

MILIK PERPUSTAKAAN
- IKIP - PADANG

487/HDI/84

Ilmu Bahan Bangunan

TEKNOLOGI BETON

I



Disusun Oleh : Drs. Dailis Amran
Dra. Ahsanul Husna

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI KEJURUAN

IKIP - PADANG

1983

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERAU

Ilmu Bahan Bangunan

TEKNOLOGI BETON

I

Disusun Oleh: Dr. Djalil Amran
Dan Asst. Hana

FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI KEBUHAAN

IKIP-PADANG

1988

KATA PENGANTAR

Dalam rangka memenuhi buku-buku teknik khususnya untuk P.T; Penulis memberanikan diri untuk menulis buku ini. Buku ini adalah merupakan revisi dari buku pertama yang pernah dikeluarkan pada tahun 1980.

Beton sebagai bahan bangunan untuk konstruksi, semua kita sudah mengenalnya dan di dalam sejarah perkembangan teknologi merupakan suatu ilmu yang relatif masih baru di Negara kita.

Di dalam beton agregat mengisi sebagian besar volume beton yaitu berkisar antara 50 % sampai 80 %, sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton. Oleh karena itu di dalam buku ini Penulis mencoba memberikan gambaran dasar mengenai aggrgat beton terutama yang menyangkut dengan sifat-sifat dan persyaratan yang harus dipenuhi berdasarkan Standard yang berlaku dan dipakai di Indonesia.

Mudah-mudahan buku ini ada manfaatnya terutama bagi mahasiswa teknik yang mempelajari masalah beton dan teknisi serta pengawas yang bergerak dalam bidang konstruksi beton.

Akhirnya saran-saran dan kritik yang bersifat membangun dalam rangka penyempurnaan isi buku ini sangat Penulis harapkan dan akan diterima dengan senang hati.

Padang, Desember 1983

Penulis

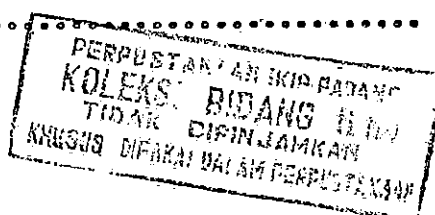
MILIK PERPUSTAKAAN IKIP PADANG	
DITERIMA	11 Mei 1984
SUMBER MASA	Hadeah
KOLEKSI	KI
NO. INVENTARIS	487/Hd/84-i 1 62/
KLASIFIKASI	620.136 Amn i 1

ii

PERPUSTAKAAN IKIP PADANG
KOLEKSI BIDANG ILMU
TIDAK DIPINJAMKAN
KHUSUS DIPAKAI DALAM PERPUSTAKAAN

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR LAMPIRAN	iv
I. PENDAHULUAN	1
A. Umum	1
B. Jenis Agregat Beton	1
II. SIFAT-SIFAT AGGREGAT BETON	3
A. Bentuk Butir dan Keadaan Permukaan	3
B. Kekuatan Agregat	5
C. Berat Jenis dan Berat/Isi Agregat (Bulk Density)	7
D. Porositas dan Daya Serap Air	8
III. BAHAN-BAHAN YANG MERUGIKAN YANG TERDAPAT DI DALAM AGGREGAT	12
A. Zat-Zat Organik	12
B. Tanah Liat, Lumpur dan Debu Yang Sangat Halus	13
C. Garam Chlorida dan Sulfat	14
D. Partikel-Partikel Yang Tidak Kekal	14
IV. SIFAT-SIFAT KEKAL AGGREGAT	16
A. Umum	16
B. Reaksi Alkali Agregat	17
C. Sifat-Sifat Thermal	18
V. BESAR BUTIR AGGREGAT	19
A. Susunan Besar Butir	19
B. Analisa Ayak	20
C. Persyaratan-Persyaratan Susunan Besar Butir Agregat	26
D. Menggabungkan Agregat	31
LAMPIRAN - LAMPIRAN	36
DAFTAR KEPUSTAKAAN	63



DAFTAR LAMPIRAN

I. STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KEKERASAN PASIR UNTUK ADUK DAN BETON	37
II. STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS LEBIH KECIL DARI 70 MICRON DALAM AGGREGAT KASAR UNTUK BETON	41
III. STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS LEBIH KECIL DARI 50 MICRON UNTUK AGGREGAT HALUS ADUK DAN BETON ...	44
IV. STANDAR CARA PENGUJIAN SIFAT AGGREGAT UNTUK ADUK DAN BETON TERHADAP PENGARUH LARUTAN JENUH NATRIUM DAN MAGNESIUM SULFAT	48
V. STANDAR CARA-CARA PENENTUAN BESAR BUTIR AGGREGAT UNTUK ADUK DAN BETON	58

BAB I.

PENDAHULUAN

A. Umum

Di dalam beton agregat mengisi sebagian besar volume beton, yaitu antara 50 % sampai 80 % sehingga sifat-sifat dan mutu agregat sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat dan mutu beton.

Berbagai jenis agregat telah dipergunakan untuk membuat beton guna mencapai berbagai macam tujuan pemakaian, umpamanya untuk membuat beton pratekan, beton ringan, beton lembaran dan beton berat untuk penahan radiasi sinar isotop.

Ditinjau dari berat jenisnya, agregat dapat digolongkan kedalam:

1. Agregat Berat, antara lain Magnetit, Barito dan Butiran Besi
2. Agregat Normal, yaitu pasir, kerikil dan batu pecah berbagai jenis yang diambil dari alam. (batuan alam) atau agregat buatan seperti pecahan bata dan terak dapur tinggi dari industri besi/baja
3. Agregat Ringan, yang berasal dari alam maupun agregat buatan, yang berasal dari alam antara lain batu apung, asbos dan berbagai serat alam. Yang buatan antara lain terak dapur tinggi yang bergelembung udara, tanah liat, tanah shale, perlit yang dikembangkan dengan cara pembakaran; vermikulite dan polyurethene.

Di dalam tulisan ini hanya dibahas mengenai agregat normal yang berasal dari alam, karena agregat jenis inilah yang paling banyak dipergunakan untuk pembuatan beton di Indonesia.

B. Jenis Agregat

Agregat beton dipisahkan kedalam dua bagian yaitu agregat halus yang biasanya disebut pasir, dan agregat kasar yang biasanya disebut kerikil atau batu pecah. Yang dimaksudkan dengan agregat

halus ialah agregat yang mempunyai ukuran besar butir lebih kecil dari 5 mm, sedangkan agregat kasar ialah agregat yang ukuran besar butirnya lebih besar dari 5 mm.

BAB II
SIFAT-SIFAT AGGREGAT BETON

A. Bentuk Butir dan Keadaan Permukaan

Aggregat alam maupun butu pecah dapat mempunyai berbagai bentuk butiran. Ditinjau dari bentuknya, agregat dapat digolongkan dalam bentuk-bentuk berikut:

1. Bulat. Berbentuk bulat penuh atau bulat telur. Yang termasuk jenis ini ialah pasir dan kerikil dari sungai dan dari pantai.
2. Tidak Beraturan. Bentuk alamiahnya memang tidak beraturan atau sebagian terjadi karena pergeseran dan mempunyai sisi/topi yang bulat. Yang termasuk jenis ini ialah kerikil sungai, kerikil darat dan kerikil yang berasal dari lahar gunung api.
3. Bersudut. Bentuk ini tidak beraturan, mempunyai sudut-sudut yang tajam dan permukaannya kasar. Yang termasuk jenis ini ialah batu pecah semua jenis yaitu hasil pemecahan dengan mesin dari berbagai jenis batuan.
4. Pipih. Yang disebut pipih ialah bahan yang tebalnya jauh lebih kecil dari dua dimensi lainnya. Biasanya disebut pipih bila tebalnya kurang dari sepertiga lebar. Agregat jenis ini berasal dari batu-batu yang berlapis.
5. Memanjang. Yang disebut memanjang ialah bahan yang panjangnya jauh melebihi dua dimensi lainnya. Yang disebut memanjang bila bila panjangnya lebih dari tiga kali lebarnya.
6. Pipih dan Memanjang. Butiran yang panjangnya jauh melebihi lebarnya, dan lebarnya jauh melebihi tebalnya.

Bentuk butiran agregat mempunyai hubungan erat dengan luas permukaan dan banyaknya rongga yang akan terdapat di dalam agregat. Agregat yang berbentuk bulat luas permukaannya lebih kecil daripada yang berbentuk pipih atau memanjang. Perbedaan luas permukaan akan mempengaruhi jumlah air pengaduk yang diperlukan untuk pembuatan beton.

Makin besar luas permukaan makin banyak air yang dibutuhkan dan demikian sebaliknya.

Pada sejumlah tertentu agregat, perbedaan bentuk butiran akan memberikan perbedaan jumlah rongga yang terdapat didalamnya.

Di dalam beton rongga-rongga dalam agregat akan diisi oleh pasta semen. Makin besar jumlah rongga akan makin banyak pasta semen yang diperlukan untuk mengisi rongga dan menutup seluruh permukaan agregat.

Ini berarti bahwa untuk suatu tingkat kelecakan (kemampuan dikerjakan) akan diperlukan lebih banyak semen dan air pencampur.

Hal ini dapat mudah dilihat bila kita bandingkan dua macam agregat yaitu pasir dan kerikil sungai dengan batu pecah dan pasir hasil pemecahan batu.

Ditinjau dari keadaan permukaannya, dapat dinyatakan keadaan berikut:

1. Seperti gelas, mengkilat, contoh: flint hitam, obsidian.
2. Licin. Terutama karena batuanannya terdiri dari butiran yang amat kecil (berbutiran halus).
Contoh: kerikil sungai, chert, batu lapis marmar dan beberapa rhyolite.
3. Berbutir. Pecahan dari batuan ini menunjukkan adanya butir-butir bulat yang merata.
Contoh: batuan pasir, oolite.
4. Kasar. Pecahan batuan ini permukaannya kasar, tampak jelas bentuk keristalnya.
Contoh: basalt, felsite, prophyry, batu kapur.
5. Berkeristal. Batuanannya mempunyai susunan kristal yang mudah terlihat.
Contoh: granite, gabro, gneis.
6. Berpori dan berongga. Batuan ini mempunyai pori dan rongga-rongga yang mudah terlihat.

Contoh: batu apung, batu klinker, tanah liat yang dikembangkan dan batuan dari lahar gunung api.

Keadaan permukaan agregat akan mempengaruhi sifat ikatan antara pasta semen dan permukaan agregat. Ikatan antara pasta semen dan agregat merupakan faktor penting terhadap kekuatan beton terutama kekuatan lenturnya. Agregat yang permukaannya kasar atau berpori akan menghasilkan ikatan yang lebih baik dari pada agregat yang licin. Batu pecah akan mempunyai ikatan yang lebih baik dari pada kerikil sungai yang permukaannya licin.

B. Kekuatan Agregat

Pada umumnya kekuatan dan elastisitas agregat tergantung dari jenis batuaanya, susunan mineralnya, tekstur dan struktur butiran atau kristalnya. Kekuatan agregat sangat berpengaruh terhadap kekuatan beton, agregat yang lemah akan menghasilkan beton yang kuat dan untuk membuat beton berkekuatan tinggi haruslah dipakai agregat yang tinggi pula kekuatannya.

Terdapat beberapa cara dan istilah untuk menyatakan kekuatan suatu agregat beton yang diterapkan di dalam standard beberapa negara.

Untuk berbagai jenis batuan, kekuatannya dinyatakan dengan kekuatan hancur yang diperoleh dengan cara menguji kekuatan tekan sampai hancur—Contoh batuan dalam bentuk kubus berusuk 50 mm atau silinder berdiameter 25 atau 50 mm. Kekuatan hancur suatu jenis batuan juga sangat bervariasi tergantung dari beberapa hal antara lain susunan mineral, ikatan antara butiran, porositas dan sebagainya.

Kekuatan agregat beton diperoleh dengan cara pengujian kekuatan secara tidak langsung yaitu di uji sejumlah contoh yang dalam bentuk beberapa ukuran butir pada volume tertentu (secara bulk).

Dalam pengujian kekuatan ini, terdapat beberapa macam cara dan beberapa istilah yang dipergunakan oleh beberapa negara antara lain, kekuatan hancur, nilai kekuatan pukul (impact), ketahanan aus. Sebagai contoh dapatlah disebutkan disini.

1. British Standard BS 812 - 1967 untuk agregat kasar, memakai cara pengujian dan istilah-istilah nilai kekuatan hancur (crushing value) nilai kekuatan pukul (impact value), dan ten persent fine value.
2. ASTM Standard C 131 dan C 535 memakai cara pengujian geseran dengan mesin aus Los Angeles dan ketahanan aus dinyatakan dengan prosentase bagian yang aus dari contoh agregat kasar.
3. Di Indonesia, peraturan beton bertulang (PBI 1971) dan standard Industri mempergunakan cara pengujian dengan bejana tekan Redoloff untuk agregat kasar. (lihat PBI 1971, Hal. 24). Kekuatan dinyatakan dengan presentase bagian yang hancur menembus ayakan 2 mm terhadap berat contoh yang diuji.

Belum terdapat suatu cara pengujian kekuatan untuk agregat halus yang disepakati oleh beberapa negara.

Meskipun beberapa negara ada yang menguji kekuatan agregat halus dengan cara tertentu, hal ini hanya berlaku untuk negara tersebut atau untuk suatu kebutuhan tertentu saja yang sifatnya sebagai perbandingan.

