

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Definisi Beton

Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidraulik lain, agregat kasar, agregat halus, dan air, dengan atau tanpa campuran tambahan yang membentuk massa padat (SK SNI T-15-1991-03).

Beton Normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200- 2500 kg/m² menggunakan agregat alam yang dipecah atau tanpa dipecah yang tidak menggunakan bahan tambahan (SK SNI T-15-1991-03)..

Secara umum dalam volume beton terkandung:

Agregat	± 68%
Semen	± 11%
Air	± 17%
Udara	± 4%

B. Sifat- Sifat Beton

Untuk keperluan perancangan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat- sifat beton perlu diketahui. Sifat- sifat tersebut antara lain (*Mulyono,2004*):

1. Durability (Keawetan)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam waktu yang direncanakan.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan uniaksial benda uji silinderbeton berdiameter 150 mm, tinggi 300 mm dengan satuan Mpa (N/mm^2) untuk standar ACI maupun SNI 91. Sedangkan British Standar benda uji yang digunakan adalah kubus dengan sisi ukuran 150 mm.

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dibandingkan kuat tekannya, yaitu sekitar 10%-15% dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok.

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas beton adalah perbandingan antara kuat tekan beton dengan regangan beton biasanya pada 25%-50% dari kuat tekan beton.

5. Rangkak dan Susut

Rangkak (*Creep*) merupakan salah satu sifat beton dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

Susut (*Shrinkage*) merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

6. Kecelakaan (Workability)

Workability adalah sifat-sifat adukan beton atau mortar yang ditentukan oleh kemudahan dalam pencampuran, pengangkutan, pengecoran, pemadatan, dan finishing. Atau besarnya kerja yang dibutuhkan untuk menghasilkan kompaksi penuh. Salah satu cara yang paling sering dilakukan untuk mengukur kecelakaan beton adalah dengan slump test.

C. Bahan Pembentuk Beton

1. Semen

Semen hidraulik adalah semen yang mengeras apabila dicampur dengan air dan setelah mengeras tidak mengalami kimia jika terkena air.

Semen Portland adalah semen yang diperoleh dengan mencampur bahan-bahan yang mengandung kapur dan lempung, membakarnya pada temperatur yang mengakibatkan terbentuknya klinker dan kemudian menghaluskan klinker dengan gips sebagai bahan tambahan.

Semen portland terbagi menjadi 5 type yaitu (Popovics, S. 1982):

a. Type I atau Portland Composite Cement (PCC)

Merupakan semen yang dipergunakan secara luas untuk konstruksi umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus, antara lain : bangunan, perumahan, gedung-gedung bertingkat, jembatan dan jalan raya.

b. Type II

Semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang. Untuk mencegah seragan sulfat maka pada semen jenis ini, senyawa C_3A harus dikurangi. Semen jenis ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan sebagai berikut:

1. Pelabuhan, bangunan-bangunan lepas pantai.
2. Pondasi atau basement dimana tanah/air tanah terkontaminasi oleh sulfat.
3. Bangunan-bangunan yang berhubungan dengan rawa.
4. Saluran-saluran air buangan/limbah.

c. Type III

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi. Pada semen jenis ini kuat tekan pada umur 3 hari mendekati dengan umur 7 hari pada semen type I. Untuk mempercepat proses hidrasi maka semen jenis ini dibuat lebih halus dengan specific surface tidak kurang dari $2800 \text{ cm}^2/\text{gr}$. Proporsi senyawa C_3S dibuat lebih besar dan proporsi senyawa C_3A lebih kecil. Semen jenis ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan sebagai berikut:

1. Pembuatan beton pracetak
2. Bangunan yang membutuhkan pembongkaran bekisting yang lebih cepat.
3. Perbaikan pavement (beton).

d. Type IV

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan panas hidrasi yang rendah. Retak yang terjadi setelah pengecoran beton massa membuat para ahli memikirkan jenis semen yang sesuai untuk pengecoran beton massa. Untuk mengurangi panas hidrasi yang terjadi (penyebab retak), maka pada semen jenis ini senyawa C_3S dan C_3A dikurangi. Semen jenis ini mempunyai kuat tekan yang lebih rendah dari semen type I. Semen jenis ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan sebagai berikut:

1. Konstruksi Dam
2. Basement
3. Pembetonan pada daerah bercuaca panas.

e. Type V

Semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan yang sangat tahan terhadap sulfat. Penggunaan semen jenis ini sama dengan pada semen type II dengan kontaminasi sulfat yang lebih pekat.

