

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Bahan atau Materi Penelitian.

- 1) Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland normal (type I) merek Nusantara kapasitas 40 kg.
- 2) Agregat kasar yang digunakan ialah agregat yang dipecah (split) asal Clereng Kulon Progo.
- 3) Agregat halus yang digunakan ialah agregat alami asal Merapi.
- 4) *Superplasticizer* yang digunakan adalah *sikamen NN type F*, produk PT. Sika Nusa Pratama.
- 5) *Fly Ash* yang digunakan adalah dari hasil pembakaran Abu Batu Bara PLTU Cilacap.
- 6) Air yang memenuhi syarat dan layak diminum dipakai sebagai campuran beton, diambil dari tempat pelaksanaan pembuatan benda uji.

3.2. Alat.

- 1) Mesin uji tekan beton berkapasitas maksimum 30000 KN.
- 2) Cetakan beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm.
- 3) Saringan/ayakan, dengan ukuran 19,52 mm; 9,52; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm.
- 4) *Oven*, digunakan untuk mengeringkan sampel dalam pemeriksaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran beton.
- 5) Timbangan, untuk mengetahui berat dari bahan-bahan penyusun beton.
- 6) Mesin *Los Angeles*, untuk menguji tingkat keausan agregat kasar.
- 7) Gelas ukur, untuk menakar volume air, berat jenis dan memeriksa kadar lumpur pasir.
- 8) Krucut Abrams dengan ukuran diameter atas 100 ± 3 mm, diameter bawah $200 \pm$

- 9) Cangkul, cethok dan talam, digunakan untuk menampung dan menuang adukan beton ke dalam cetakan.
- 10) Mistar dan kaliper, digunakan untuk mengukur dimensi dari alat-alat dan benda uji yang digunakan.
- 11) *Stop watch*, digunakan untuk mengukur waktu saat pengisian terakhir beton yang telah diratakan dengan saat kerucut diangkat.

3.3. Pelaksanaan Penelitian.

Pelaksanaan penelitian dimulai dari pemeriksaan bahan susun hingga pengujian kuat tekan benda uji. Secara garis besar penelitian meliputi :

- 1). Pemeriksaan bahan susun agregat halus : Pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir), Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat halus, Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus, pemeriksaan kadar air agregat halus, Pemeriksaan berat satuan agregat halus (pasir).
- 2). Pemeriksaan bahan susun agregat kasar : Pemeriksaan gradasi agregat kasar (split), pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar, pemeriksaan keausan agregat kasar, Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar, Pemeriksaan kadar air agregat kasar, dan Pemeriksaan berat satuan agregat kasar.
- 3). Pemeriksaan bahan susun *fly-ash* : Pemeriksaan kadar air *fly-ash* dan Pemeriksaan kehalusan butiran *fly-ash*.
- 4). Perancangan bahan susun beton yang berupa : air, semen, pasir, koral, *Superplasticizer*, dan *Silicafume*.
- 5). Pembuatan benda uji beton segar, Pengujian Slump dan perawatan, dengan kadar superplastisizer yang bervariasi, yaitu sebesar 0%, 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, dan 2,5%.
- 6). Pengujian berat jenis dan kuat tekan benda uji, sehingga didapat kuat tekan beton optimum terhadap kadar superplastisizer.
- 7). Pembuatan benda uji beton segar dengan kadar superplastisizer optimum, Pengujian Slump dan perawatan, dengan kadar *fly-ash* yang bervariasi, yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%.
- 8). Pengujian berat jenis dan kuat tekan benda uji, sehingga didapat kuat tekan beton

Faktor air semen (fas) dasar yang dipakai didalam penelitian disesuaikan dengan kebutuhan hidrasi semen yaitu sebesar 0,28 (untuk semen sebesar 1 kg maka air sebesar 0,28 liter). Kemudian jumlah air dikurangi sesuai dengan besarnya kadar *Superplasticizer* sehingga fas yang dipergunakan sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. fas yang dipakai setelah dikurangi volume air akibat pemakaian superplastisizer

Berat Semen (kg)	Kadar Superplastisizer (%)	Pengurangan Air (%)	Volume Pengurangan Air (liter)	Volume Air (liter)	fas
1	0,0%	0,0%	0,000	0,28	0,28
1	1,0%	13,5%	0,038	0,24	0,24
1	1,5%	17,0%	0,048	0,23	0,23
1	2,0%	20,5%	0,057	0,22	0,22
1	2,5%	24,0%	0,067	0,21	0,21

Kadar *Fly-ash* yang dipergunakan untuk setiap fas yaitu sebesar 25%, 30%, 35% dan 40% terhadap berat semen. Agar menghasilkan fas yang tetap maka jumlah semen yang dipergunakan dikurangi dengan besarnya bahan tambah, hasilnya disajikan selengkapnya pada Tabel 2.

Tabel 2. Berat semen yang dipergunakan dikurangi berat fly-ash sesuai kadarnya

Berat Semen (kg)	Kadar Fly-ash (%)	Berat Pengurangan Semen (kg)	Berat Semen Setelah Dikurangi (kg)
1	0.0%	0.00	1.00
1	25.0%	0.25	0.75
1	30.0%	0.30	0.70
1	35.0%	0.35	0.65
1	40.0%	0.40	0.60

Pengujian dilakukan pada saat beton berumur 28 hari, dengan jumlah setiap

1. ... 4 buah ... maka jumlah sampel seluruhnya sebanyak 80

Metoda yang dipakai dalam perencanaan bahan susun beton pada penelitian ini adalah Cara "The British Mix Design Method" yaitu perencanaan standar yang dipakai di Indonesia oleh Departemen Pekerjaan Umum, yang dijelaskan dengan rinci pada buku Standar SK.SNI.03-2834-1992 dengan judul "Tata Cara dan Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal". Adapun langkah-langkah disajikan pada lampiran I.

3.4. Cara Menganalisis.

Hasil nilai kuat tekan beton yang dihasilkan pada pengujian beton normal dipakai sebagai acuan/pembanding terhadap hasil nilai kuat tekan beton yang telah diberi bahan tambah *superplastiziser* maupun *flyash*. Kemudian dibuat grafik hubungan antara kadar *superplastiziser* maupun *silicafume* terhadap kuat tekannya, dari hasil tersebut akan diketahui pada kadar berapa persen sehingga menghasilkan kuat tekan beton optimum. Begitu juga terhadap *flyash*, pada kadar *flyash* berapa persen sehingga dapat menghasilkan kuat tekan beton optimum. Dari hasil tersebut akan didapat proporsi campuran bahan pembentuk beton yang menghasilkan kuat tekan yang paling optimum.

Disamping itu diuji juga nilai *slump* baik pada beton normal maupun beton yang diberi bahan tambah *superplastiziser* maupun *flyash*. Kemudian dibuat grafik hubungan antara nilai *slump* terhadap kuat tekannya. Dari hasil tersebut akan diketahui kinerja beton mutu tinggi terhadap nilai *slump* nya.

3.5. Pemeriksaan gradasi agregat halus (pasir).

Berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990, analisis gradasi ini dilakukan untuk mengetahui distribusi ukuran butir pasir dengan menggunakan saringan/ayakan, langkah-langkah tersebut adalah sebagai berikut:

- (a) Pasir dikeringkan di dalam *oven* dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap kemudian diambil sampel sebanyak $(\pm 1000 \text{ gram})$,
- (b) Sampel dimasukkan ke dalam saringan yang telah disusun berurutan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, yaitu 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; dan kemudian saringan tersebut digunakan menggunakan mesin selama

- (c) Butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir pasirnya.