Standard Industri No. 78/SI/1975 menguji kekerasan pasir dengan cara percobaan giling dan kekerasannya dibandingkan dengan kekerasan pasir kwarsa diuji dengan cara yang sama.

Nilai kekerasan pasir dinyatakan sebagai indeks kekerasan yaitu perbandingan bagian yang aus menembus ayakan 0,3 mm antara pasir contoh dan pasir kwarsa. Disamping pengujian-pengujian tersebut diatas, terdapat pula cara pengujian kekerasan batuan dengan mempergunakan skala Mohs, yang membagi kekerasan batu didalam 10 skala dari 1 s/d 10.

Untuk memeriksa kekerasan permukaan agregat kasar dapat pula dilakukan dengan mempergunakan cara penggoresan dengan batang tembaga/kuningan menurut standard ASTM. C 235 - 68.

C. Berat Jenis dan Berat/Isi Agregat
(Bulk Density)

1. Berat Jenis.

Dalam hubungan dengan sifat agregat terdapat istilah-istilah berat jenis sebagai berikut:

- a. Berat jenis absolut, ialah perbandingan antara berat suatu massa yang masip dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu.
Disini volume benda adalah volume masip tidak termasuk pori-pori yang terdapat didalamnya. Untuk menentukan berat jenis ini benda harus dibuat berbentuk tepung, sehingga pori-pori didalamnya dapat dihilangkan.
- b. Berat jenis nyata, seperti berat jenis absolut tetapi di dalam volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air dan tidak termasuk volume pori-pori kapiler yang dapat terisi oleh air.
- c. Berat jenis pada keadaan jenuh kering muka (s.s.d. condition) ialah perbandingan antara berat suatu benda pada keadaan jenuh/kering muka dengan berat air murni pada volume yang sama pada suhu tertentu.
Disini volume benda termasuk volume pori-pori yang tidak tembus air sedangkan pori-pori kapiler diisi oleh air (jenuh).
- d. Berat jenis pada keadaan kering, seperti pada berat jenis pada keadaan jenuh (c) tetapi di dalam volume benda termasuk volume seluruh pori-pori yang terkandung dalam benda.

Di dalam teknologi beton terutama dipergunakan istilah atau pengertian berat jenis pada keadaan jenuh air kering muka (saturated and surface dry condition).

Berat jenis agregat berbeda satu sama lainnya tergantung dari jenis batuan, susunan mineral, struktur butiran dan porositas batumannya.

2. Berat/Isi Agregat (bulk density)

Berat/isi adalah perbandingan antara berat suatu benda dan isinya, yang biasanya dinyatakan dalam satuan kg. per liter atau kg. per meter kubik. Hal ini secara angka sama dengan berat jenis, bila volume benda di ukur/ditentukan bagi masing-masing butirannya.

Tetapi tidaklah mungkin menghindari adanya rongga-rongga antara butiran-butiran agregat bila kita mengisikan agregat ke dalam suatu tempat/ruangan yang isinya tertentu.

Berat agregat yang mengisi suatu tempat/ruang dalam satuan volume tertentu disebut berat/isi atau bulk density.

Disini akan kita peroleh angka yang sangat berbeda dengan berat jenis, karena sebagian ruangan tempat agregat terisi oleh rongga antara partikel dari agregatnya.

Contohnya: Kerikil sungai dari batuan andesit mempunyai berat jenis $\pm 2,60$ sedangkan berat/isinya $\pm 1,5$ kg./liter.

Pasir sungai berat jenisnya $\pm 2,55$ dan berat/isinya $\pm 1,4$ kg/liter. Untuk agregat dengan berat jenis yang sama, dapat memberikan nilai berat isi yang berbeda-beda tergantung bagaimana padatnya kita mengisikannya, bentuk butiran dan susunan besar butirnya.

Nilai berat/isi ini biasanya dipergunakan untuk meng-konversikan sesuatu jumlah dalam satuan berat kepada satuan volume.

D. Porositas dan Daya Serap Air.

1. Porositas

Pori-pori terdapat di dalam agregat dapat berupa rongga-rongga yang tersebar dibagian batumannya dan berupa pori-pori kapiler. Semua batuan mengandung pori-pori atau rongga-rongga yang terjadi dalam proses pembentukan batuan tersebut. Dimana rongga/porinya sangat bervariasi. Ada batu yang mengandung banyak rongga-rongga yang mudah terlihat, ada yang berongga sangat

kecil yang tidak dapat terlihat tanpa mempergunakan alat pem-
besar.

Jumlah volume rongga/pori yang terdapat dalam batu disebut
porositas dan biasanya dinyatakan dalam prosen terhadap volume
batunya.

Adanya rongga/pori dalam agregat ini sangat erat hubungannya
dengan berat jenis, daya serap air, sifat kedap air, modulus
elastisitas, ketahanan aus dan stabilitas terhadap pengaruh zat
kimia dari beton yang dibuat dari agregat tersebut.

Pori ini terdapat di dalam batuan dan juga pada permukaannya,
ada yang dapat ditembus oleh air dan ada yang tidak tergantung
dari dimensi pori, kontinuitas lubang pori dan jumlah volume
pori.

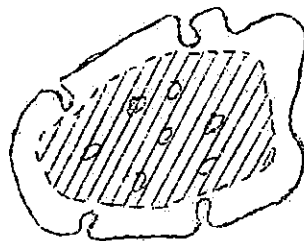
Bila semua pori terisi oleh air, keadaan ini disebut jenuh dan
kering muka (s.s.d.).

Bila keadaan ini dibiarkan mengering, sebagian air dalam pori
menguap, sehingga dia tidak jenuh lagi, maka keadaan ini di-
sebut kering udara. Sedangkan bila dikeringkan terus (di dalam
oven) sampai semua airnya menguap maka disebut keadaan kering
mutlak atau disebut juga kering oven.

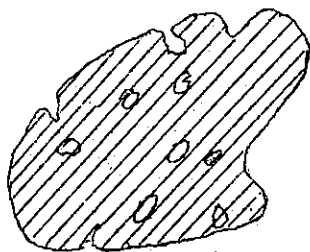
Pada keadaan dimana permukaan butiran agregat mengandung air
(biasanya disebut air permukaan), maka agregat disebut basah.
Jadi terdapat empat keadaan kandungan air dalam agregat, yang
dapat digambarkan sebagai berikut:



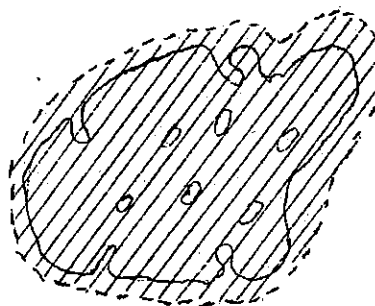
1. Keadaan kering mutlak



2. Keadaan kering udara
(agregat masih mengandung air)



3. Keadaan jenuh kering muka
(s.s.d. Condition)



4. Keadaan basah
(agregat mengandung air pada permukaannya).

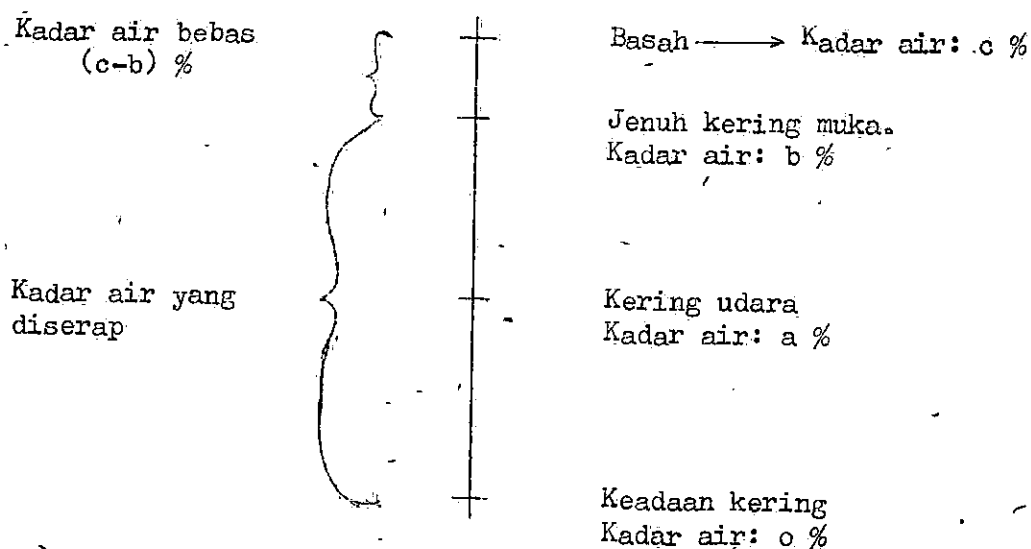
Jumlah air yang terdapat dalam agregat dihitung dari keadaan kering oven sampai dengan keadaan jenuh kering muka, disebut air yang diserap dan dinyatakan dalam prosen terhadap berat kering. Air permukaan atau air yang mengisi seluruh permukaan agregat yang sudah pada keadaan jenuh, disebut air bebas. Dalam pembuatan beton, air yang diserap oleh agregat akan tetap berada dalam agregat sedangkan air bebas akan bercampur dengan semen dan berfungsi sebagai air pembentuk pasta semen. Air bebas ini akan mempengaruhi faktor air semen (w/c ratio) dari beton yang dibuat.

2. Kadar Air Pada Agregat.

Dari empat keadaan kandungan air dalam agregat seperti tersebut diatas, dapatlah dibedakan kadar air yang diserap dan kadar air bebas.

Kadar air yang diserap dinyatakan dalam prosen dihitung terhadap berat agregat kering.

Kadar air bebas dinyatakan dalam prosen terhadap berat agregat jenuh kering muka. Kadar air total adalah kadar air yang diserap ditambah kadar air bebas.



3. Air Bebas Pada Pasir.

Pasir yang basah mengandung sejumlah air pada permukaannya. Air ini mengisi ruangan antar partikel/butiran pasir, sehingga pasir yang basah akan mengisi ruangan yang lebih besar dari pada pasir kering dari berat yang sama. (volumenya lebih besar).

Pada berat yang sama pasir kering mempunyai volume yang sama dengan pasir pada keadaan jenuh kering muka. Perbedaan volume antara pasir basah dan pasir jenuh kering muka, perlu ditentukan atau diperhitungkan dan biasanya dinyatakan dalam prosen terhadap volume pasir jenuh kering muka. Ini disebut bulking. Jika volume pasir jenuh kering muka = V_m dan volume pasir basah = V_a , maka bulking = $\frac{V_m - V_a}{V_a} \times 100 \%$.

Di dalam pembuatan beton dengan susunan campuran memakai perbandingan volume perlu dilakukan koreksi terhadap volume untuk pasir yang basah dengan cara menambahkan sebesar volume bulking tersebut diatas.

Sebaiknya bulking ini dilakukan pada setiap terjadi perubahan kadar air dari pasir yang akan segera dipakai untuk pembuatan beton, agar diperoleh kadar pasir yang konstan bagi semua campuran betonnya.

BAB III
BAHAN-BAHAN YANG MERUGIKAN
YANG TERDAPAT DI DALAM AGGREGAT

Aggregat beton baik agregat kasar maupun agregat halus mengandung beberapa macam bahan-bahan yang dapat berpengaruh jelek kepada beton.

Bahan-bahan tersebut adalah sebagai berikut:

A. Zat-Zat Organik.

Zat-zat organik yang terdapat dalam agregat biasanya berasal dari hasil penghancuran zat-zat tumbuh-tumbuhan, terutama asam tanin dan derivatnya, yang berbentuk humus dan lumpur organik. Zat organik ini banyak terdapat dalam agregat halus (pasir) yang diambil dari endapan pasir di tegalan. Pasir yang diambil dari sungai dan dicuci kadar zat organiknya rendah. Sedangkan agregat kasar, boleh dikatakan tidak mengandung zat organik.

Tidak semua zat organik berpengaruh jelek kepada beton, sehingga sangatlah perlu memeriksa atau menguji adanya zat organik yang mengganggu kepada sifat-sifat beton. Cara kolorimetrik menurut standard ASTM.C 40-66. dipergunakan sebagai petunjuk apakah pengujian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh zat organik terhadap kekuatan beton.

Pada pengujian secara kolorimetrik, zat organik dinetralkan dengan soda api (NaOH) dan warna cairan yang terjadi dibandingkan dengan warna standard. Cara untuk menentukan kadar zat organik ini dapat dilihat dari Standard Industri No. 78/SI/75. (lihat lampiran)

Warna yang lebih tua atau coklat/hitam menunjukkan adanya banyak zat organik dan perlu dilakukan pengujian lanjutan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kekuatan beton, dengan cara menguji kubus-kubus uji dari beton atau aduk yang dibuat dengan pasir tersebut (lihat PBI-71, halaman 23)

Kekuatan kubus-kubus ini dibandingkan dengan kekuatan kubus uji lainnya yang dibuat dengan pasir bersih dengan cara dan susunan campuran yang sama. Zat organik ini memperlambat pengikatan (setting) semen dan juga memperlambat perkembangan kekuatan beton. Disamping zat organik tersebut di atas, gula, minyak dan lemak berpengaruh jelek kepada beton, gula bersifat menghambat pengikatan semen dan perkembangan kekuatan beton, sedangkan minyak dan lemak akan mengurangi daya ikat semen.