Tabel 1. Kuat Tekan Minimum Semen Portland

Umur	Kuat Tekan Minimum (kg/cm ²)				
	Jenis I	Jenis II	Jenis III	Jenis IV	Jenis V
1 hari	-	-	125	-	-
3 hari	125	100	250	-	85
7 hari	200	175	-	70	150
28 hari	-	-	-	175	210

(Sumber: Buku Ajar Bahan Bangunan I Teknik Sipil Universitas Lampung)

2. Agregat

Agregat adalah mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran beton. Agregat diperoleh dari sumber daya alam yang telah mengalami pengecilan ukuran secara alamiah melalui proses pelapukan dan aberasi yang berlangsung lama. Atau agregat dapat juga diperoleh dengan memecah batuan induk yang lebih besar.

Agregat halus untuk beton adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan-batuan atau berupa pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai ukuran butir 5 mm.

Agregat kasar untuk beton adalah agregat berupa kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dan mempunyai ukuran butir antara 5-40 mm. Besar butir maksimum yang diizinkan tergantung pada maksud pemakaian (Popovics, S. 1982).

D. Gradasi Agregat

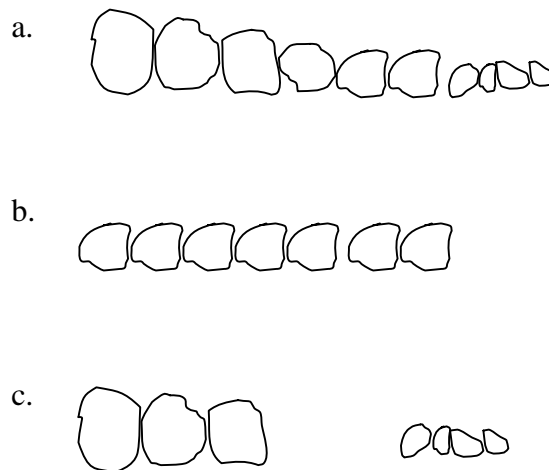
Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Dapat juga disebut pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda sebagai persentase dari total agregat atau persentase kumulatif butiran yang lebih kecil atau lebih besar dari masing-masing seri bukaan saringan. Gradasi agregat juga berguna untuk menentukan proporsi agregat halus terhadap total agregat.

Gradasi agregat dapat digolongkan menjadi 3 macam (Popovics, S. 1982):

1. Gradasi kontinu, dimana ukuran butiran pada agregat kasar dan halus bervariasi mulai dari ukuran yang terbesar sampai ukuran yang terkecil. Seperti pada Gambar 1. a. Gradasi ini merupakan gradasi standar yang secara umum dipakai untuk campuran beton.
2. Gradasi seragam, dimana ukuran butiran hampir sama baik pada agregat halus maupun di agregat kasar, seperti pada Gambar 1.b.
Gradasi agregat jenis ini pada umumnya didapati pada agregat untuk beton ringan.
3. Gradasi celah, merupakan suatu gradasi dimana salah satu atau lebih agregat dalam ukuran tertentu tidak ada, seperti terlihat pada Gambar 1.c. Gradasi agregat jenis ini biasanya terdapat pada pasir yang terlalu halus atau terlalu kasar. Jika salah satu atau lebih dari ukuran butir atau fraksi pada satu set ayakan tidak ada, maka gradasi ini akan menunjukkan satu garis horizontal dalam grafiknya.

Keistimewaan dari gradasi ini antara lain (Setiyo, Fendi. 2006) :

1. Pada nilai Faktor Air Semen tertentu, kemudahan pengerjaan akan lebih tinggi bila kandungan pasir lebih sedikit.
2. Pada kondisi kelecakan yang tinggi, lebih cenderung mengalami segregasi, oleh karena itu gradasi celah disarankan dipakai pada tingkat kemudahan pekerjaan yang rendah, yang pematatannya dengan penggetaran (*vibration*).
3. Gradasi ini tidak berpengaruh buruk terhadap kekuatan beton.



Gambar 1. Macam- macam Gradasi Agregat

Terdapat beberapa gradasi standar untuk agregat antara lain terdapat pada *American Society for Testing and Material (ASTM)*, *British Standard (BS)*, Standar Nasional Indonesia (SNI). Pada dasarnya susunan dan ukuran saringan yang digunakan hampir sama.

Gradasi standar agregat halus dan agregat kasar menurut ASTM-C33 masing-masing terlihat pada Tabel 2 dan Tabel 4. Sedangkan gradasi standar agregat halus dan agregat kasar menurut BS 882 masing-masing terlihat pada Tabel 3 dan Tabel 5.