3.6. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air pasir

Berdasarkan SK SNI : 03-1970-1990, pemeriksaan ini dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

- (a) Diambil benda uji, kemudian dikeringkan dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian pasir direndam dalam air selama ± 24 jam.
- (b) Setelah direndam selama ± 24 jam, air dibuang dan pasir dibiarkan mengering dalam suhu kamar untuk mencapai keadaan jenuh kering muka, untuk mengetahui keadaan jenuh kering muka pasir dimasukkan ke dalam kerucut terpancung padatkan dengan batang penumbuk sebanyak 25 kali kemudian kerucut diangkat, maka pasir akan runtuh tapi masih berbentuk seperti kerucut.
- (c) Pasir dalam keadaan jenuh kering muka tersebut kemudian dimasukkan dalam piknometer sebanyak 500 gram (*SSD*), dimasukkan air sebanyak 90% penuh, kemudian diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di dalamnya.
- (d) Piknometer ditambah air sampai penuh 100% dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram (*Bt*).
- (e) Pasir dikeluarkan dari dalam piknometer, kemudian dikeringkan dalam *oven* sampai beratnya tetap dan ditimbang (*Bk*).
- (f) Piknometer berisi air penuh 100% ditimbang beratnya (*B*).

Berat jenis dan penyerapan air agregat halus (pasir) dapat dihitung dengan menggunakan rumus 1, 2, 3, dan 4.

- (a) Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{Bk}{B + SSD - Bt} \dots\dots\dots (1)$$

- (b) Berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*)

$$= \frac{SSD}{B + SSD - Bt} \dots\dots\dots (2)$$

- (c) Berat jenis tampak (*apparent spesific gravity*)

$$= \frac{Bk}{B + Bk - Bt} \dots\dots\dots(3)$$

(d) Penyerapan air agregat halus (pasir)

$$= \frac{SSD - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

3.7. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (Pasir)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat halus (pasir), yaitu sebagai berikut:

- (a) Diambil benda uji lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian ditimbang dan diambil sampel sebanyak ± 500 gram ($B1$),
- (b) Benda uji dicuci beberapa kali sampai bersih, ditandai dengan air cucian tampak jernih, setelah itu benda uji dikeluarkan dari gelas ukur pencuci dengan hati-hati jangan sampai benda uji tersebut ada yang hilang,
- (c) Kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian ditimbang beratnya ($B2$).
- (d) Hitung kadar lumpur dengan rumus sebagai berikut :

$$= \frac{B1 - B2}{B1} \times 100\% \dots\dots\dots(5)$$

3.8. Pemeriksaan kadar air agregat halus (pasir)

Berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990, pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat halus (pasir), langkah-langkah tersebut:

- (a) Diambil sampel jenuh kering muka sebanyak 1000 gram ($B1$),
- (b) Sampel tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian ditimbang ($B2$).
- (c) Hitung kadar air dengan rumus 6.

3.9. Pemeriksaan berat satuan agregat halus (pasir)

Langkah-langkah untuk mencari berat satuan pasir sebagai berikut:

- (a) Diambil bejana berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai cetakan beton dan ditimbang beratnya (B_1),
- (b) Bejana tersebut kemudian diisi dengan agregat halus (pasir) dalam keadaan jenuh kering muka, tiap $1/3$ volume lapisan ditumbuk sebanyak 25 kali dengan batang baja dan ditimbang beratnya (B_2),
- (c) Volume bejana (V) dihitung dengan rumus, $V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
- (d) Berat satuan didapat dengan rumus 7.

$$= \frac{B_2 - B_1}{V} \dots \dots \dots (7)$$

3.10. Pemeriksaan gradasi agregat kasar (split)

Berdasarkan SK SNI : 03-1968-1990, Analisis gradasi bertujuan untuk mengetahui distribusi ukuran butir agregat kasar dengan menggunakan saringan/ayakan, langkah-langkah tersebut dilakukan sebagai berikut:

- (a) diambil benda uji (± 5000 gram), lalu dikeringkan di dalam oven dengan suhu (110 ± 5) $^{\circ}$ C sampai beratnya tetap,
- (b) benda uji dimasukkan ke dalam saringan yang telah disusun berurutan mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil, yaitu 19,1 mm; 9,52 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,60 mm; 0,30 mm; 0,15 mm; pan, kemudian saringan tersebut digoyangkan menggunakan mesin selama 15 menit,
- (c) butiran yang tertahan pada masing-masing saringan kemudian ditimbang untuk mencari modulus halus butir splitnya.

3.11. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan air agregat kasar

Berdasarkan SK SNI : 03-1969-1990, Selain untuk mengetahui berat jenis agregat kasar pemeriksaan ini juga bertujuan untuk mengetahui persentase berat air yang mampu diserap oleh suatu agregat. Pemeriksaan dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

(a) Diambil benda uji berbentuk silinder dengan diameter 101 mm dan tertahan pada saringan 4,75 mm

- (b) benda uji dicuci untuk menghilangkan debu dan kotoran yang melekat, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap,
- (c) benda uji didinginkan pada suhu kamar selama 1-3 jam, kemudian ditimbang dan diambil sampel ± 1000 gram (B_k),
- (d) benda uji direndam dalam air pada suhu kamar selama 24 ± 4 jam,
- (e) setelah direndam selama 24 ± 4 jam, benda uji dikeluarkan lalu permukaan dilap dengan menggunakan kain yang menyerap air sampai selaput air pada permukaan hilang dan didapat keadaan jenuh kering muka kemudian ditimbang (B_j),
- (f) benda uji dalam keadaan jenuh kering muka tersebut kemudian dimasukkan dalam air sambil diguncang-guncang untuk mengeluarkan udara yang terperangkap di dalamnya dan ditimbang beratnya di dalam air (B_a).

Setelah didapatkan nilai-nilai yang dicari, tahap selanjutnya meliputi perhitungan-perhitungan sebagai berikut:

- (a) Berat jenis curah (*bulk specific gravity*)

$$= \frac{B_k}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (8)$$

- (b) Berat jenis jenuh kering muka (*saturated surface dry*)

$$= \frac{B_j}{B_j - B_a} \dots \dots \dots (9)$$

- (c) Berat jenis tampak (*apparent spesific gravity*)

$$= \frac{B_k}{B_k - B_a} \dots \dots \dots (10)$$

- (d) Penyerapan air agregat kasar

$$= \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

3.12. Pemeriksaan keausan agregat kasar

Berdasarkan SK SNI : 03-2417-1991, Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan atau ketahanan aus agregat kasar (split), dengan menggunakan mesin Los Angeles. Langkah-langkah pengujian tersebut sebagai berikut:

- (b) Benda uji dicuci untuk menghilangkan debu dan kotoran lain, kemudian dikeringkan menggunakan *oven* dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian ditimbang dan diambil sampel sebanyak $(\pm 5000 \text{ gr})$ (B_1),
- (c) benda uji tersebut dimasukkan ke dalam mesin *Los Angeles* bersama dengan bola baja sebanyak 11 buah,
- (d) Mesin dihidupkan dengan kecepatan putaran 30 – 33 rpm, sebanyak 500 putaran,
- (e) Setelah 500 putaran mesin akan berhenti secara otomatis, kemudian benda uji diambil dan disaring dengan menggunakan saringan ukuran 1,7 mm,
- (f) Butiran yang tertahan saringan ukuran 1,7 mm dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan menggunakan *oven* dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian ditimbang beratnya (B_2).
- (g) Keausan agregat kasar dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots \dots \dots (12)$$

3.13. Pemeriksaan kadar lumpur agregat kasar (split)

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan lumpur yang terdapat pada agregat kasar (split), yaitu sebagai berikut:

- (a) diambil benda uji lalu dikeringkan dalam *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap kemudian ditimbang, diambil sampel ± 500 gram (B_1),
- (b) benda uji dicuci beberapa kali sampai bersih, ditandai dengan air cucian tampak jernih, pencucian dilakukan dengan hati-hati agar benda uji tersebut tidak ada yang hilang,
- (c) kemudian benda uji dikeringkan dengan menggunakan *oven* pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap, kemudian didinginkan pada suhu kamar dan ditimbang beratnya (B_2).
- (d) Kadar Lumpur dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$= \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100\% \dots \dots \dots (13)$$