B. Tanah Liat, Lumpur dan Debu Yang Sangat Halus.

Tanah liat yang sering terdapat dalam agregat mungkin berbentuk gumpalan atau lapisan yang menutupi permukaan butiran agregat. Tanah liat pada permukaan butiran agregat akan mengurangi kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat, sehingga akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton. Gumpalan tanah liat akan hancur dalam pengadukan pada waktu pembuatan beton. Tanah liat akan menyerap banyak air dan dapat mempertinggi jumlah air pengaduk dalam pembuatan beton.

Selain tanah liat, terdapat pula lumpur dan debu halus dari hasil pemecahan batu yang disebut lupur adalah partikel berukuran antara 0,002 mm dan 0,006 mm (2-6 micron). Lumpur atau debu ini menutupi permukaan butiran agregat, dan dapat memperlemah ikatan antara pasta semen dan agregat atau mengurangi kekuatan betonnya.

Adanya tanah liat, lumpur atau partikel-partikel yang sangat halus menyebabkan bertambahnya air pengaduk yang diperlukan dalam pembuatan beton, berkurangnya ikatan antara pasta semen dan agregat atau turunnya kekuatan beton, menambah penyusutan dan creep.

Karena pengaruh jelek ini maka jumlahnya didalam agregat dibatasi, yaitu tidak boleh lebih dari 5 % untuk agregat halus dan 1 % untuk agregat kasar. Cara untuk menentukan kadar tanah liat/lumpur ini dapat dilihat dari Standard Industri No. 75/SI/75 dan No. 76/SI/75. (lihat lampiran).

C. Garam Chlorida dan Sulfat.

Pasir yang terdapat dipantai atau di muara sungai yang berhubungan dengan air laut, kemungkinan mengandung garam-garam chlorida dan sulfat antara lain Na, Mg, Ca, chlorida Na dan Mg sulfat.

Garam-garam ini dapat dihilangkan dengan cara mencuci pasirmnya dengan air tawar.

Bila garam-garam ini tidak dihilangkan, dapat merusak konstruksi beton yang dibuat memakai pasir ini. Adanya chlorida dalam beton akan memberi resiko berkaratnya baja tulangan yang selanjutnya memecah betonnya dan tidak berfungsinya tulangan di dalam konstruksi. Sedangkan garam-garam sulfat, terutama garam Mg. sulfat sangat agresif terhadap semen, yang reaksinya dengan semen menghasilkan senyawa-senyawa yang volumenya mengembang lalu sedikit demi sedikit merusak beton.

Disamping itu agregat dari pantai, juga mengandung kulit kerang. Jika kadar kerang ini cukup tinggi, dapat berakibat lebih rendahnya kekuatan dan ketahanan beton.

D. Partikel-Partikel Yang Tidak Kekal.

Di dalam agregat ada kemungkinan terdapat partikel-partikel yang ringan, yang lunak dan yang dapat berubah komposisinya atau hancur. Partikel yang ringan dapat berupa arang, kayu dan mika.

Partikel yang lunak yaitu lumpur dan tanah liat yang mengeras yang kalau terendam air akan mengembang dan kemudian pecah.

Partikel-partikel yang ringan dan lunak ini akan mengurangi kekuatan dan ketahanan beton, dan menambah kebutuhan air pencampur pada waktu pembuatan beton.

Pyrit (besi sulfida) kadang-kadang terdapat dalam agregat. Jika dia telah dibuat menjadi beton, maka pyrit yang ada dalam lingkungan air kapur akan bereaksi dengan air dan oksigen membentuk ferro sulfat yang kemudian berubah menjadi besi hidroksida dan ion sulfat. Besi hidroksida berubah menjadi besi oksida menimbulkan bintik-bintik coklat pada beton, sedangkan ion sulfat bereaksi dengan

trikalsium aluminat pada semen membentuk senyawa yang dapat membesar volumenya lalu menimbulkan retak-retak atau pecah-pecah pada permukaan beton.

Untuk mengetahui adanya pyrit dalam agregat dapat dilakukan pengamatan sebagai berikut:

Taruhlah sejumlah agregat dalam air kapur yang jenuh di dalam sebuah gelas. Jika agregat mengandung pyrit yang reaktif maka akan tampak endapan ferro sulfat berwarna biru kehijau-hijauan dalam waktu beberapa menit. Bila dibiarkan terbuka diudara endapan itu akan berubah menjadi ferro hidroksida yang berwarna coklat.

Pada umumnya pyrit yang mengganggu adalah yang berukuran butir antara 5 mm dan 10 mm.

BAB IV

SIFAT-SIFAT KEKAL AGGREGAT

A. Umum.

Yang dimaksud sifat kekal ialah kemampuan agregat untuk menahan terjadinya perubahan volumenya yang berlebihan akibat dari adanya perubahan kondisi fisik.

Kondisi fisik yang dapat menimbulkan perubahan volume butiran agregat ialah kondisi antara beku dan mencair, perubahan panas pada suhu diatas titik beku dan kondisi basah dan pengeringan yang berganti-ganti.

Atau dapatlah dikatakan perubahan bentuk yang terjadi akibat perubahan cuaca.

Agregat disebut tidak kekal/bila perubahan volume/bentuk yang terjadi oleh perubahan kondisi fisik tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada beton. Kerusakan yang terjadi dapat ^{berupa}kerutan-kerutan setempat, retak-retak, pada permukaan, pecah-pecah yang agak dalam sampai kepada kerusakan yang berbahaya bagi suatu konstruksi. Sifat tidak kekal dapat ditimbulkan oleh adanya chert yang porous, lempung dan tanah liat atau mineral sejenisnya yang terdapat antara lapisan-lapisan batuan atau mengisi sebagian volume butiran agregat.

Pori-pori yang terdapat dalam agregat maupun mineral-mineral ini dapat meneruskan air masuk membasahi agregat atau keluar dari agregat pada proses pengeringan. Hal ini menyebabkan pengaruh cuaca dapat langsung merusakkan agregat yang tidak kekal.

Suatu cara pengujian sifat kekal agregat telah diberikan oleh ASTM dalam standard C 88 - 71 a dan juga telah dimasukkan ke dalam standart Industri No. 145/SI/76. (lihat lampiran).

B. Reaksi Alkali-Agregat.

Reaksi alkali agregat adalah reaksi antara alkali (Na_2O dan K_2O) dalam semen atau dari luar dengan silika aktif yang terkandung dalam agregat.

Silika yang reaktif adalah opal yang amorp, chalcedony and tridymite. Reaksi terjadi antara alkali hidrosida yang berasal dari alkali dalam semen dengan silika aktif dalam agregat, membentuk alkali-silika gel dipermukaan agregat. Gel ini bersifat mengikat air lalu mengembang volumenya. Karena agregat dibungkus oleh pasta semen, maka terjadilah tekanan oleh membesarnya volume gel yang memecahkan dan merusak pasta semen. membesarnya volume gel terjadi oleh tekanan hidrolitik asmosed dan oleh mengembangnya zat padat hasil reaksi antara alkali dan silika aktif.

Tekanan yang timbul oleh berkembangnya volume gel inilah yang menimbulkan retak atau pecah pada beton.

Reaksi ini hanya terjadi kalau beton atau aduk berada dalam lingkungan basah, Tanpa adanya air reaksi tidak berlangsung.

Sangatlah sulit untuk mengetahui apakah suatu agregat bersifat reaktif terhadap alkali.

Pemeriksaan secara petrografis terhadap mineral dalam batuan dan pengujian cepat secara kimia menurut ASTM C 289 - 71 dapat memberi petunjuk reaktif atau tidak suatu agregat. Tetapi sejauh mana agregat tersebut berbahaya untuk beton, masih perlu diadakan penyelidikan lebih lanjut yang akan merupakan penyelidikan jangka panjang guna melihat terjadinya pengembangan, retak-retak atau pecah pada contoh-contoh beton/aduk.

ASTM C 227 - 71 memberikan suatu prosedur untuk pengujian semacam ini. Disamping sifat reaktifnya agregat, kadar alkali dalam semen sangat menentukan kemungkinan terjadinya reaksi. Juga faktor air semen dari beton yang dibuat dengan agregat tersebut.

Faktor air semen yang rendah atau kadar semen yang tinggi dalam beton akan mempertinggi kemungkinan terjadi reaksi alkali agregat.

620.136
Amir
21

C. Sifat Thermal.

Ada tiga sifat-sifat thermal agregat yang berpengaruh kepada sifat beton, yaitu koefisien pengembangan linear, panas jenis dan daya hantar panas. Dua sifat terakhir penting dalam hubungan dengan beton massa dan beton untuk isolasi panas.

Sedangkan sifat pengembangan linear dari agregat akan sangat berpengaruh terhadap beton yang mengalami kondisi suhu yang berubah-ubah. Jika koefisien pengembangan linear antara agregat dan pasta semen jauh berbeda, maka akan terjadi gerakan thermal yang berbeda di dalam beton yang merusak ikatan antara agregat dan pasta semen bila beton mengalami suhu yang jauh berbeda dan berganti-ganti (antara panas dan dingin).

Sebaiknyalah agregat mempunyai koefisien pengembangan linear yang hampir sama dengan pasta semen. Jika tidak, maka akan besar kemungkinan terjadinya retak/pecah pada beton bila terdapat keadaan suhu yang jauh berbeda.

Besarnya koefisien pengembangan linear agregat tergantung dari jenis batumannya, dan untuk pasta semen koefisiennya antara 11×10^{-6} dan 16×10^{-6} per $^{\circ}\text{C}$.

BAB V
BESAR BUTIR AGGREGAT

A. Susunan Besar Butir (Gradasi).

Aggregat dalam suatu timbunan terdiri dari butiran-butiran batuan dengan beberapa ukuran butir dari ukuran besar sampai ukuran kecil. Jika butiran-butiran ini kita pisah-pisahkan ke dalam beberapa ukuran tertentu, maka kita peroleh suatu pembagian besar butir yang masing-masing bagian (fraksi) terdiri dari butiran-butiran berukuran sama atau antara batas-batas ukuran tertentu. Untuk memisahkan butiran ini dipergunakan ayakan dengan berbagai macam ukuran lubang yang telah distandardkan.

Guna memperoleh gambaran tentang susunan besar butir suatu agregat (gradasi) dilakukan analisa ayak dan digambarkan curva susunan butirnya.

Gradasi agregat terutama agregat halus sangat penting perannya dalam membuat beton yang bermutu, karena gradasi ini sangat berpengaruh terhadap beberapa sifat beton, antara lain:

1. Terhadap beton segar.

- a. Mempengaruhi kelecakan (workability)
- b. Mempengaruhi sifat kohesip
- c. Mempengaruhi jumlah air pencampur dan semen yang diperlukan untuk suatu campuran beton.
- d. Mempengaruhi pengecoran dan pematatan
- e. Mempengaruhi finishing atau keadaan permukaan
- f. Kontrol terhadap segregasi (pemisahan butir) dan bleeding (terpisahnya air ke permukaan beton).

2. Terhadap Beton Keras.

Bila beton segarnya sukar dipadatkan, terjadi segregasi dan bleeding, maka dapat menghasilkan beton keras yang porous, tidak kedap air, tidak merata dan terdapat banyak rongga-rongga atau cacat-cacat yang tentu saja kekuatan dan ketahanan beton menjadi berkurang.

Sangatlah penting dalam pembuatan beton untuk menjaga gradasi agregat selalu konstan, agar diperoleh kelecakan dan sifat-sifat beton segar yang konstan pula.

B. Analisa Ayak.

1. Ukuran Lobang Ayakan

Ayakan yang dipakai untuk menguji besar butir agregat beton mempunyai lubang persegi. Ukuran lubang dinyatakan dengan satuan inci, milimeter atau dengan nomor untuk ayakan yang besar lubangnya kurang 5 mm.

Nomor ayakan menunjukkan banyaknya lubang tiap inci, linear. Umpamanya No. 50, jumlah lubangnya 50 x 50 buah tiap inci persegi.

Ayakan standard yang banyak dipakai untuk analisa ayak adalah menurut standard ASTM (Amerika), British Standard, DIN (Jerman), AFNOR (Prancis) dan ISO (International).

Setiap standard mempergunakan ukuran lubang berbeda satu dengan yang lainnya. Meskipun demikian biasanya dapat diambil ukuran-ukuran lubang yang berdekatan atau equivalennya.

Ayakan utama terdiri dari ayakan yang berurutan yang ukuran lubang ayakan di atasnya sama dengan dua kali ukuran lubang ayakan dibawahnya.

Ayakan-ayakan ini adalah sebagai berikut:

Disamping ukuran tersebut di atas, guna kelengkapan analisa ayak di-
pergunakan juga ayakan tambahan yang ukuran lobangnya 100 mm, 90 mm,
65 mm, 50 mm, 30 mm, 25 mm, 12,5 mm dan 6,7 mm. Untuk keperluan pe-
meriksaan agregat beton, umumnya dipergunakan ayakan yang terbuat
dari ayaman kawat kuningan (bronzé) dengan rangka bundar bergaris
tengah 200 mm dan tingginya 50 dan 100 mm.
Terdapat juga angka berdiameter 300 atau 400 mm khusus untuk
agregat kasar.

