

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Salah satu material bangunan yang banyak digunakan untuk struktur teknik sipil adalah beton. Beton merupakan campuran semen Portland, pasir, kerikil, dan air pada perbandingan tertentu. Semen dan air setelah bertemu akan bereaksi, butir-butir semen bereaksi dengan air menjadi gel yang dalam beberapa hari akan menjadi keras dan saling merekat.

Sejalan dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat, diupayakan oleh para ahli untuk meningkatkan sifat-sifat beton antara lain *workability*, *placebility*, *strength*, *durability*, *permeability* dan lain-lain. Cara yang ditempuh untuk mendapatkan beton mutu tinggi adalah dengan memperbaiki mutu material pembentuk beton yaitu agregat halus, agregat kasar, air dan semen, selain itu juga diperhatikan perbandingan antara bahan-bahan penyusun beton, sehingga diperlukan ketelitian untuk menentukn komposisi bahan penyusun beton. Selain itu produksi beton mutu tinggi biasanya menggunakan bahan tambah untuk mencapai kuat tekan yang diinginkan, sedangkan untuk meningkatkan kemudahan pekerjaan akibat kecilnya rasio air dan bahan ikat digunakan bahan tambah *superplasticizer*. Kuat desak beton biasanya dipengaruhi

oleh jenis dan kualitas semen, bentuk dan tekstur permukaan agregat, bahan campur, perawatan suhu, dan umur beton. modulus elastisitas beton normal merupakan fungsi dari kuat desak beton.

$$E_c = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3.1)$$

Dimana : E_c = modulus elastisitas

ε = Regangan yang dihasilkan dari tegangan

σ = tegangan pada 0,4 kuat tekan uji

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen

Semen adalah suatu jenis bahan yang memiliki sifat adhesif dan kohesif yang memungkinkan melekatnya fragmen-fragmen mineral menjadi suatu massa yang padat (*Salmon, 1994*). Semen diperoleh dengan membakar secara bersamaan, suatu campuran dari caicareous (yang mengandung kalsium karbonat atau batu gamping) dan argillaseous (yang mengandung alumina) dengan perbandingan tertentu. Secara mudahnya, kandungan semen portland ialah: kapur, silica, dan alumina. Ketiga bahan dasar tadi dicampur dan dibakar dengan suhu 1550 derajat celcius dan menjadi klinker. Kemudian dikeluarkan, didinginkan dan dihaluskan sampai seperti bubuk. Biasanya ditambahkan gips atau alsium sulfat sebagai bahan pengontrol watu pengikatan (*Kardiono, 1995*).

Dalam penelitian ini dipakai semen Portland tipe 1 merk Nusantara. Seman tipe ini dapat dikatakan yang paling banyak dimanfaatkan untuk bangunan, dan

tidak membutuhkan persyaratan khusus. Suatu semen jika tidak diaduk dengan air akan membentuk adukan pasta semen, sedangkan jika diaduk dengan air kemudian ditambah pasir menjadi mortar semen, dan jika ditambah lagi dengan kerikil atau batu pecah disebut beton. Fungsi semen adalah untuk merekatkan butir-butir agregat agar menjadi suatu massa yang kompak atau padat dan untuk mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. Adapun komposisi kimia semen tercantum pada Tabel 3.1 (Kardiono, 1995)

Tabel 3.1 Susunan Unsur-Unsur Semen

Oksida	Persen
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

Ada empat macam senyawa kimia penting yang mempengaruhi sifat semen yaitu ikatan dan sifat pengeras semen adalah :

1. Tricalcium silikat (C₃S) atau 3CaO · SiO₂
2. Dicalcium silikat (C₂S) atau 2CaO · SiO₂
3. Tricalcium aluminat (C₃A) atau 3CaO · Al₂O₃
4. Tetracalcium Aluminoforit (C₄Af) atau 4CaO · Al₂O₃ · Fe₂O₃

Semen Portland dibedakan menjadi 5 menurut jenisnya, yaitu :

1. Jenis I : semen Portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus,
2. Jenis II : semen Portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang,
3. Jenis III : semen Portland yang penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi,
4. Jenis IV : semen Portland dengan panas hidrasi rendah,
5. Jenis V : semen Portland dengan ketahanan sulfat sangat tinggi.

Sedangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan pengikatan semen adalah : (Kardiono 1995)

1. Kehalusan semen, semakin halus butiran semen akan makin cepat waktu pengikatannya,
2. Jumlah air, pengikatan semen akan cepat bila jumlah air berkurang,
3. Temperatur, waktu pengikatan akan semakin cepat bila suhu udara disekelilingnya semakin tinggi,
4. Penambahan zat kimia tertentu.