Tabel 2. Gradasi Standar Agregat Halus (ASTM-C33)

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos
9,5	100
4,75	95-100
2,36	80-100
1,18	50-85
0,6	25-60
0,3	10-30
0,15	2-10
pan	

Tabel 3. Gradasi Standar Agregat Halus (BS 882)

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos
9,5	100
4,75	89-100
2,36	60-100
1,18	30-100
0,6	15-100
0,3	5-70
0,15	0-15
pan	

Tabel 4. Gradasi Standar Agregat Kasar (ASTM-C33)

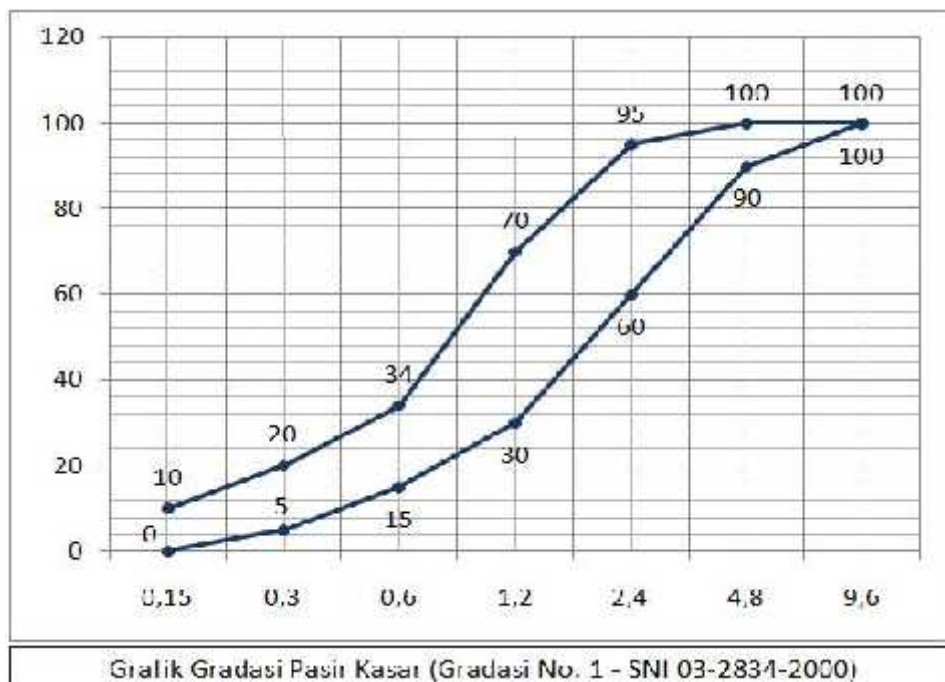
Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos		
	37,5-4,75	19,0-4,75	12,5-4,75
50	100	-	-
38,1	95-100	-	-
25	-	100	-
19	35-70	90-100	100
12,5	-	-	90-100
9,5	10-30	20-55	40-70
4,75	0-5	0-10	0-15
2,36	-	0-5	0-5
pan			

Tabel 5. Gradasi Standar Agregat Kasar (BS 882)

Ukuran Saringan (mm)	Persentase Lolos		
	40-5 mm	20-5 mm	14-5 mm
50	100	-	-
37,5	90-100	100	-
20	35-70	90-100	100
14	-	-	90-100
10	10-40	30-60	50-85
5	0-5	0-10	0-10
2,36	-	-	-
pan			

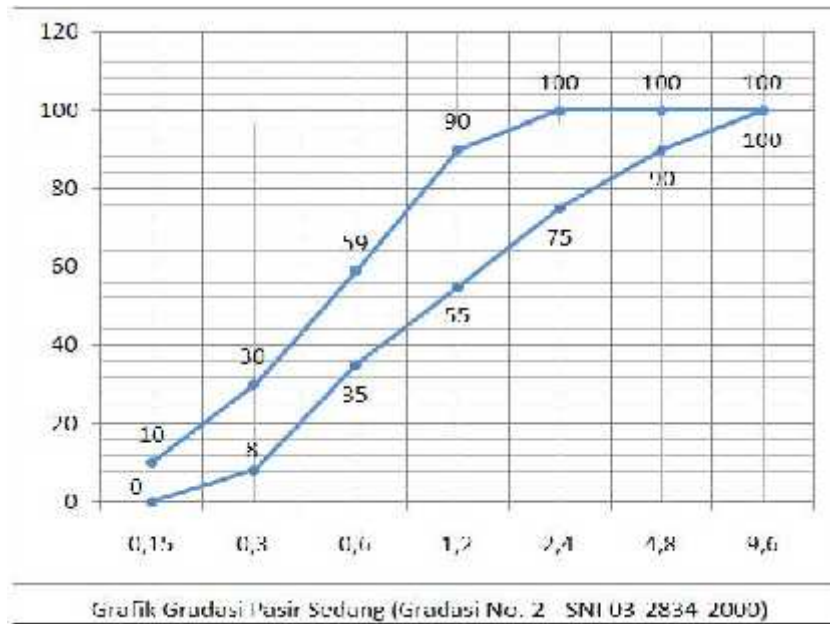
1. Daerah Gradasi Agregat Halus

SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat gradasi untuk agregat halus yang diadopsi dari *British standard* (BS 812). Gradasi agregat halus dikelompokkan menjadi 4 daerah gradasi yaitu daerah 1, daerah 2, daerah 3 dan daerah 4.



