

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan bahan yang diperoleh dengan mencampurkan agregat halus, agregat kasar, semen portland dan air. Pencampuran agregat halus dan agregat kasar dengan menambahkan semen secukupnya yang berfungsi sebagai perekat bahan susun beton, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia maka campuran tersebut akan mengalami proses pengerasan. Tjokrodimuljo (1992) mengungkapkan bahwa beton yang sudah keras dapat dianggap sebagai batu tiruan, dengan rongga-rongga antara butiran besar diisi oleh butiran yang lebih kecil, dan pori-pori di antara butiran-butiran agregat halus ini diisi oleh semen dan air. Dalam adukan beton, air dan semen membentuk pasta semen. Pasta semen ini selain mengisi pori-pori di antara butiran agregat halus juga bersifat sebagai perekat/pengikat dalam proses pengerasan, sehingga butiran-butiran agregat saling merekat dengan kuat dan terbentuklah suatu massa yang kompak/padat.

Selain itu Tjokrodimuljo (1996) juga mengungkapkan kualitas dan kuantitas air mempengaruhi pengerasan dan kekuatan. Pada saat keras, beton diharapkan mampu memikul beban sehingga sifat utama yang harus dimiliki oleh beton adalah kekuatannya. Adapun faktor yang mempengaruhi kekuatan beton adalah perbandingan berat air dan semen, tipe dan gradasi agregat, kualitas semen, dan perawatan (*curing*).

3.2 Material Penyusun Beton

Material penyusun beton dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu bahan aktif dan bahan pasif. Kelompok aktif yaitu semen dan air, sedangkan yang pasif yaitu pasir dan kerikil (disebut agregat, agregat halus dan agregat

kasar). Kelompok aktif disebut perekat/pengikat sedangkan yang pasif disebut bahan pengisi (Tjokrodimuljo, 1992).

3.2.1 Semen

Semen merupakan bahan ikat yang penting dan banyak digunakan dalam pembangunan fisik di sektor konstruksi sipil. Jika ditambah air, semen akan menjadi pasta semen. Jika ditambah agregat halus, pasta semen akan menjadi mortar, sedangkan jika digabungkan dengan agregat kasar akan menjadi campuran beton segar yang setelah mengeras akan menjadi beton keras. Semen adalah material yang mempunyai sifat-sifat adhesif dan kohesif sebagai perekat yang mengikat fragmen-fragmen mineral menjadi suatu kesatuan yang kompak. Semen dikelompokkan ke dalam dua jenis yaitu semen hidrolis dan semen non-hidrolis. Semen hidrolis adalah campuran senyawa kimia jika dicampur dalam air dalam jumlah tertentu akan mengikat bahan-bahan lain menjadi satu kesatuan massa yang dapat memadat dan mengeras. Contohnya seperti semen *portland*, semen putih dan sebagainya, sedangkan semen non-hidrolis adalah semen yang tidak dapat stabil dalam air.

Fungsi utama semen adalah mengikat butir-butir agregat hingga membentuk suatu massa padat dan mengisi rongga-rongga udara di antara butir-butir agregat. Walaupun komposisi semen dalam beton hanya sekitar 10%, namun karena fungsinya sebagai bahan pengikat maka peranan semen menjadi penting (Mulyono, 2004). Salah satu jenis semen yang biasa digunakan dalam pembuatan beton adalah semen portland (*portland cement*).

Semen *Portland* adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara mencampurkan batu kapur yang mengandung kapur (CaO) dan lempung yang mengandung silika (SiO₂), oksida alumina (Al₂O₃) dan oksida besi (Fe₂O₃) dalam oven dengan suhu kira-kira 145°C sampai menjadi klinker. Klinker ini dipindahkan, digiling sampai halus disertai penambahan 3-5% gips untuk mengendalikan waktu pengikat semen agar tidak berlangsung terlalu cepat (Aman Subakti, 1994). Semen portland dibagi menjadi 5 kategori berdasarkan jenis dan penggunaannya sesuai dengan SNI 15-2049-2004 adalah sebagai berikut.

1. Tipe I, semen portland yang dalam penggunaannya tidak memerlukan persyaratan khusus seperti jenis-jenis lainnya.
2. Tipe II, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang.
3. Tipe III, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan kekuatan awal yang tinggi dalam fase permulaan setelah pengikatan terjadi.
4. Tipe IV, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan panas hidrasi yang rendah.
5. Tipe V, semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang tinggi terhadap sulfat.

3.2.2 Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Kira-kira 70% volume mortar atau beton diisi oleh agregat. Agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat mortar atau beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton.