3.14. Pemeriksaan kadar air agregat kasar (split)

Berdasarkan SK SNI : 03-1971-1990, Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air yang terdapat dalam agregat kasar (split), langkah-langkah tersebut:

- (a) diambil sampel dalam keadaan jenuh kering muka sebanyak ± 1000 gram (B_1),
- (b) sampel tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ sampai beratnya tetap kemudian ditimbang (B_2),
- (c) Kadar Air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{B_1 - B_2}{B_2} \times 100\% \dots \dots \dots (14)$$

3.15. Pemeriksaan berat satuan agregat kasar (split)

Berat satuan ialah berat agregat dalam satu satuan volume, langkah-langkah untuk mencari berat satuan adalah sebagai berikut:

- (a) diambil bejana berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm, yang akan digunakan sebagai cetakan beton dan ditimbang beratnya (B_1),
- (b) bejana tersebut kemudian diisi dengan agregat kasar (split) dalam keadaan jenuh kering muka dan ditusuk sebanyak 25 kali tiap 1/3 volume bejana kemudian ditimbang beratnya (B_2),
- (c) volume bejana (V) dihitung dengan rumus, $V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times t$
- (d) Berat satuan didapat dengan cara membagi berat split dengan volume bejana :

$$= \frac{B_2 - B_1}{V} \dots \dots \dots (15)$$

3.16. Pemeriksaan berat jenis dan kadar air fly-ash.

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam fly ash, dengan langkah pemeriksaan ini sebagai berikut :

- (a) diambil benda uji fly ash sebanyak 100 gram (B_a),
- (b) fly ash dimasukkan ke dalam piknometer sebanyak ± 100 gram (SSD), dimasukkan air ke dalam air sebanyak 90 % penuh, kemudian diguncang-guncangkan untuk

- (c) piknometer ditambah air sampai penuh 100 % dan ditimbang beratnya dengan ketelitian 0,1 gram (Bt).
- (d) *fly ash* dikeluarkan dari dalam piknometer, kemudian dikeringkan dalam oven sampai beratnya tetap dan ditimbang (Bk).
- (e) piknometer berisi air penuh 100% ditimbang beratnya(B).
- (f) berat jenis *fly ash* dihitung dengan menggunakan rumus 16a.

$$= \frac{Ba}{B + Ba - Bt} \dots \dots \dots (16a)$$

- (g) kadar air yang terkandung dalam *fly ash* dihitung dengan menggunakan rumus 16b.

$$= \frac{Ba - Bk}{Bk} \times 100\% \dots \dots \dots (16b)$$

3.17. Pemeriksaan kehalusan butiran dan berat satuan *fly-ash*

Pemeriksaan kehalusan butiran *fly ash* ini bertujuan untuk mengetahui ukuran butiran *fly ash*. Langkah-langkah dari pemeriksaan kehalusan butir *fly ash* ini antara lain sebagai berikut :

- (a) ambil benda uji lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu (110±5)°C sampai beratnya tetap kemudian ditimbang, diambil sampel ±500 gram (B1),
- (b) benda uji dimasukan ke dalam saringan ukuran 0,15 mm kemudian digoyang-goyangkan sampai butiran *fly ash* tidak ada yang lolos lagi pada saringan,
- (c) *fly ash* yang tertahan saringan 0,15 mm ditimbang beratnya (B2).
- (d) kehalusan butiran dihitung menggunakan rumus 17a.

$$= \frac{B2}{B1} \times 100\% \dots \dots \dots (17a)$$

Sedangkan untuk mengetahui berat satuan dari *fly ash* adalah dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- (a) Diambil piknometer dan diisi dengan *fly ash* sampai volume tertentu (volume bejana)
- (b) Ditimbang berat piknometer dan *fly ash* (B_{awal})
- (c) Berat satuan didapat dengan rumus 17b.

$$\text{Berat}_{awal} \dots \dots \dots (17b)$$

3.18. Metode Pengambilan Contoh Untuk Campuran Beton Segar

Berdasarkan SK SNI : 03-xxxx-2002, metode ini digunakan untuk mendapatkan contoh beton segar yang mewakili seluruh adukan dari tempat pengaduk stasioner, dengan pengertian bahwa beton segar adalah campuran beton yang telah selesai diaduk beberapa saat, karakteristiknya belum berubah atau masih plastis dan belum terjadi pengikatan.

Adapun langkahnya adalah sebagai berikut : Campuran beton segar diambil di bagian pertama dan terakhir dalam selang waktu tidak lebih dari 15 menit. Masing-masing contoh digabungkan dan diaduk kembali dengan sekop untuk mendapatkan keseragaman. Pengujian slump dan kadar udara dimulai paling lama 5 menit setelah pengadukan. Pembentukan benda uji paling lama 15 menit. Benda uji dijaga dari pengaruh sinar matahari, angin dan pengaruh lain yang dapat mempercepat penguapan. Khusus contoh yang diambil dari pengaduk stasioner, contoh dua kali atau lebih pada bagian tengah waktu pengadukan dengan selang yang teratur.

3.19. Perancangan bahan susun beton

Langkah-langkah perencanaan campuran beton berdasarkan SK-SNI 03-xxxx-2002 sebagai berikut :

1. Perhitungan deviasi standar menurut ketentuan berikut:
 - a. Jika pelaksana tidak mempunyai data pengalaman hasil pengujian contoh beton pada masa lalu, maka nilai deviasi standar S tidak dapat dihitung.
 - b. Jika pelaksana beton (pembuat beton) mempunyai data pengalaman, maka nilai deviasi standar S dapat ditentukan. Perhitungan deviasi standar berdasarkan pengalaman lapangan boleh dilakukan jika fasilitas produksi beton (pembuat beton) mempunyai catatan hasil uji, dengan syarat :
 - 1) Jenis bahan dasar beton serupa dengan yang akan dibuat.

- 3) Jumlah contoh minimum 30 buah berurutan atau 2 kelompok contoh yang masing-masing berurutan dengan jumlah seluruhnya minimum 30 buah. Nilai deviasi standar dihitung dengan rumus 18a.

$$S = \left(\frac{\sum (f_c - f'_{cr})^2}{N-1} \right) \dots \dots \dots (18a)$$

Dengan :

S = deviasi standar.

f_c = kuat tekan masing-masing silinder beton.

f'_{cr} = kuat tekan rata-rata.

N = banyaknya nilai kuat tekan beton.

- 4) Jika jumlah contoh kurang 30 buah tetapi mempunyai 15 buah sampai 29 buah dan dari hasil pengujian berurutan dalam periode waktu tidak kurang dari 45 hari kalender, maka nilai deviasi standar harus dikalikan faktor pembesar yang ada pada tabel 3.3. pada tabel tersebut nilai antara boleh dipakai interpolasi.

Tabel 3.3. Faktor pengali Deviasi Standar

Jumlah Pengujian	Faktor Pengali Deviasi Standar
Kurang dari 15	Tidak Ada
15	1,16
20	1,08
25	1,03
30 atau lebih	1,00

2. Perhitungan nilai tambah margin

- a. Jika pelaksana mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah dihitung menurut rumus 18b.

$$m = 1,34 S \text{ atau } M = 2,33 S - 3,5 \dots \dots \dots (18b)$$

m = Nilai tambah

S = Deviasi standar

- b. Jika pelaksana tidak mempunyai pengalaman lapangan, maka nilai tambah m

Tabel 3.4. Nilai Tambah

Jumlah Pengujian	Nilai Tambah (MPa)
Kurang dari 21	7,0
21 s/d 35	8,5
Lebih dari 35	10,0

3. Penetapan kuat tekan beton yang direncanakan $f'c$ pada umur tertentu.
4. Kuat tekan beton rata-rata diperoleh dengan rumus 19.

$$f'_{cr} = f'_c + m \dots \dots \dots (19)$$

dimana : f'_{cr} = Kuat desak rata-rata (MPa).

f'_c = Kuat desak yang direncanakan (MPa).

m = Nilai tambah (MPa).