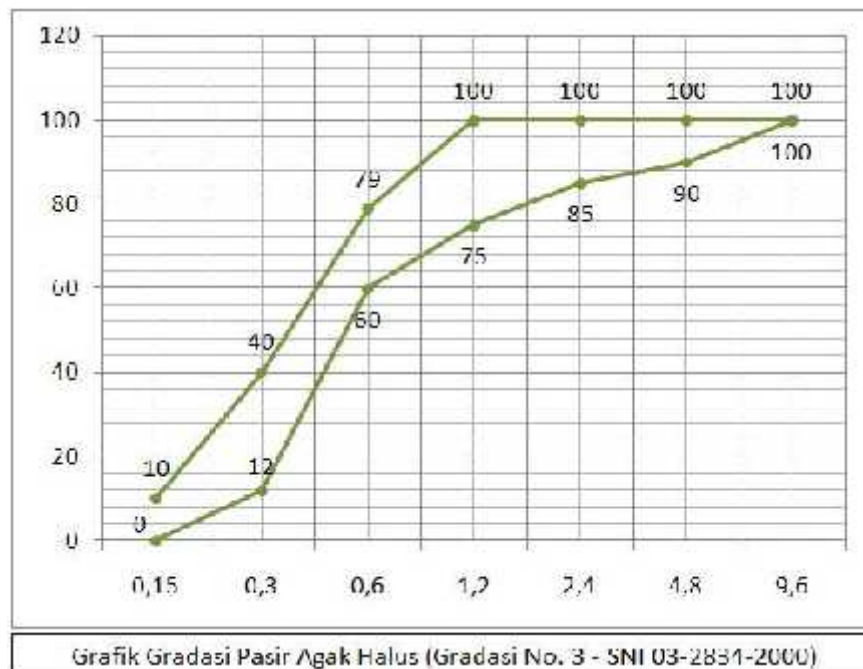
Gambar 2. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Kasar) Daerah 1

(Sumber: Grafik 3, SNI 03-2834-2000)



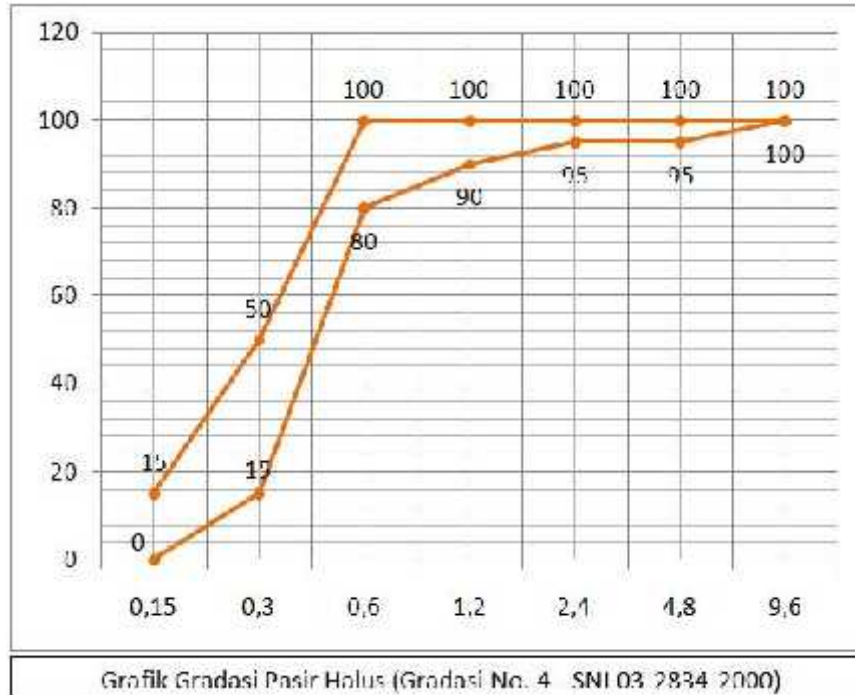
Gambar 3. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Sedang) Daerah 2

(Sumber: Grafik 4, SNI 03-2834-2000)