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan salah satu bahan pengisi pada beton, Namun demikian peranan agregat pada beton sangatlah penting. Ini karena agregat menempati kira-kira 60% sampai 80 % volume mortar atau beton. Agregat sangatlah berpengaruh

terhadap sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan suatu bagian penting dalam pembuatan beton. Agregat dibedakan menjadi dua macam yaitu agregat halus dan agregat kasar yang dapat secara alami atau buatan

Dalam pelaksanaan pekerjaan beton, besar butiran agregat selalu dibatasi oleh ketentuan maksimal persyaratan agregat, ketentuan itu antara lain:

- a. Ukuran maksimal butiran agregat tidak boleh lebih dari $\frac{3}{4}$ kali jarak bersih antar baja tulangan atau antara tulangan dan cetakan.
- b. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{3}$ kali tebal pelat.
- c. Ukuran maksimum butir agregat tidak boleh lebih besar dari $\frac{1}{5}$ kali jarak terkecil antara bidang samping cetakan.

Untuk menghasilkan beton dengan kekompakan yang baik, diperlukan gradasi agregat yang baik. Gradasi agregat adalah distribusi ukuran kekasaran butiran agregat. Gradasi diambil dari hasil pengayakan dengan lubang ayakan 10 mm, 20 mm, 30 mm, dan 40 mm untuk kerikil. Untuk pasir lubang ayakan 4,8 mm, 2,4 mm, 1,2 mm, 0,6 mm, 0,3 mm, dan 0,15 mm.

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03, (1990). Kekasaran pasir dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, yaitu pasir halus, agak halus, agak kasar dan kasar. Batas-batas jenis pasir tercantum dalam tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi Pasir

Lubang Ayakan (mm)	Persen bahan butiran yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
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
1,15	0-10	0-10	0-10	0-15

Sumber: Triono Budi Astanto (2001)

Keterangan:

Daerah I : Pasir kasar

Daerah III : Pasir agak halus

Daerah II : Pasir agak kasar

Daerah IV : Pasir halus

Adapun agregat kerikil ditetapkan seperti yang tercantum dalam tabel 3.3

Tabel 3.3 Gradasi Kerikil

Lubang Ayakan (mm)	Persen berat butir lewat ayakan	
	Berat butir maksimum	
	40 mm	20 mm
40	95-100	100
20	30-70	95-100
10	10-35	25-55
4,8	0-5	0-10

Sumber: Triono Budi Astanto (2001)

Dalam peraturan ini juga ditetapkan gradasi campuran agregatnya, yaitu campuran pasir dan kerikil dengan diameter maksimum 40 mm, 30 mm, 20 mm, 10 mm. Indek yang dipakai untuk ukuran kehalusan dan kekasaran butir agregat ditetapkan dengan modulus halus butir. Pada umumnya pasir yang mempunyai modulus halus campuran 1,5 sampai 3,8 dan kerikil antara 5 sampai 8. Modulus halus butir campuran dihitung dengan rumus:

$$W = \frac{K - C}{C - P} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan W : Persentase berat pasir terhadap berat kerikil

K : Modulus halus butir kerikil

P : Modulus halus butir pasir

C : Modulus halus butir campuran.

3.2.3 Air

Di dalam campuran beton, air mempunyai dua buah fungsi yang pertama yaitu untuk memungkinkan reaksi kimiwa yang menyebabkan pengikatan dan berlangsungnya pengerasan dan yang kedua sebagai bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Air yang diperlukan hanya sekitar 30 % berat semen saja, kandungan air tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Selain itu, kelebihan air akan bersama sama dengan semen bergerak ke permukaan adukan beton segar yang baru saja dituang (*bleeding*). Selaput tipis akibat dari *bleeding* ini

akan mengurangi lekatan antara lapis-lapis beton dan merupakan bidang sambung yang lemah. (*Kardiyono Tjokrodimulyjo, 1992*)

Air untuk pembuatan dan perawatan beton tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garaman, bahan-bahan organis atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan atau baja tulangan. Dalam hal ini sebaiknya dipakai air bersih yang dapat diminum. (*PBBI-1971*).

Dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya air memenuhi syarat sebagai berikut : (*Kardiyono Tjokrodimulyjo, 1992*).

1. Tidak mengandung Lumpur (benda melayang lainnya) lebih dari 2 gram/liter.
2. Tidak mengandung garam-garam yang dapat merusak beton (asam, zat organik, dan sebagainya) lebih dari 15 gram/liter.
3. Tidak mengandung khlorida (Cl) lebih dari 0,5 gram/liter.
4. Tidak mengandung senyawa sulfat lebih dari 1 gram/liter.