Standard ASTM-E 11 - 70	Lobang Ayakan Dalam mm	Lobang Ayakan Dalam mm	Standard British BS 410 - 1969	Standard ISO
152	150	150	150	128
76	75	75	75	64
38	37,5	37,5	37,5	32
19	20	20	20	16
9,5	10	10	10	8
4,75	5	5	5	4
2,36	2,36	2,36	2,36	2
1,18	1,18	1,18	1,18	1
0,60	0,60	0,60	0,60	0,5
0,30	0,30	0,30	0,30	0,25
0,15	0,15	0,15	0,15	0,125
0,075	0,075	0,075	0,075	0,062

UKURAN LOBANG AYAKAN MENURUT STANDARD
ASTM, BS DAN STANDARD ISO

Daftar 1

2. Jumlah Contoh Untuk Analisa Ayak.

Dalam melakukan analisa ayak diperlukan sejumlah contoh yang diambil suatu timbunan agregat. Contoh ini harus sesuai dengan keadaan yang sebenarnya dari timbunan tersebut dan dapat mewakili sifat-sifat dari sejumlah besar agregat. Karena itu contoh harus diambil secara cermat sesuai dengan cara dan prosedur yang ditetapkan oleh standard yang berlaku.

Standard Industri No. 51/SI/74 menjelaskan tentang cara pengambilan contoh, jumlah contoh yang diperlukan sesuai dengan angka kehalusan dan besar butir terbesar dari agregat dan prosedur melakukan percobaan ayak.

Disamping apa yang tercantum dalam Standard Industri tersebut, sebagai tambahan ada baiknya kita melihat persyaratan dari British Standard tentang jumlah contoh untuk analisa ayak.

BS. 812: 1967 menyarankan jumlah contoh minimum berikut ini:

Daftar 2
HUBUNGAN ANTARA BESAR BUTIR DAN JUMLAH
CONTOH YANG DIAMBIL UNTUK MENCAKRI
ANALISA AYAK

Ukuran Butir Terbesar		Berat Contoh Minimum kg.
inci	mm	
2½	63,5	50
2	50,8	35
1½ atau 1¼	38,1 atau 31,8	15
1	25,4	5
¾	19,0	2
½	12,7	1
3/8	9,5	0,5
¼ atau 3/16	6,3 atau 4,8	0,2
Menembus		
ayakan No. 7	Menembus 2,4	0,1

3. Perhitungan Hasil-Hasil Analisa Ayak.

Contoh agregat dikeringkan dalam oven pada suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap, lalu dibiarkan sampai dingin. Dari contoh kering ini diambil sejumlah contoh untuk dilakukan analisa ayak sesuai dengan persyaratan standard. Agregat yang tertinggal di atas masing-masing ukuran ayakan kemudian ditimbang.

Hasil analisa ayak diperhitungkan dan dilaporkan. Sebaiknya laporan dihuat dalam bentuk tabelaris seperti contoh berikut ini:

Daftar 3

CONTOH HASIL PERHITUNGAN ANALISA

AYAK UNTUK AGGREGAT KASAR

Lobang Ayakan, mm	Berat Tertinggal, gram	Persen Tertinggal,	Persen Tertinggal, Kumulatif	Persen Tembus Kumulatif
75	0	0	0	100
50	530	2,8	-	97,2
37,5	1680	8,8	11,6	88,4
30	2730	14,3	-	74,1
25	4410	23,1	-	51,0
19	6385	33,4	82,4	17,6
12,5	3152	16,5	-	1,1
9,5	175	0,9	99,8	0,2
4,75	25	0,13	99,9	0,1
2,36	13	0,07	100	0
1,18	0	0	100	0
0,60	0	0	100	0
0,30	0	0	100	0
0,15	0	0	100	0
0,15	0	0	-	-

Jumlah 19100 100 793,7

Angka Kehalusan: $793,7 : 100 = 7,937$

Daftar 4
 CONTOH HASIL PERHITUNGAN ANALISA
 AYAK UNTUK AGGREGAT HALUS

Lobang Ayakan mm	Berat Tertinggal, gram	Persen Tertinggal,	Persen Tertinggal Kumulatif	Persen Tembus Kumulatif
9,5	0	0	0	100
4,75	9,0	1,8	1,8	89,2
2,36	13,2	2,5	4,3	95,7
1,18	140,0	27,2	31,5	68,5
0,60	209,0	40,7	72,2	27,8
0,30	103,9	20,2	92,4	7,6
0,15	32,5	6,4	98,8	1,2
<0,15	6,0	1,2	-	-

Jumlah 504,6 100 301,0

Angka Kehalusan = 3,010

4. Angka Kehalusan (Fineness Modulus).

Suatu perhitungan dari hasil analisa ayak yang dipergunakan terutama di Amerika Serikat adalah angka kehalusan (fineness modulus).

Menurut Prof. D.A. Abrams, angka kehalusan ialah jumlah persen tertinggal kumulatif pada tiap-tiap ayakan dari suatu seri ayakan yang ukuran lobangnya berbanding 2 kali lipat, dimulai dari ayakan berukuran lobang 0,15 mm (150 micron), dibagi 100 (lihat contoh perhitungan di atas).

Perlu diingat bahwa bila seluruh butir-butir agregat lebih besar dari suatu lobang ayakan umpama 0,18 mm, maka persen tertinggal kumulatif adalah 100 %.

Demikian pula untuk ayakan berikutnya 0,60 mm, 0,30 mm dan 0,15 mm harus dimasukkan sebagai 100 % pula. Angka kehalusan ini kurang dapat memberikan gambaran tentang susunan besar butir, karena pada angka kehalusan yang sama dapat terjadi susunan besar butir (grading) yang berbeda-beda.

Gradasi agregat akan lebih baik digambarkan dengan grafik/curva pembagian besar butir.

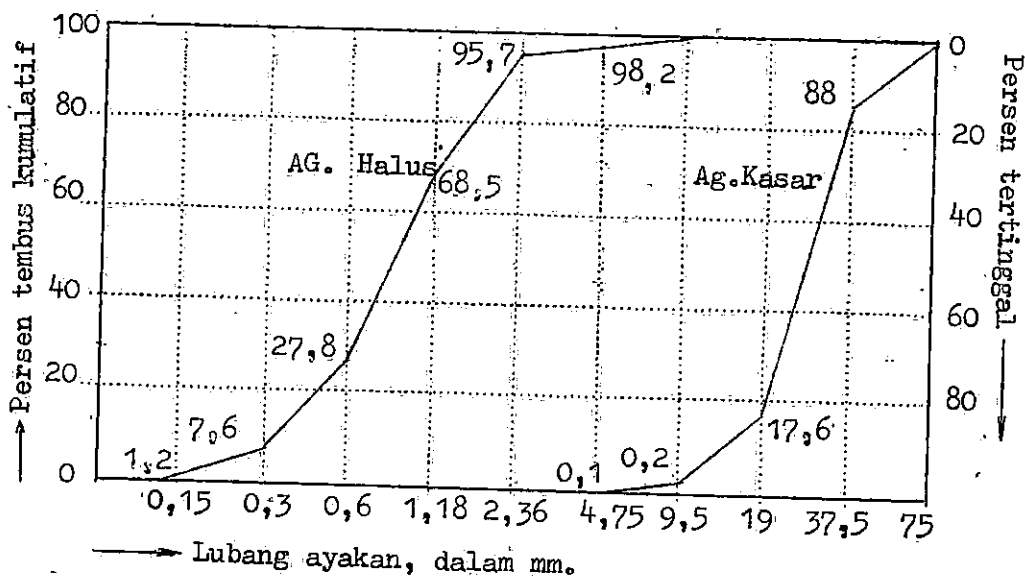
5. Grafik/Curva Susunan Besar Butir.

Hasil analisa ayak akan lebih mudah dimengerti bila disajikan dalam bentuk grafik. Penggambaran susunan besar butir (gradasi) dalam grafik/curva paling banyak dipergunakan. Karena dengan cara ini dapat mudah syaratan, apakah terlalu kasar atau terlalu halus dan adakah kekurangan pada suatu ukuran butir tertentu (gap grading).

Dalam grafik ini, pada ordinat dicantumkan prosen tembus atau tertinggal. Kumulatif dengan skala linear dan pada absis dicantumkan lubang ayakan dalam skala logaritmhe.

Contoh analisa ayak tersebut di atas dapatlah digambarkan grafiknya sebagai berikut:

GRAFIK HASIL ANALISA AYAK
AGREGAT HALUS DAN KASAR



Grafik untuk agregat kasar atau agregat halus dapat pula digambarkan secara terpisah. Hal ini akan lebih baik dan lebih jelas dalam kita menilai apakah susunan besar butirnya memenuhi persyaratan yang dikehendaki. Guna memperoleh gambaran yang lebih teliti, dapat juga dicantumkan lobang ayakan tambahan pada absis, yaitu ayakan 50 mm, 30 mm, 25 mm dan sebagainya. Dalam grafik di atas besar butir maksimum adalah 75 mm, sedang pada pembuatan beton kebanyakan dipakai besar butir maksimum 40 mm, 30 mm dan 20 mm. Jika agregat mempunyai besar butir maksimum umpamanya 40 mm, 30 mm dan 20 mm. Jika agregat mempunyai besar butir maksimum umpamanya 40 mm (37,5 mm), maka pada absis hanya dicantumkan lobang ayakan sampai 40 mm saja.

2-

C. Persyaratan Susunan Besar Butir Agregat.

Jika kita ingin membuat beton berkekuatan tertentu dan mitunya baik, maka ini berarti bahwa beton itu harus dapat dikerjakan dengan baik (workable) dapat dipadatkan dengan sempurna dan susunan campuran betonnya direncanakan untuk dapat mencapai kekuatan dan persyaratan pemakaian yang dikehendaki.

Susunan besar butir agregat sangat berpengaruh terhadap sifat baik tidaknya beton dikerjakan (workability) dan pepadatan beton segar.

Berbagai standard menyarankan dan menetapkan batas-batas susunan besar butir yang baik untuk agregat beton guna dapat mencapai mutu beton yang baik dan ekonomis.

Gradasi agregat dan maksimum besar butir erat hubungannya dengan besarnya luas permukaan agregat, banyaknya air pengaduk yang diperlukan dan kadar semen dalam beton.

Gradasi yang baik akan memberikan tingkat pepadatan yang optimal untuk mendapatkan density dan kekuatan beton yang maksimum.

1. Syarat-Syarat Susunan Besar Butir

Aggregat Halus

Syarat-syarat susunan besar butir untuk agregat halus menurut British Standard BS 882, 1965 (seperti daftar 5)

Daftar 5

SYARAT-SYARAT SUSUNAN BESAR BUTIR AGGREGAT HALUS MENURUT BRITISH STANDARD DAN ASTM

Lubang Ayakan B.s Dalam mm	Persentase Tembus Kumulatif (Persen Berat)				Menurut ASTM C 33 - 74
	Menurut BS 882..1965				
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	
9,52	100	100	100	100	100
4,76	90-100	90-100	90-100	95-100	95-100
2,40	60-95	75-100	85-100	95-100	80-100
1,10	30-70	55-90	75-100	90-100	50-85
0,60	15-34	35-59	60-79	80-100	25-60
0,30	5-20	8-30	12-40	15-50	10-30
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15	2-10

Gambar curva dari syarat-syarat susunan besar butir agregat halus tersebut diatas dapat dilihat dalam lampiran gambar 1 s/d 5.

Syarat susunan besar butir menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 NI - 2.

Jika diayak dengan ayakan standard ISO, maka bagian yang tertinggal di atas ayakan:

4 mm tidak kurang dari 2 % berat

1 mm tidak kurang dari 10 % berat

0,25 mm antara 80 % dan 95 % berat

(lihat PBI - 1971 halaman 23).

2. Syarat-Syarat Susunan Besar Butir

Aggregat Kasar.

Syarat susunan besar butir yang dipakai untuk agregat kasar menurut British Standard B.S. 882. 1973 (lihat tabel 6).

Daftar 6

SYARAT-SYARAT SUSUNAN AGGREGAT KASAR
MENURUT BRITISH STANDAR.

Lubang Ayakan B.S Dalam mm	Persentase Tembus Kumulatif (Persen Berat)		
	Ukuran Butir Nominal		
	38,1 - 4,76 mm	19,0 - 4,76 mm	9,6 - 4,76 mm
76,2	100	-	-
38,1	95 - 100	100	-
19,0	30 - 70	95 - 100	100
9,52	10 - 35	25 - 55	50 - 85
4,76	0 - 5	0 - 10	0 - 10

Syarat-syarat besar butir menurut ASTM standard C. 33 - 74 (lihat daftar 7).

Daftar 7

SYARAT-SYARAT SUSUNAN BESAR BUTIR MENURUT
STANDARD ASTM - C. 33 - 74

Lubang Ayakan Dalam mm	Persentase Tembus Kumulatif			
	Ukuran Butir Nominal			
	37,5-4,75 mm	25-4,75 mm	19,0-4,75 mm	12,5-4,75 mm
50,0	100	100	100	100
37,5	95 - 100	100	100	100
25,0	-	95 - 100	100	100
19,0	35 - 70	-	90 - 100	100
12,5	-	25 - 60	-	90 - 100
9,5	10 - 30	-	20 - 55	40 - 70
4,75	0 - 5	0 - 10	0 - 10	0 - 15
2,36	-	0 - 5	0 - 5	0 - 5

Syarat-syarat susunan besar butir menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971 - NI - 2.

Jika diayak dengan ayakan Standard ISO, maka bagian yang tertinggal di atas ayakan:

31,5 mm harus 0 % berat

4 mm harus berkisar antara 90 % dan 98 % berat.