Gambar 4. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Agak Halus) Daerah 3

(Sumber: Grafik 5, SNI 03-2834-2000)

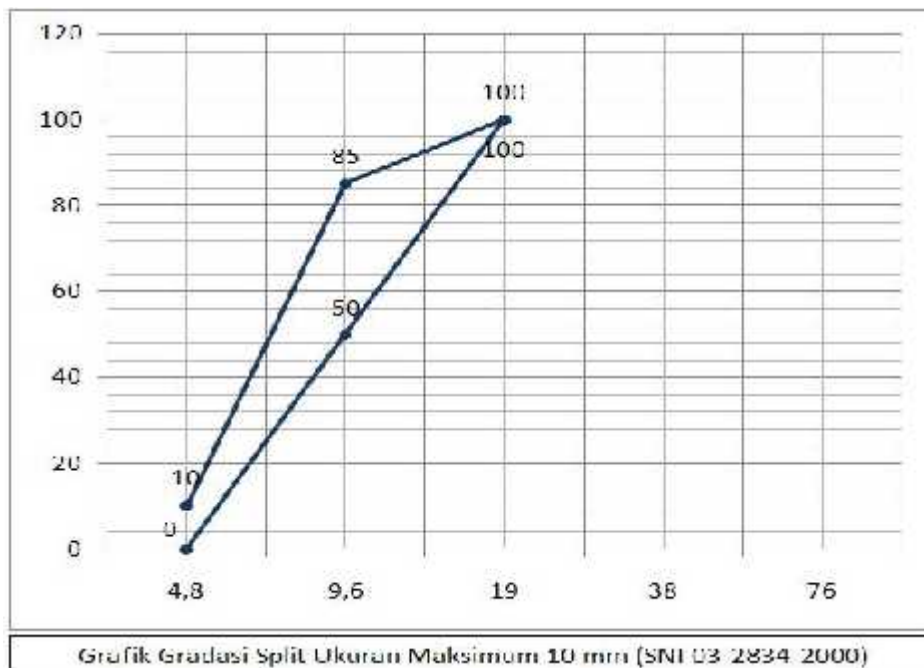


Gambar 5. Kurva Batas Gradasi Agregat Halus (Halus) Daerah 4

(Sumber: Grafik 6, SNI 03-2834-2000)

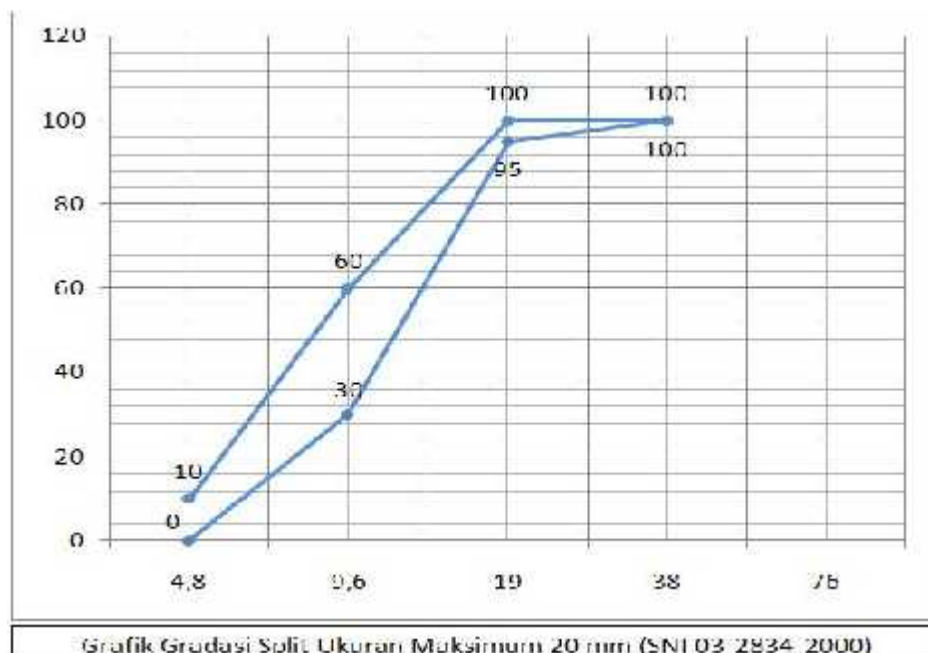
2. Daerah Gradasi Agregat Kasar

British Standard (BS 812) memberikan syarat-syarat daerah gradasi untuk agregat kasar yang dikelompokkan menjadi 3 daerah gradasi yaitu gradasi agregat kasar untuk ukuran agregat maksimum 10 mm, 20 mm, dan 40 mm. Syarat gradasi agregat kasar ini digunakan sebagai panduan dalam pengujian kelayakan gradasi agregat kasar.



