BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Beton

Beton merupakan material gabungan *(composite material)* yang terdiri dari material pengisi *(filler)* dan perekat *(binder)*. Material pengisi yang umum digunakan adalah agregat batuan seperti kerikil atau batu pecah dan pasir, sedangkan perekat yang digunakan adalah pasta semen *(cement paste)* yaitu campuran semen dan air.

Sedangkan pengertian beton mutu tinggi adalah beton yang mempunyai kekuatan yang tinggi *(high strength concrete)*, keawetan *(durability)*, kedap air *(permeability)* dan mudah dikerjakan *(workability)* tanpa mengalami segregasi serta mempunyai nilai susut *(shrinkage)* yang cukup. Oleh karena tuntutan tersebut, maka perlu adanya konsep campuran beton yang bermutu. Dengan adanya perkembangan bahan tambah beton seperti *fly ash*, *silica fume*, *superplaticizer* dan bahan tambah jenis lainnya maka tuntutan *high performance concrete* tersebut dapat dipenuhi.

3.2 Material Penyusun Beton

3.2.1 Semen

Bahan dasar semen terdiri dari bahan-bahan yang mengandung kapur, silika, alumina serta oksida besi. Keempat jenis bahan ini merupakan unsur pokok pembentuk semen seperti berikut ini.

1) Dicalsium Silicat (C_2S) atau $2CaO.SiO_2$

   Pembentukan senyawa ini berlangsung perlahan dengan pelepasan panas yang lambat. Senyawa ini berpengaruh terhadap proses peningkatan kekuatan yang terjadi dari 14 sampai 28 hari dan seterusnya.

2) Tricalsium Silicat (C_3S) atau $3CaO.SiO_2$

   Senyawa ini mengeras dalam beberapa jam dengan melepas sejumlah panas. Kuantitas yang terbentuk dalam ikatan menentukan pengaruhnya terhadap kekuatan beton pada awal umurnya, terutama 14 hari pertama,

3) Tricalsium Aluminate (C_3A) atau $3CaO.Al_2O_3$

   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 disintegrasi oleh sulfat air tanah dan tendensinya sangat besar untuk retak oleh perubahan volume,

4) Tetra Calsium Aluminofferite (C_4AF) atau $4CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$

   Senyawa ini tidak tampak pengaruhnya terhadap kekuatan dan sifat-sifat semen keras lainnya.

Perubahan komposisi kimia semen yang dilakukan dengan cara mengubah persentase keempat komponen utama semen tersebut menghasilkan beberapa jenis semen yang sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Semen portland di Indonesia dibagi menjadi 5 jenis (PUBI-1982) yaitu :

1) Jenis I. Semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus seperti yang disyaratkan pada jenis lain,
2) Jenis II. Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan tingkat ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang,
3) Jenis III. Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi,
4) Jenis IV. Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah,
5) Jenis V. Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan sangat tahan terhadap sulfat.

Peningkatan kandungan semen dapat mempertinggi kuat desak beton, namun demikian jika kandungan semen terlalu banyak justru mengurangi kuat desak betonnya. Karena semakin banyak semen berarti semakin banyak pula air yang diperlukan, yang berakibat akan banyaknya pori. Oleh karena itu perlu diketahui kandungan semen yang optimal yang menghasilkan kuat desak beton yang maksimal.

3.2.2 Agregat

Agregat merupakan butiran mineral alam yang berfungsi sebagai pengisi rongga-rongga didalam beton. Dalam beton kurang-lebih 60%-80% dari volume

beton diisi oleh agregat, maka diharapkan agregat dapat memberikan harapan yang baik dari sifat-sifat beton. Sifat-sifat beton yang paling penting dari suatu agregat (kerikil, pasir) adalah kekuatan hancur terhadap benturan yang dapat mempengaruhi ikatannya dengan pasta semen, sifat penyerapan terhadap air dan sifat-sifat agregat lain yang dapat merusak mutu beton.

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butir agregat, dinyatakan dengan persentase dari berat butiran yang lewat atau yang tertinggal diatas satu susunan ayakan dengan lubang 76 mm; 38 mm; 19 mm; 9,6 mm; 4,8 mm; 2,4 mm; 1,2 mm; 0,6 mm; 0,30 mm dan 0,15 mm (Teknologi Beton, hal 3.13, 1995).