Selisih antara persen tertinggal kumulatif di atas dua ayakan yang berurutan maksimum 60 % dan minimum 10 % berat.

(lihat PBI. 1971, halaman 24).

3. Syarat-syarat Susunan Besar Butir Untuk

Aggregat Gabungan (Aggregat Halus + Aggregat Kasar).

Syarat-syarat susunan besar butir menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI) 1971. NI - 2.

Halaman 25 sampai dengan 28 dari Peraturan ini memberikan ketentuan mengenai daerah-daerah susunan butir bagi agregat campuran untuk besar butir maksimum 31,5 mm, 16 mm dan 8 mm. Untuk masing-masing maksimum butir diberikan lima daerah susunan butir yang digambarkan dalam grafik/curva.

Disini dipergunakan ayakan menurut Standard ISO (International Standard Organization).

Untuk penjelasan selengkapnya hendaklah dipelajari PBI - 1971 Bab. 3.

Syarat-syarat susunan besar butir menurut British Standard BS. 882, 1965. (lihat daftar 8).

Daftar 8

SYARAT-SYARAT SUSUNAN BESAR BUTIR MENURUT STANDARD BS. 882. 1965

Lubang Aayakan BS Dalam mm	Persentase Tembus Kumulatif Untuk Ukuran Butir Nominal	
	38,1 mm (1½ in)	19,0 mm (¾ in)
76,2	100	-
38,1	95 - 100	100
19,0	45 - 75	95 - 100
4,76	25 - 45	30 - 50
0,60	8 - 30	10 - 35
0,15	0 - 6	0 - 6

Terdapat pula beberapa macam susunan besar butir agregat yang disarankan oleh beberapa badan ilmiah atau para ahli dari berbagai negara.

Sebagai informasi dapatlah dikemukakan disini susunan butir yang disarankan oleh Road Research Institute (British)

dalam Road Note No. 4 "Design of Concrete mixes".

Untuk keperluan pembuatan beton massa yaitu konstruksi-konstruksi beton yang berukuran besar, Mc Intosh, JD dalam penerbitan Civil Engineering 52 No. 615 September 1957 menyarankan susunan butir maksimum 152 mm (6 in) dan 76 mm (3 in).

D. Mengabungkan Agregat

Agregat alam yang terdapat dipasaran, pada umumnya tidak diolah dan diayak untuk memenuhi persyaratan standard.

Kita dapat menjumpai beberapa keadaan mengenai susunan besar butir agregat, yang tidak memenuhi syarat, antara lain:

- Pasir yang terlalu kasar, kekurangan bagian butir yang menembus ayakan 0,3 mm dan mengandung banyak bagian butir lebih besar dari 5 mm.
- Pasir yang terlalu halus, mengandung banyak bagian yang halus menembus ayakan 0,3 mm dan 0,15 mm atau mengandung banyak lumpur.
- Pasir yang susunan butirnya tidak berlanjut, artinya tidak terdapat salah satu bagian butir (gap grading).
- Agregat kasar yang hanya terdiri dari hanya satu atau dua fraksi, umpamanya fraksi 50 - 38 mm dan 38 - 19 mm.
- Agregat kasar yang terdiri dari tiga atau empat fraksi hasil pemecahan batu dengan mesin, yang kalau dicampur dalam perbandingan tertentu dapat memenuhi persyaratan gradasi yang baik.
- Agregat kasar yang mengandung banyak bagian butir yang halus menembus ayakan 4,75 mm.

Tidak selalu kita memperoleh agregat alam yang susunan besar butirnya baik dan siap untuk dipakai dalam pembuatan beton.

mungkin saja pasir yang kasar perlu digabungkan dengan pasir yang halus dalam perbandingan tertentu agar dapat dipenuhi persyaratan yang dikehendaki. Demikian pula halnya dengan agregat kasar dan agregat halus digabungkan dalam perbandingan tertentu.

1. Menggabungkan Agregat Halus (Pasir).

Pasir yang dipergunakan untuk pembuatan beton di Indonesia banyak yang susunan butirnya kasar, terutama sekali kekurangan bagian butir yang tembus ayakan 0,3 mm (300 micron).

Hal ini disebabkan oleh cara pengambilan pasir dari sungai yang mempergunakan ayakan bambu dengan lubang besar, dan pasir dicuci dengan cara menggoncang-goncangkan ayakan tersebut di air sungai, sehingga bagian butir yang halusnyanya hanyut kembali.

Butiran pasir yang lebih kecil dari 300 micron ini sangat penting fungsinya dalam beton, yaitu agar beton lebih kohesif, mencegah terjadinya pemisahan butir (segregation) dan bleeding, memperbaiki workability dan membuat beton lebih kedap air.

Untuk beton yang kedap air, pasir yang dipakai harus mengandung paling sedikit 15 % butiran yang lebih kecil dari 300 micron.

Begitu juga untuk beton yang akan dicor-kan dengan cara dipompa, kadar bagian yang halus ini harus paling sedikit 20 %.

Contoh cara menggabungkan pasir:

Umpama kita mempunyai pasir kasar A dan pasir halus B, yang masing-masing susunan butirnya tidak memenuhi syarat, ingin kita gabungkan agar memenuhi suatu syarat curva yang baik. Setelah dilakukan analisa ayak dan curva susunan butir terhadap kedua pasir tersebut, perbandingan campurannya dapat dihitung dengan rumus berikut.

$$Y = \frac{a}{100} \cdot Y_A + \frac{b}{100} \cdot Y_B$$

$$a + b = 100 \%$$

dimana

Y = Ordinat dari curva susunan butir gabungan pada salah satu lubang ayakan.

Y_A dan Y_B = Ordinat dari curva susunan butir pasir A dan B pada salah satu lubang ayakan (yang sama dengan lubang ayakan pada Y)

a dan b = Perbandingan berat pasir A dan pasir B dalam persen.

2. Cara Perhitungan Penggabungan Agregat Halus.

Dari analisa ayek, susunan butir pasir A dan pasir B adalah seperti pada daftar berikut ini.

Kita ingin pasir yang memenuhi curva zone 2 dari British Standard.

Ambillah satu atau dua titik persentase terbaik pada curva pasir zone 2 digaris lubang ayakan tertentu.

Marilah kita pilih lubang ayakan 0,6 mm dan titik persentase pada ordinat adalah 45 %.

$$45 = \frac{a}{100} \cdot 19 + \frac{b}{100} \cdot 88 \text{ atau}$$

$$45 = \frac{a}{100} \cdot 19 + \frac{(100 - a)}{100} \cdot 88$$

kita dapatkan:

$$\text{Pasir A} = a \% = 64 \%$$

$$\text{Pasir B} = b \% = 36 \%$$

Sekarang kita pilih lubang ayakan 0,3 mm dan titik persentase terbaik adalah 20 %, maka:

$$20 = \frac{a}{100} \cdot 5 + \frac{(100 - a)}{100} \cdot 49$$

kita dapatkan:

$$\text{Pasir A} = a \% = 66 \%$$

$$\text{Pasir B} = b \% = 34 \%$$

Setelah perbandingan dalam persen ini kita peroleh lalu diperhitungkan persentase tembus kumulatif gabungan dari kedua pasir ini, dan kemudian digambarkan curvanya. Lihat curva perhitungannya pada daftar 9.

Dari kedua hasil perbandingan ini dapat dipilih salah satu atau diambil rata-rata dari keduanya atau pilihan curva terbaik yang diperoleh dari penggabungan ini. Mungkin saja kita peroleh dua macam perbandingan yang jauh berbeda satu sama lain.

Dalam hal ini hendaknya dipilih yang memberikan curva susunan butir yang terbaik.

Daftar 9
 DAFTAR PERHITUNGAN PENGABUNGAN AGREGAT HALUS
 UNTUK MEMENUHI STANDARD ZONE 2 B.S.

Ukuran ayakan mm	Pasir A Persen tembus YA	Pasir B Persen tembus YB	Gabungan I 64 % A + 36 % B		Y gabungan	Gabungan II 66 % A + 34 % B		Y gabungan
			$\frac{64}{100}$ YA	$\frac{36}{100}$ YB		$\frac{66}{100}$ YA	$\frac{34}{100}$ YB	
9,5	100	100	64	36	100	66	34	100
4,75	89	100	57	36	93	59	34	93
2,36	74	99	47	36	83	49	34	83
1,18	46	95	29	34	63	30	32	62
0,60	19	88	12	32	44	12,5	30	42,5
0,30	5	49	3	18	21	3	17	20
0,15	1	9	0,6	3	3,6	0,7	3	3,7

Daftar perhitungan menggabungkan dua macam pasir yang susunan butirnya berbeda, untuk memperoleh susunan butir yang lebih baik dan memenuhi syarat.

3. Menggabungkan Agregat Kasar.

Ada kalanya kita mendapatkan agregat kasar yang susunan butirnya terdiri dari sebagian besar butiran-butiran yang berukuran besar; atau terdiri dari butiran-butiran yang berukuran kecil, atau kita mempunyai agregat yang terbagi dalam beberapa fraksi (biasanya 3 fraksi).

Agregat yang terdiri dari beberapa fraksi adalah hasil pemecahan batu dengan mesin dan hasilnya diayak dengan beberapa ukuran ayakan.

Bila kita perlu menggabungkan dua atau tiga macam agregat kasar guna memperbaiki susunan butirnya, dapat dilakukan dengan perhitungan seperti untuk agregat halus. Rumusnya dapat diperpanjang menjadi:

$$Y = \frac{a}{100} \cdot YA + \frac{b}{100} \cdot YB + \frac{c}{100} \cdot YC \quad \dots\dots \text{dst.}$$

$$a + b + c + \dots\dots\dots = 100 \%$$

dimana:

Y = Ordinat dari curva susunan butir gabungan untuk agregat kasar pada salah satu ayakan.

YA, YB, YC = Ordinat dari curva susunan butir masing-masing agregat A, B, C, dst.

a, b, c, dst. = Perbandingan berat masing-masing agregat yang digabungkan, dalam %.

Dapat pula dilakukan perhitungan penggabungan dengan cara memperhitungkan persen tembus atau persen tertinggal pada titik fraksi tertentu pada curva susunan butir gabungan agregat yang disyaratkan.

Umpamanya untuk fraksi 38 - 19 mm, kita lihat pada curva ordinat pada ayakan 19 mm, harus tembus antara 35 % - 70 %. Ini berarti yang tertinggal di atas ayakan 19 mm adalah 65 % - 30 %, atau fraksi 19 - 38 mm diperlukan antara 65 % - 30 %, Demikian pula halnya dengan fraksi-fraksi yang lain.

LAMP IRAN - LAMP IRAN

U.D.C

STANDAR INDUSTRI

Nomor : 78/SI/75

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KEKERASAN

PASIR UNTUK ADUK DAN BETON

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN

PROYEK BALAI PENELITIAN BAHAN-BAHAN

BANDUNG

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KEKERASAN
PASIR UNTUK ADUK DAN BETON

I. RUANG LINGKUP

Standar ini dimaksud untuk menentukan kekerasan dari pada pasir untuk dipakai sebagai agregat halus di dalam pembuatan adukan dan atau beton yang bobot isinya = $1,8 \text{ kg/dm}^3$.

II. CARA PENGUJIAN

1. Alat-alat

- a. Bejana berbentuk silinder terbuat dari baja dan atau dari keramik bakaran keras, bergaris tengah dibagian dalam 20 cm, panjang 19 cm. Bejana tersebut dapat berputar (menggeling) teratur dengan putaran 28 putaran tiap menit.
- b. Kaleng gelas dengan garis tengah ($1,7 + 0,1 \text{ cm}$) sebanyak 100 buah.
- c. Bejana dulang-dulang penampung. (waskom)
- d. Timbang kapasitas 500 gram.
- e. Ayakan standar.
- f. Bahan pembantu.

Pasir kwarsa dengan kristal padat berasal dari bangsa yang telah bersih dengan kadar silika tidak kurang dari 95 %, yang telah disiapkan di dalam fraksi butir masing-masing diantara ayakan-ayakan 4,8 - 2,4 - 3,2 - 0,6 dan 0,3 mm.

2. Pelaksanaan

- a. Pasir contoh yang akan diuji, diayak dengan susunan ayakan seperti tersebut pada 2.1.6. dikeringkan sampai berat tetap. Fraksi dari masing-masing ayakan dipisahkan, dan masing-masing ditimbang yang banyaknya sesuai dengan jumlah persen dari susunan besar butir contoh asli. Jumlah contoh untuk percobaan ini seluruhnya 100 gram pasir kering.

Contoh misal:

Susunan ayakan	fraksi	Fraksi pasir	
		Pasir contoh asli (%)	Contoh untuk percobaan
4,8 mm	5	tak diambil	tak diambil
4,8 - 2,4 mm	10	13,3 %	13,3 gram
2,4 - 1,2 mm	15	20,0 %	20,0 gram
1,6 - 0,6 mm	30	30,0 %	30,0 gram
0,6 - 0,3 mm	20	26,7 %	26,7 gram
0,3 - 0,15 mm	15	tak diambil	tak diambil
0,15 mm	5	,,	,,
Jumlah	100 %	100 %	100 % gram

b. Setelah didapat perhitungan jumlah contoh seperti tersebut di atas, kemudian siapkan contoh pembanding pasir kwarsa, sebagai tersebut pada 2.1.6. dengan jumlah gram sesuai dengan jumlah gram pasir contoh (lihat kolom terakhir).