3.2.4 Bahan Tambah

Bahan tambah ialah bahan selain unsur pokok beton (air, semen, dan agregat) yang ditambahkan pada adukan beton, sebelum, segera, atau selama pengadukan beton. Tujuannya untuk mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras, misalnya : mempercepat pengerasan, menambah encer adukan, menambah kuat tekan, menambah daktilitas (mengurangi sifat getas), mengurangi retak-retak akibat pengerasan, dan sebagainya. (*Kardiyono Tjokrodimulyjo, 1992*)

Menurut SK SNI S-181990-03 bahan kimia tambahan (admixture) adalah bahan kimia (berupa bubuk atau cairan) yang dicampurkan pada adukan beton selama pengadukan dalam jumlah tertentu untuk mengubah beberapa sifatnya. Bahan kimia tambahan dapat dibedakan dalam 5 jenis yaitu :

1. Bahan tambahan untuk mengurangi jumlah air yang dipakai. Dengan pemakaian bahan itu diperoleh adukan dengan faktor air semen yang lebih rendah pada nilai kekentalan adukan yang sama atau diperoleh kekentalan adukan lebih encer pada faktor air semen biasa.
2. Bahan kimia tambahan untuk memperlambat proses ikatan beton.
3. Bahan kimia tambahan untuk mempercepat proses ikatan dan pengerasan beton.
4. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan memperlambat proses ikatan beton.
5. Bahan kimia tambahan berfungsi ganda, yaitu untuk mengurangi air dan mempercepat proses ikatan beton.

Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah jenis *superplasticizer* merk SIKAMENT-NN yang diproduksi oleh PT. SIKA NUSA PRATAMA

3.2.4.1 Superplasticizer

Superplasticizer adalah bahan tambah kimia (chemical admixture) yang mempunyai pengaruh dalam meningkatkan workabilitas beton sampai pada tingkat yang cukup besar. Alternatif lain, bahan ini dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan beton karena memungkinkan pengurangan kadar air

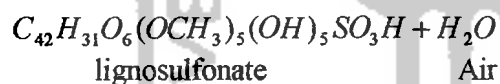
guna mempertahankan workabilitas yang sama (L.J.Murdock dan K.M.Brook, 1999).

Dalam penelitian ini digunakan bahan tambah jenis *superplasticizer* merk *SIKAMENT-NN* yang diproduksi oleh PT. Sika Nusa Pratama. Dalam Eko Yuwono, 1997 Sika Nusa Pratama menerangkan bahwa biasanya bahan dasar dari produk ini adalah modifikasi garam-garam *lignosulfonate* dan berisi pula kalsium klorida. Garam-garam *lignosulfonate* bekerja pada permukaan dan memaksa proses *deflocurasi* dari semen.

Lignosulfonate adalah terbentuk dari gugus lignin dan asam sulfanik. Porter dan Stewart (1943) menulis rumus keduanya sebagai berikut :



Kedua senyawa tersebut bereaksi membentuk *lignosulfonate* dan air yaitu :



sedangkan rumus kalsium klorida adalah : $CaCl_2$

Secara umum, partikel semen dalam air cenderung untuk berkohesi satu sama lain dan partikel semen akan menggumpal. Dengan menambah *superplasticizer*, partikel semen ini akan saling melepaskan diri dan terdispersi, selain itu *superplasticizer* juga mempunyai beberapa keistimewaan antara lain :

1. Menghasilkan beton yang mengalir tanpa terjadinya pemisahan yang tidak diinginkan antara agregat dengan pasta semen.
2. Dapat meningkatkan kekuatan beton dengan pengurangan kadar air.
3. Meningkatkan workability.

4. Sedikit masalah terhadap sifat retardasi.

Adanya retardasi terhadap *dispersing agent* adalah hal yang tidak diinginkan, karena hal itu berarti panjangnya waktu untuk menunggu campuran beton untuk mencapai pengerasan.

5. Tidak adanya udara yang masuk

Penambahan 1% udara kedalam beton dapat menyebabkan pengurangan strength rata-rata 6%. Untuk memperoleh kekuatan yang tinggi, diharapkan dapat menjaga air content. Didalam beton serendah mungkin. Penggunaan *superplastizer* menyebabkan sedikit bahkan tidak ada udara masuk kedalam.

Karena mempunyai sifat mengalir kepada beton *superplasticizer* ini berguna untuk pencetakan beton ditempat-tempat yang sulit, dan lain-lain.

3.3 Faktor Air Semen.

Faktor air semen (fas) sangat mempengaruhi kekuatan beton, faktor air semen (fas) merupakan perbandingan antara berat air dengan semen dalam adukan beton. Karena fas mempunyai pengaruh yang sebaliknya terhadap sifat-sifat beton seperti permeabilitas, ketahanan terhadap gaya dan pengaruh cuaca, ketahanan terhadap abrasi, kekuatan tarik, rayapan, penyusutan dan terutama kuat tekan ((L.J.Murdock dan K.M.Brook, 1999).

