

BAB II

TEORI TENTANG KERIKIL

Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil dan batu pecah, yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidrolis atau adukan. Agregat secara umum menempati 70% – 75% dari volume beton. Keadaan agregat mempengaruhi perencanaan disain beton dan nilai ekonominya. Oleh sebab itu karakteristik agregat sangat mempengaruhi sifat beton nantinya.

Agregat yang akan digunakan untuk beton harus memenuhi persyaratan khusus, seperti kebersihan, kekerasan, kekuatan, ketahanan, dan tidak mengandung material tertentu yang dapat mempengaruhi kekuatan beton pada umur tertentu seperti tanah liat, mika, batu bara, kotoran organik, iron pyretes, dan jenis-jenis garam sulfat seperti kalsium, magnesium dan sodium. Persyaratan agregat tersebut harus dipenuhi agar dapat menghasilkan beton yang memenuhi syarat teknik dan ekonomi.

Tabel 2.1 Pengaruh sifat agregat pada sifat beton.¹⁶

Sifat Agregat	Sifat Beton	
Bentuk, tekstur, gradasi	Kelecakan Pengikatan dan pengerasan	Beton cair
Sifat fisik Sifat kimia, mineral	Kekuatan, kekerasan Ketahanan (durability)	Beton keras

Namun sifat-sifat yang lebih dibutuhkan adalah sifat yang berhubungan dengan faktor bentuk dan ukuran agregat daripada faktor jenis batuan. Sehingga beton dapat dibuat dalam jumlah besar dengan menggunakan hampir segala jenis batuan alamiah, apabila jumlah materialnya cukup dan mempunyai kualitas yang cukup seragam.¹⁶

Menurut ukurannya, agregat dibedakan menjadi dua bagian yaitu agregat halus (fine aggregate) dan agregat kasar (coarse aggregate). Agregat halus adalah agregat dengan butiran-butiran yang lolos ayakan 4,75 mm. Agregat halus terdiri dari pasir alam, pasir buatan/pecah, atau kombinasi dari keduanya. Sedangkan agregat kasar adalah agregat dengan butiran-butiran di atas ayakan 4,75 mm. Agregat kasar terdiri dari kerikil alam, batu pecah, pembekuan dari terak dapur tinggi, beton pecah, atau kombinasi dari bahan-bahan itu.

Untuk memperjelas sifat-sifat dari agregat, khususnya agregat kasar maka akan dijelaskan karakteristik agregat yang berhubungan dengan penggunaannya pada beton struktur dan batas-batas nilai yang disyaratkan.

1. KETAHANAN TERHADAP KEAUSAN (ABRASION RESISTANCE)

Ketahanan keausan agregat seringkali dapat digunakan sebagai petunjuk umum untuk menentukan kualitas agregat. Sifat ini sangat penting untuk beton yang digunakan sebagai lantai kerja (heavy-duty floor), seperti untuk pavement, lantai gudang, workshop alat-alat berat. Untuk keperluan tersebut dibutuhkan beton yang tidak hanya kuat tetapi juga tidak cepat aus akibat abrasi atau gesekan antara benda di atasnya dengan beton.

Untuk menentukan besarnya keausan agregat atau kekerasannya (hardness) dapat dilakukan percobaan-percobaan antara lain :

- Bejana tekan Los Angeles (ASTM C131),
- Bejana tekan Rudeloff,
- Leighton Buzzard,
- Rockwell B test.

Besarnya keausan agregat atau angka kekerasan dinyatakan dalam persen bagian hancur yang halus. Batasan besarnya keausan menurut beberapa peraturan atau standar adalah sebagai berikut :

- SII.0052-80 (Standar Industri Indonesia) mensyaratkan seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persyaratan bagian kerikil yang hancur pada Standar Industri Indonesia dengan menggunakan bejana tekan Rudeloff dan bejana geser Los Angeles.