5. Penetapan jenis semen.

Pada langkah ini jenis semen ditentukan, akan dipakai semen biasa atau yang cepat mengeras.

6. Penentuan jenis agregat kasar dan agregat halus.

Jenis agregat kasar dan agregat halus ditetapkan, apakah berupa agregat alami atau agregat buatan.

7. Penentuan nilai faktor air semen.

Faktor air semen (fas) ditetapkan dengan 2 cara yaitu :

- a. Berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata pada umur tertentu, ditetapkan nilai fas dengan melihat grafik hubungan antara kuat tekan dan fas. Untuk benda uji silinder 150 x 300 mm, dipergunakan Gambar 3.1.
- b. Berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar dan kuat tekan rata-rata pada umur tertentu, ditetapkan nilai fas dengan grafik prosentase jumlah pasir pada daerah no.1, 2, 3, 4 pada gambar 3.4.

8. Penetapan nilai slump.

Penetapan nilai slump dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor : cara penuangan adukan beton, cara pemadatan beton segar, dan jenis struktur yang dibuat. Nilai slump ditentukan dengan Tabel 3.6.

9. Penetapan ukuran butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir agregat maksimum pada beton normal, ada tiga pilihan yaitu : 40 mm, 20 mm, dan 10 mm.

10. Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton.

Jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, diperkirakan berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat dan slump yang diinginkan. Kebutuhan air dapat diambil berdasarkan Tabel 3.7.

11. Berat semen yang diperlukan.

Berat semen yang diperlukan per meter kubik beton (W_{semen}), dapat dihitung dengan rumus 20, dengan W_{air} adalah berat air per meter kubik beton, dan fas adalah faktor air semen.

$$W_{semen} = \frac{W_{air}}{fas} \dots\dots\dots (20)$$

12. Penetapan jenis agregat halus.

Agregat halus diklasifikasikan menjadi 4 jenis : yaitu pasir kasar (daerah 1), agak kasar (daerah 2), agak halus (daerah 3), dan halus (daerah 4). Jenis agregat halus ditentukan berdasarkan Tabel 3.8a.

Tabel 3.5a. Persyaratan jumlah semen minimum dan faktor air semen maksimum untuk berbagai pembetonan dalam lingkungan khusus

	Jumlah semen minimum Per m ³ brton (kg)	Nilai faktor air semen 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	0,60
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275	0,62
Beton yang masuk ke dalam tanah :		
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	325	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah		lihat tabel 3.5.b
Beton yang kontinue berhubungan :		lihat tabel 3.5.c
a. air tawar		

13. Proporsi berat agregat halus terhadap agregat campuran.

Nilai banding antara berat agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Penetapan dilakukan dengan memperhitungkan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, fas, dan daerah gradasi agregat halus, dapat dilakukan berdasarkan gambar 3.4.

Tabel 3.5b. Ketentuan untuk beton yang berhubungan dengan air, tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat dalam bentuk SO ₃			Tipe semen	Tipe semen minimum (kg/m ³)			Faktor air semen
Dalam tanah		Sulfat (SO ₃) dalam air tanah (gr/ltr)		Ukuran agregat maksimum			
Total SO ₃	SO ₃ campuran (air : tanah = 2 : 1) (gr/ltr)			40 mm	20 mm	10 mm	
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15 – 40%)	80	300	350	0,50
0,2 – 0,5	1,0 – 1,9	0,3 – 1,2	Tipe I dengan atau tanpa pozolan (15 – 40%)	290	330	380	0,50
			Tipe I + pozolan (15 – 40%) atau Semen portland pozolan	270	310	360	0,55
			Tipe II atau tipe V	250	290	340	0,55
0,5 – 1,0	1,9 – 3,1	1,2 – 2,5	Tipe I + pozolan (15 – 40%) atau Semen portland pozolan	340	380	430	0,45
			Tipe II atau Tipe V	290	330	380	0,50
1,0 – 2,0	3,1 – 5,6	2,5 – 5,0	Tipe II atau Tipe V	330	370	420	0,45
> 2,0	> 5,6	> 5,0	Tipe II atau tipe V + lapisan pelindung	330	370	420	0,45

14. Prakiraan berat jenis beton.

Berdasarkan data berat jenis agregat campuran dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka beratnya dapat diprakirakan dengan grafik hubungan kandungan air, berat jenis agregat campuran dan berat beton, dengan gambar 3.5.

Tabel 3.5c. Ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air

Jenis beton	Kondisi lingkungan berhubungan dengan	Faktor air semen maksimum	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m ³)	
				Ukuran agregat maksimum	
				40 mm	20 mm
Bertulang atau prategang	Air tawar	0,50	Tipe I – V	280	300
	Air payau	0,45	Tipe I + pozolan (15 – 40%) atau Semen portland pozolan	340	380
			Tipe II atau tipe V	290	330
	Air laut	0,45	Tipe II atau tipe V	330	370

Tabel 3.6. Nilai slump untuk berbagai pekerjaan beton

Uraian	Slump (cm)	
	maksimum	minimum
Dinding, pelat fondasi dan fondasi telapak Bertulang	12,5	5,0
Fondasi telapak tidak bertulang, kaison dan konstruksi 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

Tabel 3.7. Prakiraan kadar air bebas per meter kubik beton (liter)

Ukuran besar butir agregat maksimum	Jenis agregat	Slump (mm)			
		0 – 10	10–30	30–60	60–100
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
30	Batu tak dipecahkan	115	140	160	175
	Batu pecah	145	175	190	205

15. Kebutuhan berat agregat campuran

Kebutuhan berat agregat campuran ($W_{agr\ camp}$) dapat dihitung dengan rumus 21a, dengan W_{beton} adalah berat beton per meter kubik, W_{air} adalah berat air per meter kubik, dan W_{semen} adalah berat semen per meter kubik.

$$W_{agr\ camp} = W_{beton} - W_{air} - W_{semen} \dots \dots \dots (21a)$$

16. Kebutuhan Berat agregat halus yang diperlukan.

Berat agregat halus ($W_{agr\ h}$) dapat dihitung dengan rumus 21b, berdasarkan hasil langkah 13 dan 15, dengan K_h adalah prosentase berat agregat halus terhadap agregat campuran.