Agregat yang digunakan dalam campuran beton dapat berupa agregat alam atau agregat buatan (*artificial aggregates*). Secara umum, agregat dapat dibedakan berdasarkan ukurannya, yaitu, agregat kasar dan agregat halus. Batasan ukuran antara agregat halus dengan agregat kasar yaitu 4,80 mm (*British Standard*) atau 4,75 mm (Standar ASTM). Agregat kasar adalah batuan yang ukuran butirnya lebih besar dari 4,80 mm (4,75 mm) dan agregat halus adalah batuan yang lebih kecil dari 4,80 mm (4,75 mm).

1. Agregat Halus

Agregat halus (pasir) adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran kurang dari 4,8 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no.200. Agregat halus (pasir) berasal dari hasil disintegrasi alami dari batuan alam atau pasir buatan yang dihasilkan dari alat pemecah batu (*stone crusher*). Pasir yang digunakan untuk bahan-bahan bangunan dipilih yang memenuhi syarat.

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

- a. Agregat halus berbentuk butiran-butiran yang kuat serta tajam, bersifat tidak mudah hancur karena cuaca panas ataupun hujan.
- b. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap berat agregat kering. Apabila mengandung lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu
- c. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan organik terlalu banyak
- d. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam Pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut.
 - 1) Sisa diatas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - 2) Sisa diatas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - 3) Sisa diatas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80% - 90% berat.

2. Agregat Kasar

Sifat agregat kasar mempengaruhi kekuatan akhir beton keras dan daya tahannya terhadap disintegrasi beton, cuaca, dan efek-efek perusak lainnya. Agregat kasar dapat berupa kerikil, pecahan kerikil, batu pecah, terak tanur tiup atau beton semen hidrolis yang dipecah. Menurut PBI 1971, Pasal 3.4 syarat-syarat agregat kasar (kerikil) adalah sebagai berikut.

- a. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang keras dan tidak berpori. Butir-butir agregat kasar harus bersifat kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan.
- b. Agregat kasar tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1% (ditentukan terhadap berat kering). Lumpur tersebut adalah bagian-bagian yang lolos ayakan 0,0063 mm. Apabila kadar lumpur lebih dari 1% maka agregat harus dicuci.
- c. Agregat kasar tidak boleh mengandung zat-zat yang dapat merusak beton, seperti zat-zat reaktif alkali.

- d. Agregat kasar harus terdiri dari butir-butir yang beraneka ragam besarnya.

3.2.3 Air

Faktor air sangat mempengaruhi dalam pembuatan beton, karena air dapat bereaksi dengan semen yang akan menjadi pasta pengikat agregat. Air untuk pembuatan beton minimal memenuhi syarat sebagai air minum yaitu tawar, tidak berbau, dan tidak mengandung bahan-bahan yang dapat merusak beton, seperti minyak, asam, alkali, garam atau bahan-bahan organis lainnya yang dapat merusak beton atau tulangnya (SNI 03-2847-2002, Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung). Air adalah alat untuk mendapatkan kelecakan yang perlu untuk penguangan beton.

Selain untuk reaksi pengikatan, air dapat juga untuk perawatan sesudah beton dituang. Air untuk perawatan (*Curing*) harus memiliki syarat-syarat yang lebih tinggi dari air untuk pembuatan beton. Keasamannya tidak boleh PHnya > 6 , juga tidak dibolehkan terlalu sedikit mengandung kapur.

3.3 Bahan Tambah

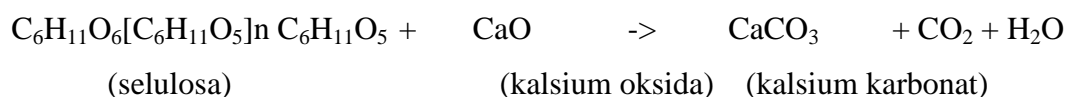
Bahan tambah (*admixture*) adalah bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat dari beton agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu. Bahan tambah yang didefinisikan dalam *Standard Definitions of Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates* (ASTM C.125-1995:61) dan dalam *Cement and Concrete Terminology* (ACI SP-19) adalah sebagai material selain air, agregat dan semen hidrolik yang dicampurkan dalam beton atau mortar yang ditambahkan sebelum atau selama pengadukan berlangsung. Bahan tambah digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton misalnya untuk dapat dengan mudah dikerjakan, mempercepat pengerasan, menambah kuat tekan, penghematan, atau untuk tujuan lain seperti penghematan energi.