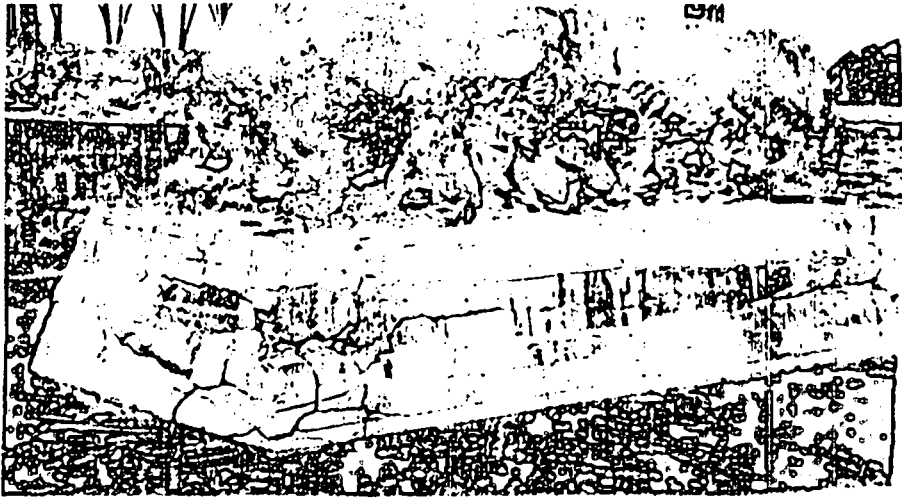
Kelas dan mutu beton	Kekerasan dengan bejana tekan Rudeloff bagian hancur menembus ayakan 2 mm , maksimum %		Kekerasan dengan bejana geser Los Angeles; Bagian hancur Menembus ayakan 1,7 mm maksimum %
	Fraksi butir 19 – 30 mm	Fraksi butir 9,5 – 19 mm	
1	2	3	4
Beton kelas I dan mutu Bo serta mutu B1	22 – 30	24 – 32	40 – 50
Beton kelas II dan atau beton mutu K125, K175 dan K225	14 – 22	16 – 24	27 – 40
Beton kelas III dan atau beton mutu di atas K225 atau beton pratekan	kurang dari 14	kurang dari 16	kurang dari 27

- PUBLI – 1982 (Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia) :
 - a. Kekerasan yang ditentukan dengan bejana Rudellof tidak boleh mengandung bagian hancur yang tembus ayakan 2 mm, lebih dari 32% berat.
 - b. Bagian yang hancur bila diuji memakai mesin Los Angeles, tidak lebih dari 50% berat.
- SII.0087-75 (Standar Industri Indonesia) mensyaratkan bagian yang hilang karena geseran dalam bejana Los Angeles maksimum tidak lebih dari 50%.
- ASTM C 33 – 93 (American Society for Testing and Materials) mensyaratkan bagian yang hancur tidak boleh lebih dari 50% berat pada mesin Los Angeles untuk semua tipe dan penggunaan beton struktur.

2. KETAHANAN TERHADAP ZAT KIMIA (CHEMICAL STABILITY)

Kelompok kimiawi terdiri dari kotoran organis, garam dan alkali. Kotoran organis adalah zat-zat yang berasal dari makhluk hidup seperti gula, humus, dan serpihan kayu. Gula misalnya, akan memperlambat pengikatan semen dengan agregat. Sedangkan humus dan serpihan kayu akan menyebabkan bercak-bercak pada permukaan beton.

Sedangkan alkali yang merusak beton terdiri alkali-silica dan alkali karbonat. Reaksi alkali dengan agregat bisa menyebabkan pengembangan beton tidak normal dan timbul keretakan pada beton. Hal ini dapat diketahui dengan pengujian antara lain, mortar bar test (ASTM C 227), quick chemical test, dan rock cylinder test (ASTM C 586).



Gambar 2.1 Disintegrasi pada beton akibat penggunaan lokal shale sebagai agregat¹³



Gambar 2.2 Disintegrasi pada beton akibat penggunaan agregat dari limestone yang mengandung tanah liat.¹³



Gambar 2.3 Kerusakan pada beton akibat serangan sulfat.¹³

Karena dampak yang ditimbulkan akibat adanya bahan kimia ini cukup serius maka beberapa lembaga mutu mensyaratkan sebagai berikut :

- ASTM C 33 – 93 :
 - a. bagian yang hancur akibat Magnesium sulfat tidak boleh lebih dari 18% berat untuk penggunaan beton yang berhubungan dengan keadaan luar/cuaca (beton exposed),
 - b. apabila digunakan Natrium sulfat maka bagian yang hancur tidak boleh lebih dari 12%.
- SII.0052-80 :
 - a. jika dipakai Magnesium sulfat, bagian yang hancur maksimum 18%,
 - b. jika dipakai Natrium sulfat, bagian yang hancur maksimum 12%.