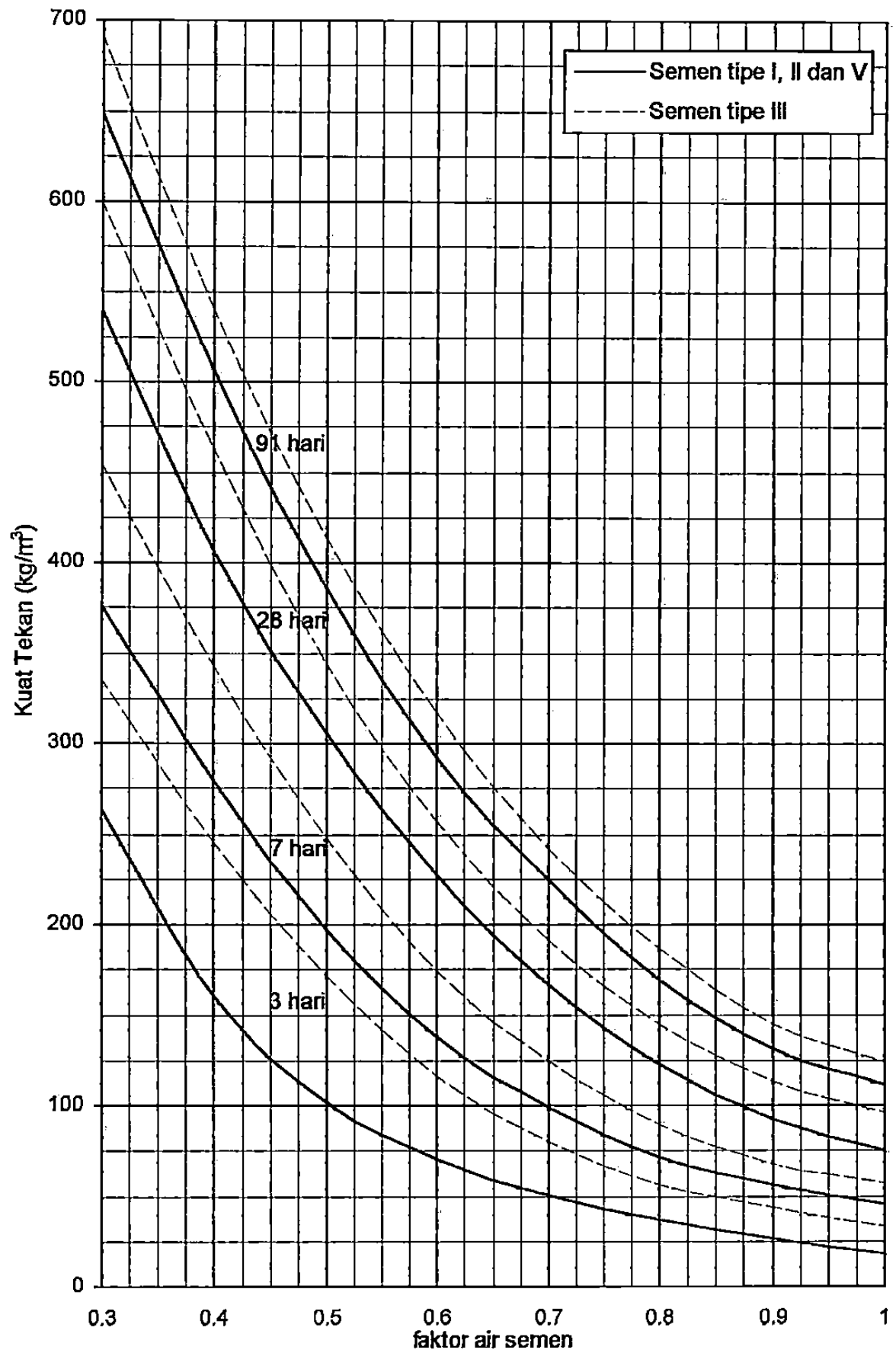
$$W_{agr\ h} = K_h \cdot W_{agr\ camp} \dots \dots \dots (21b)$$

Tabel 3.8a. Batas gradasi pasir

Lubang ayakan		Persen berat butir yang lewat ayakan (%)			
British (mm)	ASTM (No)	Daerah 1	Daerah 2	Daerah 3	Daerah 4
4,75	3/16 in.	90 – 100	90 – 100	90 – 100	95 – 100
2,36	8	60 – 95	75 – 100	85 – 100	95 – 100
1,18	16	30 – 70	55 – 90	75 – 100	90 – 100
0,6	30	15 – 34	35 – 59	60 – 79	80 – 100
0,3	50	5 – 20	8 – 30	12 – 40	15 – 50
0,15	100	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 15

Tabel 3.8b. Batas gradasi agregat dengan ukuran butir maksimum 20 mm

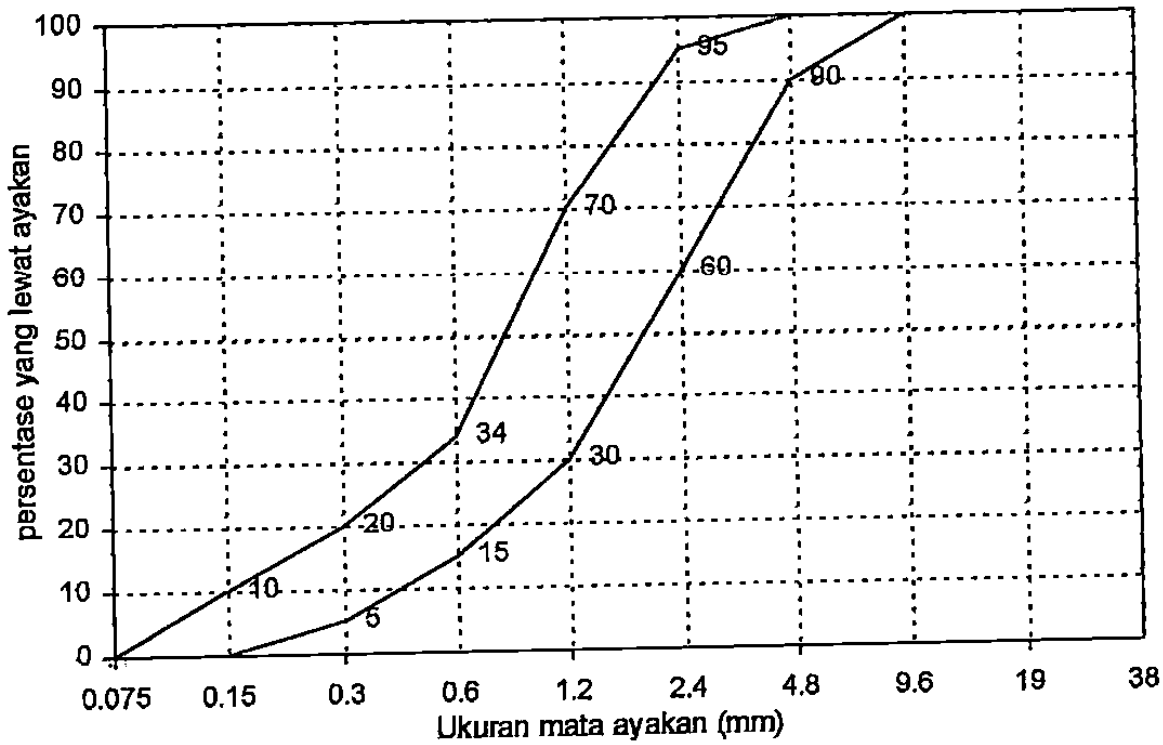
Lubang ayakan (mm)		Persen berat butir yang lewat ayakan (%)			
British (mm)	ASTM (No)	Kurva 1	Kurva 2	Kurva 3	Kurva 4
19	3/4	100	100	100	100
9,6	3/8	45	55	65	75
4,8	3/16	30	35	42	48
2,4	8	23	28	35	42
1,2	16	16	21	28	34
0,6	30	9	14	21	27
0,3	50	2	3	5	12



