
BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Beton merupakan bahan bangunan yang digunakan secara luas yang diperoleh dengan cara mencampurkan semen portland, air dan agregat pada perbandingan tertentu dengan atau tanpa bahan tambah. Reaksi yang terjadi antara semen dengan air akan membentuk suatu pasta pengikat yang dalam jangka waktu tertentu akan mengeras. Beton yang mengeras dapat dianggap sebagai batu tiruan yang tersusun dari agregat kasar (batu pecah atau kerikil) dan agregat halus (pasir), pasta semen, serta bahan-tambah yang mengisi rongga-rongga kecil antara butiran pasir.

Peningkatan mutu beton yang sejalan dengan pengurangan fas yang dipergunakan berlaku juga pada struktur lain. Kenyataan menunjukkan bahwa semakin padat mortar beton atau semakin kecil pori-pori yang ada maka semakin tinggi mutu beton yang dihasilkan.

3.2 Material Penyusun Beton

Bahan-bahan penyusun beton dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu bahan pasif dan bahan aktif. Kelompok pasif yaitu pasir dan kerikil (agregat halus dan agregat kasar), sedangkan kelompok aktif yaitu semen dan air. Kelompok pasif disebut pengisi sedangkan kelompok aktif disebut pengikat atau perekat karena

berfungsi untuk merekatkan butir-butir agregat agar terjadi suatu massa yang kompak dan padat.

3.2.1 Semen Portland Biasa

Semen portland adalah semen hidrolis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium yang bersifat hidrolis dengan gips sebagai bahan tambahan (PUBI-1982). Bahan dasar semen terdiri dari bahan-bahan yang terutama mengandung kapur, silika, alumina dan oksida besi maka bahan-bahan ini menjadi unsur-unsur pokok semennya. Sebagai hasil dari perubahan susunan kimia yang terjadi diperoleh susunan kimia yang kompleks pada semen, dan pada semen portland biasa dapat dilihat sebagaimana pada tabel 3.1. Oksida-oksida tersebut berinteraksi satu sama lain untuk membentuk serangkaian produk yang lebih kompleks selama proses peleburan.

Tabel 3.1 Susunan unsur semen portland (Nevile,1975)

Oksida	%
Kapur (CaO)	60-65
Silika (SiO ₂)	17-25
Alumina (Al ₂ O ₃)	3-8
Besi (Fe ₂ O ₃)	0,5-6
Magnesia (MgO)	0,5-4
Sulfur (SO ₃)	1-2
Soda/potash (Na ₂ O + K ₂ O)	0,5-1

Walaupun demikian pada dasarnya dapat disebutkan empat unsur yang paling penting seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Komposisi 4 unsur penting dalam semen portland (Nevile,1975)

Komposisi	Simbol
Trikalsium Silikat (3 CaO. SiO ₂)	C ₃ S
Dikalsium Silikat (2 CaO. SiO ₂)	C ₂ S
Trikalsium Aluminat (3 CaO. Al ₂ O ₃)	C ₃ A
Tetrakalsium Aluminoferit (4 CaO. Al ₂ O ₃ . Fe ₂ O ₃ .)	C ₄ AF

dengan : C= CaO, S= SiO₂, A= Al₂O₃ dan F= Fe₂O₃

Keempat unsur semen tersebut mempunyai sifat yang berbeda-beda seperti diuraikan di bawah ini.

1. Trikalsium Silikat (3 CaO. SiO₂)

Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas.

Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umumnya, terutama dalam 14 hari pertama.

2. Dikalsium Silikat (2 CaO. SiO₂)

Formasi senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat.

Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan yang terjadi setelah 14-28 hari, dan seterusnya.

3. Trikalsium Aluminat ($3 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)

Senyawa ini mengalami hidrasi sangat cepat disertai pelepasan sejumlah besar panas, menyebabkan pengerasan awal, tetapi kurang kontribusinya pada kekuatan batas, kurang ketahanannya terhadap agresi kimiawi, paling menonjol mengalami desintregasi oleh sulfat air tanah, tendensinya sangat besar untuk retak-retak oleh perubahan volume.

