

TEKNOLOGI BETON MUTAKHIR

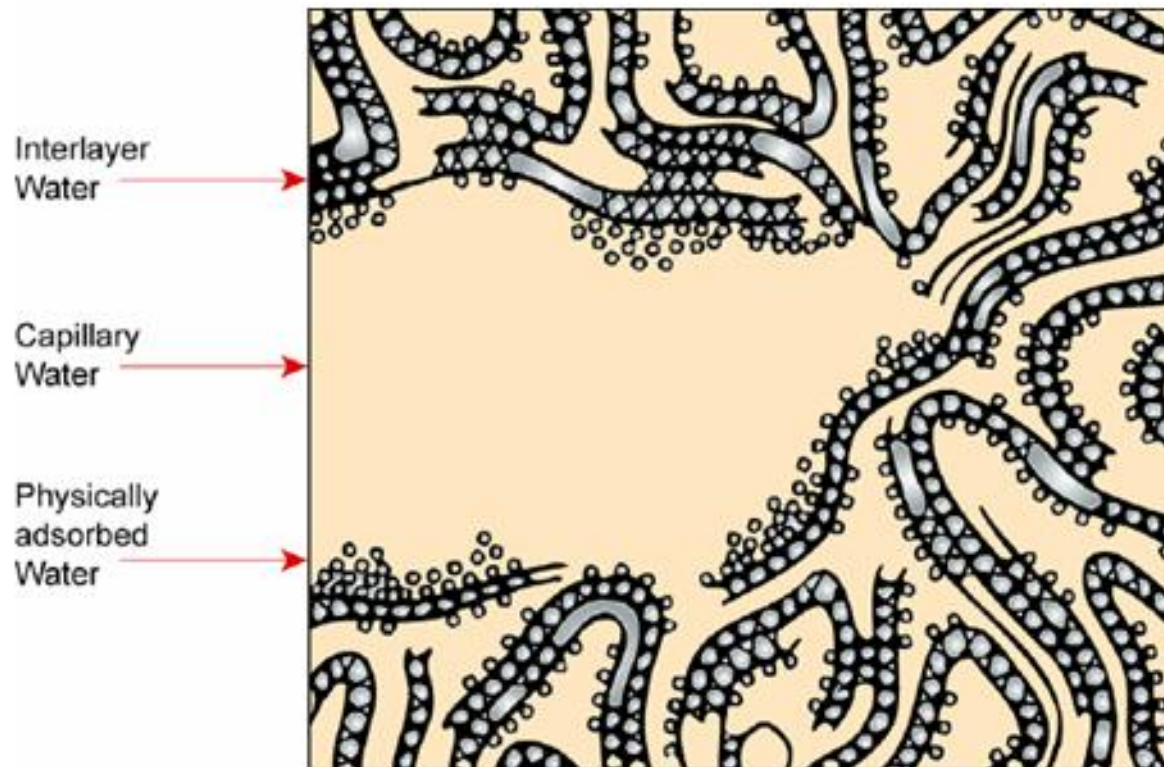
BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

AIR

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

AIR

- Air dalam mikrostruktur:



KUALITAS AIR

Kualitas air penting karena ketidak murnian air dapat mempengaruhi / menghambat proses setting semen, dapat menimbulkan efek negatif terhadap kekuatan beton atau menakibatkan noda-noda pada permukaan beton, dan dapat pula menimbulkan korosi pada tulangan. Harus dibedakan antara air campuran dan air yang agresif terhadap beton yang sudah mengeras. Beberapa jenis air yang agresif terhadap beton yang sudah mengeras ada yang bersifat tidak merugikan atau malah menguntungkan jika digunakan sebagai air pencampur.

AIR CAMPURAN

Didalam banyak spesifikasi teknis, kualitas air pencampur biasanya disyaratkan sebagai air yang dapat diminum. Air yang dapat diminum biasanya mengandung solid kurang dari 1000 ppm. Syarat ini sebenarnya tidak absolute; karena air minum tidak cocok digunakan sebagai air campuran apabila mengandung kadar sodium dan potassium yang tinggi (umum dijumpai pada air tanah) sehingga dapat menimbulkan bahaya reaksi alkali – agregat. Setiap air dengan pH (derajat keasaman) antara 6.0 dan 8.0 dan rasanya tidak payau dapat digunakan untuk air campuran beton. Air yang mengandung bahan organik (umum dijumpai pada air permukaan) dapat menghambat proses pengerasan beton. Air laut meningkatkan resiko perkaratan tulangan, khususnya didaerah tropika. Air laut dengan kandungan garam ≤ 35.000 ppm dapat digunakan sebagai air pencampur untuk beton tanpa tulangan.