- PUBI-- 1982 :

- a. Kekekalan terhadap Magnesium sulfat bagian yang hancur, maksimum 10% berat, dan kekekalan terhadap Natrium sulfat bagian yang hancur, maksimum 12% berat.
- b. Kemampuan bereaksi terhadap alkali harus negatif sehingga tidak berbahaya.



Gambar 2.4 Kerusakan pada beton akibat reaksi alkali-agregat.¹³

3. BERAT JENIS AGREGAT

Berat jenis atau specific gravity (GS) dari agregat adalah perbandingan berat agregat dengan berat air pada volume yang sama. Khususnya ini digunakan pada perhitungan mix design dan mengontrol volume absolut agregat. Berat jenis ini bukan sebagai ukuran kualitas agregat.

Pada perhitungan beton, berat jenis saturated dan permukaan agregat kering (SSD) sering digunakan. Ini berarti bahwa seluruh pori-pori pada agregat dianggap diisi oleh air, tetapi air tidak sampai membasahi permukaan agregat.

Bagian terbesar dari berat agregat normal mempunyai berat jenis 2.4 - 2.9. Sebagai contoh, berat jenis granite 2.64, berat jenis limestone 2.50 atau lebih kecil, berat jenis traprock 2.75 atau lebih besar. Untuk suatu agregat besarnya nilai ini adalah tetap.

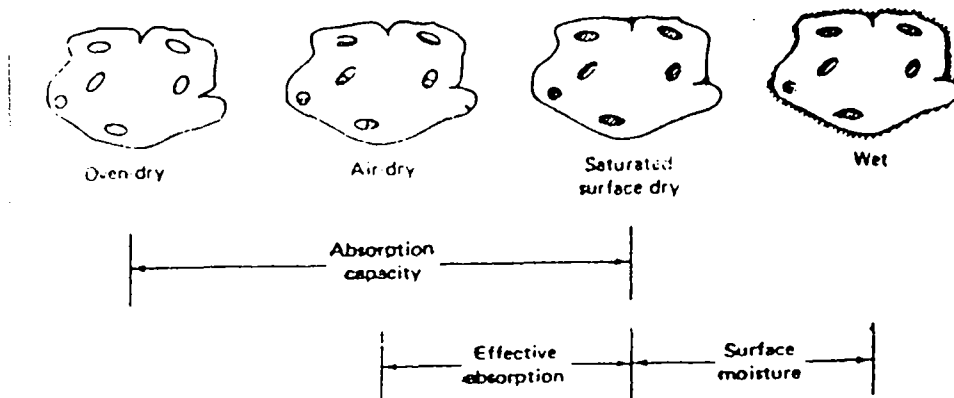
4. DAYA SERAP AGREGAT

Daya serap agregat dapat digunakan untuk menghitung jumlah air yang diperlukan dalam pembuatan beton. Pori-pori dan air yang terkandung dalam agregat mempengaruhi daya serap agregat terhadap air sehingga mempengaruhi jumlah air dalam mix design. Perubahan kadar air pada agregat dapat terjadi pada saat pengiriman, pengaruh cuaca dan lamanya penyimpanan.

Ada empat kondisi kandungan air dalam agregat yaitu:

- oven dry, agregat dimasukkan ke dalam oven pada temperatur $(105 - 110)^{\circ}\text{C}$ selama ± 24 jam. Sehingga dapat dikatakan agregat ini kering kerontang.
- kering udara, suatu agregat dikatakan kering udara jika bagian luar agregat kering akan tetapi bagian dalamnya masih terdapat air. Agregat jenis ini dapat diperoleh dengan menjemur agregat di lapangan terbuka.
- saturated surface dry, suatu agregat yang jenuh air pada bagian dalamnya tetapi kering pada bagian luarnya disebut agregat saturated surface dry. Agregat saturated surface dry didapat dengan merendam agregat dalam air selama 24 jam lalu dijemur beberapa saat sampai permukaannya kering. Kondisi ini dipakai sebagai dasar perhitungan mix design.