Diukur dari besar kecilnya butiran-butiran, agregat dapat dibedakan yaitu agregat berukuran antara 5 mm sampai 40 mm disebut agregat kasar (kerikil) dan agregat berukuran 0,15 mm sampai dengan 5 mm disebut agregat halus (pasir), untuk butiran yang kurang dari 0,075 mm disebut lumpur, serta butiran berukuran kurang dari 0,002 mm disebut tanah liat (Teknologi Beton, hal 3.1, 1995).

1) Agregat kasar (kerikil)

Agregat disebut agregat kasar bila ukuran butirannya lebih besar dari 5 mm dan kurang dari 40 mm. Agregat kasar untuk campuran adukan beton dapat berupa agregat alami dan agregat yang telah berubah ukuran volumenya yaitu hasil pemecahan batuan yang dilakukan oleh manusia atau tenaga mesin. Hal-hal penting yang mempengaruhi sifat beton yang dihasilkan antara lain seperti halaman berikut ini.

a) Berat jenis agregat kasar

Berat jenis agregat adalah perbandingan antara berat agregat dengan berat air pada volume yang sama. Berdasarkan berat jenisnya, agregat kasar dapat dibedakan atas 3 golongan (Teknologi Beton, hal 3.8, 1995), yaitu :

1) Agregat ringan, mempunyai berat jenis kurang dari 2 gr/cm^3.
2) Agregat normal, mempunyai berat jenis antara 2,5 – 2,7 gr/cm^3.
3) Agregat berat, mempunyai berat jenis lebih dari 2,8 gr/cm^3.

b) Bentuk dan tekstur permukaan

Bentuk agregat kasar dapat dibedakan menjadi bulat, bulat sebagian, bersudut, panjang dan pipih. Peraturan Beton Indonesia hanya mengijinkan agregat kasar yang berbentuk pipih kurang 20% dari berat seluruhnya. Butir-butir yang pipih kurang baik untuk dukungan beban, sebab rongga terlalu banyak sehingga pasir lebih dominan untuk mengisi rongga tersebut (PBI hal.24, 1972).

c) Kadar air

Pori-pori dalam butiran agregat mempunyai ukuran yang bervariasi dari yang besar sampai butiran yang kecil. Agregat secara umum mempunyai volume pori-pori sekitar 0% sampai 20% dari volume butirannya yang merupakan pintu masuk air secara bebas dalam agregat (Teknologi Beton, hal 3.21, 1995). Semakin banyak volume pori-porinya semakin besar daya serap terhadap air.

Kandungan air dalam agregat dibedakan menjadi empat yaitu:

1) Kering tungku, agregat benar-benar tidak berair, dan ini berarti dapat secara penuh menyerap air,

2) Kering udara, butir-butir agregat kering permukaannya tetapi mengandung sedikit air di dalam porinya. Oleh karena itu pasir dalam tingkat ini masih dapat sedikit menghisap air,

3) Jenuh kering muka, pada tingkat ini tidak ada air di permukaan tetapi butir-butirnya berisi air sejumlah yang dapat diserap. Dengan demikian butiran-butiran agregat pada tahap ini tidak menyerap dan juga tidak menambah jumlah air, apabila dipakai dalam campuran adukan beton,

4) Basah, pada tingkat ini butir-butir mengandung banyak air, baik di permukaan maupun didalam butiran, sehingga bila dipakai dalam campuran akan memberi atau menambah jumlah air.

Dari keempat keadaan tersebut diatas, hanya dua keadaan yang sering dipakai dalam dasar hitungan yaitu kering tungku dan jenuh kering muka. Adapun kering udara dan basah sangat bervariasi karena dipengaruhi lingkungan dan merupakan keadaan sebenarnya di lapangan.

Keadaan jenuh kering muka lebih disukai sebagai standar, karena :

1) Merupakan keadaan kebasahan agregat yang hampir sama dengan agregat dalam beton, sehingga agregat tidak akan menambah maupun mengurangi air dari pastanya.