Air yang mengandung jamur jika digunakan sebagai pencampur dapat meningkatkan jumlah udara dalam campuran, sehingga dapat menimbulkan efek negatif terhadap kekuatan. Sebagai contoh, peningkatan kandungan jamur dari 0.09% menjadi 0.23% ternyata meningkatkan kandungan udara sebesar 10.6%. Hal ini dapat menyebabkan reduksi kekuatan sebesar 50%. Air yang mengandung minyak dalam jumlah besar dapat menghambat “setting time” dan mengurangi kekuatan beton.

Air yang cocok digunakan sebagai air campuran dapat digunakan sebagai air pembersih “concrete mixer”.

Beberapa batasan/spesifikasi yang ada (B.S) untuk air pencampur:

- Kandungan klorida ≤ 500 ppm
- Kandungan $SO_3 \leq 1000$ ppm

KANDUNGAN UDARA DALAM BETON

Kandungan udara didalam beton harus benar-benar dikontrol, karena: jika jumlahnya terlalu sedikit akan menurunkan kelecakan dan durabilitas jika jumlahnya terlalu banyak akan menurunkan kekuatan

Kandungan udara dalam campuran beton dipengaruhi oleh :

- jenis dan konsentrasi air entraining admixture yang digunakan
- penggunaan admixture lainnya dalam campuran
- merek dan jenis semen
- kandungan semen; kandungan udara meningkat dengan menurunnya kandungan semen dalam campuran.

- Gradasi dari pasir. Peningkatan prosentase fraksi pasir halus dapat memperkecil kandungan udara
- Slump. Peningkatan slump campuran beton dapat mempertinggi kandungan udara yang dihasilkan
- Suhu. Lebih banyak udara yang masuk ke dalam campuran pada suhu yang rendah dibandingkan pada suhu yang tinggi.
- Jenis mixer dan lamanya pencampuran. Semakin lama proses pencampuran, semakin kecil kandungan udara dalam campuran.
- Penggunaan bahan pengganti sebagian dari semen seperti fly ash, silica fume, dan lain-lain dalam campuran. Material ini jika sifat fisiknya jauh lebih halus dari semen, dapat mengurangi kandungan udara didalam campuran.
- Adanya zat-zat asing seperti jamur dalam campuran.

AIR UNTUK PERAWATAN BETON

Biasanya air dapat digunakan untuk campuran beton, sesuai pula untuk perawatan beton. Sekalipun demikian kandungan besi dan bahan organik pada air yang digunakan untuk perawatan beton dapat menimbulkan noda-noda pada beton dengan penguapan air

Perlu diingatkan : *Air untuk perawatan beton harus bebas dari bahan-bahan yang dapat menyerang beton yang telah mengeras (misalnya serangan oleh CO₂) Perawatan dengan menggunakan air laut dapat memicu serangan korosi pada tulangan*

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

agregat

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

agregat

Agregat

- Agregat mengisi 60-80% dari volume beton. Oleh karena itu karakteristik kimia, fisisk dan mekanik agregat yang digunakan dalam pencampuran sangat berpengaruh sifat-sifat beton yang dihasilkan (seperti kuat tekan, kekuatan, durabilitas, berat, biaya produksi dan lain-lain)
- Agragat alam dihasilkan dari proses pelapukan dan abrasi, pemecahab massa batuan induk yang lebih besar.
- Sifat agragat tergantung dari sifat batuan induk; komposisi kimia dan mineral, klasifikasi petrografik, berat jenis, kekerasan (hardness), kekuatan, stabilitas fisik dan kimia, struktur pori, warna dan lain-lain.
- Sifat agregat yang tidak bergantung dari sifat batuan induk: Ukuran dan bentuk partikel, tekstur dan absorpsi permukaan
- Berat agragat yang digunakan sangat menentukan berat beton yang dihasilkan:
 - Beton ringan 1360-1840 kg/m³
 - Beton normal 2160-2560 kg/m³
 - Beton berat 2800-6400 kg/m³
- Secara umum agregat yang baik haruslah agregat yang mempunyai bentuk yang menyerupai kubus atau bundar, bersih, keras, kuat, bergradasi baik dan stabil secara kimiawi.