Secara umum bahan tambah yang digunakan dalam beton dapat dibedakan menjadi dua yaitu bahan tambah yang bersifat kimiawi (chemical admixture) dan bahan tambah yang bersifat mineral (additive). Namun selain bahan tersebut terdapat bahan serat yang juga merupakan bahan tambah pada beton. Beton serat ialah material komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat (Tjokrodimuljo, 1996). Menurut Tjokrodimuljo (1996) bahan serat bisa berupa asbestos, gelas/kaca, plastik, baja atau serat tumbuhan (rami, ijuk, bambu, sabut kelapa, serat kayu, dll). Pada penelitian ini digunakan bahan tambah serat berupa serbuk gergaji sisa penggergajian dan bahan tambah kimia berupa *superplasticizer*.

3.3.1 Serbuk Gergaji

Serbuk gergaji adalah salah satu jenis bahan limbah yang bersifat organik yang terdapat pada lingkungan industri penggergajian kayu atau pengrajin furniture. Serbuk gergaji merupakan limbah industri penggergajian kayu selain sedetan dan potongan-potongan kayu. Serbuk gergaji ini memiliki bentuk berupa campuran butiran serbuk halus dan serat kecil dengan panjang 5-10 mm lebar 0,5-2 mm.

Gargulak (2001) dalam Ikhsan (2013) menyatakan pada serbuk gergaji terdapat kadar selulosa yang apabila ditambahkan pada campuran semen pembentuk beton, senyawa ini akan terserap pada permukaan mineral/partikel dan memberikan tambahan kekuatan ikat antar partikel akibat sifat adhesi dan dispersinya. Ida Nurwati (2006) menyebutkan reaksi kimia antara selulosa yang terdapat dalam serbuk gergaji dengan Kalsium oksida dalam semen akan membentuk kalsium karbonat yang berfungsi sebagai zat perekat yang semakin merekatkan butir-butir agregat dimana proses kimianya adalah sebagai berikut :



3.3.2 Superplasticizer

Superplasticizer merupakan bahan tambah tipe F atau *High Range Water Reducer* (ASTM C494-82), yaitu bahan tambah kimia yang berfungsi mengurangi air sampai 12% atau bahkan lebih. *Superplasticizer* tersusun atas asam sulfonat yang berfungsi menghilangkan gaya permukaan pada partikel semen sehingga lebih menyebar, melepaskan air yang terikat pada kelompok partikel semen, untuk menghasilkan viskositas/kekentalan adukan pasta semen atau beton segar yang lebih rendah (Lauw Tjun Njie).

Penggunaan *superplasticizer* ini bertujuan untuk mengimbangi kehilangan air akibat penyerapan serbuk gergaji serta menjaga kelacakan campuran beton . Air campuran beton yang sudah diperhitungkan sesuai dengan faktor air semen akan terserap oleh serbuk gergaji sehingga mengakibatkan campuran beton menjadi lebih kental. *Superplasticizer* yang digunakan adalah Sikament LN yang dapat meningkatkan kelacakan yang cukup tinggi. Karakteristik Sikament LN dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut

Sikament® LN
Sikament LN adalah cairan yang berfungsi sebagai aditif untuk pengurang air jumlah besar dan superplastisator untuk mempercepat pengerasan beton dan kecacakannya tinggi. Sesuai dengan A.S.T.M. C 494-92 Type F.

KEGUNAAN
Sikament LN adalah bahan tambahan aditif yang mempunyai kemampuan pengurangan air dalam jumlah besar, dibuat khususnya untuk industri beton pracetak, yang membutuhkan kekuatan awal tinggi sehingga pembukaan bekisting lebih cepat, serta dapat memaksimalkan pemakaian peralatan pengecoran.

KARAKTERISTIK DAN KELEBIHAN
- Dapat mengurangi penggunaan air hingga 20% dan akan meningkatkan kekuatan tekan 28 hari sebesar 40%.
- Menambah kekedapan air.

WARNA
Coklat tua

KEMASAN
Drum: 240 kg
Bulk delivery



Gambar 3.1 Sikament LN
Sumber idn.sika.com

Penelitian Tedi (2016) yang menggunakan Sikament In sebanyak 1% dari berat semen pada beton normal dapat meningkatkan slump hingga tiga kali lipat dari campuran beton tanpa sikament In. Peningkatan slump tersebut dianggap cukup untuk menjaga kelacakan campuran beton dengan serbuk gergaji.

Peningkatan kelacakan ini juga diharapkan agar serbuk gergaji yang ditambahkan dapat tersebar secara merata dalam adukan beton, sehingga proses kimia dari selulosa yang terdapat dalam serbuk gergaji dengan Kalsium oksida dalam semen yang membentuk zat perekat akan terjadi secara merata.