Jumlah dari pasir pembanding ini berat seluruhnya 100 gram kering

c. Masukkan pasir contoh yang susunan butirnya seperti telah dihitung dalam "misal" 2.2.1. kolom akhir, kedalam selinder, tambah air bersih 200 ml. dan tambahkan kelereng gelas sebanyak 100 buah. Putarkan silinder ini selama 1 jam.

Selama silinder berputar, tidak boleh ada bahan atau cairan yang terpecik keluar silinder.

Setelah putaran 1 jam selesai, isi selinder seluruhnya dikeluarkan ditampung dalam dulang penampung, Bilas silindernya dengan air bersih sehingga tidak ada butir-butir pasir yang tertinggal. Air bilasan ditampung semua di dalam dulang.

Ambil butir-butir kelereng pisahkan dari dulang.

Isi dulang kemudian didekantir, dibuang airnya secara hati-hati hingga tidak ada butiran pasir yang terbawa air/terbuang.

Keringkan pasirnya hingga kering benar, lalu ayak dengan ayakan 0,3 mm.

Timbang sisa di atas ayakan 0,3 mm hingga ketelitian 0,1 gram.

Pekerjaan tersebut di atas ini diulangi, dengan menggunakan pasir kwarsa pembanding (2.2.2).

d. Hasil penimbangan terhadap sisa di atas ayakan 0,3 mm, memberikan hasil terhadap berapa bagian yang hilang menembus ayakan 0,3 mm dari contoh semula.

Kekerasan pasir, ialah suatu bilangan yang merupakan hasil bagi dari bagian yang hilang menembus ayakan 0,3 mm dari pasir contoh, dibagi dengan bagian yang hilang dari pasir pembandingan.

$$\text{Bilangan kekerasan} = \frac{\text{Bagian pasir contoh yang hilang menembus ayakan 0,3 mm}}{\text{Bagian pasir kwarsa yang hilang menembus ayakan 0,3 mm}}$$

U.D.C

STANDAR INDUSTRI

Nomor : 75/SI/75

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS
LEBIH KECIL DARI 70 MICRON DALAM AGREGAT
KASAR UNTUK BETON

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN
PROYEK BALAI PENELITIAN BAHAN-BAHAN
BANDUNG

**STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS
LEBIH KECIL DARI 70 MICRON DALAM AGREGAT
KASAR UNTUK BETON**

I. RUANG LINGKUP

Standar ini mencakup cara penentuan bagian yang halus lebih kecil 70 micron dari agregat kasar untuk beton.

II. KETENTUAN PENGGUNAAN

Cara ini hanya dipergunakan bagi contoh agregat kasar dengan butir-butir lebih besar dari 4,8 mm.

Bila contoh merupakan campuran butir kasar sampai dengan yang halus, maka contoh harus dibagi 2 (dua), berdasarkan besar butirnya, ayakan 4,8 mm. Bagian butir yang menembus ayakan 4,8 mm, penentuan kadar bagian halus mempergunakan cara sebagai tercantum dalam standar industri No. 75/SI/73, yaitu standar cara penentuan kadar bagian butir lebih kecil 50 micron untuk agregat halus bagi aduk dan beton.

III. ALAT-ALAT

1. Dua susunan ayakan yang terdiri dari ayakan dengan lobang 70 micron (di bawah) dan di atas mana diletakan ayakan 1,2 mm.
2. Cawan/mangkok yang cukup untuk menampung contoh, dan dulang untuk merendam contoh sampai dapat terendam air.
3. Dapur pengering dan timbangan yang dapat menimbang teliti sampai 0,1 gram.

IV. CONTOH UNTUK DIUJI

Contoh rata-rata yang didapat dari hasil campuran rata-rata contoh aslinya dan yang berkadar kelembaban cukup sehingga tidak mudah bercecai berai

Jumlah contoh untuk diuji adalah sbb.

Untuk butiran antara 4,8 samapai 9,6 mm, sebanyak 1.000 - 1.500 gr.

Untuk butiran antara 9,6 sampai 19,2 mm, sebanyak 1.500 - 2.000 gr.

Untuk butiran antara 19,2 sampai 38,4 mm, sebanyak 2.500 - 3.000 gr.

Untuk butiran lebih besar dari 38,4 mm, sebanyak 5.000 gr atau lebih, dengan perkiraan cukup sebagai contoh rata-rata.

V. CARA PENGUJIAN

Contoh-contoh untuk diuji dikeringkan dalam dapur pengering suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap.

Kemudian timbang, untuk setiap 500 gr. dengan ketelitian sampai 0,1 gr. Rendam contoh itu dalam dulang sehingga semua terendam air (air jernih) kemudian aduk-aduk contoh itu sehingga terpisah dari bagian yang halus. Suspensi yang kelihatan keruh kerana mengandung bagian halus dituangkan perlahan-lahan kedalam susunan ayakan.

Jangan ditumpahkan seluruh isi dulang yang mengandung butir kasar kedalam susunan ayakan, karena hal ini akan merusakkan ayakan. Lebih baik pula, cairan yang menembus ayakan di bawah (70 micron) ditampung untuk pengujian ulangan.

Pekerjaan tersebut di atas di ulang beberapa kali, sehingga air cucian dari dulang kelihatan jernih.

Kemudian bilas butiran-butiran yang tertinggal diatas susunan ayakan, sehingga air bilasan jernih. Tampung butiran-butiran yang tertinggal di atas susunan ayakan dan campuran kedalam butiran lainnya yang ada dalam dulang.

Keringkan butiran bekas cucian ini sampai berat tetap.

Timbang untuk setiap 500 gr. sampai 0,1 gr. teliti.

Hitung bagian yang hilang dalam % sampai 1 desimal sbb.

$$\frac{\text{Berat contoh kering asli} - \text{berat contoh kering dicuci}}{\text{Berat contoh kering asli}} \times 100 \%$$

VI. PENGUJIAN ULANG

Jika pengujian ulang diperlukan sebagai peneraan, air cucuan yang menembus susunan ayakan, perlu ditampung dan dikeringkan. Sisa kering ini ditimbang dan dihitung dalam % dari contoh kering asli, adalah bagian butir halus yang menembus ayakan 70 micron.

U.D.C

STANDAR INDUSTRI

Nomor : 76/SI/75

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS
LEBIH KECIL DARI 50 MICRON UNTUK AGREGAT
HALUS ADUK DAN BETON

DEPERTEMEN PERINDUSTRIAN

PROYEK BALAI PENELITIAN BAHAN-BAHAN

BANDUNG

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN KADAR BUTIR HALUS
LEBIH KECIL DARI 50 MICRON UNTUK AGREGAT
HALUS ADUK DAN BETON

I. RUANG LINGKUP

Cara ini mencakup penentuan kadar butir lebih kecil dari 50 micron yang disebut juga kadar slib, dalam agregat halus untuk aduk dan beton

II. KEPENTUAN PENGGUNAAN (APPLICABILITY)

1. Cara penentuan dengan analisa endap merupakan cara yang mudah dengan alat yang tidak terlalu mahal, serta dapat dilakukan di lapangan pekerjaan.
2. Cara penentuan lain misalnya dengan menggunakan ayakan dengan lobang 50 micron diperbolehkan.
3. Cara penentuan dengan pengendapan pakai botol selai, hanya untuk pekerjaan dilapangan yang tidak begitu teliti.

III. ALAT-ALAT

Timbangan dengan ketelitian sampai 0,1 gram.

Dapur pengering dan exicator.

Bejana berbentuk silinder dari gelas, bergaris tengah dalam k.l. 10 cm tinggi 20 cm dan pengaduk terbuat dari kayu.

Mangkok pengering yang cukup untuk contoh yang dianalisa .

Ayakan standar dengan lobang 50 micron dan ayakan dengan lobang 1,2 mm

Botol selai lengkap dengan tutupnya.

IV. CARA PENENTUAN

1. Penentuan dengan analisa endap.

Ambil sejumlah contoh agregat halus (lebih dari 100 gram), keringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap, kemudian dinginkan dalam/exicator.

Timbang contoh tadi sebanyak 100 gram. masukan kedalam bejana gelas dengan garis tengah dalam k.l. 10 cm tinggi 20 cm. Tambahkan kedalamnya air bersih setinggi 12 cm dari permukaan pasir/agregat halus diamkan k.l. 1 jam, kemudian aduk sehingga cairan di dalam bejana

kelihatan keruh.

Hentikan pengadukan, diamkan selama 1 menit, sehingga butir-butir kasar mengendap.

Setelah 1 menit, tuangkan bagian cairan yang keruh ini perlahan-lahan (jangan sampai habis semua cairannya, supaya butiran yang agak kasar tidak turut terbuang), hingga kira-kira tinggal separohnya.

Ulangi penambahan air bersih, sehingga tinggi air 12 cm dari permukaan contoh, aduk, diamkan 1 menit dan buang air di atasnya sampai separohnya.

Ulangi pekerjaan ini berturut-turut, seperti di atas, sehingga setelah pengadukan berhenti 1 menit, cairan di atasnya kelihatan jernih.

Tampung sisa contoh yang ada dalam bejana cawan (mangkok) pengering dan keringkan dalam dapur pengeringan sampai berat tetap.

Timbang sisa cucian ini sampai 0,1 gram teliti.

Selisih antara contoh semula dan contoh setelah dicuci, adalah bagian yang hilang (lebih kecil 50 micron) dan dihitung dalam % dari contoh aslinya.

Untuk setiap contoh tentukanlah paling sedikit 3 kali dan hitung hasil rata-rata sampai 1 desimal.

2. Penentuan dengan ayakan 50 micron.

Timbang contoh asli (lebih dari 100 gram untuk 1 kali penentuan), keringkan dalam dapur pengering sampai berat tetap, dinginkan dalam lexicator.

Timbang contoh kering sebanyak 100 gram, rendam dalam mangkok selama 1 jam, kemudian tumpahkan di atas susunan ayakan.

Susunan ayakan 2 buah terdiri dari: bagian bawah ayakan dengan lobang 50 micron, di atasnya ayakan dengan lobang 1,2 mm.

Susunan ayakan ini akan lebih baik bila ditempatkan di atas dulang/waskom.

Contoh dari cawan perendam tidak tumpahkan di atas ayakan ini (ayakan teratas), kemudian sirami dengan air bersih perlahan-lahan sambil disikat dengan kwas yang lemas bulunya.

Setelah air yang menembus ayakan 1,2 mm ini terlihat jernih, angkat perlahan-lahan ayakan 1,2 mm ini, sirami air bersih dan air yang menembus ayakan ini agar jatuh di atas ayakan 50 micron.

Bilas seluruh badan ayakan ini, air pembilasnya tertampung diatas ayakan 50 micron.

Pembilasan sampai bersih, hindari terjadinya percikan-percikan butir keluar ayakan, kemudian sirami ayakan 50 micron ini dengan air perlahan-lahan sambil disikat ringan (penyikatan terlalu keras akan merusak mata ayakan).

Pengucuran air dan penyikatan ringan baru berhenti jika air cucianya telah jernih.

Sisa butiran yang tinggal di atas ayakan 1,2 mm di atas 50 micron, ditampung hati-hati di atas mangkok pengering, keringkan di dalam dapur sampai berat tetap.

Timbang sisa cucian ini dan selisih berat antara contoh semula dan sisa cucian adalah bagian yang hilang menembus ayakan 50 micron, hitung dalam persen dari contoh kering aslinya.

Untuk setiap contoh tentukan sedikitnya 3 kali dan hitung hasil rata-ratanya sampai 1 desimal.

3. Penentuan dengan pengendapan (hanya untuk pekerjaan kasar dilapangan).

Botol selesai di isi agregat halus yang akan diperiksa setinggi 5 cm (padat).

Kemudian isi dengan air jernih sampai $\frac{3}{4}$ penuh.

Tutup botolnya rapat-rapat, kocok isinya k.l. selama 10 menit, kemudian diamkan botol bersama isinya ini selama satu jam.

Setelah 1 jam pada botol ini di atas bagian agregat halus terlihat lapisan halus slib. Ukur tebal lapisan slib ini.

Apabila lapisan slib ini tebalnya tidak lebih 3 mm, maka kadar bagian halus dari agregat ini masih dalam batas-batas yang diperbolehkan.

Tentu dengan cara ini sedikitnya 3 kali untuk setiap contoh, dan hasil rata-rata dari 3 kali penentuan itu.

U.D.C

STANDAR INDUSTRI

Nomor : 145/SI/76

STANDAR CARA PENGUJIAN SIPAT AGREGAT UNTUK
ADUK DAN BETON TERHADAP PENGARUH LARUTAN
JENUH NATRIUM DAN MAGNESIUM SULFAT

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN
PROYEK BALAI PENELITIAN BAHAN-BAHAN
BANDUNG

STANDAR CARA PENGUJIAN SIPAT AGREGAT UNTUK
ADUK DAN BETON TERHADAP PENGARUH LARUTAN ,
JENUH NATRIUM DAN MAGNESIUM SULFAT

I. RUANG LINGKUP

Standar ini mencakup cara pengujian agregat untuk beton terhadap daya tahan hancur karena pengaruh larutan jenuh garam Natrium sulfat atau Magnesium sulfat. Hal ini akan membantu memberikan keterangan mengenai sifat kekal agregat terhadap pengaruh cuaca, terutama jika keterangan yang lebih jelas mengenai sifat-sifat agregat mengenai daya tahannya terhadap pengaruh cuaca, tidak terdapat.