- lembab (moist), agregat yang direndam dalam air selama 24 jam, dapat disebut agregat dalam keadaan lembab.



Gambar 2.5 Kondisi kelengasan agregat.¹⁶

Jumlah air total adalah jumlah seluruh air yang ada, baik di dalam pori maupun di permukaan butiran. Kadar air total yaitu persentase jumlah air tersebut terhadap berat agregat kering. Kadar air bebas yaitu persentase jumlah air di luar butir saja. Kadar air bebas dipakai sebagai dasar perencanaan campuran, karena dalam mix design agregat dianggap dalam keadaan saturated surface dry.

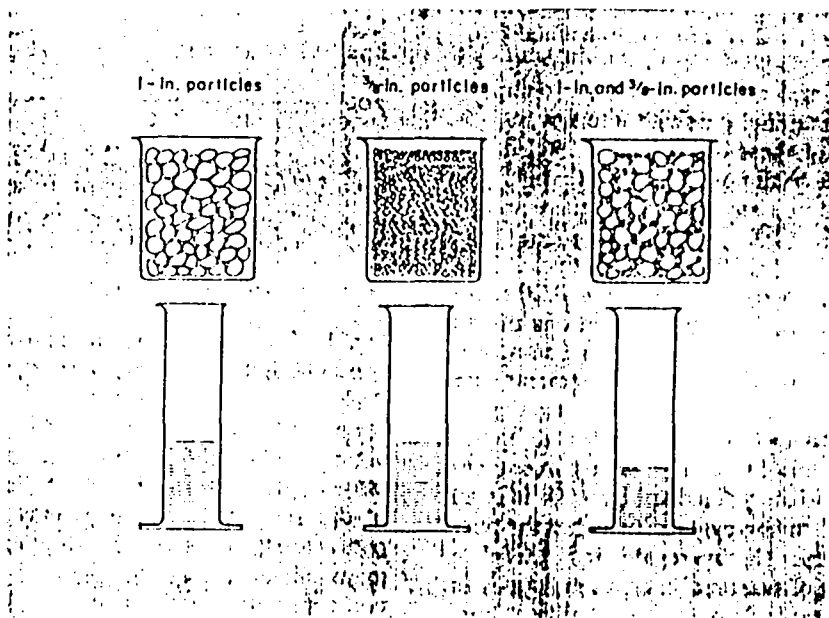
5. GRADASI

Gradasi suatu agregat adalah distribusi ukuran butiran agregat. Gradasi ini dapat diperoleh dengan melakukan analisa ayakan. Hasil dari analisa ayakan ini dapat digambarkan dalam suatu grafik dimana ukuran butir sebagai absis dan persen berat yang melalui ayakan sebagai ordinat. Dalam praktek, untuk mudahnya gradasi dinyatakan dengan angka yang disebut modulus kehalusan. Dari analisa ayakan, dapat ditentukan fineness modulus dari agregat tersebut. Fineness modulus (modulus

kehalusan) merupakan suatu angka yang secara kasar menggambarkan rata-rata ukuran butir agregat.

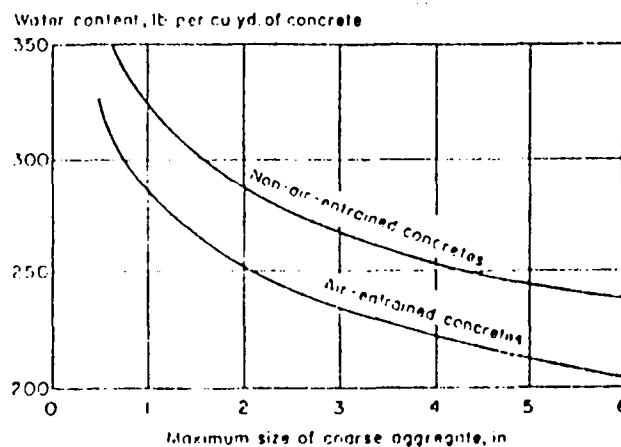
Ada beberapa sebab untuk membatasi gradasi dan ukuran maksimum agregat kasar. Gradasi dan ukuran agregat mempengaruhi kebutuhan semen dan air, kemudahan pengerjaan (*workability*), faktor ekonomis, porositas dan kembang susut beton.