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

agregat

Klasifikasi Ukuran

Beton dapat terdiri dari partikel agregat yang ukurannya berkisar pada daerah ukuran sampai suatu maximum, yang biasanya berada diantara ukuran 10 mm sampai 50 mm. Ukuran 20 mm merupakan ukuran tipikal. Gradasi adalah merupakan distribusi ukuran partikel.

Kasar: Batas bawah pada ukuran 4.75 mm atau
Ukuran saringan no. 4 (ASTM)

Agregat
(ASTM C-33)

Halus: Batas bawah ukuran pasir = 0.075 mm (no. 200)
Batas atas ukuran pasir = 4.75 mm (no. 4)

Klasifikasi Petrografi

Dari segi petrografi agregat dapat dibagi dalam beberapa kelompok batuan yang mempunyai karakteristik masing-masing sebagai berikut :

(BS 812 : Part 1 : 1975)

- Kelompok Basalt
- Kelompok Flint
- Kelompok Gabbro
- Kelompok Granit
- Kelompok Gritstone
- Kelompok Hornfels
- Kelompok Limestone
- Kelompok Porphyry
- Kelompok Quartzite
- kelompok Schist

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

agregat

Mineral terpenting yang ada dalam agregat :

(ASTM Standart C294-69)

- Mineral Silica
- Mineral Feldspar
- Mineral Sulphate
- Mineral Micaceous
- Mineral Carbonate
- Mineral Lempung
- Mineral Sulphate
- Mineral Ferromagnesian
- Mineral Ion oksida besi
- Zeolites

Klasifikasi Bentuk dan Tekstur

Karakteristik bagian luar agregat, terutama bentuk partikel dan tekstur permukaan memegang peranan penting terhadap sifat beton segar dan beton yang sudah mengeras.

Klasifikasi Bentuk Partikel Agregat Menurut BS 812 : Part 1 : 1975

- Rounded
- Angular
- Irregular
- Elongated
- Flaky
- Flaky & Elongated

Partikel dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang tinggi menurunkan workability campuran beton (contoh partikel yang berbentuk flaky dan elongated). Partikel dengan bentuk flaky juga merugikan bagi durabilitas beton karena partikel-partikel ini cenderung untuk terorientasi pada satu bidang, sehingga air dan gelembung udara dapat terbentuk dibagian bawahnya. Jumlah partikel yang elongated atau flaky melebihi 10%-15% massa agregat kasar dianggap merugikan.

BAHAN DASAR PENYUSUN BETON

agregat

Klasifikasi Tekstur Permukaan Agregat

Menurut BS 812 : Part 1 : 1975

- Glassy
- Smooth
- Granular
- Rough
- Crystalline
- Honeycombed

Bentuk dan tekstur permukaan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton segar seperti kelecikan/workability. Bentuk dan tekstur agregat, terutama agregat halus, sangat mempengaruhi kebutuhan air campuran beton. Semakin banyak kandungan void pada agregat yang tersusun secara tidak padat, semakin tinggi kebutuhan air.

Sifat Mekanik

Gaya lekat (Bond)

Bentuk dan tekstur permukaan agregat mempengaruhi kekuatan beton, terutama untuk beton berkekuatan tinggi; kekuatan lentur lebih dipengaruhi daripada kekuatan tekan.

Semakin kasar tekstur, semakin besar daya lekat antara partikel dengan matriks semen. Biasanya untuk daya lekat yang baik akan dijumpai partikel agregat yang pecah pada beton yang diuji tekan sampai kapasitasnya. Tetapi terlalu banyak partikel agregat yang pecah menandakan bahwa agregat terlalu lemah.

Klasifikasi Tekstur Permukaan Agregat Menurut BS 812 : Part 1 : 1975

- Glassy - Smooth
- Granular
- Rough
- Crystalline
- Honeycombed

Bentuk dan tekstur permukaan agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat beton segar seperti kelecakan/workability. Bentuk dan tekstur agregat, terutama agregat halus, sangat mempengaruhi kebutuhan air campuran beton. Semakin banyak kandungan void pada agregat yang tersusun secara tidak padat, semakin tinggi kebutuhan air.

Sifat Mekanik

Gaya lekat (Bond)

Bentuk dan tekstur permukaan agregat mempengaruhi kekuatan beton, terutama untuk beton berkekuatan tinggi; kekuatan lentur lebih dipengaruhi daripada kekuatan tekan.