Perlu dicatat pula, karena hasil pengujian dengan menggunakan dua macam garam sulfat ini akan berbeda, maka di dalam persyaratannya harus jelas dibedakan dengan garam yang mana, syarat sifat kekekalan agregat ini diuji

II. ALAT-ALAT

1. Ayakan

Ayakan untuk menyusun butiran agregat yang akan diuji harus ayakan standar.

Lobang ayakan contoh agregat halus (pasir) atau agregat kasar kerikil atau batu pecah) yang dipergunakan adalah sebagai berikut:

Ayakan Halus	Ayakan Kasar
Lobang ayakan 150 micron (ayakan No. 100)	Lobang ayakan 8,0 mm (6/16 ")
Lobang ayakan 300 micron (ayakan No. 50)	Lobang ayakan 9,5 mm (3/8")
Lobang ayakan 600 micron (ayakan No. 30)	Lobang ayakan 12,5 mm (1/2 ")
Lobang ayakan 1,2 mm (ayakan No. 16)	Lobang ayakan 16,0 mm (5/8 ")
Lobang ayakan 2,4 mm (ayakan No. 8)	Lobang ayakan 19,0 mm (3/4 ")
Lobang ayakan 4,0 mm (ayakan No. 5)	Lobang ayakan 25,0 mm (1 ")
Lobang ayakan 4,8 mm (ayakan No. 4)	Lobang ayakan 31,0 mm (1 1/4 ")
	Lobang ayakan 37,5 mm (1 1/2 ")
	Lobang ayakan 50 mm (2")

2. Tempat merendam contoh

Tempat (wadah) untuk merendam contoh di dalam larutan, seperti tersebut dalam cara di bawah ini, harus terbuat dari bahan yang berlobang-lobang, sehingga cairan perendam dapat dengan mudah meniris dari wadah ini, tanpa membawa serta contohnya.

Untuk ini misalnya dapat dibuat dari kasa/saringan yang dapat tahan terhadap larutan Magnesium atau Natrium sulfat, dengan lobang-lobang saringan yang sesuai/cocok untuk butiran contoh yang diperiksa.

3. Alat pengatur suhu

Perlu disediakan alat pengatur suhu yang cocok untuk mengatur suhu selama perendaman contoh dalam larutan garam sulfat dilakukan (lihat cara pengujian).

4. Timbangan

Untuk menimbang agregat halus diperlukan timbangan yang dapat menimbang sampai teliti 0,1 gram bagi contoh yang ditimbangnya.

Untuk menimbang agregat kasar diperlukan timbangan yang dapat menimbang sampai dengan ketelitian 0,1 % atau gram bagi contoh yang ditimbangnya.

5. Dapur pengeringan

Dapur pengeringan harus dapur yang dapat dipergunakan untuk mengeringkan dengan pemanasan terus menerus pada suhu $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dan kecepatan penguapan pada suhu ini paling sedikit 25 gram per jam untuk selama 4 jam dimana selama itu dapur pengering dalam keadaan tertutup pintunya.

Kecepatan penguapan ini harus ditentukan dengan menguapnya air yang berada dalam piala Griffin yang rendah dengan isi 1 liter, tiap-tiap piala berisi 500 gram air bersuhu mula-mula $21 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Tempat piala-piala Griffin berisi air ini masing-masing pada sudut-sudut dan ditengah dapur pengering. Syarat penguapan dikenakan kepada semua tempat pengujian di dalam dapur ini, jika dapur dalam keadaan kosong.

6. Alat pengukur bobot jenis cairan

Untuk ini perludisediakan hydrometer yang cukup baik dan teliti, atau gelas pengukur cairan dan timbangan yang dapat dipergunakan untuk penentuan bobot jenis cairan sampai dengan ketelitian $\pm 0,001$.

III. LARUTAN GARAM SULFAT UNTUK MERENDAM CONTOH

1. Siapkan larutan garam sulfat untuk merendam contoh yang terbuat dari larutan garam Natrium sulfat atau Magnesium sulfat.

Banyaknya larutan garam sulfat ini paling sedikit harus 5 (lima) kali isi (volume) pada dari contoh yang direndam.

2. Larutan garam Natrium sulfat.

Siapkan larutan jenuh garam Natrium sulfat dengan melarutkan dalam air bersih, kristal murni garam Natrium sulfat (Na_2SO_4 anhidrida) atau $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (kristal) pada suhu $25^\circ - 30^\circ\text{C}$. Larutan ini harus betul-betul jenuh sehingga kelihatan adanya kelebihan garam yang tidak larut lagi. Aduk baik-baik, sehingga larutan ini betul-betul jenuh kemudian simpan dalam tempat yang tertutup dan biarkan dingin pada suhu $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ k.l. selama paling sedikit 48 jam sebelum dipergunakan. Larutan ini harus mempunyai BD. tidak kurang dari 1,151 dan tidak lebih dari 1,174.

Buang cairan yang sudah berwarna, atau saring dulu kemudian tentukan BD. nya.

3. Larutan garam magnesium sulfat

Siapkan larutan jenuh garam Magnesium sulfat dengan melarutkan dalam air bersih kristal murni garam Magnesium sulfat (MgSO_4 anhidrida atau $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) pada suhu $25^\circ - 30^\circ\text{C}$ sampai dalam larutan itu terlihat kelebihan garam yang tidak dapat larut lagi. Aduk baik-baik sehingga larutan betul-betul jenuh, kemudian simpan dalam tempat yang tertutup dan biarkan hingga pada suhu $(21 \pm 2)^\circ\text{C}$ k.l. selama paling sedikit 48 jam sebelum dipergunakan.

Pada waktu larutan ini akan dipergunakan, hancurkan dulu hablur-hablur garam yang mungkin terjadi, dan aduklah baik-baik kemudian tentukan BD. nya. Pada waktu akan dipergunakan larutan ini harus

mempunyai BD. tidak kurang dari 1,295 dan tidak lebih dari 1,308. Buang cairan yang sudah berwarna atau saring dulu kemudian tentukan BD.

IV. CONTOH YANG DIUJI

1. Agregat halus

Agregat halus untuk diuji harus menembus ayakan berlobang 9,5 mm ($3/8$ "). Jumlah butiran-butiran yang diuji sedemikian banyaknya sehingga masing-masing fraksi butir berjumlah tidak kurang dari 100 gram dan susunan butir/fraksi pada mata ayakan seperti tersebut di bawah ini, tidak kurang dari 5 %.

Butir-butir agregat untuk diuji berada di atas ayakan-ayakan sebagai berikut:

Tembus mata ayakan	Tertinggal di atas ayakan
9,5 mm ($3/8$ inchi)	4,8 mm (ayakan No. 4)
4,8 mm (ayakan No. 4)	2,4 mm (ayakan No. 8)
2,4 mm (ayakan No. 8)	1,2 mm (ayakan No. 16)
1,2 mm (ayakan No. 16)	0,6 mm (ayakan No. 30)
0,6 mm (ayakan No. 30)	0,3 mm (ayakan No. 50)

2. Agregat kasar

Agregat kasar untuk diuji, berbutir lebih besar dari 4,8 mm.

Bagian yang lebih kecil dari 4,8 mm, diuji sebagai agregat halus.

Jumlah fraksi butir untuk agregat kasar yang diuji, seperti tercantum dalam tabel berikut ini dan jumlah masing-masing fraksinya tidak kurang dari 5 % dari keadaan aslinya:

Susunan fraksi butir	Terdiri dari	Jumlah berat gram
4,8 mm - 9,5 mm		(300 ± 5) gram
9,5 mm - 19,0 mm	(9,5 - 12,5) mm	(1000 ± 10) gram
	(12,5 - 19,0) mm	(330 ± 5) gram
37,5 mm (1½") - 19 mm		(670 ± 10) gram
	(19 - 25) mm	(1500 ± 50) gram
	(25 - 37,5) mm	(500 ± 30) gram
63 mm - 37,5 mm		(1000 ± 50) gram
	(37,5 - 50) mm	(5000 ± 300) gram
	(50 - 63) mm	(2000 ± 200) gram
		(3000 ± 300) gram

Butir yang lebih besar dari 63 mm, berturut-turut meningkat tiap-tiap 25 mm, tiap fraksi: (7000 ± 1000) gram.

3. Bila fraksi-fraksi dari contoh ternyata jumlahnya kurang dari 5 % dari keadaan asalnya, maka fraksi-fraksi sedemikian tidak perlu diuji, tetapi untuk perhitungan dari hasil pengujian, harus dianggap bahwa fraksi tersebut mempunyai jumlah hilang rata-rata yang sama dengan fraksi yang lebih kecil atau yang lebih besar dari padanya. Bila salah satu dari fraksi tersebut tidak ada, juga harus dianggap mempunyai jumlah hilang rata-rata yang sama dengan fraksi yang lebih kecil atau yang lebih besar dari padanya.

Bila fraksi kasar antara 9,5 - 19 mm; 19 - 37,5 mm dan 63 - 37,5 mm seperti tersebut pada 4,2, tidak dapat dipenuhi jumlahnya karena keadaan contoh yang terlalu sedikit, jumlah masing-masing fraksinya dapat dikurangi, sehingga keadaannya sebanding dengan keadaannya.

V. MEMPERSIAPKAN CONTOH YANG AKAN DIUJI

1. Agregat halus

Contoh yang akan diuji, dicuci bersih bagian yang tertinggal diatas ayakan 0,30 mm, kemudian dikeringkan sampai berat tetap pada suhu kurang lebih (110 ± 5)°C.

Contoh kemudian diayak dengan susunan ayakan seperti tersebut dalam 4.1 dan pengayakan dilakukan sedemikian sehingga tidak ada lagi butiran-butiran yang menembus ayakan satu dengan lainnya lagi. Pisahkan fraksi-fraksi butir yang terdapat pada masing-masing ayakan. Butir-butir yang melekat pada lobang ayakan jangan diikuti serta-kan dalam pengujian. Ambil kurang lebih 110 gram masing-masing dan ayak kembali dengan ayakan yang bersangkutan. Timbang masing-masing fraksi yang diperlukan sebanyak $(100 \pm 0,1)$ gram kemudian tempatkan pada wadah perendam contoh, terpisah-pisah (masing-masing fraksi 1 wadah).

2. Agregat kasar.

Quoi butiran yang lebih besar dari 4,8 mm dan keringkan pada suhu $(140 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap. Ayakan dengan susunan ayakan seperti tersebut pada 4.2 selanjutnya dikerjakan sama seperti tersebut pada 5.1 tetapi berat masing-masing fraksi butir agregat kasar untuk pengujian seperti tercantum dalam 4.2. Bagi fraksi-fraksi yang lebih besar dari 19 mm, agar di-samping dicatat beratnya, juga dicatat berapa masing-masing jumlah butiran untuk setiap fraksinya.

VI. CARA PENGUJIAN

1. Perendam contoh

Rendam wadah-wadah yang telah berisi contoh di dalam larutan Natrium sulfat atau Magnesium sulfat yang telah disiapkan untuk selama tidak kurang dari 16 dan tidak lebih dari 18 jam. Contoh harus terendam betul-betul sehingga paling sedikit tertutup oleh cairan sedalam 1 cm. Tutuplah tempat perendaman ini untuk menghindari penguapan atau tambahaya kotoran yang datang dari luar. Atau suhu selama terjadi perendaman contoh ini dalam keadaan tetap $(21 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.

2. Pengeringan contoh

Setelah mengalami perendaman dalam jangka waktu tersebut pada 6.1 wadah-wadah contoh diangkat dari dalam larutan lalu biarkan dulu meniris; (10 - 20) menit lamanya, setelah itu masukkan kedalam

dapur pengeringan yang suhunya telah mencapai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$. Keringkan contoh dalam dapur ini sampai berat tetap.

Contoh telah dapat dianggap beratnya tetap, apabila setelah 4 jam pengeringan, kehilangan beratnya tidak berselisih lebih dari 0,1 %. Dinginkan contoh sampai mencapai suhu ruangan, kemudian siapkan untuk direndam lagi dalam larutan jenuh garam Na-sulfat atau Mg-sulfat.

3. Jumlah siklus perendam

Untuk pengujian ini contoh dengan masing-masing fraksinya tersebut di atas direndam dan dikeringkan untuk selama 5 (lima) kali.

VII. PENGAMATAN TERHADAP HASIL PENGUJIAN

1. Pengamatan secara kuantitatif.

Setelah jumlah siklus perendaman dilakukan, cuci contoh untuk masing-masing fraksinya sehingga bersih dari garam sulfatnya. Untuk membuktikan kebersihan ini, uji air pencuciannya dengan larutan BaCl_2 , dimana dengan larutan ini tidak terlihat lagi adanya kekeruhan larutan. Pencucian dapat dilakukan lebih cepat dengan menggunakan air panas bersuhu kurang lebih $(40 - 50)^{\circ}\text{C}$.

Pada waktu melakukan pencucian ini, hindari terjadinya guncangan-guncangan yang terlalu kuat pada butiran-butiran agregat ini yang memungkinkan ia pecah. Setelah pencucian bersih dari garam sulfat, keringkan contohnya, kemudian setelah dingin, lalu diayak lagi.

Untuk agregat halus cara mengayak dan jenis ayakan dipergunakan sama seperti ayakan-ayakan yang dipergunakan untuk mempersiapkan contoh (4.1).