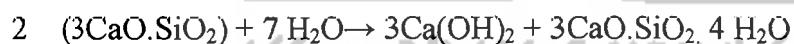
4. Tetrakalsium Aluminoforit ($4 \text{ CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)

Adanya senyawa ini kurang begitu penting karena tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen lainnya.

Disamping keempat unsur diatas terdapat MgO dan CaO bebas (Whithey dan Washa, 1954, dan Nurmasitoh, 1993).

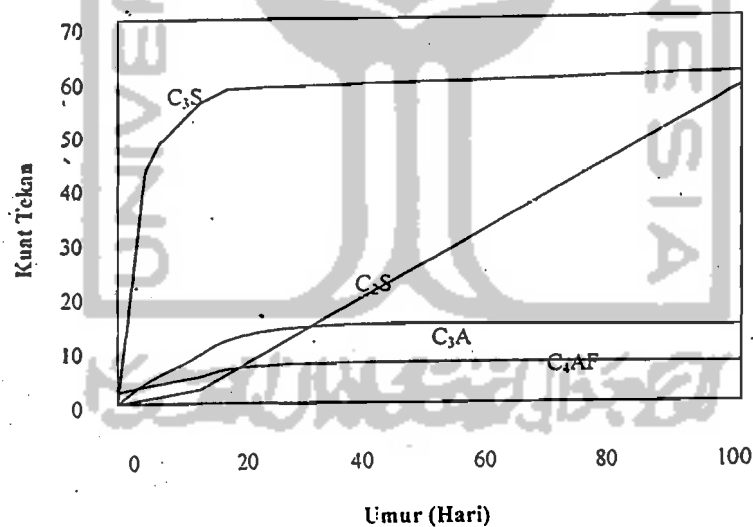
Ketika semen dicampur dengan air, maka terjadi reaksi kimia dan terbentuklah massa koloidal tipis yang plastis (Tobermorit yang berbentuk gel) dikarenakan terjadi proses hidrasi pada C_2S dan C_3S .

Reaksi dari unsur C_2S dan C_3S adalah sebagai berikut ini (Kardiyono, 1992):



Hasil dari proses reaksi hidrasi di atas adalah $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ yang disebut *Tubermorit* dalam bentuk gel. Gel ini menyelubungi partikel semen dan secara bertahap terhidrasi dan menjadi padat dan mengeras (Whithey dan Washa, 1954, dan Nurmasitoh, 1993), karena bila C_3S dikenai air akan terbentuk massa koloidal dari kalsium hidroksilat

dan massa kristal dari Ca(OH)_2 . Koloidal ini dengan adanya air akan mengembang dan selanjutnya menyusut dan membentuk gel, yang setiap 1 cc semen dapat menghasilkan $\pm 2,2$ cc gel. Gel ini menyelubungi partikel-partikel semen dan secara bertahap terhidrasi menjadi padat dan semakin mengeras. Hal ini berlangsung selama 24 jam dan sesudah 7 hari menjadi sangat keras. C_2S terhidrolisis menjadi gel dengan kecepatan lebih kecil daripada C_3S . Oleh karena itu C_3S menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya terutama dalam 14 hari pertama. Sedangkan C_2S berpengaruh pada proses peningkatan kekuatan yang terjadi pada usia 14-28 hari, dan seterusnya (Murdock dan Brook, 1986), sehingga dapat digambarkan grafik hubungan umur dan kuat tekan pada unsur-unsur semen (Kardiyono, 1992) yang dapat dilihat pada gambar 3.1.