2) Kadar air di lapangan lebih banyak yang mendekati keadaan jenuh kering muka daripada kering tungku.

d) Keadaan lumpur

Lumpur adalah bagian agregat yang dapat lolos saringan 0,063 mm. Kandungan lumpur yang masih diijinkan ada pada agregat kasar yaitu tidak boleh

lebih dari 1% terhadap berat kering (PBI hal.24, 1972). Bila kandungan lumpur melampaui 1%, maka agregat kasar harus dicuci dahulu, karena lumpur dapat mengurangi daya lekat antara agregat kasar dengan bahan susun beton lainnya.

e) Kekerasan agregat kasar

Batu semakin keras dan semakin padat, semakin baik untuk agregat kasar dalam campuran adukan beton sehingga beton yang dihasilkan akan mempunyai kualitas yang baik. Kekerasan dari butir-butir agregat kasar diperiksa dengan Bejana Rudloff atau dengan Mesin Pengaus Los Angeles, dengan ketentuan tidak boleh terjadi kehilangan berat lebih dari 50 % (PBI, hal 24, 1972). Persyaratan kekerasan agregat dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Persyaratan kekerasan agregat untuk beton

Kelas dan mutu beton	Bejana Rudeloff Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 2 mm (%) Ukuran butir		Mesin Los Angeles Maksimum bagian yang hancur, menembus ayakan 1,7 mm (%)
	19 – 30 mm	9,5 – 19 mm	
Kelas I Mutu Bo dan B1	30	32	50
Kelas II Mutu K 125 – K 225	22	24	40
Kelas III Mutu diatas K 225	14	16	27

Sumber Teknologi Beton, hal 3.35, 1995

2) Agregat halus (pasir)

Sebagai komponen pembentuk beton, ukuran gradasi pasir mempengaruhi kualitasnya. Maka penelitian tentang gradasi pasir masih di perlukan, sejauh mana pasir alami tersebut memiliki ukuran gradasi yang memenuhi syarat. Hal-hal yang mempengaruhi pasir sebagai bahan penyusun beton antara lain seperti halaman berikut ini.

a) Bentuk agregat halus (pasir)

Bentuk pasir yang digunakan dalam campuran beton diharuskan terdiri dari butir-butir yang tajam dan keras. Sifat keras dapat diraba dengan jari-jari tangan. Sifat ini diperlukan untuk menghasilkan adukan beton yang baik, tapi bentuk tajam menimbulkan gesekan besar, sehingga mengurangi kemudahan dalam adukan beton. Di samping itu sifat pasir harus kekal, artinya tidak pecah atau hancur oleh pengaruh perubahan cuaca seperti terik matahari dan hujan. Bentuk yang demikian ini akan mempengaruhi daya ikat dengan pasta semen yang lebih kuat serta akan merapatkan sisa-sisa ruangan dari agregat kasar yang lebih rapat dan terikat, mengakibatkan beton yang dihasilkan memiliki kuat desak tinggi.

b) Kadar air

Kadar air dalam pasir, pengaruhnya apabila kadar air banyak akan terjadi kelebihan jumlah air dalam adukan betonnya dan apabila kadar airnya sedikit maka terjadi kekurangan air. Kandungan air yang baik dalam campuran adukan beton adalah pori-pori air penuh tapi permukaan butir-butir halus dalam kondisi jenuh kering muka.

c) Kadar lumpur

Lumpur yang melekat pada butiran pasir tidak boleh lebih dari 5 % dari berat keringnya, karena bila kadar lumpur lebih besar dari 5 % justru akan menghasilkan beton yang berkualitas rendah (PBI hal.23, 1972).

d) Macam-macam pasir

Agregat halus merupakan pengisi diantara butiran-butiran agregat besar yang ukurannya bervariasi yaitu antara 0.15 mm sampai dengan 5 mm. Ditinjau

sifat ekonomis dan mudahnya untuk mendapatkan pasir digolongkan sebagai berikut ini.

1) Pasir galian yaitu pasir yang diperoleh dari galian tanah, bentuk pasir biasanya tajam, bersudut, berpori-pori dan bebas dari kandungan garam.
2) Pasir sungai yaitu pasir yang didapat dari sungai, pada umumnya berbentuk bulat-bulat dan berbutir halus.
3) Pasir laut yaitu pasir yang didapat dari pantai, pasir tersebut mengandung garam-garam yang mengakibatkan pasir agak basah dan dapat mengembang bila menjadi bangunan.

