnace*)

2. 3. 1. 1. Agregat Halus

Agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batu-batuan atau berupa pasir buatan yang dihaluskan oleh alat-alat pemecah batu, dan mempunyai ukuran butir terbesar 5 mm. Persyaratan agregat halus adalah (*SK SNI S-04-1989-F*) :

1. Terdiri dari butiran-butiran tajam dan keras dengan indeks kekerasan $\leq 2,2$
2. Butir-butir agregat halus harus bersifat kekal artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari dan hujan.
3. Sifat kekal, apabila diuji dengan larutan jenuh garam sulfat sebagai berikut:
 - Jika dipakai Natrium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%
 - Jika dipakai Magnesium Sulfat, bagian yang hancur maksimum 10%
4. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5 % (ditentukan terhadap berat kering). Yang diartikan dengan lumpur adalah bagian-bagian yang dapat melalui ayakan 0,063 mm. Apabila kadar lumpur melampaui 5 % maka agregat harus dicuci.
5. Tidak boleh mengandung bahan-bahan organis terlalu banyak yang harus dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams-Harder.
6. Terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya dan apabila diayak harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :
 - Sisa di atas ayakan 4 mm, lebih dari 2 % terhadap berat total.
 - Sisa di atas ayakan 1 mm, lebih dari 10 % terhadap berat total.
 - Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80 % dan 90 % terhadap berat total.
7. Untuk beton dengan tingkat keawetan yang tinggi, reaksi pasir terhadap alkali harus negatif.
8. Pasir laut tidak boleh dipakai sebagai agregat halus untuk semua mutu beton, kecuali dengan petunjuk-petunjuk dari lembaga pemeriksaan bahan-bahan yang diakui.
9. Agregat halus yang digunakan untuk maksud spesi plesteran dan spesi terapan harus memenuhi persyaratan di atas (pasir pasang).

2.3.1.2. Agregat Kasar

Menurut PBBI 1971 N.I-2, agregat kasar adalah agregat dengan ukuran butir lebih besar dari 5 mm. Ketentuan mengenai agregat kasar antara lain:

1. Harus terdiri dari buir – butir yang keras dan tidak berpori.
2. Butir – butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh – pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.

3. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat – zat yang dapat merusak beton, seperti zat – zat yang reaktif alkali.
4. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1 %. Apabila kadar lumpur melampaui 1 %, maka agrgat kasar harus dicuci.

2. 3. 2. Semen (*Portland Cement/PC*)

Portland Cement merupakan bahan pengikat utama untuk adukan beton dan pasangan batu yang digunakan untuk menyatukan bahan menjadi satu satuan yang kuat.

Jenis/tipe semen yang digunakan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton, dalam hal ini perlu diketahui tipe semen yang telah distandarardisasi di Indonesia. Menurut SNI 0031-81, semen Portland dibagi menjadi lima tipe, yaitu :

- Tipe I : *Ordinary Portland Cement (OPC)*, semen untuk penggunaan umum,tidak memerlukan persyaratan khusus (panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat, kekuatan awal)
- Tipe II : *Moderate Sulphate Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap sulfat sedang dan mempunyai panas hidrasi sedang.
- Tipe III : *High Early Strength Cement*, semen untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras)
- Tipe IV : *Low Heat of Hydration Cement*, semen untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah, kekuatan awal rendah.
- Tipe V : *High Sulphate Resistance Cement*, semen untuk beton yang tahan terhadap kadar sulfat tinggi.

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen jenis OPC (*Ordinary Portland Cement*) atau Tipe I, yaitu semen hidrolis yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum, seperti konstruksi bangunan yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain bangunan perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan, landasan pacu dan jalan raya (*Buletin Semen Gresik,2007*).

2. 3. 3. Air

Fungsi dari air disini antara lain adalah sebagai bahan pencampur antara semen dan agregat. Air harus bebas dari bahan yang bersifat asam basa, dan minyak. Air yang mengandung tumbuh-tumbuhan busuk harus benar-benar dihindari karena dapat mengganggu pengikatan semen. Pada umumnya air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum juga memenuhi syarat bila dipakai untuk membuat beton, dengan pengecualian pada air minum yang banyak mengandung sulfat (Oglesby, 1996).