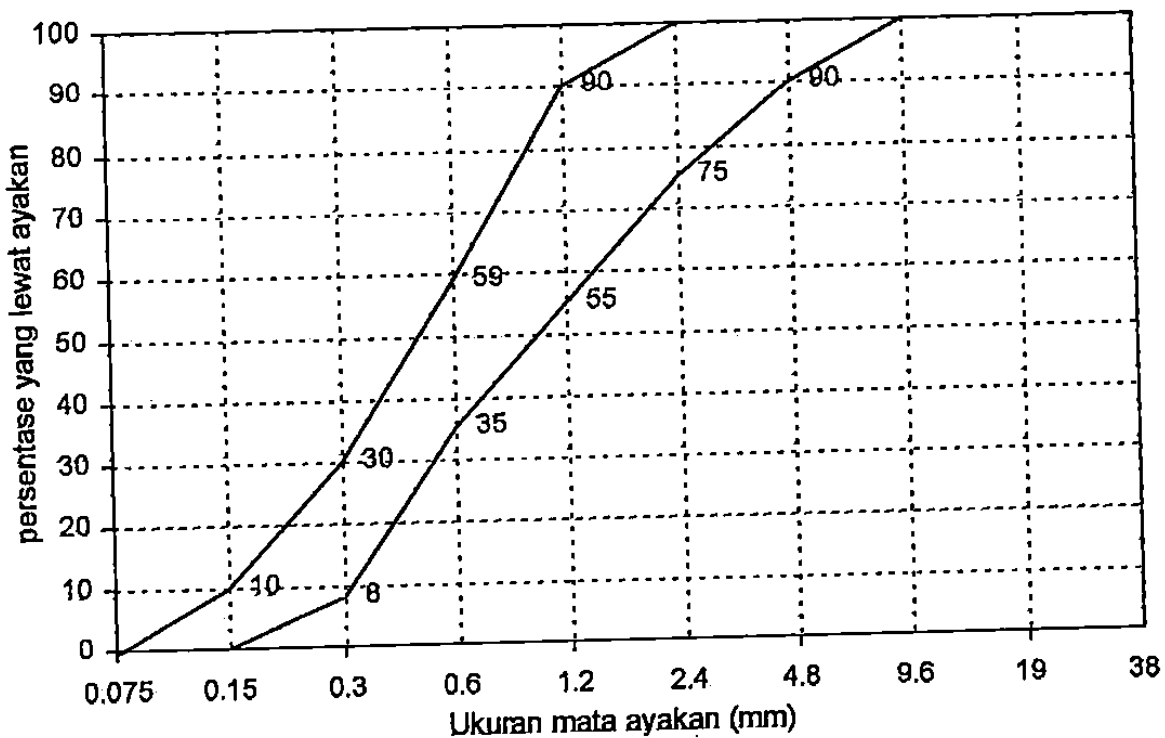
Gambar 2.1 Grafik hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen

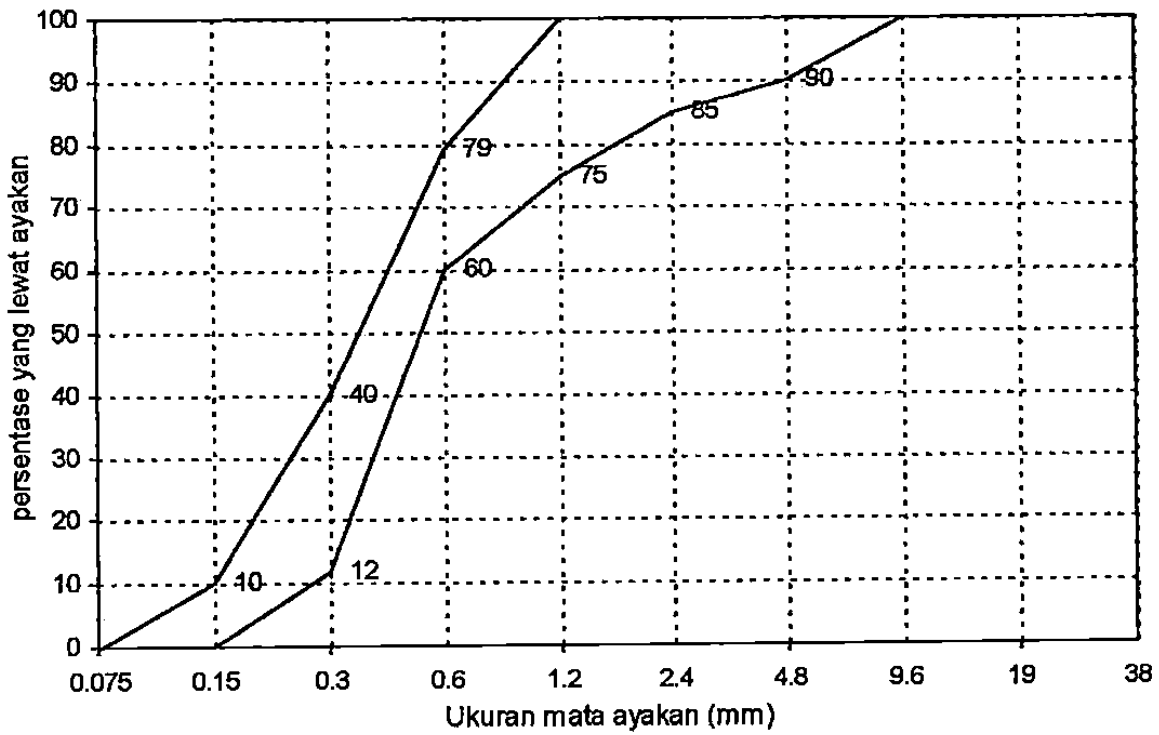
17. Kebutuhan Berat agregat kasar ($W_{agr\ k}$) yang diperlukan dapat dihitung dengan rumus 21c, berdasarkan hasil langkah 15 dan langkah 16.