Pada umumnya, agregat yang tidak kekurangan beberapa ukuran begitu banyak dan membentuk kurva gradasi yang mulus (*smooth*) akan menghasilkan sesuatu yang memuaskan. Ini dapat diterangkan dengan teori densitas/kepadatan maksimum dan pori-pori minimum.



Gambar 2.6 Tinggi air yang dibutuhkan untuk mengisi rongga-rongga antar agregat yang mempunyai ukuran yang sama dan agregat dengan kombinasi ukuran.²

Kebutuhan pasta semen sebanding dengan kadar pori-pori agregat. Semakin sedikit pori-pori agregat semakin sedikit kebutuhan pasta semen. Sehingga diharapkan kadar pori-pori menjadi minimum. Ukuran maksimum agregat pada beton ditentukan terutama kaitannya dengan faktor ekonomis. Jumlah kebutuhan air pada beton untuk suatu konsistensi dan agregat kasar tertentu adalah tetap. Tetapi kebutuhan air lebih sedikit pada ukuran maksimum agregat yang lebih besar. Kebutuhan air menurun seiring dengan meningkatnya ukuran agregat kasar. Semakin sedikit pemakaian air berarti semakin sedikit pula kebutuhan semennya, yang berarti semakin ekonomis.



Grafik 2.1 Hubungan kebutuhan air pada beton dengan ukuran maksimum agregat.²

Agregat dengan ukuran maksimum yang berbeda dapat memberikan sedikit perbedaan kekuatan beton untuk cement ratio yang sama, beton yang ukuran maksimum agregat kasar lebih kecil mempunyai kekuatan tekan yang lebih tinggi. Ini terutama benar untuk beton mutu tinggi. Untuk agregat lebih besar dari 40 mm akan mengurangi kekuatan beton karena terjadi lekatan yang tidak merata akibat bleeding.

Oleh karena gradasi dan ukuran maksimum dari agregat akan mempengaruhi banyaknya kebutuhan semen, maka perlu dilakukan penyesuaian-penyesuaian pada perhitungan mix design yang selanjutnya perlu diberi batasan-batasan yang mengelompokkan suatu agregat termasuk pada gradasi atau ukuran nominal tertentu. Batasan-batasan itu adalah sebagai berikut :

- British Standard - BS 882 : Part 2 : 1973. Batasan-batasannya seperti tercantum pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Batasan-batasan untuk menentukan ukuran nominal agregat dari gradasi agregat sesuai dengan British Standard.

BS 410 Uji ayakan	Prosentase berat yang melewati saringan BS							
	Ukuran nominal Dari gradasi agregat			Ukuran nominal dari satu ukuran agregat				
	40 mm 5 mm	20 mm 5 mm	14 mm 5 mm	63 mm	40 mm	20 mm	14 mm	10 mm
75.0	100	-	-	100	-	-	-	-
63.0	-	-	-	85 -	100	-	-	-
37.5	95 - 100	100	-	100	85 - 100	100	-	-
20.0	35 - 70	95 - 100	100	0 - 30	0 - 25	85 - 100	100	-
14.0	-	-	90 -	0 - 5	-	-	85 - 100	100
10.0	10 - 40	30 - 60	100	-	0 - 5	0 - 25	0 - 50	85 - 100
5.00	0 - 5	0 - 10	50 - 85	-	-	0 - 5	0 - 10	0 - 25
2.36	-	-	0 - 10	-	-	-	-	0 - 5

- Standar Industri Indonesia (SII) : mensyaratkan modulus kehalusan agregat kasar berkisar antara 6 - 7.
- ASTM C 33 - 93 memberikan batasan-batasan seperti terlihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Batasan-batasan untuk menentukan ukuran nominal agregat dari gradasi agregat sesuai dengan ASTM.