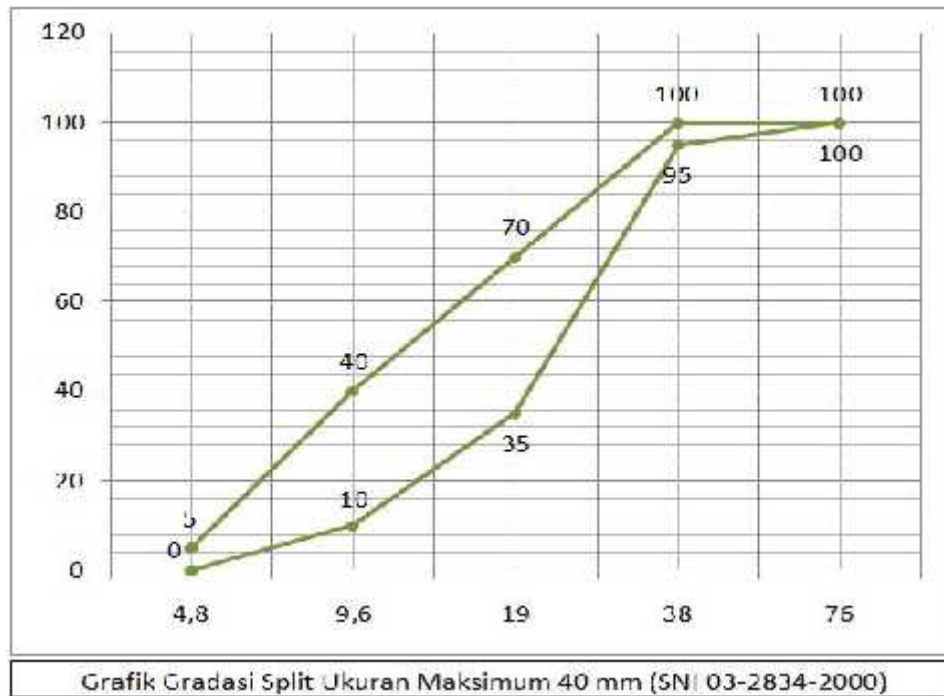
Gambar 6. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 10mm

(Sumber: Grafik 7, SNI 03-2834-2000)



Gambar 7. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 20 mm

(Sumber: Grafik 8, SNI 03-2834-2000)

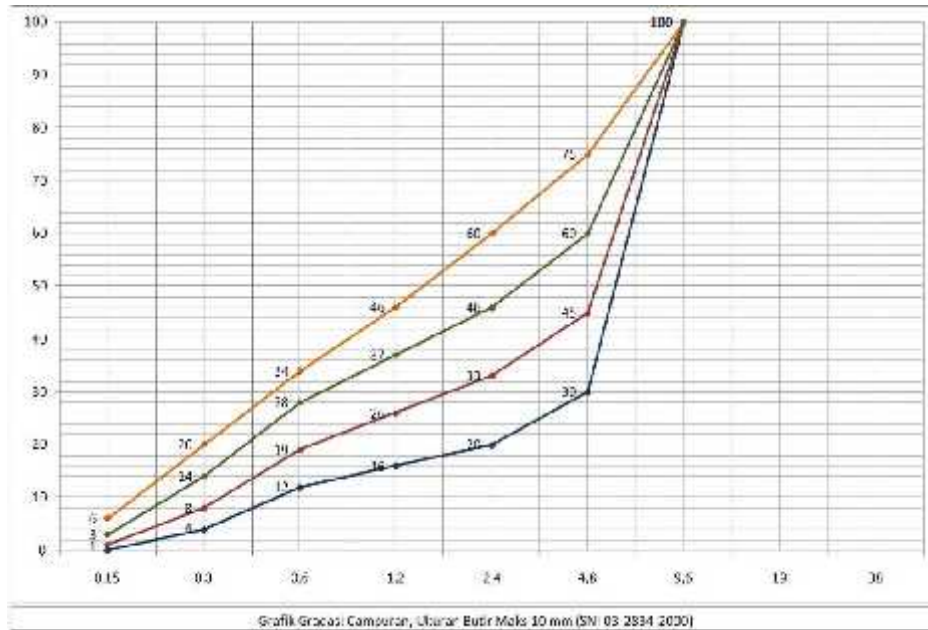


Gambar 8. Kurva Batas Gradasi Agregat Kasar Ukuran Maksimum 40 mm

(Sumber: Grafik 9, SNI 03-2834-2000)