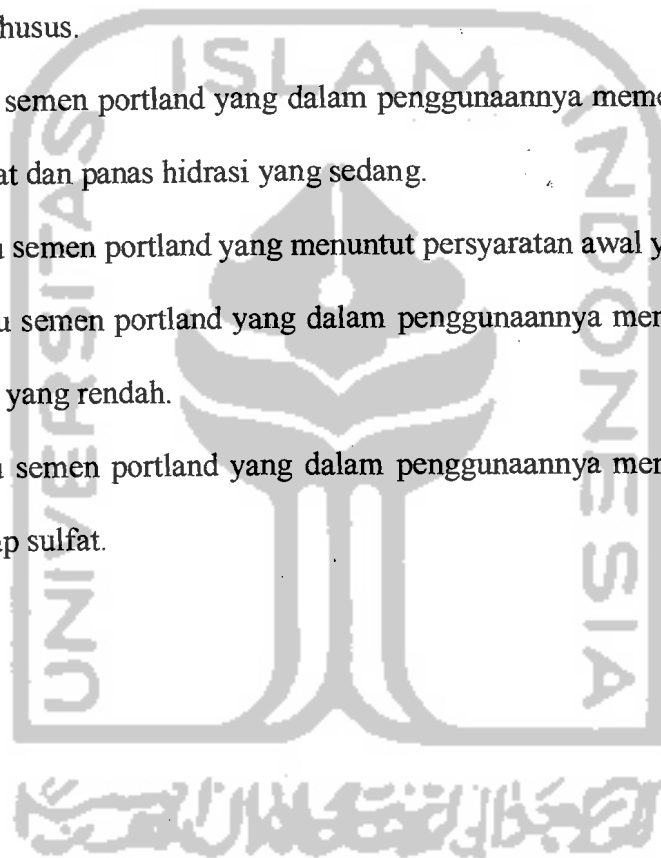


Gambar 3.1 Hubungan umur dengan kuat tekan pada unsur-unsur semen

(Kardiyono, 1992)

Perbedaan sifat jenis semen satu terhadap semen yang lain terjadi karena perubahan susunan kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase empat komponen utama semen. Sesuai dengan tujuan pemakaiannya semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis (PUBI-1982).

1. Jenis I yaitu semen portland untuk penggunaan umum tanpa memerlukan persyaratan khusus.
2. Jenis II yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi yang sedang.
3. Jenis III yaitu semen portland yang menuntut persyaratan awal yang tinggi.
4. Jenis IV yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah.
5. Jenis V yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan tahan terhadap sulfat.



Tabel 3.3 Ikhtisar jenis dan kekuatan semen (DPU,1984)

Jenis semen portland	Kuat tekan % terhadap tipe 1			
	1 hari	7 hari	28 hari	3 bulan
I. Normal : kenaikan suhu akibat hidrasi	100	100	100	100
II. Moderate: mengurangi kenaikan suhu	75	85	90	100
III. Kuat awal tinggi	190	120	110	100
IV. Panas hidrasi rendah	55	55	75	100
V. Tahan sulfat	65	75	85	100

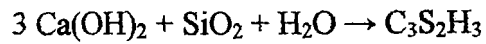
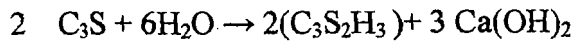
Pada penelitian ini dipakai semen Nusantara dengan kemasan 50 kg untuk semen portland biasa dan 40 kg untuk semen portland pozzolan yang ada di pasaran.

3.2.2 Semen Portland Pozzolan

Semen Portland Pozzolan adalah campuran dari 60-85% semen portland dan 15-40% pozzolan. Pozzolan adalah bahan aktif alamiah seperti abu vulkanis, batu apung, abu bahan bakar, tanah liat bakar atau batu tulis. Kecepatan pertambahan kekuatan semen pozzolan lebih rendah daripada semen portland biasa, terutama pada suhu rendah karena kandungan C_3S dikurangi. Bahan pozzolan baru dapat bereaksi setelah kapur bebas terbentuk dalam adukan. Reaksi kimianya adalah sebagai berikut (Nevile,1975).

setelah kapur bebas terbentuk dalam adukan. Reaksi kimianya adalah sebagai berikut

(Nevile,1975).



dengan : $\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$ = beton

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ = kapur bebas

SiO_2 = kandungan terbesar dalam pozzolan

Semen Portland Pozzolan mempunyai sifat yang lebih tahan terhadap sulfat daripada semen portland biasa karena kadar trikalsium aluminat (C_3A) dikurangi (Murdock dan Brook,1986). Untuk lebih jelasnya mengenai unsur-unsur utama penyusun semen portland pozzolan dan semen portland dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kandungan unsur-unsur kimia penyusun semen