$$W_{agr\ k} = W_{agr\ camp} - W_{agr\ h} \dots \dots \dots (21c)$$

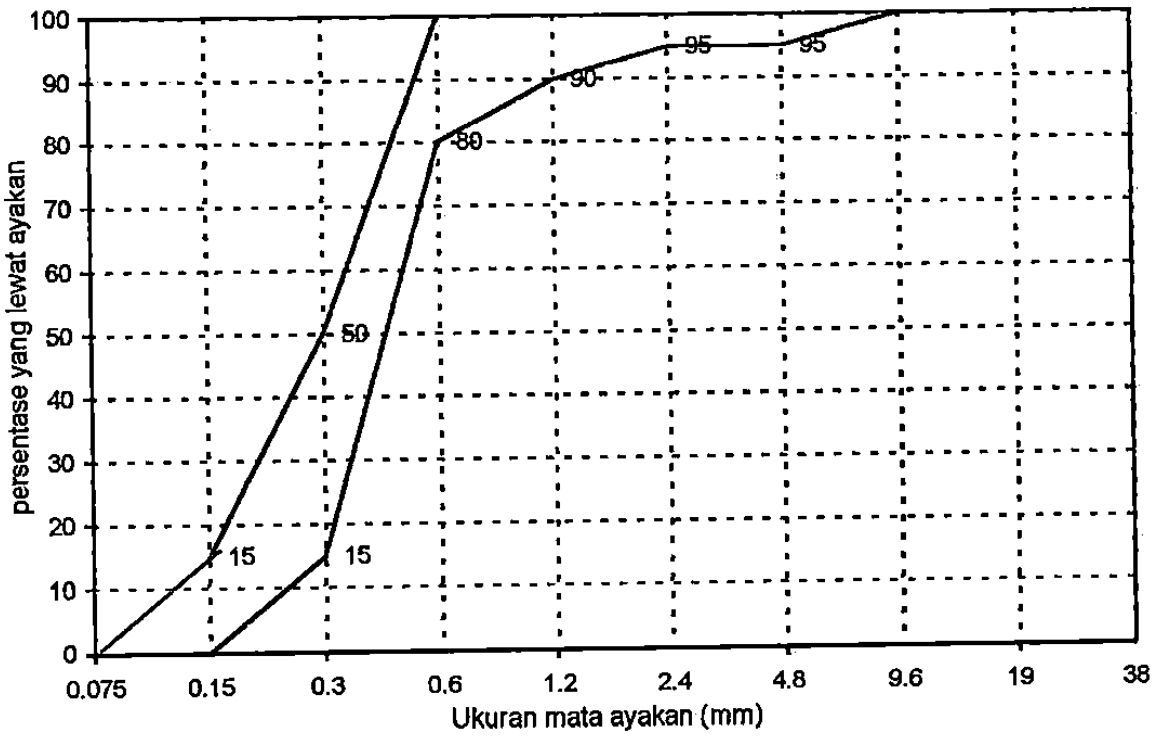


Gambar 3.2a. Batas gradasi pasir daerah no. 1

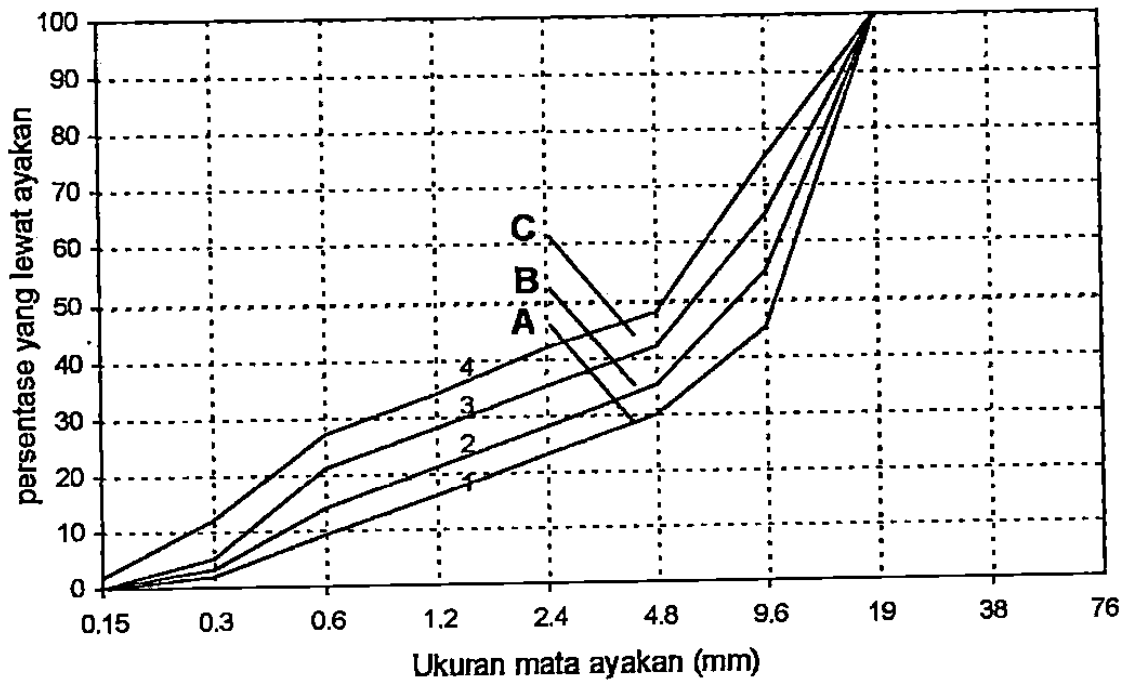




Gambar 3.2c. Batas gradasi pasir daerah no. 3

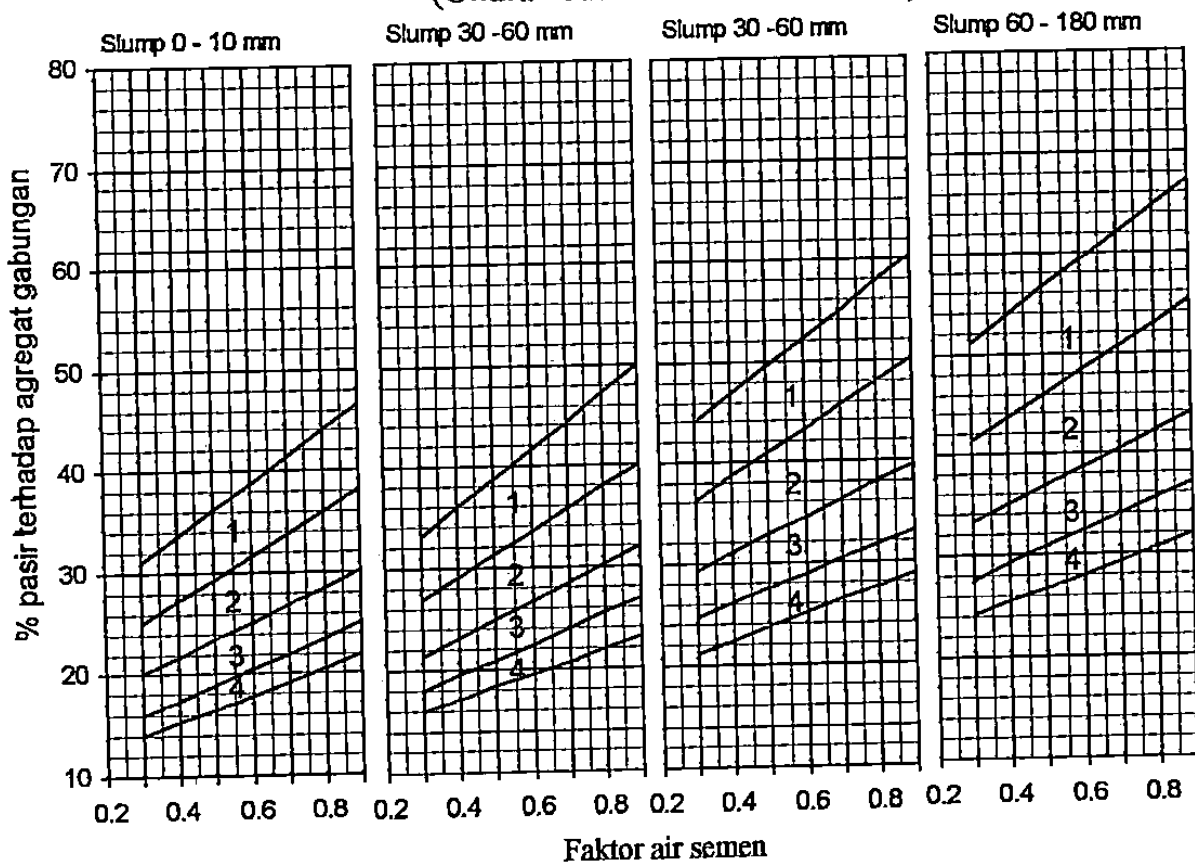


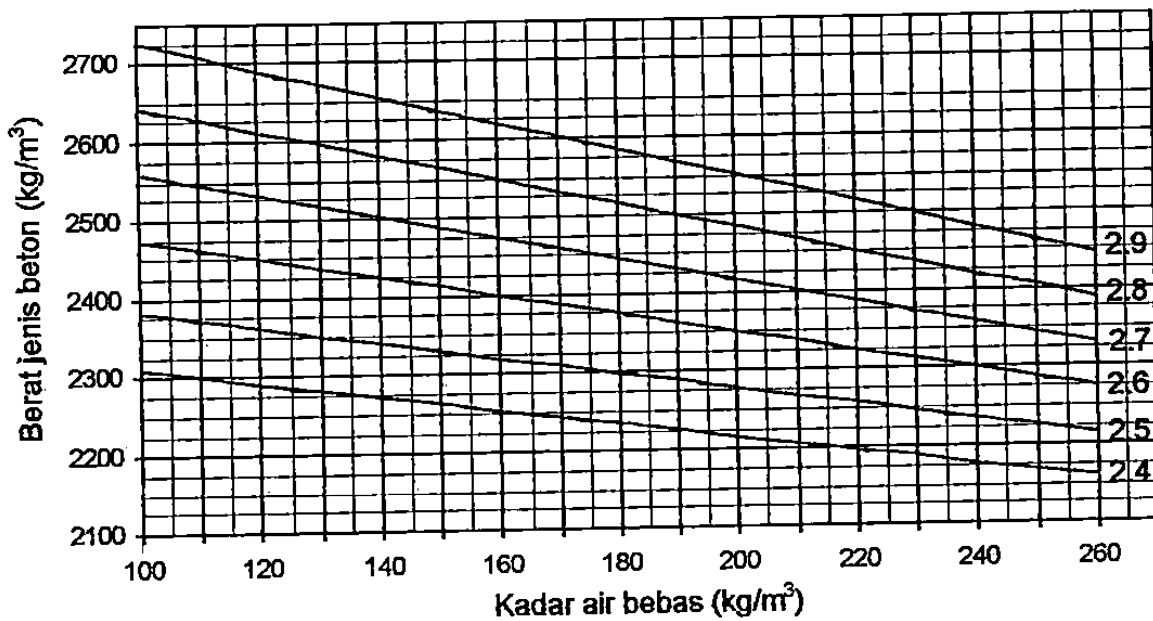
Gambar 3.2d. Batas gradasi pasir daerah no. 4



Gambar 3.3. Batas gradasi kerikil besar butir maksimum 20 mm

(Ukuran butir maksimum 20 mm)





Gambar 3.5. Perkiraan berat jenis beton basah dimampatkan penuh

3.20. Metode Pengujian Slump Beton

Berdasarkan SK SNI : 03-1972-1990, Metode pengujian ini digunakan untuk menentukan besarnya slump beton (concrete slump).