3.4 Slump

Slump merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kelecakan suatu adukan beton, hal ini berkaitan dengan tingkat kemudahn pengerjaan (*workability*). Makin tinggi nilai slump berarti semakin cair adukan beton tersebut, sehingga adukan beton semakin mudah dikerjakan. Nilai slump lebih ditentukan oleh jumlah air dalam adukan, sehingga variasi hanya terjadi pada jumlah semen dan agregat saja, bila nilai slump sama akan tetapi tetapi nilai fas nya berubah maka beton akan mempunyai kekuatan lebih tinggi (Kardiyono Tjokrodimulyjo, 1992).

3.5 Workability.

Istilah workabilitas sulit untuk didefinisikan dengan tepat, Newman mengusulkan agar didefinisikan pada sekurang-kurangnya tiga buah sifat yang terpisah (L.J.Murdock dan K.M.Brook, 1999) :

1. Kompabilitas, atau kemudahan dimana beton dapat dipadatkan dan rongga-rongga udara diambil.
2. Mobilitas, atau kemudahan dimana beton dapat mengalir ke dalam cetakan disekitar baja dan dituang kembali.
3. Stabilitas, atau kemampuan beton untuk tetap sebagai massa yang homogen; koheren dan stabil selama diekerjan dan digetarkan tanpa terjadi segregasi atau pemisahan butiran dari bahan lainnya.

3.6 Ketentuan Pembuatan Benda Uji menurut SK SNI M-14-1989-F

Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F merupakan penyempurnaan dari ketentuan pada PBI 1971. Ketentuan menurut SK SNI M-14-1989-F yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain:

1. Benda uji standar berupa silinder diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.

Benda uji selain silinder sebagai alternative yang memberikan kuat tekan yang berbeda, dibutuhkan faktor konversi seperti pada tabel 3.4 berikut ini:

Tabel 3.4 Angka Konversi Benda Uji Beton

Benda Uji	Faktor Konversi
Silinder 150 x 300 mm	1,00
Kubus 150 x 150 mm	0,80
Kubus 200 x 200 mm	0,83

2. Hasil pemeriksaan diambil nilai rata-rata dari minimal 2 buah benda uji.

3.7 Perencanaan Campuran Beton

Dalam penelitian kali ini kami menggunakan metode "*The British Mix Design Method*" atau lebih dikenal di Indonesia dengan cara DOE (*Department of Environment*). Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

a. Menetapkan kuat tekan beton yang disyaratkan pada 28 hari (f_c').

Kuat tekan beton ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaannya dan kondisi setempat di lapangan. Kuat beton yang disyaratkan adalah adalah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah hanya 5% saja dari nilai tersebut.

b. Menetapkan nilai deviasi standar (sd)

Standar deviasi ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya, makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standar.

1). Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 buah benda uji, maka nilai deviasi standar diambil dari tingkat pengendalian mutu pekerjaan seperti tabel 3.5 di bawah ini.

Tabel 3.5 Tingkat Pengendalian Pekerjaan

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	Sd (MPa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

2). Jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton serupa minimal 30 buah silinder yang diuji kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka jumlah data dikoreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali (tabel 3.6)

Tabel 3.6 Faktor Pengali Deviasi Standar

Jumlah data	30.0	25.00	20.00	15.00	<15
Faktor pengali	1.0	1.03	1.08	1.16	Tidak boleh

c. Menghitung nilai tambah margin (M)

$$M = K \cdot Sd \quad (3.3)$$

Keterangan :

M = nilai tambah

K = 1.64

Sd = standar deviasi

Rumus diatas berlaku jika pelaksana mempunyai data pengalaman pembuatan beton yang diuji kuat tekannya pada umur 28 hari. Jika tidak mempunyai data pengalaman Pembuatan beton atau mempunyai pengalaman kurang dari 15 benda uji, nilai M langsung diambil 12 MPa.

d. Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.

$$\text{Rumusnya : } f'_{cr} = f'_c + M \quad (3.4)$$

Keterangan : f'_{cr} = kuat tekan rata-rata

f'_c = kuat tekan yang disyaratkan

M = nilai tambah

e. Menetapkan jenis semen

f. Menetapkan jenis agregat (pasir dan kerikil)

Menurut peraturan SK-SNI-T-15-1990-03 kekasaran, pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya yaitu pasir halus, agak halus, agak

kasar, dan kasar. Adapun jenis agregat kasar (kerikil) dibedakan menjadi dua yaitu kerikil alami dan kerikil batu pecah.