UNSUR \ SEMEN	PPC	PC
CaO	60 %	65 %
SiO ₂	18 %	21 %
Al ₂ O ₃	5,5 %	5,4 %
Fe ₂ O ₃	3,8 %	3,8 %

Semen Portland Pozzolan menghasilkan panas hidrasi yang lebih kecil daripada semen portland biasa. Sifat ketahanan terhadap kotoran dalam air lebih baik, sehingga

cocok untuk bangunan di laut, bangunan pengairan, dan beton massa (Tjokrodimulyo, 1992). Pembuatan semen portland pozzolan ada 2 cara yaitu sebagai berikut:

1. menggiling secara bersama-sama klinker semen dan pozzolan dengan bahan tambah gips atau kalsium sulfat,
2. mencampur sampai rata gerusan semen dan pozzolan halus.

Penggilingan dua material secara bersama-sama pada cara pertama lebih mudah daripada mencampur bubuk kering secara baik sebagaimana cara kedua.

3.2.3 Agregat Halus

Agregat halus merupakan butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton yang memiliki ukuran butiran < 5 mm. Agregat halus atau pasir dapat berupa pasir alam atau debu hasil dari pecahan batu yang dihasilkan alat/mesin pemecah batu (*stone crusher*). Walaupun hanya sebagai pengisi, akan tetapi agregat menempati sekitar 70% volume beton, karena itu agregat adalah komponen yang paling berpengaruh terhadap sifat-sifat dan kekuatan dalam beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dalam pembuatan beton.

Cara membedakan jenis agregat yang paling banyak dilakukan adalah dengan berdasarkan pada ukuran butiran-butirannya. Agregat yang mempunyai butir-butir yang besar disebut agregat kasar, sedangkan butir agregat yang kecil disebut agregat halus. Dalam teknologi beton, agregat yang butir-butirnya lebih besar dari 4,8 mm

disebut agregat kasar, sedangkan agregat yang butir-butirnya lebih kecil dari 4,8 mm disebut agregat halus.

Pasir alam dapat digolongkan menjadi tiga macam (Kardiyono,1992), seperti di bawah ini.

1. Pasir galian

Pasir ini diperoleh langsung dari permukaan tanah atau dengan cara menggali. Bentuk pasir ini biasanya tajam, bersudut, berpori dan bebas dari kandungan garam walaupun biasanya harus dibersihkan dari kotoran tanah dengan jalan dicuci terlebih dahulu.

2. Pasir sungai

Pasir ini diperoleh langsung dari dasar sungai, yang pada umumnya berbutir halus, bulat-bulat akibat proses gesekan. Daya lekatan antar butiran agak kurang karena bentuk butiran yang bulat.

3. Pasir laut

Pasir laut adalah pasir yang diambil dari pantai. Butir-butirnya halus dan bulat karena gesekan gesekan. Pasir ini merupakan pasir yang jelek karena mengandung banyak garam-garaman. Garam-garaman ini menyerap kandungan air dari udara dan mengakibatkan pasir selalu agak basah serta menyebabkan pengembangan volume bila dipakai pada bangunan. Selain dari garam-garaman ini mengakibatkan korosi terhadap struktur beton. Oleh karena itu pasir laut sebaiknya tidak dipakai.

3.2.4 Agregat Kasar

Agregat kasar merupakan kerikil dari desintegrasi alami dari batuan alam atau berupa batu pecah dengan ukuran 5-40 mm (Kusuma dan Vis,1993).

Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dibedakan menjadi 3 golongan sebagai berikut ini (Kardiyono,1992).

1. Agregat Normal

Agregat normal adalah agregat yang berat jenisnya antara 2,5-2,7 gram/cm, dimana agregat ini biasanya berasal dari basalt, granit, kuarsa dan sebagainya. Adapun beton yang dihasilkan memiliki berat jenis sekitar 2,3 gram/cm³.