3.4 Perancangan Campuran Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai dengan standar SNI-03-2834-2000. Adapun tata cara urutan perencanaan campuran adukan beton menurut SNI-03-2834-2000 adalah sebagai berikut.

1. Menentukan nilai deviasi standar (Sd) yang ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali pada Tabel 3.1 dan bila jumlah data hasil uji kurang dari 15, maka nilai tambah (M) diambil tidak kurang dari 12 MPa. Kemudian nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.1 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali
< 15	-
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00

Sumber : SNI 03-2834-2000

Tabel 3.2 Nilai Deviasi Standar Untuk Berbagai Tingkat Pengendalian Mutu Pekerjaan

Tingkat Pengendalian Mutu	Sd (MPa)
Memuaskan	2,8
Sangat Baik	3,5
Baik	4,2
Cukup	5,6
Jelek	7,0
Tanpa Kendali	8,4

Sumber : SNI 03-2834-2000

Nilai tambah (M) untuk kuat tekan rencana dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.1 berikut.

$$M = 1,64 \times Sd \quad (3.1)$$

dengan:

M = Nilai tambah (Mpa)

Sd = Deviasi standar rencana (Mpa)

- Menentukan kuat tekan rata-rata yang direncanakan (f'_{cr}) dengan menggunakan persamaan 3.2

$$f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.2)$$

dengan :

f'_{cr} = Kuat tekan rata-rata yang direncanakan (MPa)

f'_c = Kuat tekan yang disyaratkan (MPa)

M = Nilai tambah (MPa)

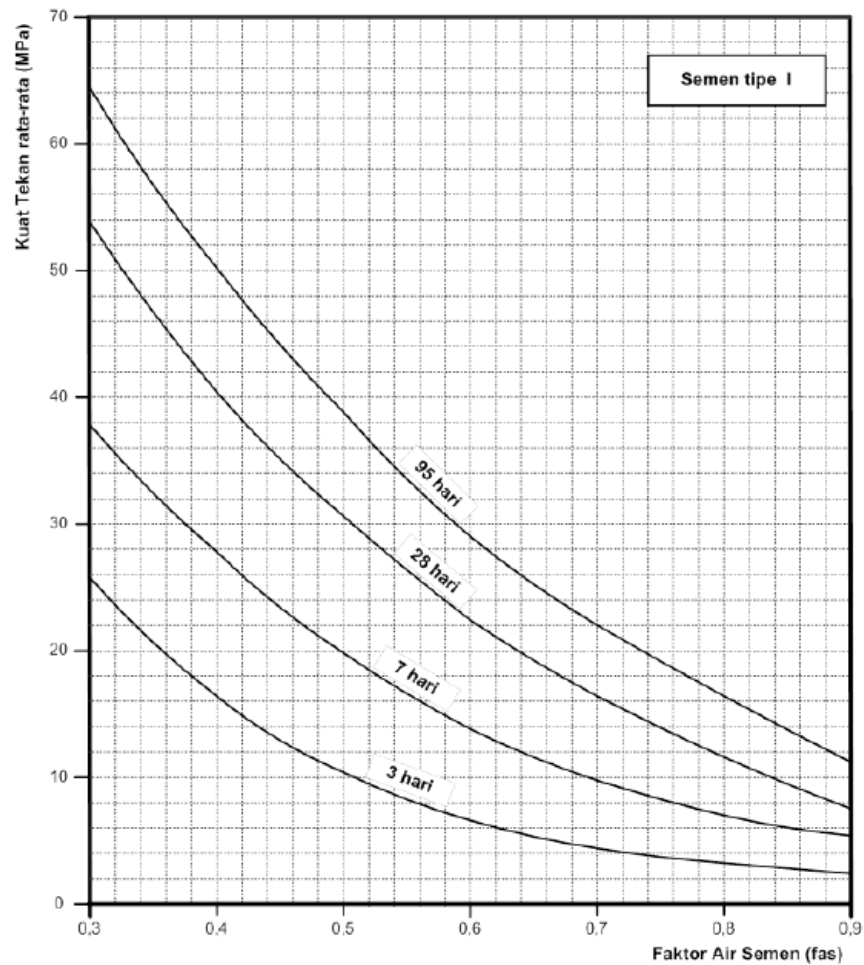
- Menentukan jenis semen yang digunakan
- Menentukan jenis agregat kasar yang digunakan