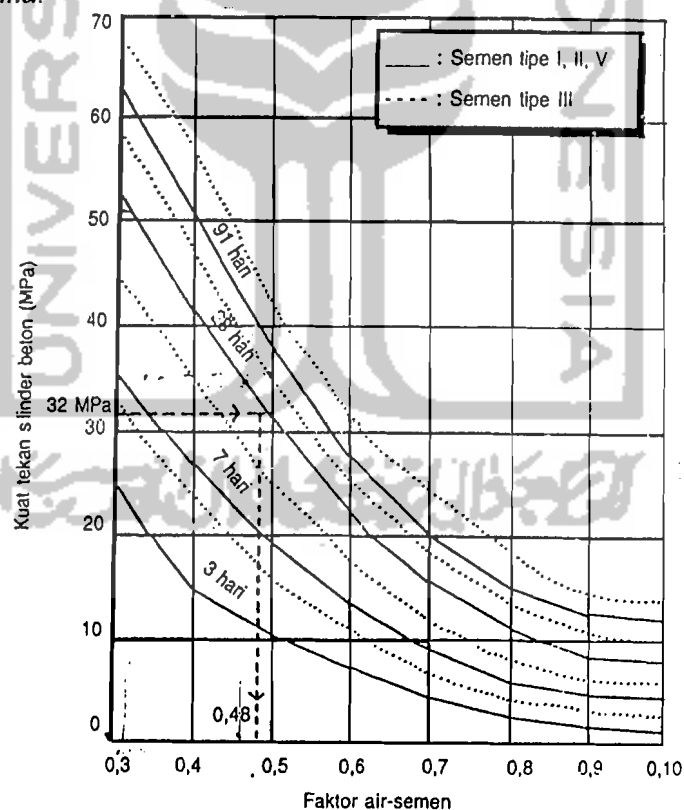
Agregat yang baik butirannya tajam, kuat, bersudut dan tidak mengandung tanah atau kotoran lain lewat ayakan 0,075 mm yaitu $\leq 5\%$ bagi pembuatan beton sampai 10 MPa, dan untuk di atas 10 MPa atau mutu yang lebih tinggi yang tidak mengandung zat organik, kotoran lewat ayakan $\leq 2,5\%$, terjadi variasi butir atau gradasi tidak kekal, tidak hancur, dan tingkat reaktif yang negatif terhadap alkali.

Agregat kasar butir yang pipih dan panjang harus kurang dari $\leq 20\%$,

g. Menetapkan faktor air semen

Cara menetapkan faktor air semen diperoleh dari nilai terendah ketiga cara.

Cara Pertama:



Gambar 3.1 Grafik faktor air semen

Misal, kuat tekan silinder ($f'_{cr} = 32 \text{ Mpa}$) dan pada saat umur beton 28 hari. Jenis semen tipe I atau garis utuh. Caranya tarik garis lurus dan memotong 28 hari didapatkan faktor air semen (Gambar 3.1)