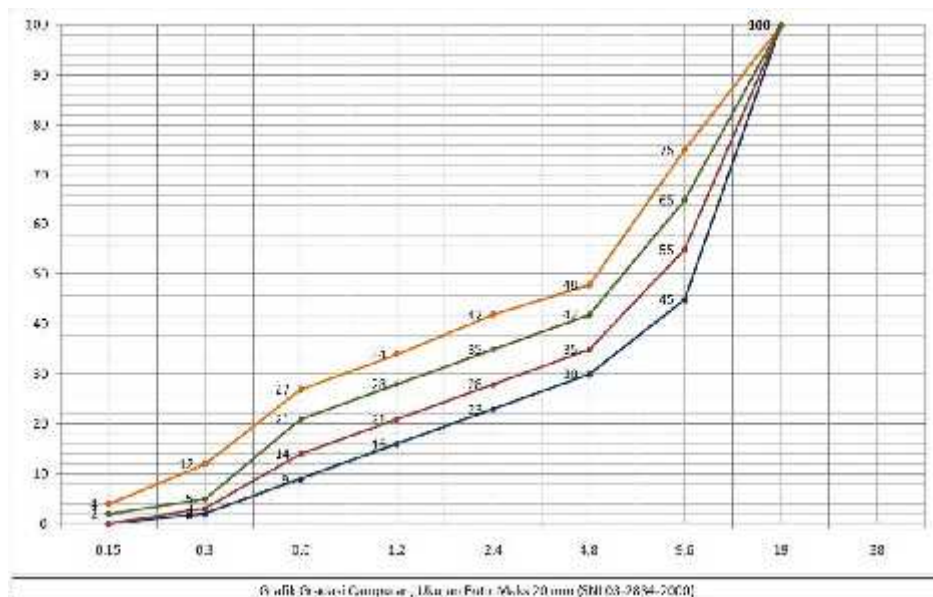
3. Daerah Gradasi Agregat Campuran

Daerah gradasi agregat campuran adalah daerah gradasi gabungan agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan ukuran agregat maksimumnya. Standar SNI 03-2834-2000 memberikan syarat-syarat daerah gradasi untuk agregat campuran yang diadopsi dari *British Standard* (BS 812). Daerah gradasi agregat campuran dikelompokkan menjadi 3 daerah gradasi yaitu gradasi agregat campuran untuk agregat maksimum 10 mm, 20 mm dan 40 mm.

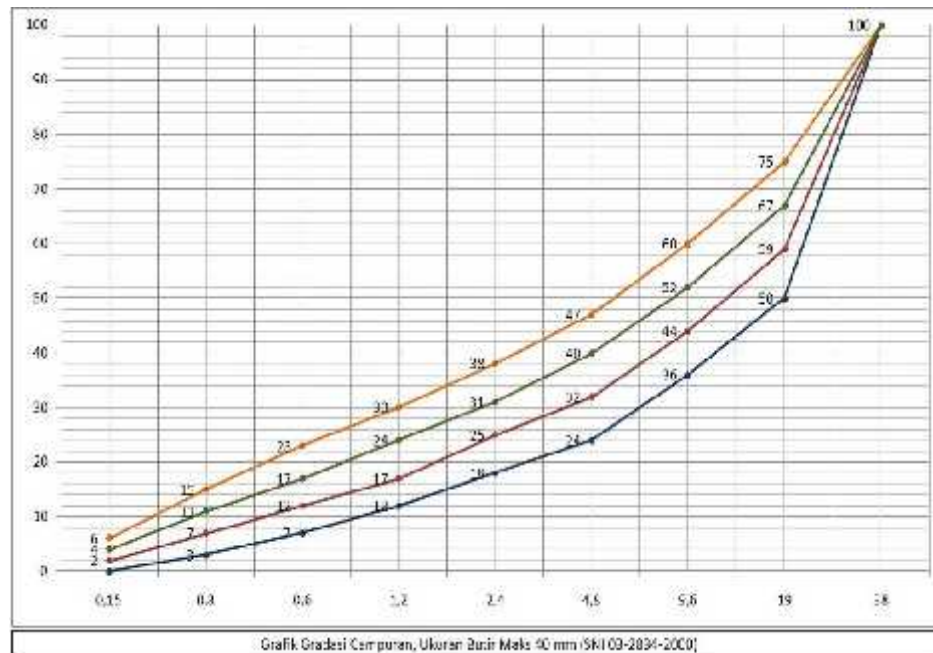


Gambar 9. Kurva Batas Gradasi Agregat Gabungan Untuk Besar Butir Maksimum 10mm

(Sumber: Grafik 10, SNI 03-2834-2000)