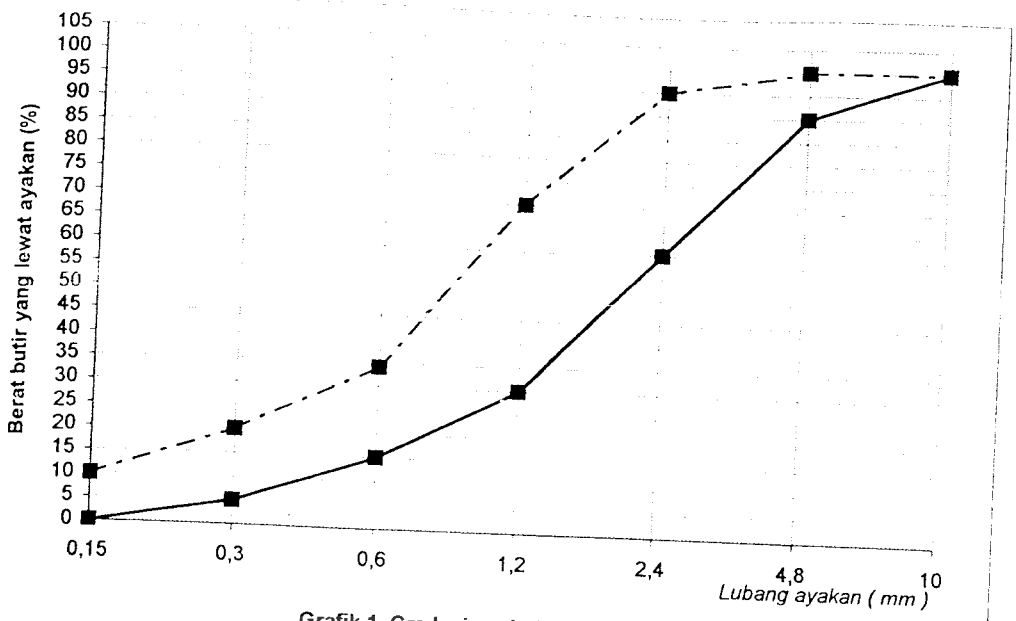
e) Gradasi pasir

Gradasi pasir mempengaruhi kemudahan pengerjaan campuran adukan beton. Menurut peraturan di Inggris yang juga dipakai di Indonesia saat ini, kekerasan pasir dapat dibagi menjadi empat kelompok menurut gradasinya, seperti pada table dan grafik berikut ini.

Tabel 3.2 Gradasi pasir menurut British Standart

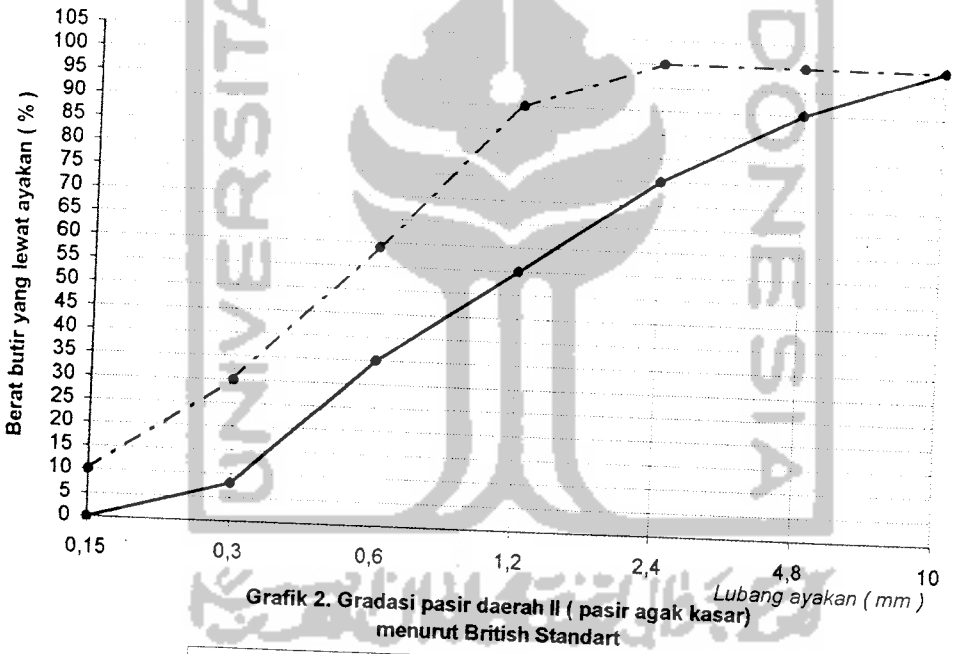
Lubang (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	Daerah I	Daerah II	Daerah III	Daerah IV
	Pasir kasar	Pasir agak kasar	pasir agak halus	pasir halus
10	100	100	100	100
4,8	90 – 100	90 – 100	90 –100	95 – 100
2,4	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,2	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Sumber Teknologi Beton, hal 3.14, 1995