2. Agregat Berat

Adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih dari 2,8 gram/cm³, misalnya magnetik (Fe₃SO₄), Barit (BaSO₄) atau serbuk besi. Beton yang dihasilkan dari jenis agregat ini memiliki berat jenis tinggi sampai dengan 5 gram/cm³, dan biasanya digunakan sebagai pelindung radiasi.

3. Agregat ringan

Adalah agregat yang memiliki berat jenis lebih kecil dari 2,0 gram/cm³, yang biasanya dibuat sebagai beton ringan.

Agregat kasar harus memenuhi persyaratan gradasi yang disyaratkan. Apabila butir-butir agregat mempunyai gradasi yang sama atau seragam maka volume pori akan besar, sebaliknya bila ukuran butirnya bervariasi atau bergradasi baik maka akan didapat volume pori yang kecil. Pada pelaksanaan beton, diinginkan komposisi

butiran dengan kemampuan tinggi karena volume porinya sedikit dan ini hanya membutuhkan bahan-ikat yang sedikit pula.

3.2.5 Air

Air merupakan bahan dasar pembuat beton yang penting. Didalam campuran beton, air mempunyai 2 buah fungsi, yang pertama untuk memungkinkan reaksi kimia yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan, dan kedua sebagai pelumas campuran pasir dan semen agar mudah dikerjakan dan dipadatkan (Murdock dan Brook, 1991).

Air yang diperlukan dalam adukan beton hanya sekitar 20-30% dari berat semen. Nilai fas (faktor air semen) yang kecil adukan beton menjadi sulit dikerjakan, maka diberikan tambahan air sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan berkurang.

Air yang memenuhi persyaratan untuk digunakan sebagai campuran beton adalah air minum, tetapi tidak berarti air pencampur beton harus memenuhi persyaratan air minum. Secara umum air yang dipakai untuk mencampur beton adalah air yang bila dipakai akan menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. Kekuatan beton akan turun apabila air pencampur mortar beton tercampur dengan kotoran. Dalam pemakaiannya, air sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut ini.

1. Tidak mengandung lumpur atau benda melayang lainnya yang lebih dari 2 gram/liter, tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
2. Tidak mengandung klorida (Cl_2) lebih dari 0,5 gram/liter.
3. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

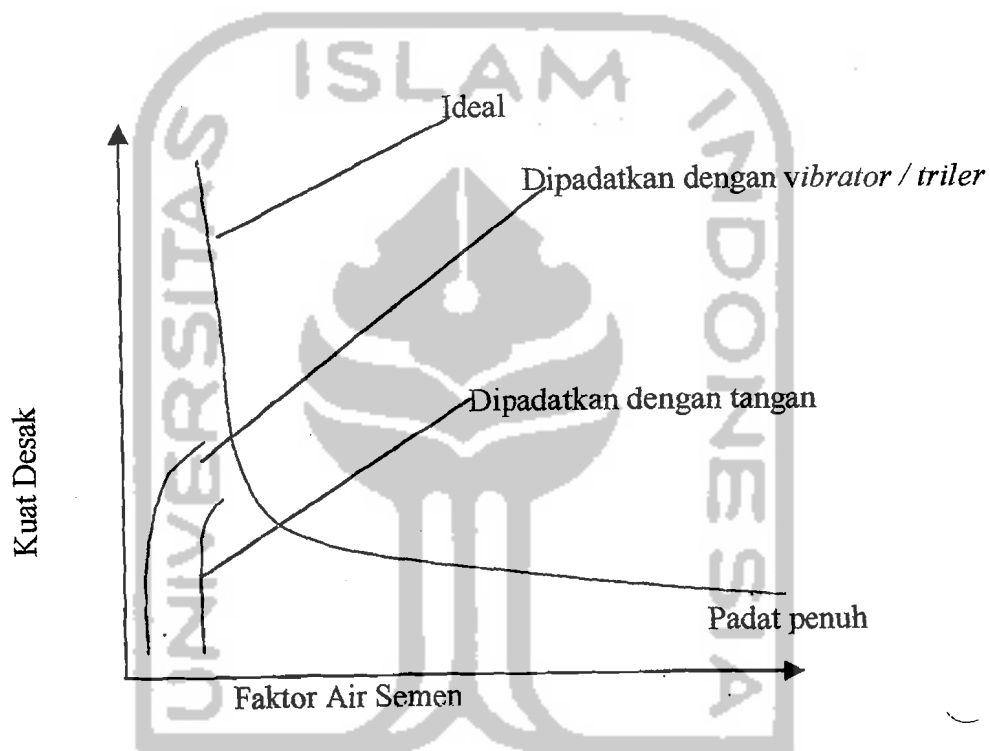
Untuk air rawatan dapat dipakai air yang dipakai untuk pengadukan, tetapi harus yang tidak menimbulkan noda atau endapan yang merusak warna permukaan sehingga tidak sedap dipandang. Besi dan zat organik dalam air umumnya sebagai utama pengotoran atau perubahan warna, terutama jika rawatan cukup lama.