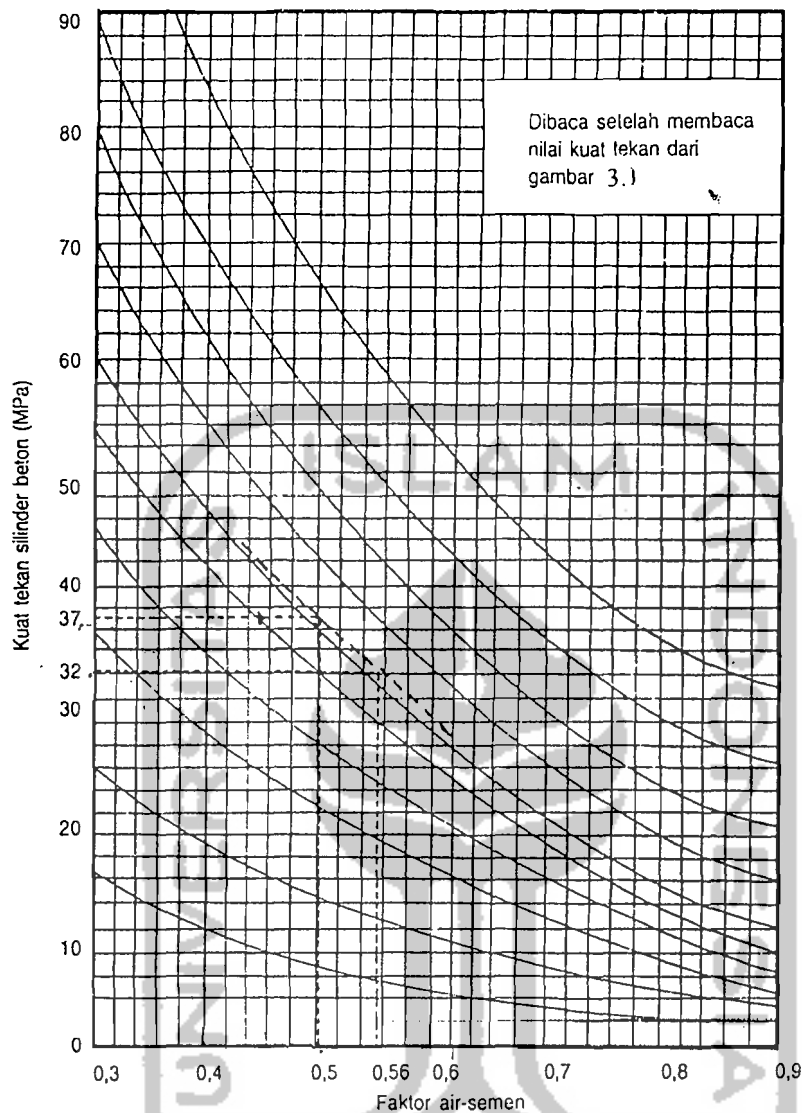
Cara Kedua

Diketahui jenis semen I, Jenis agregat kasar batu pecah. Kuat tekan rata-ratanya pada umur 28 hari, maka gunakan tabel 3.7 Nilai kuat tekan beton.

Tabel 3.7 Nilai Kuat Tekan Beton

Jenis semen	Jenis agregat kasar(kerikil)	Umur Beton			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
IV	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Dari tabel di atas diperoleh nilai kuat tekan = 37 Mpa, yaitu jenis semen I, kerikil batu pecah dan umur beton 28 hari. Kemudian, dengan faktor air semen 0,5 dan $f'_{cr} = 37 \text{ Mpa}$, digunakan grafik penentuan faktor air semen dibawah ini. Caranya, tarik garis ke kanan mendatar 37, tarik garis ke atas 0,5 dan berpotongan pada titik A. Buat garis putus-putus dimulai dari titik A ke atas dan ke bawah melengkung seperti garis yang di atas dan di bawahnya.



Gambar 3.2 Grafik mencari faktor air semen

Cara Ketiga :

Dengan melihat persyaratan untuk berbagai pembeconan dan lengkungan khusus, beton yang berhubungan dengan air tanah mengandung sulfat dan untuk beton bertulang terendam air. Dengan cara ini diperoleh :

- 1). Untuk pembetonan di dalam ruang bangunan dan keadaan keliling non korosif = 0,60.
- 2). Untuk beton yang berhubungan dengan air tanah, dengan jenis semen tipe I tanpa pozzolan untuk tanah mengandung SO_3 antara 0,3 – 1,2 maka FAS yang diperoleh = 0,50.
- 3). Untuk beton bertulang dalam air tawar dan tipe semen I yaitu faktor air semennya = 0,50.

Dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen (fas) yang terendah.

h. Menetapkan faktor air semen maksimum

Cara ini didapat dari ketiga cara di atas ambil nilai faktor air semen yang terbesar.

i. Menetapkan nilai slump

Nilai slump didapat sesuai dari pemakaian beton, hal ini dapat diketahui dari tabel

Tabel 3.8 Penetapan Nilai Slump (cm)

Pemakaian Beton	Maksimal	Minimal
Dinding, pelat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12.5	5.0
Pondasi telapak bertulang koison, struktur di bawah tanah	9.0	2.5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15.0	7.5
Pengerasan jalan	7.5	5.0
Pembetonan masal	7.5	2.5

j. Menetapkan ukuran besar butir agregat maksimum (kerikil).

k. Menetapkan jumlah kebutuhan air

Untuk menetapkan kebutuhan air per meter kubik beton digunakan tabel di bawah ini dan dilanjutkan dengan perhitungan :

Tabel 3.9 Kebutuhan Air Per meter Kubik Beton

Besarnya ukuran maks kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dalam tabel di atas, bila agregat halus dan agregat kasar yang dipakai memiliki jenis yang berbeda (Alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus :

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \quad (3.5)$$

Dengan : A = jumlah air yang dibutuhkan, liter/m³

A_h = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus nya

A_k = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasar nya

l. Menetapkan kebutuhan semen

berat semen per meter kubik dihitung dengan :

$$= \frac{\text{Jumlah air yang dibutuhkan (langkah 11)}}{\text{Faktor air semen maksimum (langkah 28)}}$$

m. Menetapkan kebutuhan semen minimum

Kebutuhan semen minimum ditetapkan berdasar tabel di bawah ini :

Tabel 3.10 Kebutuhan Semen Minimum

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen minimum	
		Ukuran maksimum agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe	280	300
Air payau	Tipe + pozolan (15-40%) atau S.P pozolan tipe II dan V	340	380
		290	330
Air laut	Tipe II dan V	330	370

n. Menetapkan kebutuhan semen yang sesuai

Untuk menetapkan kebutuhan semen, lihat langkah 12, (kebutuhan semen dan kebutuhan semen minimumnya), maka yang dipakai harga terbesar diantara keduanya.

o. Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen pada langkah 13 dan 14 berubah, maka faktor air semen berubah yang ditetapkan dengan :

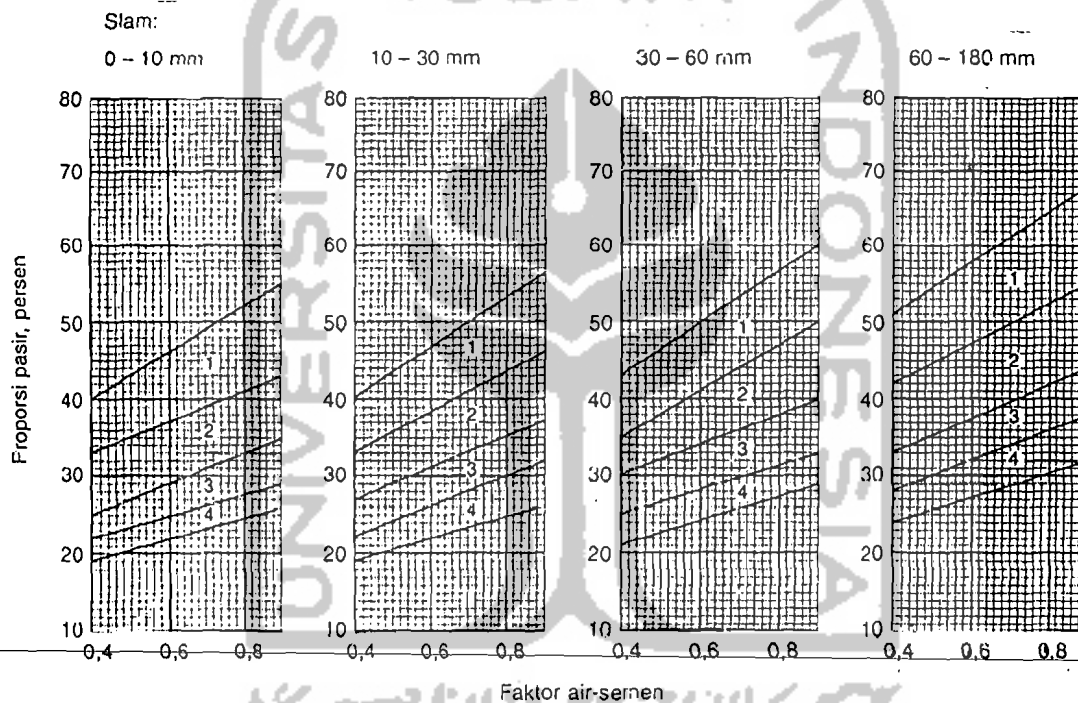
- 1). Jika akan menurunkan faktor air semen, maka faktor air semen dihitung lagi dengan cara jumlah air dibagi jumlah semen minimum.
- 2). Jika akan menaikkan jumlah air lakukan dengan cara jumlah semen minimum dikalikan faktor air semen.

p. Menentukan golongan pasir

golongan pasir ditentukan dengan caramenghitung hasil ayakan hingga dapat ditemukan golongannya.

q. Menentukan perbandingan pasir dan kerikil.

Untuk menentukan perbandingan pasir dan kerikil dicari dengan bantuan grafik dibawah ini. Dengan melihat nilai slump yang diinginkan, ukuran butir maksimum, zona pasir, dan faktor air semen



Gambar 3.3 Grafik presentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan

untuk ukuran butir maksimum 20 mm

r. Menentukan berat jenis campuran pasir dan kerikil

1). Jika tidak ada data, maka agregat alami (pasir) diambil 2,7 dan untuk kerikil (pecahan) diambil 2,7.

2). Jika mempunyai data, dihitung dengan rumus :

$$B_j \text{ campuran} = \left(\frac{P}{100} \right) \times B_j \text{ pasir} + \left(\frac{K}{100} \right) \times B_j \text{ kerikil} \quad (3.6)$$