Untuk agregat kasar pengayakan dilakukan dengan ayakan sebagai berikut:

Untuk fraksi	Dipergunakan ayakan
(63 - 37,5) mm	31,5 mm
(37,5 - 19) mm	16,0 mm
(19 - 9,5) mm	8 mm
(9,5 - 4,8) mm	4 mm (ayakan No. 5)

Pada waktu melakukan pengayakan, baik untuk agregat halus maupun untuk agregat kasar, jangan sekali-sekali dilakukan paksaan-paksaan terhadap butiran-butiran agregat misalnya untuk menembus ayakan itu. Timbang butir-butir yang betul-betul tertinggal di atas ayakan, sebagai fraksi yang tidak hilang (butiran yang terselip pada lobang ayakan, harus dianggap sebagai butiran yang menembus lobang ayakan/ butiran yang dianggap sebagai butiran yang menembus lobang ayakan/ butiran yang hilang).

2. Pengamatan secara kwalitatip.

Pengamatan ini hanya untuk butiran agregat lebih besar dari 19 mm. Disamping pengamatan secara kwantitatip (7.1) bagi fraksi butir lebih besar dari 19 mm, dilakukan pengamatan kwalitatip sebagai berikut:

- a. Catat butiran-butiran yang mengalami perubahan bentuk, misalnya retak, pecah, belah hancur dan lain sebagainya.
- b. Catat jumlah butiran yang masih utuh dan jumlah butiran masing-masing yang mengalami cacat dan nyatakan dalam % jumlah butiran semula (lihat 5.2).

IIX. LAPORAN

1. Laporkan berat dari tiap-tiap fraksi sebelum diuji.
2. Laporkan bagian yang hilang setelah pengujian untuk masing-masing fraksi dinyatakan dalam % berat.
3. Laporkan % berat yang hilang untuk masing-masing fraksinya berdasarkan pada % berat susunan butir contoh asli, kemudian jumlahkan. Jumlah % berat ini sebagai bagian yang hilang dari contoh aslinya. Dalam hal ini bagi butiran yang lebih halus dari 0,3 mm (tidak diuji) harus dianggap bagian yang hilangnya = 0.
4. Bagi butiran yang lebih besar dari 19 mm, selain dilaporkan seperti tersebut pada 8.3 harus dilaporkan hasil pengamatan kwalitatip.
5. Di dalam laporan pengujian ini, perlu dijelaskan jenis garam sulfat yang dipergunakan untuk menguji.
6. Contoh untuk menghitung bagian yang hilang atau hancur seperti tertera di bawah ini:

Contoh cara perhitungan kuantitas hasil pengujian sifat kekal terhadap pengaruh garam Na - atau Mg - sulfat dari agregat aduk beton.

Ukuran lobang ayakan	Susunan butir dalam % berat dari contoh asli	Berat tiap fraksi butir yang diuji grm.	Persen berat yang tembus ayakan setelah diuji.	Persen berat bagian yang hilang, dari contoh asli
Agregat halus				
Tembus 150 micron (No.100)	5,0	tak diuji	tak diuji	0
Antara 300 micron 150 mu	11,4	tak diuji	tak diuji	0
Antara (600 - 300) mu	26,0	100	4,2	1,09
Antara (1,2 mm - 60 mu)	25,2	100	4,8	1,21
Antara (2,4 - 1,2) mm	17,0	100	8,0	1,36
Antara (4,8 - 2,4) mm	10,8	100	11,2	1,21
Antara (9,5 - 4,8) mm	4,6 (X)	tak diuji	11,2(XX)	0,52
J u m l a h	100,0	-	-	5,4

(x) . Jumlahnya kurang dari 5 % sehingga tak diuji

(xx). Persen berat yang hilang dianggap sama dengan fraksi terdekat dibawahnya yaitu fraksi antara (4,8 - 2,4) mm.

Ukuran lobang ayakan	Susunan butir dalam % berat dari contoh asli	Berat tiap fraksi butir yang diuji grm.	Persen berat yang tembus ayakan setelah diuji	Persen berat bagian hilang, dari contoh asli
Agregat kasar				
(63 - 50) mm 2825 g	20,0	4783	4,8	0,96
(50 - 37,5)mm 1958 g				
(37,5 - 25)mm 1002 g	45,0	1525	8,0	3,60
(25 - 19) mm 513 g				
(19 - 12,5)mm 675 g	23,0	1008	9,6	2,20
(12,5 - 9,5)mm 333 g				
(9,5 - 4,8) mm 298 g	12,0	298	11,2	1,34
J u m l a h	100,0	-	-	<u>8,1</u>

Contoh perhitungan kwalitatip butir-butir lebih besar dari 19 mm, setelah pengujian kekekalan menjadi rusak.

Ukuran ayakan	Jumlah butir sebelum diuji	Macam kerusakan yang terjadi					
		pecah		Gugus		Hancur	
		Jml.bu-tiran	Persen butir	Jml.bu-tiran	Persen butir	Jml.bu-tiran	Persen butir
(63 - 37,5)mm	29	2	6,9	-	-	1	3,45
(37,5 - 19) mm	50	5	10	2	4	-	-

U.D.C :

STANDAR INDUSTRI

Nomor : 51/SI/74

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN

BESAR BUTIR AGREGAT UNTUK

ADUK DAN BETON

DEPARTEMEN PERINDUSTRIAN

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENDIDIKAN INDUSTRI

STANDAR CARA-CARA PENENTUAN
BESAR BUTIR AGREGAT UNTUK
ADUK DAN BETON

I. RUANG LINGKUP

Standar ini mencakup cara-cara penentuan besar butir agregat untuk aduk dan beton dengan pengayakan, dan cara menghitung modulus kehalusannya (angka kehalusannya).

II. CARA PENENTUAN

1. Alat-alat:

a. Timbangan yang dapat menimbang sampai ketelitian 0,1% dari contoh yang ditimbang

b. Ayakan: Ayakan dengan lobang pesegi (bujur sangkar).

Ayakan terhalus adalah 0,15 mm, berturut-turut disusun di atasnya ayakan yang berlobang 2 kali lipat. Atau jika diperlukan ayakan dengan lobang yang lain dapat juga disusun di antara ayakan-ayakan itu. Ayakan harus berbingkai, agar bila disusun satu di atas lainnya merupakan susunan ayakan yang rapat, sehingga tercecernya butir-butir agregat didalam ayakan itu dapat dihindari.

2. Jumlah Contoh:

a. Pencampuran contoh

Contoh agregat halus dikeringkan diudara, dicampur rata kemudian diambil sebagian untuk diayak. Pencampuran dan pengambilan contoh ini dapat dilakukan dengan alat pencampur dan pembagi model Riffle sampler. Contoh agregat kasar, dikeringkan udara, diaduk diatas lanai dan dionggokan menyerupai bukit, kemudian diratakan sehingga berbentuk seperti suatu lingkaran. Lingkaran ini dibagi empat, sebagian yang berhadapan dicampur lagi, dan sebagian dipisahkan. Pekerjaan ini dilakukan berturut-turut sehingga dicapai jumlah contoh yang cukup untuk percobaan ayak.

b. Jumlah Contoh:

Untuk agregat halus dibutuhkan kurang lebih sebagai berikut:
Jika kira-kira kehalusannya lebih dari 2,50 diambil kurang lebih 400-800 gram.

Angka kehalusan 1,50 - 2,50 diambil 200 - 400 gram.

Angka kehalusan kurang dari 1,50 diambil 100 - 200 gram .

Agregat kasar, jumlah contoh untuk diayak kurang lebih 0,4 kali besar butir terbesar dalam mm, dijadikan kg. Misalnya butir terbesar 50 mm, diambil $0,4 \times 50 \text{ kg} = 20 \text{ kg}$ besar butir 25 mm, diambil $0,4 \times 25 \text{ kg} = 10 \text{ kg}$.

c. Batas-batas agregat halus dan kasar

Sebagai batas besar butir agregat halus dan kasar adalah ayakan dengan lohang 4,8 mm. Butir-butir yang menembus ayakan 4,8 mm tergolong agregat halus, sedang yang tertinggal diatas ayakan 4,8 mm tergolong agregat kasar.

Jika terdapat campuran antara agregat halus dan kasar, maka sebelum dilakukan penentuan susunan besar butir, harus dilakukan dulu pengayakan pemisahan antara kedua golongan agregat tersebut di atas, dengan ayakan 4,8 mm, dan selanjutnya masing-masing dikerjakan pencampuran serta penyediaan jumlah contoh seperti tersebut pada a. dan b di atas.

3. Percobaan ayak:

a. Persiapan Contoh

Contoh-contoh agregat yang akan diayak dikeringkan hingga kering udara. Jika tersedia dapur pengering, pengeringan lebih baik dilakukan dalam dapur pengering sampai berat tetap, pada suhu kurang lebih $10^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Contoh-contoh kemudian disediakan sejumlah seperti tercantum dalam 2b.

b. Pengayakan agregat halus

Susunlah ayakan dimulai dari piring panci penampung (paling bawah), selanjutnya diatasnya berturut-turut ayakan dengan

lobang 0,15 mm, 0,3 mm dan seterusnya sehingga ayakan teratas 4,8 mm. Jika dalam pengayakan ini dipakai lobang ayakan yang lain, dapat pula dilakukan, menurut cara kebutuhannya. Contoh yang tersedia menurut 2b, ditumpahkan pada ayakan teratas, kemudian susunan ayakan dikocok dengan gerakan kesamping bolak-balik (jika dilakukan dengan tangan) atau goncangan cara lain. Jika tersedia mesin pengayak, lebih baik pengayakan dilakukan dengan mesin.

Pengayakan dilakukan sedemikian lamanya, sehingga bagian-bagian butir yang seharusnya dapat menembus lobang ayakan, hanya tertinggal maksimal 1 %.

Setelah goncangan dihentikan, maka susunan ayakan diangkat seluruhnya, dan untuk membersihkan ayakan masing-masing, dimulai dari ayakan teratas, dapat disikat dengan sikat cat yang lemas. Penyikatan jangan terlalu keras, sekedar untuk menurunkan debu yang mungkin masih ada pada ayakan-ayakan itu, sementara masih ada dalam susunan ayakan. Setelah pekerjaan ini selesai, maka sisa pada masing-masing ayakan dan piring panci penampung yang terbawah, ditimbang sampai dengan ketelitian 10 mg kemudian dihitung dalam persen dari seluruh jumlah yang diayak, sampai 1 desimal.

Jumlah yang diayak, didapat dari penjumlahan sisa di atas tiap-tiap ayakan dan piring panci penampung setelah dilakukan pengayakan.

c. Pengayakan agregat kasar

Susunan ayakan dimulai dari piring panci penampung (paling bawah) selanjutnya di atasnya dipasang ayakan 4,8 mm berturut-turut ayakan yang lain yang diperlukan untuk itu.

Contoh yang telah disiapkan menurut 2b dan 3a, ditumpahkan pada ayakan teratas, kemudian susunan ayakan digoncangkan baik dengan tangan atau dengan mesin, sedemikian lamanya sehingga butir-butir yang dapat menembus ayakan paling banyak hanya tertinggal 1 % saja.

Setelah pengayakan selesai, maka sisa pada tiap-tiap ayakan dan piring panci penampung ditimbang sampai dengan ketelitian 1 gr. dan kemudian dihitung dalam % dari seluruh jumlah yang diayak. Jumlah yang diayak, adalah hasil penjumlahan sisa di atas masing-masing ayakan dan penampung setelah dilakukan pengayakan.

4. Menghitung modulus kehalusan (angka kehalusannya)

Dari hasil pengayakan agregat halus atau kasar, dapat dihitung modulus kehalusannya.

Modulus kehalusan ABRAM, adalah:

Jumlah seluruh sisa pada tiap-tiap ayakan yang lohangnya berbanding 2 kali lipat, dimulai dengan ayakan terhalus 0,15 mm, dibagi 100.

5. Laporan

Laporan hasil pengayakan adalah:

- a. Jumlah persen sisa di atas masing-masing ayakan, dihitung dari contoh aslinya, sampai dengan 1 desimal.
- b. Modulus kehalusan agregat halus (butir-butir lebih kecil 4,8 mm) dan modulus kehalusan dari contoh aslinya.
- c. Bagian yang lebih halus (menembus ayakan) 0,15 mm.

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Alan Everett, Ariba, 1978. Materials. BT. Batsford Limited,
London.
- _____. ASTM. Standard.
- _____. ACI Manual of Concrete Inspection.
- Blanks and Kennedy, 1970. The Technologie of Cement and
Concrete. John Willy & Son's Inc; New - York,
- _____. Concrete Manual. Burean of Reclamation.
- FM Lea and CH. Desch, 1973. The Chemistry of Cement and Concrete.
John Willy & Son's Inc; New York.
- Departemen Perindustrian, 1979. Himpunan Kegiatan Jasa Ilmiah
dan Teknologi Pelita I - II. Bidang Bahan Bangunan.
Departemen Perindustrian Balai Pengembangan dan
Penelitian Bahan-Bahan. Bandung,
- _____. Ichtisar Laporan Mengenai Puzroland.
Balai Penelitian Bahan-Bahan. Bandung.
- J.E Goldman, 1970. The Science of Engineering Materials.
John Willy & Son's Inc. New York,
- Departemen Pekerjaan Umum, 1971 dan 1955. Peraturan Beton
Bertulang. Indoñesia. Dept. Pekerjaan Umum. Jakarta.
- S.M. Ritonga, Ir. 1969. Bahan Bangunan. LPMB, Bandung.
- W. Vander Schiner. Bangunan Dalam Beton Bertulang.

-----gus-----