5. Menentukan nilai faktor air semen (FAS) dengan menggunakan Table 3.3 dan grafik pada gambar 3.2.

Tabel 3.3 Perkiraan Kuat Tekan Beton dengan FAS 0,5

Jenis Semen	Jenis Agregat Kasar	Kekuatan Tekan (Mpa)				Bentuk Benda Uji
		Pada Umur (hari)				
		3	7	28	95	
Semen Portland Tipe I	Batu tak dipecahkan	17	23	33	40	Silinder
	Batu pecah	19	27	37	45	
Semen Portland Tipe II, V	Batu tak dipecahkan	20	28	40	48	Kubus
	Batu pecah	25	32	45	54	
Semen Portland Tipe III	Batu tak dipecahkan	21	28	38	44	Silinder
	Batu pecah	25	33	44	48	
	Batu tak dipecahkan	25	31	46	53	Kubus
	Batu pecah	30	40	53	60	

Sumber : SNI 03-2834-2000



Gambar 3.2 Grafik Hubungan Antara Kuat Desak dan Faktor Air Semen Untuk Benda Uji Silinder

SNI-03-2834-2000

- Menentukan faktor air semen maksimum dan jumlah semen minimum dengan menggunakan tabel 3.4 berikut.

Tabel 3.4 Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum

Jenis Pembetonan	Jumlah Semen minimum	Nilai fas
	per-m ³ beton (kg)	maksimum
Beton di dalam ruang bangunan		
a. keadaan keliling non-korosif	275	0,60
b. keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	325	0,52
Beton di luar ruangan bangunan		
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,60
Beton masuk ke dalam tanah		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		tabel 5
Beton yang kontinu berhubungan dengan air tawar dan air laut		tabel 6

Sumber : SNI 03-2834-2000

7. Menentukan nilai *slump* yang merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton.
8. Menentukan besar butir agregat maksimum.
9. Menghitung kadar air bebas agregat campuran (agregat tak dipecahkan dan agregat dipecahkan) dengan Persamaan 3.3 berikut.

$$\text{Kadar air bebas} = \frac{2}{3} Wh + \frac{2}{3} Wk$$

(3.3)

dengan :

Wh = Perkiraan jumlah agregat halus

Wk = Perkiraan jumlah agregat kasar

Nilai Wh dan Wk diperoleh dari Tabel 3.5 berikut.

Tabel 3.5 Perkiraan Kadar Air Bebas Tiap Meter Kubik Beton

Ukuran maksimum Agregat (mm)	Jenis Batuan	Slump (mm)			
		0 - 10	10 - 30	30 - 60	60 - 180
10	Batu tak dipecahkan	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Batu tak dipecahkan	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

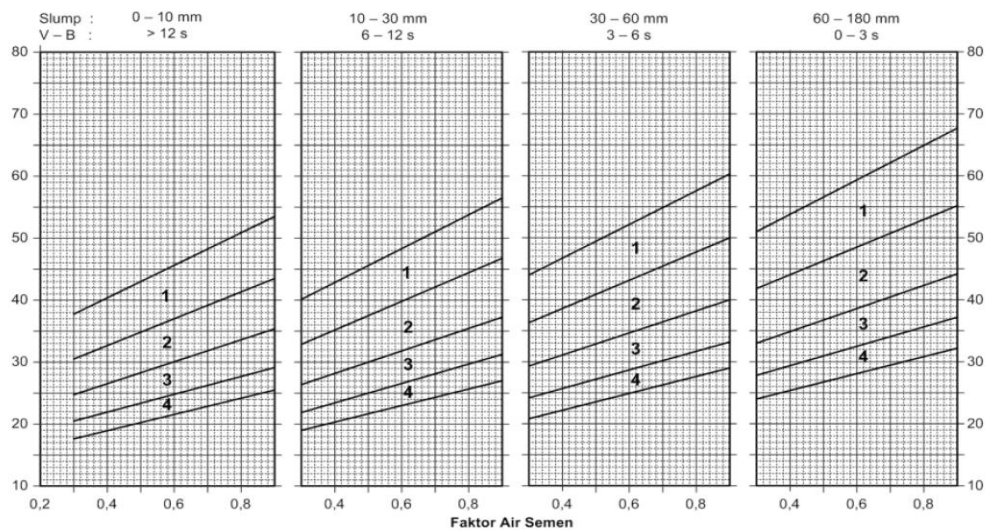
Sumber: SNI-03-2834-2000

10. Menghitung kadar semen yang dipakai per m³ beton dihitung dengan Persamaan 3.4 berikut.

$$\text{Jumlah semen per m}^3 \text{ beton} = \frac{\text{Kadar air bebas}}{FAS}$$