Semakin kasar tekstur, semakin besar daya lekat antara partikel dengan matriks semen. Biasanya untuk daya lekat yang baik akan dijumpai partikel agregat yang pecah pada beton yang diuji tekan sampai kapasitasnya. Tetapi terlalu banyak partikel agregat yang pecah menandakan bahwa agregat terlalu lemah.

Mekanisme lekatan (bond) antara Agregat dan Pasta semen :

Ikatan fisik,

Yaitu agregat yang mempunyai permukaan yang kasar dapat mengembangkan ikatan yang baik dengan pasta semen.

Ikatan kimia,

Agregat yang mengandung silika (jenis slag) dapat mengikat dengan pasta semen secara kimiawi (reaksi hidrasi pada permukaan agregat). Besarnya ikatan ini fungsi dari nilai a/s dan derajat hidrasi beton.

Ikatan antara agregat dengan pasta semen sering menjadi bagian yang terlemah dari beton.

Kekuatan

Informasi mengenai kekuatan agregat harus diperoleh dari pengujian tak langsung antara lain dari pengujian tekan sample batuan, nilai crushing tumpukan agregat atau performansi agregat dalam beton.

Kekuatan agregat yang dibutuhkan pada beton umumnya lebih tinggi daripada kekuatan betonnya sendiri. Hal ini dikarenakan tegangan sebenarnya yang bekerja pada titik kontak masing-masing partikel agregat biasanya jauh lebih tinggi daripada tegangan tekan yang bekerja pada beton.

Agregat dengan kekuatan moderat atau rendah dan yang mempunyai modulus elastis rendah bersifat baik dalam mempertahankan integritas beton pada saat terjadinya perubahan volume akibat perubahan suhu atau sebab lainnya. Tegangan yang timbul pada pasta semen biasanya lebih rendah jika agregat lebih kompresibel.

Toughness

Toughness dapat didefinisikan sebagai daya tahan agregat terhadap kehancuran akibat beban impak.

Hardness

Hardness atau daya tahan terhadap keausan agregat, merupakan sifat yang penting bagi beton yang digunakan untuk jalan atau permukaan lantai yang harus memikul lalu lintas berat (Heavy structure).

Los Angeles Test

Test ini mengkombinasikan proses atrisi dan abrasi, dan memberikan hasil yang menunjukkan korelasi yang baik dengan keausan actual agregat pada beton dan juga kekuatan tekan dan lentur beton yang dibuat dengan agregat yang bersangkutan.

Sifat Fisik

Specific Gravity
unit (relative density) :Perbandingan massa (atau berat diudara) dari suatu volume bahan terhadap massa air dengan volume yang sama pada temperature tertentu.

Apparent Specific Gravity
(Apparent Particle Density) dioven :Perbandingan massa agregat kering (yang pada 110^o selama 24 jam) terhadap massa air dengan volume yang sama dengan agregat tersebut.

Bulk Specific Gravity (SSD) :Perbandingan massa agregat SSD (Saturated (Apparent Bulk density) dan Surface Dry) terhadap massa air dengan volume yang sama dengan agregat tersebut

Bulk density :Massa actual yang akan mengisi suatu penampang/wadah dengan volume satuan.
Parameter ini berguna untuk merubah ukuran massa menjadi ukuran volume

Porositas dan Absorpsi :Porositas, permeabilitas dan absorpsi agregat mempengaruhi daya lekat antara agregat dan pasta semen, daya tahan beton terhadap pembekuan dan pencairan, stabilitas kimia, daya tahan terhadap abrasi dan specific gravity

Sifat- sifat lainnya

Gradasi

Gradasi dan ukuran maksimum agregat sangat penting, karena besaran ini mempengaruhi proporsi agregat dalam campuran, kebutuhan air, jumlah semen, biaya produksi, sifat susut dan durabilitas beton. Agregat yang memenuhi persyaratan batas gradasi dapat memberikan hasil terbaik. Hal ini dapat dijelaskan dengan teori rongga minimum (lihat gambar).

Kandungan air

Ada dua bentuk kandungan air pada agregat, yaitu:

- Kandungan Air serapan, yaitu kandungan air yang diserap oleh rongga didalam partikel agregat dan biasanya tidak terlihat
- Kandungan air permukaan, yaitu kandungan air yang menempel pada permukaan agregat.

Besarnya kandungan air pada agregat yang akan digunakan perlu diketahui untuk mengontrol besarnya jumlah air didalam suatu campuran beton.