Grafik 1. Gradasi pasir daerah I (pasir kasar) menurut British Standart

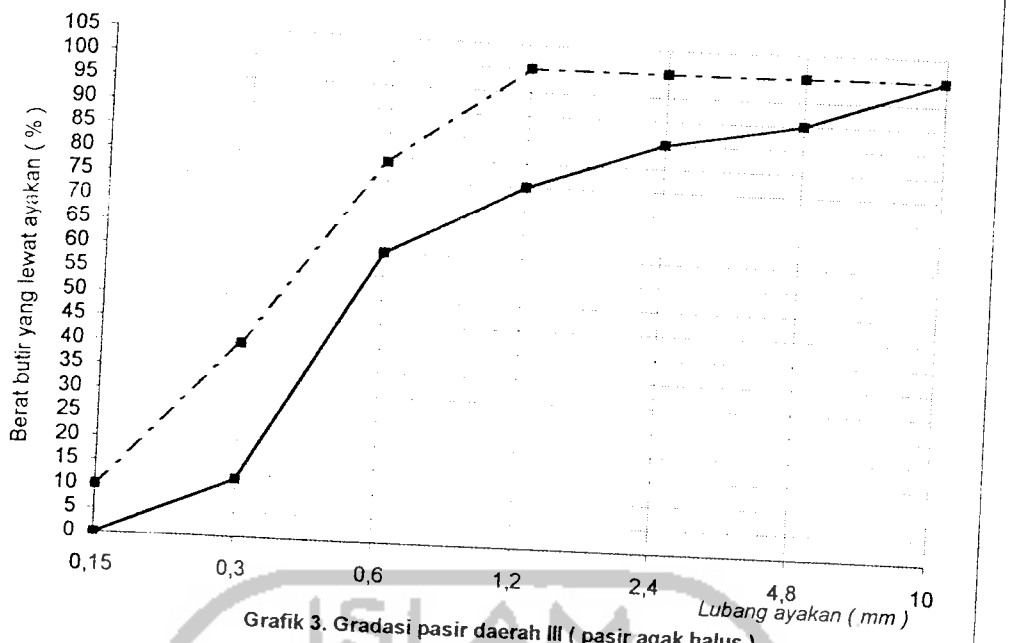
Batas bawah daerah I — Batas atas daerah I



Grafik 2. Gradasi pasir daerah II (pasir agak kasar) menurut British Standart

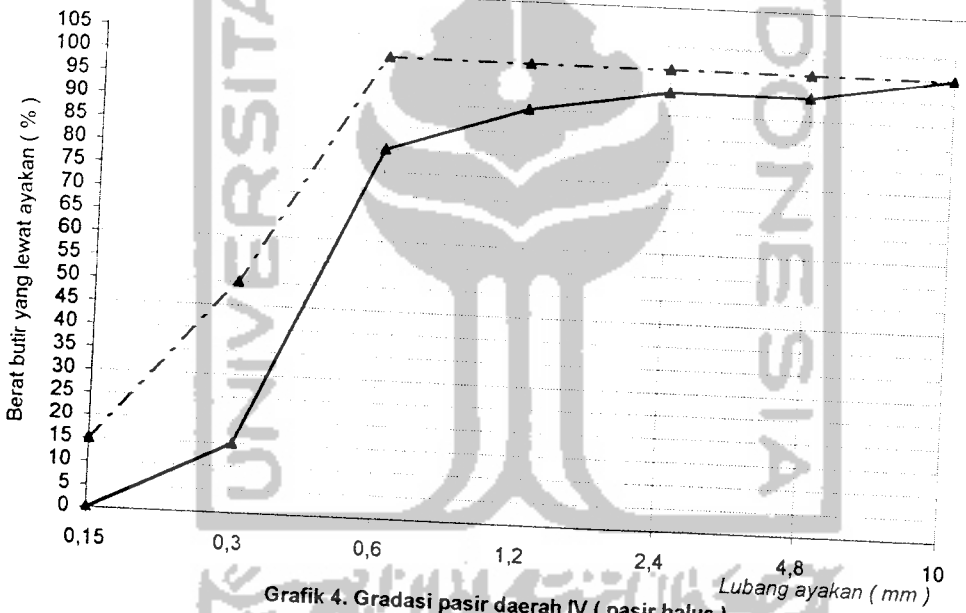
Batas bawah daerah II — Batas atas daerah II