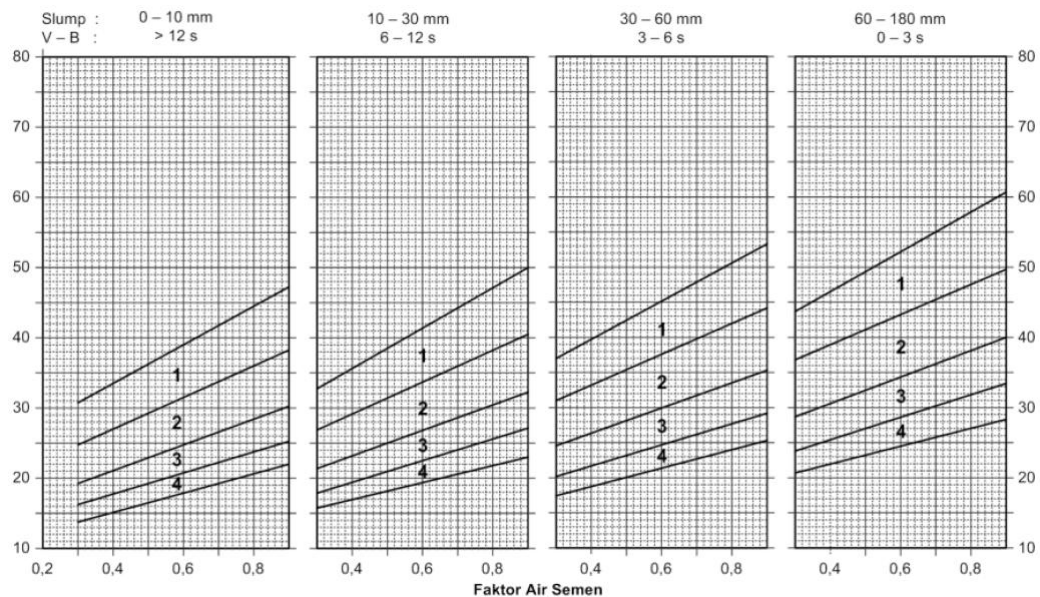
(3.4)

11. Menentukan persentase agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.3 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 20 mm

Sumber: SNI-03-2834-2000



Gambar 3.4 Grafik Persen Pasir Terhadap Kadar Total Agregat yang Dianjurkan Untuk Ukuran Maksimum 40 mm

Sumber: SNI-03-2834-200

Langkah-langkah untuk menentukan persentase agregat halus dan agregat adalah sebagai berikut.

- Pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3 diatas, tentukan grafik yang akan dipakai berdasarkan ukuran maksimum agregat dan nilai slump yang direncanakan.
- Tarik garis vertikal ke atas sampai ke kurva yang paling atas diantara 2 kurva yang menunjukkan daerah gradasi pasir.
- Kemudian, tarik garis horizontal ke kanan, baik kurva batas atas maupun kurva batas bawah yang berada di daerah gradasi dan catat nilainya.
- Ambil rata-rata dari kedua nilai tersebut

Nilai persentase agregat kasar = $100\% - \text{Persentase agregat halus}$

12. Menghitung berat jenis relatif agregat yang diambil berdasarkan data hasil pengujian laboratorium. Berat jenis agregat gabungan dihitung berdasarkan persamaan 3.5 berikut.

$$BJ_{AG} = (\%AH \times BJ_{AH}) + (\%AK \times BJ_{AK}) \quad (3.5)$$

dengan :