Kondisi agregat berdasarkan kandungannya dibagi atas :

- **Kering oven**, yaitu kondisi agregat yang dapat menyerap air dalam campuran beton secara maksimal (dengan kapasitas penuh)
- **Kering udara**, yaitu kondisi agregat yang kering permukaan namun mengandung sedikit air dirongga-rongganya. Agregat jenis ini juga dapat menyerap air didalam campuran walaupun tidak dengan kapasitas penuh.
- **Jenuh** dengan permukaan kering, yaitu kondisi agregat yang permukaannya kering, namun semua rongga-rongganya terisi air. Didalam campuran beton, agregat dengan kondisi ini tidak akan menyerap ataupun menyumbangkan air kedalam campuran.
- **Basah**, yaitu kondisi agregat dengan kandungan air yang berlebihan pada permukaannya. Agregat dengan kondisi ini akan menyumbangkan air kedalam campuran, sehingga jika tidak diperhitungkan akan merubah nilai rasio air-semen didalam campuran.

Stabilitas kimia agregat

Agregat harus stabil secara kimiawi, sehingga tidak akan merusak hasil reaksi hidrasi beton.

Berat isi

Berat isi agregat adalah berat agregat yang ditempatkan didalam wadah dengan volume tertentu. Berat isi agregat untuk beton normal berkisar antara 1200-1760 kg/m³.

Keuntungan digunakan agregat :

Murah

Menimbulkan sifat volume yang stabil

Mengurangi susut

Mengurangi rangkak

Memperkecil pengaruh suhu

Bulking pada pasir

Efek lain dari adanya kelembaban pada pasir adalah bulking, yaitu penambahan volume pasir akibat adanya lapisan air yang mendorong partikel pasir sehingga berada pada jarak yang lebih jauh. Bulking mempengaruhi penakaran pasir bila berdasarkan volume (volume batching).

Unsoundness karena perubahan volume

Perubahan volume yang besar pada agregat dapat disebabkan karena proses pembekuan dan pencairan, perubahan temperature dibawah titik beku dan pergantian terus menerus dari pengeringan dan pembasahan. Bila agregat unsound, perubahan kondisi fisik tersebut dapat mengakibatkan kerusakan beton seperti scaling dan bahkan keretakan permukaan yang ekstensif.

Bahan-bahan yang tidak diinginkan pada agregat

Tiga katagori bahan-bahan yang tidak diinginkan yang mungkin terdapat pada agregat:

- ***Ketidak murnian***: mempengaruhi proses hidrasi semen dan setting pasta semen. Contoh: bahan organik seperti produk pembusukan tumbuhan seperti, humus, dapat dihilangkan dengan mencuci.
- ***Pelapisan (coating)*** pada permukaan agregat yang menghalangi terjadinya lekatan yang baik antara agregat dan pasta semen. Contoh: lempung pada agregat, debu atau lumpur. Kontaminasi garam, dapat mengakibatkan perkaratan tulangan, dapat diatasi dengan mencuci agregat.
- ***Unsoundness*** karena adanya agregat yang unsound atau lemah. Contoh; gumpalan lempung, potongan kayu dan batu bara. Bila jumlahnya besar (antara 2-5% massa agregat), partikel ini bahaya bagi kekuatan beton dan terutama harus dihindari untuk beton yang harus mengalami gaya-gaya yang dapat mengakibatkan abrasi.

Analisa saringan

Analisa saringan adalah proses untuk membagi suatu contoh agregat kedalam fraksi-fraksi dengan ukuran partikel yang sama dengan maksud untuk menentukan gradasi dan distribusi ukuran agregat. Ukuran saringan BS dan ASTM yang biasa digunakan untuk menentukan gradasi agregat.

AGREGAT KASAR		AGREGAT HALUS	
BS bukaan (mm)	ASTM bukaan (mm)	BS bukaan (mm)	ASTM bukaan (mm)
75	75	5.00	4.75
-	63	2.36	2.36
50	50	1.18	1.18
37.5	37.5	600 μm	600 μm
-	25	300 μm	300 μm
20	19	150 μm	150 μm
-	12.5		
14	-		
10	9.4		

Contoh analisis saringan

Ukura Bukaan BS	% Massa Tertahan	% Tertahan (Gram)	% Kumulatif Yang Lolos	% Kumulatif Tertahan
10 mm	0	0.0	100	0
5.0 mm	6	2.0	98	2
2.36 mm	31	10.1	88	12
1.18 mm	30	9.8	78	22
600 μ m	59	19.2	59	41
300 μ m	107	34.5	24	76
150 μ m	53	17.3	7	93
<150 μ m	21	6.8	-	-
Total	307			246