3.3 Faktor Air Semen

Faktor air semen (fas) adalah perbandingan berat air dan berat semen yang digunakan dalam adukan beton. Agar terjadi proses hidrasi yang sempurna dalam adukan beton, pada umumnya dipakai fas 0,40-0,60 tergantung mutu beton yang hendak dicapai. Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata seperti terlihat pada tabel 3.9 dengan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan seperti terlihat pada tabel 3.10.

Bila fas terlalu rendah, pasta semen tidak cukup untuk menutupi agregat kasarnya, dan bila terlalu tinggi maka adukan akan terlalu encer. Dengan demikian semakin besar fas, semakin rendah kuat desak betonnya, seperti diperlihatkan pada gambar 3.2. Walaupun menurut rumus tersebut tampak bahwa semakin kecil fas

semakin tinggi kuat desak betonnya, akan tetapi nilai fas yang rendah akan menyulitkan dalam pemadatan sehingga kekuatan beton akan rendah karena beton menjadi kurang padat, oleh sebab itu ada suatu nilai fas optimum yang menghasilkan kuat desak maksimum.



Gambar 3.2 Hubungan antara kuat desak beton dengan nilai faktor air semen

(Kardiyono,1992)

3.4 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton. Tingkat kelecakan ini berkaitan erat dengan tingkat kemudahan (*workabilitas*). Semakin besar nilai slump berarti semakin encer adukan betonnya, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump untuk berbagai macam struktur diperlihatkan pada tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5. Nilai slump untuk berbagai jenis struktur

JENIS STRUKTUR	NILAI SLUMP	
	MINIMUM	MAKSIMUM
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi bertulang, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (<i>pavement</i>)	5	7,5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2,5	7,5

3.5 *Workability*

Kemudahan pengerjaan (*workability*) merupakan ukuran tingkat kemudahan pengerjaan adukan beton termasuk menuang dan memadatkannya, dan tingkat kemudahan ini sangat dipengaruhi oleh nilai slump. Perbandingan bahan-bahan penyusun beton dan sifat-sifat bahan penyusun beton secara bersama-sama mempengaruhi sifat kemudahan pengerjaan adukan beton.

Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat kemudahan dikerjakan antara lain.

1. Jumlah air yang dipakai dalam campuran adukan beton. Jumlah air ini akan mempengaruhi konsistensi adukan, yaitu semakin banyak air yang digunakan maka adukan akan semakin cair, sehingga semakin mudah untuk dikerjakan.
2. Jumlah semen yang digunakan. Penambahan jumlah semen ke dalam campuran adukan beton akan memudahkan pengerjaan adukan betonnya, karena akan diikuti dengan penambahan air campuran untuk memperoleh nilai fas yang tetap.
3. Pemakaian bahan tambah (*admixture*) tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan *workability* adukan pada fas rendah, misalnya dengan penambahan *plastizer*.

Adukan dengan tingkat kelecakan tinggi memiliki resiko yang besar terhadap *bleeding*. Hal ini akan terjadi karena bahan-bahan padat adukan beton mengendap dan bahan-bahan susun kurang mampu mengikat air campuran. Resiko *bleeding* dapat dikurangi dengan langkah-langkah sebagai berikut ini.