BJ_{AG} = Berat jenis agregat gabungan

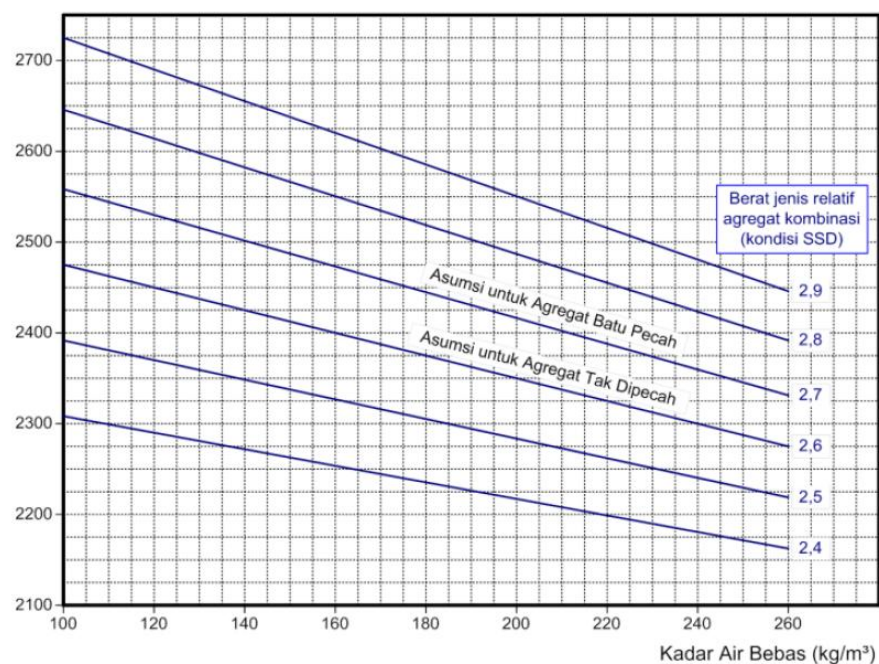
BJ_{AH} = Berat jenis agregat halus

BJ_{AK} = Berat jenis agregat kasar

$\%AH$ = Persentase agregat halus

$\%AK$ = Persentase agregat kasar

13. Mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik pada Gambar 3.6 berikut.



Gambar 3.5 Grafik Perkiraan Berat Beton Basah yang Telah Selesai Dipadatkan

Sumber: SNI-03-2834-2000

Adapun langkah-langkah untuk mencari nilai berat isi beton dengan menggunakan grafik tersebut adalah sebagai berikut ini.

- a. Pada Gambar 3.4 diatas, tarik garis sesuai dengan nilai berat jenis agregat gabungan sejajar dengan garis linier yang telah ada pada grafik,
- b. Tarik garis vertikal ke atas sampai memotong garis yang telah dibuat tadi sesuai dengan nilai kadar air bebas kemudian tarik garis horizontal ke kiri pada perpotongan kedua garis diatas dan catat nilainya.

14. Menghitung kadar agregat gabungan dengan menggunakan Persamaan 3.6

$$\text{Kadar agregat gabungan} = \text{berat isi beton} - \text{kadar semen} - \text{kadar air bebas} \quad (3.6)$$

15. Menghitung kadar agregat halus dengan menggunakan Persamaan 3.7

$$\text{Kadar agregat halus} = \frac{\% \text{ Agregat halus}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.7)$$

16. Menghitung kadar agregat kasar dengan menggunakan persamaan 3.8

$$\text{Kadar agregat kasar} = \frac{\% \text{ agregat kasar}}{100} \times \text{kadar agregat gabungan} \quad (3.8)$$

17. Menghitung kadar *superplasticizer* dari berat semen yang telah didapatkan

18. Menghitung kadar serbuk gergaji dari berat total agregat beton.

3.5 Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan perbandingan besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. 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. Berdasarkan SNI 1974-2011, nilai kuat tekan beton dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3.9 berikut.

$$f'c = \frac{P}{A}$$

(3.9)

dengan :

$f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang yang menerima beban (mm^2)

3.6 Kuat Tarik Beton

Beberapa cara penyelesaian telah digunakan untuk mengevaluasi nilai kekuatan tarik beton. Pada tes langsung, benda uji ditahan pada kedua ujung dan ditarik sampai putus, kekuatan tarik adalah beban putus dibagi luas penampang benda uji. Pada tes tarik belah, benda uji silinder direbahkan dan ditekan sehingga terbelah menjadi dua bagian akibat tegangan tarik. Pada tes lentur, suatu balok dengan penampang persegi dibebani ditengah atau pada jarak sepertiga dan hancur akibat momen lentur, dimana tegangan tarik yang dihitung pada saat hancur disebut *modulus of rupture*. Tetapi setiap metode pengetesan kekuatannya mempunyai hasil karakteristiknya masing-masing. Diasumsikan bahwa kekuatan tarik langsung beton sebesar 10% dari kekuatan tekan beton. Kekuatan tarik belah kurang lebih sama.