Ukuran nominal D (mm)	Persen berat yang lolos saringan												
	100 mm	90mm	75mm	63mm	50mm	37.5mm	25mm	19mm	12.5mm	9.5mm	4.75mm	2.36mm	1.18mm
0 - 37.5	100	90 - 100	-	25 - 60		0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-
37.5 - 75	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-	-
75 - 100	-	-	-	100	90 - 100	35 - 70	0 - 15	-	0 - 5	-	-	-	-
100 - 150	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	-	0 - 5	-	-
150 - 190	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 5	-	0 - 5	-	-	-
190 - 250	-	-	-	-	100	95 - 100	-	35 - 70	-	10 - 30	0 - 5	-	-
250 - 300	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-	-	-
300 - 375	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 85	10 - 40	0 - 15	0 - 5	-	-
375 - 475	-	-	-	-	-	100	95 - 100	-	25 - 60	-	0 - 10	0 - 5	-
475 - 600	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	20 - 55	0 - 15	0 - 5	-	-
600 - 750	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	-	20 - 55	0 - 10	0 - 5	-
750 - 900	-	-	-	-	-	-	-	100	90 - 100	40 - 70	0 - 15	0 - 5	-
900 - 1000	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85 - 100	10 - 30	0 - 10	0 - 5

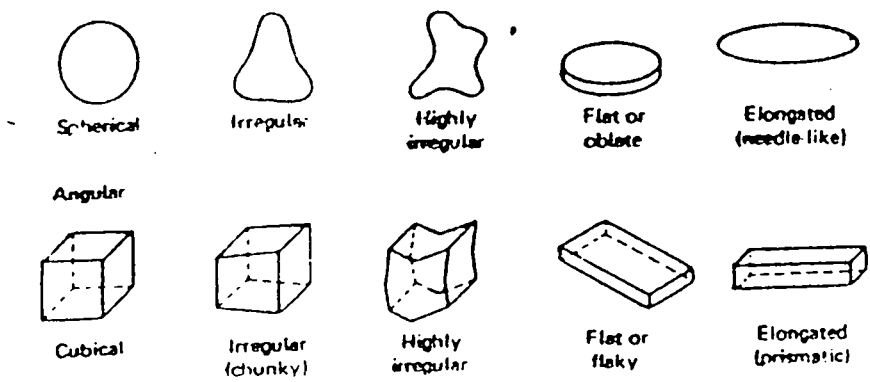
- ACI (American Concrete Institute) memberikan batasan-batasan seperti pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Batasan-batasan untuk menentukan ukuran nominal agregat dari gradasi agregat sesuai dengan American Concrete Institute (ACI).

Uji saringan (mm)	Persentase berat yang melewati saringan			
	Bulat 150 – 80 mm	Kasar 80 – 40 mm	Sedang 40 – 20 mm	Halus 20 – 5 mm
175	100			
150	90 – 100			
100	20 – 45	100		
80	0 – 15	90 – 100		
50	0 – 5	20 – 55	100	
40		0 – 10	90 – 100	
25		0 – 5	20 – 45	100
20			1 – 10	90 – 100
10			0 – 5	30 – 55
5				0 – 5

6. BENTUK BUTIRAN DAN DAN TEKSTUR PERMUKAAN

Bentuk butiran dan tekstur permukaan dari agregat lebih mempengaruhi sifat dari beton segar daripada kekerasan beton. Batu pecah berbentuk angular yang secara umum memiliki kelecakan yang kurang baik akan tetapi memiliki kekuatan beton yang lebih baik karena luas permukaannya lebih besar. Sedangkan kerikil sungai memiliki bentuk yang bulat yang membuat kerikil jenis ini memiliki kelecakan yang baik. Sedangkan batu yang berbentuk pipih dan memanjang kurang baik untuk pembuatan beton. SII mensyaratkan jenis batu ini tidak boleh melebihi 20% berat. Sedangkan kerikil dengan tekstur permukaan yang rata kurang baik untuk pembuatan beton karena memiliki kelekatan yang buruk.



Gambar 2.7 Klasifikasi bentuk agregat kasar.¹⁶