1. Air campuran yang dipakai sebanyak yang diperlukan sesuai dengan hitungan *mix design*.
2. Pasir yang dipakai memiliki bentuk seragam dan memiliki kadar butiran yang halus.
3. Gradasi agregat yang dipakai sesuai dengan persyaratan yang diperlukan menurut metode yang dipakai.

3.6 Metode Perencanaan Adukan Beton

Penelitian ini menggunakan metode perencanaan campuran adukan beton sesuai standar ACI (*American Concrete Institute*). Salah satu tujuan yang hendak dicapai dengan pemakaian standar ACI adalah untuk menghasilkan beton yang mudah dikerjakan. Ukuran derajat kekentalan dan kemudahan pengerjaan dapat dilihat pada pengujian slump. Adapun urutan perencanaan campuran adukan beton dengan standar ACI adalah sebagai berikut ini.

1. Perhitungan kuat desak rata-rata beton.

Perhitungan kuat desak rata-rata beton memiliki syarat terhadap nilai margin akibat pengawasan dan jumlah sampel yang ditambahkan pada penjumlahan kuat desak rencana beton sesuai dengan rumus sebagai berikut:

$$f_{cr}' = f_{c'} + k \cdot sd$$

dengan : f_{cr}' = kuat desak rata-rata beton (kg/cm^2)

$f_{c'}$ = kuat desak rencana beton (kg/cm^2)

k = tetapan stastitik ($k=1,64$, untuk 5 % defektif)

sd = standar deviasi

Tabel 3.6. Nilai deviasi standar (kg/cm^2)

Volume Pekerjaan (m^3)		Mutu Pelaksanaan		
		Baik sekali	Baik	Cukup
Kecil	< 1000	45 < sd < 55	50 < sd < 65	65 < sd < 85
Sedang	1000-3000	35 < sd < 45	45 < sd < 55	55 < sd < 75
Besar	> 3000	25 < sd < 35	35 < sd < 45	45 < sd < 65

Tabel 3.7 Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kekuatan tekan yang dispesifikasikan f_c' (Psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan f_{cr}' (Psi)
< 3000	$f_c' + 1000$
3000 - 5000	$f_c' + 1200$
> 5000	$f_c' + 1400$

Tabel 3.8 Faktor modifikasi simpangan baku jika data uji yang tersedia kurang dari 30 sampel

Banyaknya	Faktor pengali standar deviasi
< 15	Gunakan tabel 3.7
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,0

2. Menentukan faktor air semen (fas)

Faktor air semen ditentukan dari nilai terendah antara pengaruh kuat desak rata-rata (tabel 3.9) dengan pengaruh keawetan elemen struktur terhadap kondisi lingkungan (tabel 3.10).

Tabel 3.9 Hubungan fas dengan kuat desak rata-rata silinder umur 28 hari

Faktor air semen (fas)	Perkiraan kuat desak (Mpa)
0,35	42
0,44	35
0,53	28
0,62	22,5
0,71	17,5
0,80	14

Tabel 3.10. Fas berdasarkan pengaruh tempat elemen struktur

Kondisi elemen struktur	Nilai fas
1. Beton dalam ruangan bangunan	
a. Keadaan keliling non korosif	0,6
b. Keadaan keliling korosif disebabkan oleh kondensasi atau uap korosif	0,52
2. Beton di luar ruangan bangunan	
a. Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
b. Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,6
3. Beton yang masuk ke dalam tanah	
a. Mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. Mendapat pengaruh sulfat alkali dari tanah atau air tanah	0,52
4. Beton yang kontinyu berhubungan dengan	
a. Air tawar	0,57
b. Air laut	0,52

3. Menentukan besarnya nilai slump

Nilai slump ditentukan berdasarkan ukuran maksimum agregat dan penggunaan elemen struktur.