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



Grafik 3. Gradasi pasir daerah III (pasir agak halus) menurut British Standart

Batas bawah daerah III — Batas atas daerah III



Grafik 4. Gradasi pasir daerah IV (pasir halus) menurut British Standart

Batas bawah daerah IV — Batas atas daerah IV

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

3.2.3 Air

Air dipakai untuk reaksi pengikat beton. Hal yang penting dalam pemilihan air antara lain kejernihan dan tidak mengandung bahan-bahan perusak seperti fosfat, minyak, asam alkali, atau bahan organis lainnya.

Untuk itu dalam pemakaian air untuk beton itu sebaiknya memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1) tidak mengandung lumpur atau benda melayang - layang lainnya lebih dari 2 gr/liter,
2) tidak mengandung garam-garam yang merusak beton seperti asam, zat organik dan sebagainya lebih dari 15 gr/liter,
3) tidak mengandung Klorida (Cl) lebih dari 0,5 gr/liter,
4) tidak mengandung Senyawa Sulfat (SO_4) lebih dari 1 gr/liter.

Untuk itu air harus diuji dengan menganalisis kualitasnya terlebih dahulu terhadap kehadiran bahan perusak yang larut di dalamnya. Air yang dipergunakan dalam pembuatan campuran adukan beton ini berasal dari Laboratorium Bahan Konstruksi Teknik Universitas Islam Indonesia.

3.2.4 Bahan Tambah

Abu terbang *(fly ash)* adalah hasil pemisahan sisa pembakaran yang halus dari pembakaran batubara yang dialirkan dari ruang pembakaran melalui ketel berupa semburan asap, yang dikenal di Inggris sebagai serbuk abu pembakaran. Menurut ACI Committee 226 dijelaskan bahwa *fly ash* mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan Nomor 325 (45 μm) 5-27 %, spesific gravity antara 2,15 - 2,80 cm dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat proses pozzolanic

dari *fly ash* mirip dengan bahan pozzolan lainnya. *Fly ash* yang dipakai berasal dari PLTU Suralaya, Jawa Barat.

Silica fume yang dipakai merk *sika fume* yang di produksi oleh PT. Sika Nusa Pratama. *Silica fume* adalah produk sampingan dari dapur pembuatan metal silikon atau paduan besi silikon dalam tungku pembakaran listrik. *Silica fume* diambil dari gas buangan dapur tersebut yang mempunyai kandungan silikon dioksida (SiO_2) yang sangat tinggi yaitu minimal 85%, sedangkan ukuran butirnya antara 0,1 sampai 0,2 mikron atau 100 kali lebih halus dari semen. (Guide for the Use Of *Silica fume* in Concrete (ACI 234R-96) Reported by ACI Committee 234 & Microsilica in Concrete, Technical Report No. 41, Report of a Concrete Society Working Party)

Superplasticizer yang dipakai *sikament LN* yang diproduksi oleh PT Sika Nusa Pratama. *Superplasticizer* merupakan bahan kimia, yang pada saat ditambahkan pada beton normal mengurangi air yang diperlukan untuk mencapai workabilitas yang diberikan, atau memberi perbedaan workabilitas yang besar dibawah workabilitas yang ingin dicapai dengan menambahkan admixture water-reducing normal.

3.3 Rencana Campuran

Langkah perancangan campuran untuk 1 m^3 beton menurut ACI (*American Concrete Institute*) adalah seperti halaman berikut.

Metode 1

Kekuatan desak silinder yang disesuaikan dengan f'cr, yang dipakai dalam perhitungan desain campuran, bergantung pada data lapangan yang tersedia.

a) Tidak ada data uji silinder : Jika catatan kekuatan dispesifikasikan tidak tersedia, kekuatan campuran percobaan f'cr dapat dihitung dengan menambah kekuatan desak silinder f'c dengan suatu harga yang bergantung pada besarnya simpangan yang diharapkan dari kekuatan beton. Simpangan ini dapat dikualifikasikan sebagai harga simpangan baku yang ada pada tabel 3.3 dinyatakan sebagai simpangan dari f'c. Dengan demikian tabel 3.4 dapat dipakai untuk mendapatkan faktor air semen yang diperlukan untuk suatu harga kekuatan silinder f'c.