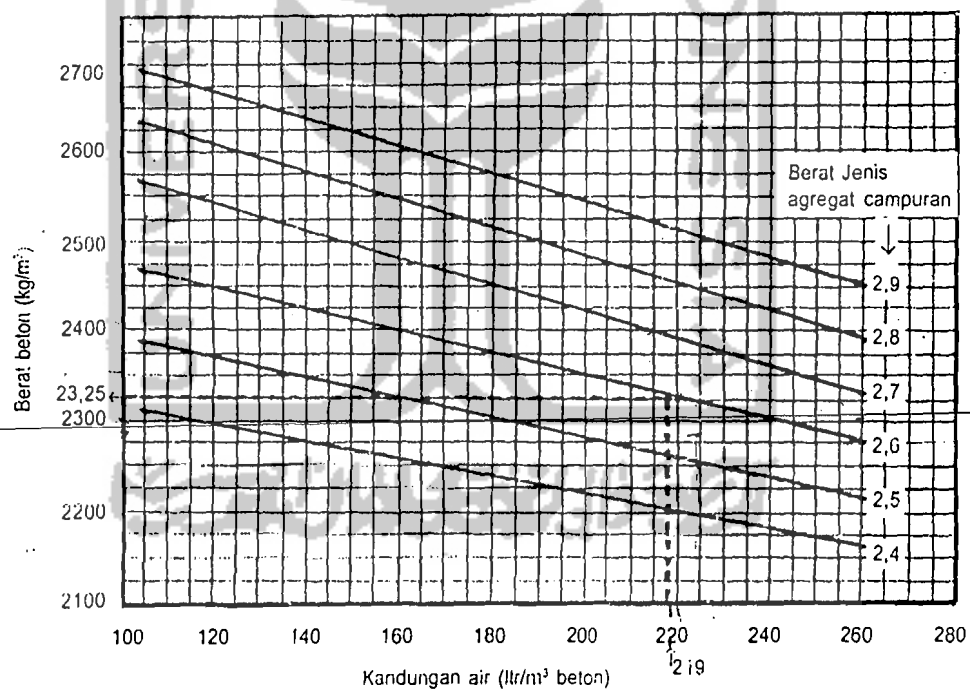
diketahui : B_j campuran = berat jenis campuran

P = persentase pasir terhadap agregat campuran

K = persentase kerikil terhadap agregat campuran

s. Menentukan berat beton

untuk menentukan berat beton digunakan data berat jenis campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik, setelah ada data, kemudian dimasukkan kedalam grafik beton di bawah ini.



Gambar 3.4 Grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton

Misalnya, jika berat jenis campuran 2,6.

Kebutuhan air tiap meter kubik = 219

Caranya, tentukan angka 219 dan tarik garis keatas memotong garis berat jenis 2,6 dan tarik garis ke kiri, dan temukan berat jenis betonnya 2325 kg/m^3 .

t. Menentukan kebutuhan pasir dan kerikil

Berat pasir + berat kerikil = berat beton – kebutuhan air – kebutuhan semen
 = langkah 19 – langkah 11 – langkah 12.

u. Menentukan kebutuhan pasir

Kebutuhan pasir = kebutuhan pasir dan kerikil x persentase berat pasir

v. menentukan kebutuhan kerikil

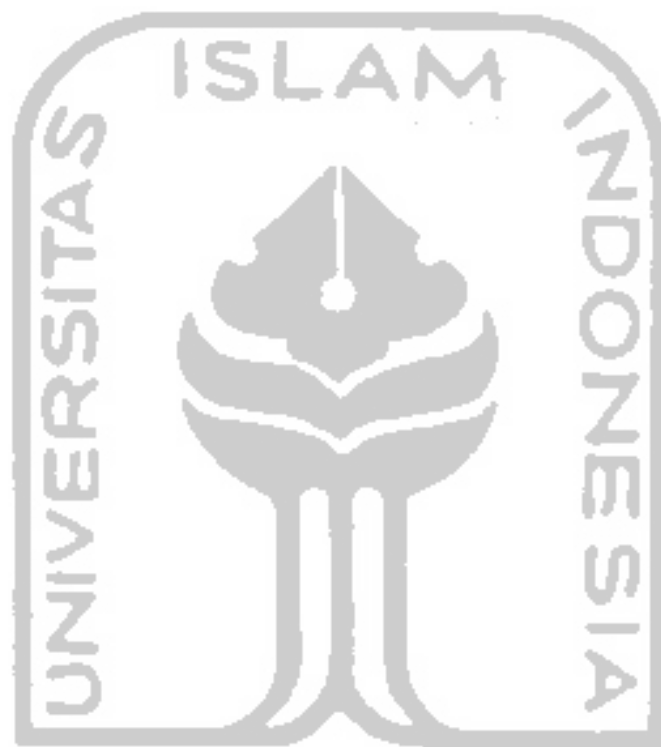
kebutuhan kerikil = kebutuhan pasir dan kerikil – kebutuhan pasir.

3.8 Pengadukan Beton

Untuk mencapai mutu beton yang baik maka bahan-bahan penyusun beton yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus yang kemudian diikat dengan semen lalu berinteraksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan di aduk dengan benar dan rata. Pengadukan beton dapat dilakukan dengan cara:

- a. Tangan, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat sedikit, dan tidak di inginkan suara berisik yang ditimbulkan oleh mesin.
- b. Mesin, dilakukan bila jumlah beton yang dibuat dalam jumlah yang banyak. Lamanya waktu pengadukan tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan slump beton, pada umumnya tidak kurang dari 1,5

menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.



جامعة الإسلام في إندونيسيا