Tabel 3.11. Nilai slump berdasarkan jenis elemen struktur

Jenis struktur	Nilai slump	
	Minimum	Maksimum
Pondasi bertulang, dinding, tiang	5	12,5
Tiang pondasi bertulang, caison	2,5	10
Pelat, balok, kolom	7,5	15
Beton untuk jalan (pavement)	5	7,5
Beton massa (struktur massa yang berat)	2,5	7,5

4. Menetapkan jumlah air yang dibutuhkan

Jumlah kebutuhan air dalam setiap 1 m³ campuran adukan beton dapat ditentukan berdasarkan diameter maksimum agregat dan nilai slump seperti pada tabel 3.12.

Tabel 3.12. Perkiraan nilai slump berdasarkan ukuran agregat maksimum

Slump	Ukuran Maksimum Agregat (mm)		
	10	20	30
25-50	206	182	162
75-100	226	203	177
150-175	240	212	188
Udara terperangkap	3%	2%	1%

5. Menghitung kebutuhan semen didasarkan hasil penentuan langkah kedua (didapat nilai fas) dan keempat (didapat jumlah air) dengan membagi rasio kebutuhan air dengan nilai fas.

$$\text{fas} = \frac{w \text{ air}}{w \text{ semen}} \qquad w \text{ semen} = \frac{w \text{ air}}{\text{fas}}$$

6. Menetapkan volume agregat kasar

Penetapan volume agregat kasar didasarkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.13 Perkiraan kebutuhan agregat kasar per m³ beton berdasarkan ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir (m³)

Ukuran maksimum agregat (mm)	Modulus halus butir pasir			
	2,4	2,6	2,8	3,0
10	0,46	0,44	0,42	0,40
20	0,65	0,63	0,61	0,59
40	0,76	0,74	0,72	0,70
80	0,84	0,82	0,80	0,78
150	0,90	0,88	0,86	0,84

7. Menghitung volume agregat halus yang diperlukan.

Perhitungan volume agregat halus didasarkan pada pengurangan volume absolute terhadap volume agregat kasar, volume semen, volume air serta persentase udara yang terperangkap dalam adukan.

3.7 Kekuatan Beton

Beton memiliki kuat desak yang lebih besar daripada kuat tariknya. Kuat desak beton tergantung pada sifat-sifat bahan dasarnya dan pada umumnya ditentukan oleh tingkat kekerasan agregatnya, namun perlu diperhatikan mutu pasta semennya, karena pasta semen merupakan bahan ikat yang mengikat agregat-agregat penyusun beton.

Untuk mendapatkan kekuatan beton yang memuaskan, maka perlu diperhatikan selama terjadinya proses pemadatan dan rawatan beton dengan penjelasan sebagai berikut ini.

1. Tinjauan terhadap pemadatan beton

Tujuan pemadatan adukan beton adalah untuk mengurangi rongga-rongga udara agar beton mencapai kepadatan yang tinggi. Beton dengan kepadatan yang tinggi akan menghasilkan kekuatan yang tinggi. Pemadatan dapat dilakukan dengan dua cara yaitu cara manual dan dengan menggunakan mesin pemadat bergetar (*vibrator*). Kekuatan beton yang dihasilkan pemadat manual tergantung dari kemampuan tenaga manusia yang memadatkannya. Kekuatan beton dengan menggunakan mesin pemadat atau penggetar dapat lebih tinggi kepadatannya, hal ini tergantung pada metode serta kepiawaian pelaksana dari faktor operator manusianya. Selain itu mesin penggetar dapat digunakan pada campuran yang memiliki *workability* rendah.

2. Tinjauan terhadap rawatan beton, reaksi kimia yang terjadi pada pengikatan dan pengerasan beton tergantung pada pengadaan airnya. Meskipun pada keadaan normal, air tersedia dalam jumlah yang memadai untuk proses hidrasi penuh selama pencampuran, perlu adanya jaminan bahwa masih ada air yang tertahan atau jenuh untuk memungkinkan kelanjutan reaksi kimia itu. Penguapan dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup berarti sehingga mengakibatkan terhentinya proses hidrasi, dengan konsekuensi berkurangnya peningkatan kekuatan. Oleh karena itu direncanakan suatu cara rawatan untuk mempertahankan beton supaya terus menerus dalam keadaan basah selama periode beberapa hari atau bahkan beberapa minggu dengan direndam dalam air pada suatu bak.