Tabel 3.3 Kekuatan rata-rata yang diperlukan jika tidak tersedia data untuk menentukan simpangan baku

Kekuatan desak yang dispesifikasikan f'c (psi)	Kekuatan rata-rata yang diperlukan f'cr (psi)
Kurang dari 3.000	f'c + 1.000
3.000 – 5.000	f'c + 1.200
Lebih dari 5.000	f'c + 1.400

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 33,1990

Tabel 3.4 Faktor air semen maksimum yang diizinkan untuk beton yang data kekuatannya dari pengalaman di lapangan atau dari campuran percobaan tidak ada

Kekuatan desak yang dispesifikasikan f'c (psi)	Faktor air semen absolut (berdasarkan berat)	
	Beton non air-entrained	Beton air-entrained
2.500	0,67	0,54
3.000	0,58	0,46
3.500	0,51	0,40
4.000	0,44	0,35
4.500	0,38	C
5.000	C	C

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 35,1990

b) Tersedia data uji lebih dari 30 silinder : Jika ada lebih dari 30 hasil tes silinder, persamaan 3.1, 3.2 dan 3.3 dapat digunakan untuk memperoleh kekuatan campuran yang diperlukan f'cr dari f'c.

$$f'cr = f'c + 1{,}34\ s \qquad 3.1$$

atau

$$f'cr = f'c + 2{,}33\ s - 500 \qquad 3.2$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'cr - f'c)}{n-1}} \qquad 3.3$$

c) Tersedia data uji kurang dari 30 silinder : Jika banyak hasil tes yang ada tidak lebih dari 30, tetapi lebih dari 15, maka persamaan 3.1, 3.2 dan 3.3 dapat dipakai bersama-sama dengan tabel 3.5 Pada dasarnya perencana harus menghitung simpangan baku s dengan persamaan 3.3, kemudian kalikan s dengan faktor pengali yang ada pada tabel 3.5 dan gunakan hasil kali ini pada persamaan 3.1 dan 3.2. Dengan cara demikian tingkat simpangan dari tes silinder yang diukur sebagai simpangan baku telah diperhitungkan dengan benar.

Tabel 3.5 Faktor modifikasi simpangan baku jika data tes yang tersedia kurang dari 30

Banyaknya tes	Faktor modifikasi simpangan baku
Kurang dari 15	Gunakan tabel 3.4
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 35,1990

d) Berdasarkan jenis konstruksi, tetapkan nilai slump pada tabel 3.6

Tabel 3.6 Slump yang disarankan untuk berbagai jenis konstruksi

Jenis konstruksi	Slump (in)	
	Maksimum	Minimum
Dinding penahan dan pondasi	3	1
Pondasi sederhana, sumuran dan dinding sub struktur	3	1
Balok dan dinding beton	4	1
Kolom struktural	4	1
Perkerasan dan slab	3	1
Beton massal	2	1

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 28,1990

e) Ukuran maksimum agregat, dengan petunjuk berikut :

ukuran maksimum > 1/5 dimensi terkecil bekisting 1/3 tebal ¾ jarak bersih antara batang tulangan.

f) Air yang diperlukan berdasarkan nilai slump dan ukuran maksimum agregat sesuai tabel 3.7.

Tabel 3.7 Perkiraan air campuran dan persyaratan kandungan udara untuk berbagai slump dan ukuran agregat nominal maksimum

Slump (in)	Air (lb/yd^3)beton untuk ukuran agregat nominal maksimum yang dimaksud							
	3/8 in	½ in	¾ in	1 in	1,5 in	2 in	3 in	6 in
1-2	350	335	315	300	275	260	220	190
3-4	385	365	340	325	300	285	245	210
6-7	410	385	360	340	315	300	270	-

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 28,1990

g) Faktor air semen (fas) pada tabel 3.8.