2. 4. PERENCANAAN CAMPURAN BETON

Perhitungan perencanaan campuran beton (*Concrete Mix Design*) dimaksudkan untuk mendapatkan beton dengan mutu sdengan kuat tekan tinggi dan mudah dikerjakan. Adapun perencanaan campuran beton dalam penelitian ini menggunakan metode DOE (*Departement Of Environtment*). Langkah – langkah dalam perhitungan perencanaan beton dengan metode DOE adalah sebagai berikut:

1. Penentuan Kuat Tekan Beton

Penentuan kuat tekan beton berdasarkan kekuatan beton pada umur 28 hari. Pada penelitian ini direncanakan kuat tekan beton $f'c=30$ MPa atau K360 (360 kg/cm^2).

2. Penetapan Nilai Standar Deviasi (Sd)

Penentuan nilai standar deviasi berdasarkan 2 hal yaitu :

- Mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton
- Volume pekerjaan

Nilai Standar Deviasi pada penelitian ini yaitu $Sd = 46$ (volume beton kurang dari 1000 m^3 dan mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran beton baik sekali), penetapannya mengacu pada PBI 1971.

3. Penetapan Kuat Tekan Rata – Rata yang Direncanakan

Dengan menganggap nilai dari hasil pemeriksaan benda uji menyebar normal (mengikuti lengkung dari Gauss), maka kekuatan tekan beton karakteristik adalah :

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - M$$

Kuat tekan beton rata – rata dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma'_{bm} = \sigma_{bk} + M$$

dimana :

- obm = kuat tekan beton rata – rata (kg/cm²)
- obk = kuat tekan beton yang direncanakan (kg/cm²)
- M = 1,645 × Sd = nilai tambah margin (kg/cm²)
- Sd = Standar Deviasi (kg/cm²)

4. Mencari Faktor Air Semen

Faktor air semen dicari dengan grafik hubungan kuat tekan dengan faktor air semen (Grafik III), sesuai teknologi beton (*Tri Mulyono, 2003*).

5. Penentuan Nilai Slump

Penentuan nilai slump berdasarkan pemakaian beton untuk jenis konstruksi tertentu sesuai SNI 03-1974-1990.

6. Penentuan Nilai Kadar Air Bebas

Kadar air bebas ditentukan berdasarkan ukuran agregat, jenis batuan dan nilai slump sesuai SNI 03-1971-1990.

7. Perhitungan Jumlah Semen yang Dibutuhkan

Kadar atau jumlah semen dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kadar semen : } \frac{\text{kadar air bebas}}{\text{FAS}}$$

8. Penentuan Prosentase Jumlah Agregat Halus dan Kasar

Proporsi agregat ditentukan berdasar Modulus Kehalusan Butir (MHB) Gabungan yang diinginkan. Pada penelitian ini dipakai $MHB_{gab} = 5$. Setelah menentukan MHB_{gab} yang diinginkan, maka secara otomatis proporsi agregat akan diketahui melalui formula yang telah dibuat dalam *Microsoft Excel*.

9. Penentuan Berat Jenis Gabungan

Berat jenis gabungan adalah gabungan dari berat jenis agregat halus agregat kasar dengan prosentase dari campuran agregat tersebut. Berat jenis gabungan dapat dihitung dengan rumus :

$$BJ_{gab} : \frac{xa}{100} \times BJ_a + \frac{xb}{100} \times BJ_b$$

dimana: xa = prosentase agregat halus

xb = prosentase agregat kasar

Bja = berat jenis agregat halus

Bjb = berat jenis agregat kasar

10. Penentuan Berat Beton Segar

Berat beton segar dapat ditentukan dengan menggunakan Grafik II sesuai Teknologi Beton, Tri Mulyono 2003, berdasarkan data berat jenis gabungan dan kebutuhan air pengaduk untuk setiap meter kubik.