Tes tarik langsung merupakan suatu cara mengukur kekuatan tarik beton yang paling logis. Akan tetapi banyak kesulitan yang menyebabkan tes langsung ini jarang digunakan, sehingga pada penelitian ini yang akan dilakukan adalah uji tarik belah. Kekuatan tarik dihitung dengan persamaan 3.10 berikut

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi DL}$$

(3.10)

dengan :

f_{ct} = Kuat tarik belah (MPa)

P = Beban maksimum (N)

D = Diameter silinder (mm)

L = Panjang silinder (mm)

3.7 Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas merupakan sifat beton yang berkaitan dengan mudah atau tidaknya beton mengalami deformasi. Pada umumnya bahan, termasuk beton, memiliki daerah awal pada diagram tegangan-regangannya dimana bahan berkelakuan secara elastis dan linier. Kemiringan diagram tegangan-regangan dalam daerah elastis linier itulah yang dinamakan Modulus Elastisitas (E). Dari modulus elastisitas dapat diketahui seberapa besar kekakuan beton tersebut. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi nilai modulus elastisitas beton adalah jenis dari bahan penyusunnya.

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan menahan tegangan yang cukup besar dalam kondisi regangan yang masih kecil, artinya bahwa beton tersebut mempunyai kemampuan menahan tegangan (desak terutama) yang cukup besar akibat beban-beban yang terjadi pada suatu regangan (kemungkinan terjadi retak) yang kecil. Tolak ukur yang umum dari sifat elastisitas suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari desakan yang diberikan dengan perubahan panjang, sebagai akibat dari desakan yang diberikan. Modulus Elastisitas (E_c) dihitung menurut rumus :

$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005}$$

(3.11)

dimana :

S₂ = Kuat tekan pada saat 40% dari beban maksimum (MPa)

S₁ = Kuat tekan pada saat regangan mencapai 0,00005 (MPa)

ϵ_2 = Regangan yang dihasilkan pada saat S₂

3.8 Penyerapan Beton

Keandalan beton terhadap lingkungan yang kedap air ditentukan oleh tingkat penyerapan air pada permukaan beton yang disebut absorpsi/penyerapan. Nilai penyerapan yang besar pada beton merupakan indikasi beton tersebut cenderung kurang awet atau memiliki durabilitas yang rendah karena beton dengan mudah menyerap air dan hal ini menyebabkan penurunan kekuatan beton. Air dapat masuk ke dalam beton tidak hanya melalui sifat *porous* atau rongga-rongga yang terbentuk pada beton tetapi juga melalui *diffusion* dan *absorption* yang semuanya tergantung pada struktur hidrasi semen. Penyerapan air pada beton dapat dihitung menggunakan rumus berikut

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \times 100\%$$

(3.12)

dimana :

A = Berat kering beton setelah dioven (gr)

B = Berat basah beton setelah direndam (gr)

3.9 Porositas Beton

Porositas adalah besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton. Pori-pori beton biasanya berisi udara atau berisi air yang saling berhubungan dan dinamakan dengan kapiler beton. Kapiler beton akan tetap ada walaupun air yang digunakan telah menguap, sehingga kapiler ini akan mengurangi kepadatan beton yang dihasilkan. Dengan bertambahnya volume pori maka nilai porositas juga akan semakin meningkat dan hal ini memberikan pengaruh buruk terhadap kekuatan beton.

Beton mempunyai kecenderungan berisi rongga akibat adanya gelembung gelembung udara yang terbentuk selama atau sesudah pencetakan. Hal ini penting terutama untuk memperoleh campuran yang mudah untuk dikerjakan dengan menggunakan air yang berlebihan daripada yang dibutuhkan guna persenyawaan kimia dengan semen. Air ini menggunakan ruangan dan bila kemudian kering

akan menimbulkan ronggarongga udara. Dapat ditambahkan bahwa selain air yang mengawali pemakaian ruangan dan kelak menjadi rongga, terjadi juga rongga-rongga udara langsung pada jumlah persentase yang kecil.

Selain itu porositas beton timbul karena pori atau rongga yang ada di dalam butiran agregat yang terbentuk oleh adanya udara yang terjebak dalam butiran. Agregat yang menempati beton akan sangat berpengaruh terhadap porositas beton akibat porositas yang dimiliki oleh agregat sendiri.

Ada dua jenis porositas yaitu porositas tertutup dan porositas terbuka. Porositas tertutup pada umumnya sulit untuk ditentukan, pori tersebut merupakan rongga yang terjebak didalam padatan dan serta tidak ada akses ke permukaan luar, sedangkan porositas terbuka masih ada akses ke permukaan luar, walaupun rongga tersebut ada ditengah-tengah padatan. Porositas suatu bahan pada umumnya dinyatakan sebagai porositas terbuka. Adapun rumus untuk menghitung nilai porositas adalah sebagai berikut

$$\text{Porositas} = \frac{B - A}{B - C} \times 100\%$$

(3.13)

dimana :

- A = Berat kering beton setelah dioven (gr)
- B = Berat basah beton setelah direndam (gr)
- C = Berat benda dalam air (gr)