Modulus Kehalusan = 2.46

Fineness Modulus

- Fineness modulus didefinisikan sebagai jumlah persen kumulatif yang tertahan pada saringan seri standar, dibagi 100. Seri standar terdiri dari saringan yang masing-masing mempunyai ukuran sebesar 2x ukuran saringan sebelumnya : 150, 300, 600 μm , 1.18, 2.36, 5.00 mm (ASTM no 100, 50, 30, 16, 8 dan 4).
- Bila misalnya semua partikel pada suatu sample lebih kasar daripada saringan 600 μm , maka persen kumulatif yang tertahan pada saringan 300 μm harus diambil sebesar 100; demikian juga halnya untuk saringan 150 μm .
- Biasanya fineness modulus dihitung untuk agregat halus. Nilai tipikal berkisar antara 2.3 sampai 3, nilai yang lebih tinggi menyatakan gradasi yang lebih kasar.
- Fineness modulus berguna dalam mendeteksi variasi kecil pada agregat yang berasal dari sumber yang sama, yang dapat mempengaruhi workability beton segar.

Persyaratan Gradasi

Gradasi mempengaruhi workability campuran beton namun tidak mempengaruhi kekuatan. Sekalipun demikian, untuk mencapai kekuatan yang tinggi dibutuhkan kompaksi/pemadatan maksimum dengan besar usaha yang masih dapat diterima, yang mana hal ini hanya dapat dilakukan apabila campuran cukup workable.

Tidak ada gradasi yang ideal, karena adanya pengaruh lain yang berinteraksi, antara factor factor utama yang mempengaruhi workability, yaitu:

- Luas permukaan agregat yang menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk membasahi seluruh partikel
- Volume relative yang ditempati oleh agregat
- Kecenderungan terhadap segragasi
- Jumlah butir halus (fine) dalam campuran beton

Persyaratan Volume Absolut Butir Halus

Ukuran Maksimum Agregat (mm)	Volume Absolut Butir Halus (Fines) Sebagai Fraksi Volume Beton
8.	0.165
16.	0.140
32.	0.125
63.	0.110

Ukuran Agregat Maksimum

Semakin besar partikel agregat, semakin kecil luas permukaan yang harus dibasahi per unit massa (yaitu specific surface). Oleh karena itu, memperlebar rentang gradasi agregat dengan menggunakan ukuran maksimum yang lebih besar akan memperkecil kebutuhan air campuran. Sehingga untuk tingkat workability tertentu rasio air-semen dapat dikurangi dan konsekuensinya kekuatan meningkat. Tetapi walaupun begitu ada batas atas ukuran maksimum agregat dimana peningkatan kekuatan akibat berkurangnya kebutuhan air masih dapat mengimbangi efek negatif yang timbul dengan berkurangnya luas permukaan lekatan dan dengan adanya diskontinuitas akibat penggunaan agregat berukuran besar yang menyebabkan sifat heterogenitas beton menjadi menonjol. Sifat heterogenitas ini memberi pengaruh negative terhadap kekuatan beton. Untuk beton struktural ukuran agregat maksimum dibatasi pada ukuran 25mm sampai 40 mm, karena pertimbangan ukuran penampang beton dan jarak antara tulangnya.

Gradasi Praktis

Jadi adalah penting untuk menggunakan agregat dengan gradasi sedemikian rupa sehingga diperoleh workability yang cukup dan segregasi minimum sehingga dicapai beton yang kuat dan ekonomis. BS 882 : 1983 dan ASTM C 33-84 memberikan limit gradasi untuk agregat halus dan agregat kasar.

Spesifikasi Gradasi Agregat halus			
Ukuran Saringan		% Yang Lolos	
BS	ASTM	BS	ASTM
10 mm	3/8 in	100	100
5 mm	3/16	89-100	95-100
2.36 mm	8	60-100	80-100
1.18 mm	16	30-100	50-85
600 µm	30	15-100	25-60
300 µm	50	5-70	10-30
150 µm	100	0-15	2-10

Agregat yang Gap-Graded (Bergradasi celah)

Pada kurva gradasi, gap gradasi terlihat sebagai garis horizontal pada daerah ukuran yang ditiadakan. Untuk menghindari segragasi, gap-grading direkomendasikan untuk digunakan terutama untuk campuran beton dengan workability yang rendah yang akan dipadatkan dengan vibrator, dalam pengerjaannya diperlukan control dan penanganan yang lebih baik