Tabel 3.8 Hubungan antara faktor air semen dengan kekuatan desak beton

Kekuatan desak Pada 28 hari (psi)	Faktor air semen (berat)	
	Beton non air-entrained	Beton air-entrained
6.000	0,41	0,00
5.000	0,48	0,40
4.000	0,57	0,48
3.000	0,68	0,59
2.000	0,82	0,74

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 30,1990

h) Kandungan semen = berat air / faktor air semen

i) Jumlah agregat berdasarkan pada ukuran maksimum agregat dan modulus halus butir pasir pada tabel 3.9

Tabel 3.9 Volume agregat kasar per satuan volume beton

Ukuran agregat maksimum (in)	Volume agregat kasar kering per satuan volume beton untuk berbagai modulus halus butir pasir			
	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8	0,50	0,48	0,46	0,44
½	0,59	0,57	0,55	0,53
¾	0,66	0,64	0,62	0,60
1	0,71	0,69	0,67	0,65
1,5	0,75	0,73	0,71	0,69
2	0,78	0,76	0,74	0,72
3	0,82	0,80	0,78	0,76
6	0,87	0,85	0,83	0,81

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 30,1990

j) Banyaknya agregat halus dengan menggunakan berat estimasi beton segar pada tabel 3.10

Tabel 3.10 Estimasi awal beton segar

Ukuran maksimum agregat (in)	Estimasi awal beton segar (lb/yd^3)	
	Beton non air-entrained	Beton air-entrained
3/8	3840	3690
½	3890	3760
¾	3960	3840
1	4010	3900
1,5	4070	3960
2	4120	4000
3	4160	4040
6	4230	4120

Sumber Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar hal. 31,1990

k) Berat Pasir = [berat beton segar – berat (air + semen + agregat kasar)]

Metode 2

a) memilih nilai slump.

Tabel 3.11 Slump yang disarankan

Dengan superplasticizer (mm)	Tanpa superplasticizer (mm)
25-50	50-100

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

b) menghitung kuat desak beton

Tidak tersedia data beton mutu tinggi dipakai rumus :

$$f'cr = f'c + 9,7$$

c) menentukan ukuran agregat batu pecah

Tabel 3.12 Ukuran maksimum diameter agregat kerikil

Kuat desak beton yang disyaratkan	Ukuran maksimum diameter agregat kerikil (mm)
< 62	19,0 – 25,0
≥ 62	10,0 – 12,5

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

d) menentukan kandungan agregat batu pecah optimum

Tabel 3.13 Fraksi volume kerikil sesuai ukuran maksimum nominal kerikil

Ukuran maksimum nominal	10,00	12,50	20,00	25,00
Volume fraksi dari kerikil kering oven	00,65	00,68	00,72	00,75

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

e) menghitung air campuran dan kandungan udara

Tabel 3.14 Jumlah air campuran (kg/m^3) yang diperlukan

Slump (mm)	Air pencampur untuk ukuran maksimum agregat yang telah ditentukan (mm)			
	10	12,5	20	25
25-50	183	174	168	165
50-75	189	183	174	171
75-100	195	189	180	177
Udara (%)	2,5	2	1,5	1

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

f) menentukan rasio air / bahan perekat

Tabel 3.15 Nilai Rasio W / (C+P) untuk beton dengan *Superplasticizer*

Kuat desak beton lapangan f'cr (Mpa)	Umur beton	Rasio W/(C+P) untuk ukuran agregat maksimum yang telah ditentukan (mm)			
		10	12,5	20	25
48	28 hari	0,50	0,48	0,45	0,43
48	56 hari	0,55	0,52	0,48	0,46
55	28 hari	0,44	0,42	0,40	0,38
55	56 hari	0,48	0,45	0,42	0,40
62	28 hari	0,38	0,36	0,35	0,34
62	56 hari	0,42	0,39	0,37	0,36
69	28 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
69	56 hari	0,37	0,35	0,33	0,32
76	28 hari	0,30	0,29	0,27	0,27
76	56 hari	0,37	0,31	0,29	0,29
83	28 hari	0,27	0,26	0,25	0,25
83	56 hari	0,30	0,28	0,27	0,26

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

Tabel 3.16 Nilai Rasio W / (C+P) untuk beton tanpa *Superplasticizer*

Kuat desak beton lapangan f'cr (Mpa)	Umur beton	Rasio W/(C+P) untuk ukuran agregat maksimum yang telah ditentukan (mm)			
		10	12,5	20	25
48	28 hari	0,42	0,41	0,40	0,39
48	56 hari	0,46	0,45	0,44	0,43
55	28 hari	0,35	0,34	0,33	0,33
55	56 hari	0,38	0,37	0,36	0,35
62	28 hari	0,30	0,29	0,29	0,28
62	56 hari	0,33	0,32	0,31	0,30
69	28 hari	0,26	0,26	0,25	0,25
69	56 hari	0,29	0,28	0,27	0,26

Sumber Makalah Diskusi Teknologi Beton, 2000

g) menghitung kebutuhan material untuk C + P