Gambar 10. Kurva Batas Gradasi Agregat Gabungan Untuk Besar Butir Maksimum 20mm (Sumber: Grafik 11, SNI 03-2834-2000)



Gambar 11. Kurva Batas Gradasi Agregat Gabungan Untuk Besar Butir
Maksimum 40mm

(Sumber: Grafik 12, SNI 03-2834-2000)

E. Pengujian Beton

Pengujian beton bertujuan untuk mengetahui apakah mutu beton yang telah dicor sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pengujian yang umum dilakukan adalah pengujian kuat tekan terhadap benda uji kubus atau benda uji silinder. Untuk mendeteksi kuat tekan yang lebih cepat, maka dilakukan pengujian pada umur 3 hari atau 7 hari kemudian dikonversi ke umur 28 hari sesuai dengan spesifikasi. Dengan demikian akan terjadi penurunan mutu maka dapat dengan cepat diperbaiki.

1. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menekan benda uji silinder 150 mm x 300 mm pada standar ACI, SNI, dan kubus 150 mm x 150 mm pada standar Inggris. Benda uji yang lebih kecil dapat juga dipakai namun harus dikaitkan dengan ukuran agregat maksimum yang akan digunakan. Biasanya ukuran terkecil cetakan minimal 4 kali diameter agregat maksimum yang digunakan.

Sebelum dilakukan pengujian maka permukaan tekan benda uji silinder harus rata agar tegangan terdistribusi secara merata pada penampang benda uji. Dalam hal ini maka permukaan tekan benda uji silinder harus dicapping yaitu dengan memberi lapisan belerang setebal 1,5 mm – 3 mm pada permukaan tekan benda uji silinder. Cara lain dapat juga dilakukan yaitu dengan memberi lapisan pasta semen (Murdock, L.J. dan Brook, K.M. 1999).

Pengujian dilakukan dengan alat *Compression Testing Machine* dengan kecepatan pembebanan 0,15 Mpa/detik sampai 0,34 Mpa/detik.

Kuat tekan silinder untuk beton normal rata-rata 0,83 kali kuat tekan kubus, namun angka sebenarnya tergantung dari mutu beton yang diuji. Semakin tinggi kuat tekan beton maka rasio kuat tekan silinder terhadap kubus akan mendekati satu (Mulyono, 2004).

Kuat tekan beton ditentukan sebagai tegangan normal tekan maksimum dari pengujian tekan silinder beton.

Berdasarkan SK SNI T-15-1990-03 kuat tekan beton dapat dihitung dengan rumus dibawah ini.

Tegangan tekan maksimum.

$$f_c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (1)$$

dengan :

f_c = kuat tekan (MPa)

P = beban tekan maksimum (N)

A = luas penampang silinder beton = $\frac{1}{4} \pi D^2$ (mm²)

Kuat tekan beton yang disyaratkan.

$$f_c = f_{cr} - 1,64 S \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

f_c = Kuat tekan beton yang disyaratkan (MPa)

f_{cr} = Kuat tekan beton rata-rata (MPa)

$$f_{cr} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \dots\dots\dots (3)$$

n = jumlah benda uji

S = deviasi standar

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (f_i - \bar{f})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4)$$

2. Modulus Elastisitas Beton

Modulus elastisitas beton merupakan perbandingan dari tegangan tarik/tekan yang diberikan dengan perubahan panjang/pendek bentuk per-satuan panjang (regangan), sebagai akibat dari tegangan yang diberikan pada bahan beton tersebut.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung modulus elastisitas beton ringan :

1. Persamaan Modulus Elastisitas hasil penelitian:

$$\text{Modulus Elastisitas } (E_c) = \frac{\sigma}{\epsilon_T} \dots\dots\dots (5)$$

σ = tegangan pada 40% tegangan batas (MPa)

ϵ_T = regangan pada 40% tegangan batas

$$\text{Regangan } () = L/L \text{ (dalam hal ini } L = 200) \dots\dots\dots(6)$$

dengan :

L = perpendekan tinggi silinder beton

2. Prediksi berdasarkan persamaan empiris

- a. Usulan persamaan ACI 318-83 M

$$E_c = 0,043 \cdot W_c^{1,5} \cdot \sqrt{f'_c} \text{ (MPa)} \dots\dots\dots (7)$$

untuk W_c antara 1500 -2500 kg/m³

dengan :

$$W_c = \text{berat volume padat beton} = \frac{\text{berat beton}}{\text{volume beton}} \text{ (kg/m}^3\text{)}$$

f'_c = kuat tekan silinder beton (MPa)

b. Usulan persamaan Hognestad

$$E_c = 6900 + 250 f'_c \dots\dots\dots (8)$$

dengan :

f'_c = kuat tekan silinder beton (MPa)