Peralatan : Cetakan dari logam tebal min 1,2 mm berupa kerucut terpancung (cone), tongkat pemadat, pelat logam, sendok cekung dan mistar ukur.

Prosedur Pengujian : Basahi cetakan dan pelat dengan kain basah, letakkan cetakan di atas pelat, lalu isilah cetakan sampai penuh dengan beton segar dalam tiga lapis. Setiap lapis ditusuk sebanyak 25 tusukan dan ratakan permukaan benda uji dengan tongkat. Kemudian angkat cetakan dan balikkan, dan letakkan disamping benda uji. Ukur slump yang terjadi dengan menentukan perbedaan tinggi cetakan dengan tinggi rata-rata benda uji. Dalam laporan slump dinyatakan dalam satuan Cm.

Hasil pengujian ini digunakan dalam pekerjaan, perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembeconan.

3.21. Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton.

Berdasarkan SK SNI : 03-2493-1991, metode ini digunakan untuk pembuatan dan perawatan benda uji di laboratorium ; mencakup peralatan, bahan, benda uji

Peralatan yang digunakan adalah cetakan berbentuk kubus, balok dan silinder, batang penusuk besar dan kecil, palu pemukul dari karet, plastik atau bahan lain yang lunak dengan berat 0,34 sampai 0,8 kg, penggetar dapat berupa jarum getar atau meja getar, alat uji slump, wadah adukan untuk contoh uji, ayakan, alat uji kadar udara, timbangan dengan ketelitian 0,3 % dari berat benda uji atau 0,1 % dari kapasitas maksimum dan pengaduk beton. Benda uji silinder digunakan untuk pengujian kuat tekan, modulus elastisitas, kuat tarik belah dengan minimum diameter 50 mm dan panjang 100 mm. Benda uji prisma yaitu berbentuk balok untuk kuat lentur. Benda uji kubus untuk kuat tekan dan kuat rekat. Benda uji masing-masing dicetak dengan sumbu memanjang horisontal sesuai dengan jenis pengujian, ukuran yang disesuaikan dengan gradasi agregat. Jumlah benda uji minimum 3 buah untuk setiap jenis. Bahan-bahan terdiri dari semen, agregat, air dan bahan tambahan untuk sesuai dengan standar yang berlaku.

Cara pelaksanaan : Pembuatan benda uji, timbang bahan-bahan dan aduk dengan tangan atau mixer. Slump dan kadar udara diukur dengan metode yang berlaku. Pencetakan benda uji, pemadatan dilakukan dengan cara ditusuk atau digetar sesuai dengan ketentuan jumlah penusukan dan lama penggetaran.

Perawatan benda uji : tutup benda uji dengan kain basah agar kelembaban terjaga. Lelepaskan cetakan setelah benda uji berumur 20 jam dan tidak boleh lebih dari 48 jam. Rendam benda uji dalam air pada suhu 21 - 25 oC, dalam air yang jenuh kapur atau ditempatkan pada ruang lembab. Keluarkan benda uji dari rendaman. Sebelum pengujian permukaan benda uji cukup kering.

3.22. Metode Pengujian Berat Isi Beton

Berdasarkan SK SNI : 03-1973-1990, Metode pengujian ini untuk menentukan berat isi (unit weight) beton segar (fresh concrete) serta banyaknya semen per meter kubik beton. Pengujian ini dilakukan terhadap contoh beton segar yang mewakili suatu campuran beton. Berat isi beton adalah berat beton segar per satuan isi.

Peralatan yang digunakan adalah : timbangan, tongkat pemadat, alat perata dan takaran bentuk silinder. Prosedur pengujiannya meliputi kegiatan sebagai berikut :

1. Timbang takaran dengan benda uji dalam tiga lengan

2. Tiap-tiap lapis dipadatkan dengan 25 kali tusukan secara merata
3. Untuk takaran 20 liter dilakukan penusukan 50 kali secara merata pada tiap-tiap permukaan lapisan
4. Setelah selesai pemadatan, ketuklah isi takaran perlahan-lahan sampai tidak tampak gelembung-gelembung udara pada permukaan serta rongga-rongga bekas tusukan tertutup
5. Ratakan permukaan benda uji dan tentukan beratnya, kemudian hitung berat isi beton dan banyaknya semen per m³, dengan rumus :

$$D = \frac{W}{V}$$

dimana : W = berat benda uji (kg) dan V = isi takaran (liter)

6. Hitung banyaknya beton untuk campuran satu sak semen, dengan rumus :

$$Y = \frac{W}{D}$$

dimana : W = berat total bahan campuran beton per sak semen (kg)

7. Hitung Banyaknya semen per m³ beton :

$$S = \frac{I}{Y} \text{ (sak / m}^3\text{)}$$

Hasil pengujian ini dapat digunakan antara lain : untuk perencanaan campuran beton dan untuk pengendalian mutu beton pada pelaksanaan.

3.23. Metode Pengujian Kuat Tekan Beton

Berdasarkan SK SNI : 03-1974-1990, Metode pengujian ini digunakan untuk menentukan kuat tekan (compressive strength) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat dan dimatangkan (curing) di laboratorium maupun di lapangan. Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Peralatan : Cetakan silinder diameter 152 mm dan tinggi 305 mm, tongkat pemadat, mesin pengaduk, timbangan, mesin tekan dll. Untuk mendapatkan benda uji harus diikuti beberapa tahapan dari beton segar yang mewakili campuran beton. Isi cetakan dengan adukan beton dalam 3 lapis, dimana setiap lapis dipadatkan dengan 25 x

kedap air. Kemudian biarkan 24 jam, setelah itu bukalah cetakan dan keluarkan benda uji, lalu rendam dalam bak perendam berisi air pada temperatur 25°C. Untuk persiapan pengujian: ambil benda uji dari bak perendam tentukan berat dan ukuran benda uji. Lapis permukaan atas dan bawah benda uji dengan mortar belerang dengan cara sebagai berikut : lelehkan mortar belerang di dalam pot peleleh yang dinding dalamnya telah dilapisi tipis dengan gemuk, kemudian letakkan benda uji tegak lurus pada cetakan, benda uji siap diperiksa.

Prosedur pengujian : Letakan benda uji pada mesin tekan secara sentris, dan jalankan mesin tekan dengan penambahan beban antara 2 sampai 4 kg/cm² perdetik. Lakukan pembebanan sampai benda uji menjadi hancur dan catatlah beban maksimum yang terjadi selama pemeriksaan benda uji lalu gambar bentuk pecah dan catatlah keadaan benda uji. Kemudian hitung kuat tekan beton yaitu besarnya beban (P) persatuan luas (A), Kuat Tekan Beton = P/A .

Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam pekerjaan : Perencanaan campuran beton dan pengendalian mutu beton pada pelaksanaan pembangunan.