

JUDUL MODUL I:

TATA CARA RANCANG CAMPUR ADUKAN BETON UNTUK STRUKTUR TAHAN GEMPA

MODUL I.a MELAKUKAN PEMERIKSAAN KUALITAS BAHAN ADUKAN BETON

A. STANDAR KOMPETENSI:

Merencanakan campuran beton dengan kuat tekan minimal 20 MPa

B. KOMPETENSI DASAR:

Memeriksa kualitas material untuk dasar perhitungan rencana komposisi campuran

C. MATERI PEMBELAJARAN:

1. Bahan Penyusun Beton (Agregat Kasar, Agregat Halus, Air, Semen dan bahan Tambah)
2. Cara Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar Menurut SNI 03-1968-1990
3. Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Menurut SNI 03-1969-1990
4. Cara Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Menurut SNI 03-4804-1998
5. Cara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Menurut SNI 03-1970-1990
6. Cara Pengujian Kadar Air Agregat Menurut SNI 03-1971-1990

D. STRUKTUR PEMBELAJARAN:

Teori dan Praktek.

E. INDIKATOR:

1. Menjelaskan pengertian beton dan bahan penyusunnya
2. Menguji gradasi agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan susunan ayakan yang sesuai persyaratan dalam SNI 03-1968-1990
3. Menguji berat jenis agregat dengan cara kerja sesuai dengan SNI 03-1969-1990 dan SNI 03-1970-1990
4. Menguji berat satuan atau bobot isi agregat dengan cara kerja sesuai dengan SNI 03-4804-1998
5. Menguji kadar air agregat dengan prosedur sesuai SNI 03-1971-1990
6. Menggambar gradasi agregat berdasarkan hasil uji ayakan
7. Menyimpulkan hasil uji agregat

8. Mengklasifikasikan agregat kasar dan agregat halus berdasarkan hasil penggambaran grafik gradasi agregat

F. PENILAIAN:

1. Proses Kerja	30 %
2. Hasil	50 %
3. Keselamatan kerja	10 %
4. Laporan Kerja	10 %

G. ALOKASI WAKTU:

- 2 Jam Tatap Muka
- 5 (10) Jam Praktek

H. SUMBER PUSTAKA:

- Anonim, (1990), SNI 03-1968-1990, *Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, (1990), SNI 03-1969-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, (1990), SNI 03-1970-1990, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, (1990), SNI 03-1971-1990, *Metode Pengujian Kadar Air Agregat*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, (1990), SNI 03-4804-1998, *Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat*, Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim, (2002), SNI 03-2847-2002: *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, (2004), SNI 15-2049-2004: *Semen Portland*, Badan Standardisasi Nasional.
- Anonim, (2002), SNI 15-0302-2004: *Semen Portland Pozolan*, Badan Standardisasi Nasional.
- Gani, M.S.J., (1997), *Cement and Concrete*, London: Chapman & Hall.
- Kardiyono Tjokrodimuljo, (1996), *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Penerbit Nafiri.
- Nawy, E.G., (1996), *Reinforced Concrete: A Fundamental Approach 3rd edition*, New York: Prentice Hall.

Mindes, S., Young, J.F., and Darwin, D., (2003), *Concrete 2nd Edition*, New Jersey: Prentice Hall.

Neville, A.M., (1997), *Properties of Concrete*, New York: John Wiley & Sons. Inc.

I. INFORMASI LATAR BELAKANG:

1. Pendahuluan

Beton merupakan campuran antara bahan agregat halus dan kasar dengan pasta semen (kadang-kadang juga ditambahkan *admixtures*), yang apabila dituangkan ke dalam cetakan dan kemudian didiamkan, akan menjadi keras seperti batuan. Proses pengerasan terjadi karena adanya reaksi kimiawi antara air dengan semen yang terus berlangsung dari waktu ke waktu. Hal ini menyebabkan kekerasan beton terus bertambah sejalan dengan waktu. Beton dapat juga dipandang sebagai batuan buatan. Rongga pada partikel yang besar (agregat kasar) diisi oleh agregat halus, dan rongga yang ada di antara agregat halus akan diisi oleh pasta (campuran air dengan semen), yang juga berfungsi sebagai bahan perekat sehingga semua bahan penyusun dapat menyatu menjadi massa yang padat.

Bahan penyusun beton meliputi air, semen portland, agregat kasar dan halus, serta bahan tambah. Setiap bahan penyusun mempunyai fungsi dan pengaruh yang berbeda-beda. Sifat yang penting pada beton adalah kuat tekan. Bila kuat tekannya tinggi, maka sifat-sifat yang lain pada umumnya juga baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton terdiri dari kualitas bahan penyusun, nilai faktor air-semen, gradasi agregat, ukuran maksimum agregat, cara pengerjaan (pencampuran, pengangkutan, pemadatan dan perawatan), serta umur beton (Tjokrodimuljo, 1996).

2. Semen

Semen portland adalah semen hidraulis yang dihasilkan dengan cara menghaluskan klinker, yang terutama terdiri dari silikat-silikat kalsium

yang bersifat hidraulis dengan gips sebagai bahan tambahan. Unsur utama yang terkandung dalam semen dapat digolongkan ke dalam empat bagian yaitu : trikalsium silikat (C_3S), dikalsium silikat (C_2S), trikalsium aluminat (C_3A), dan tetrakalsium aluminoforit (C_4AF). Selain itu, pada semen juga terdapat unsur-unsur lainnya dalam jumlah kecil, misalnya : MgO , TiO_2 , Mn_2O_3 , K_2O dan Na_2O . Soda atau potasium (Na_2O dan K_2O) merupakan komponen minor dari unsur-unsur penyusun semen yang harus diperhatikan, karena keduanya merupakan alkalis yang dapat bereaksi dengan silika aktif dalam agregat, sehingga menimbulkan disintegrasi beton (Neville dan Brooks, 1987).

Unsur C_3S dan C_2S merupakan bagian terbesar (70% - 80%) dan paling dominan dalam memberikan sifat semen (Tjokrodinuljo, 1996). Bila semen terkena air, maka C_3S akan segera berhidrasi dan memberikan pengaruh yang besar dalam proses pengerasan semen, terutama sebelum mencapai umur 14 hari. Unsur C_2S bereaksi dengan air lebih lambat sehingga hanya berpengaruh setelah beton berumur 7 hari. Unsur C_3A bereaksi sangat cepat dan memberikan kekuatan setelah 24 jam. Semen yang mengandung unsur C_3A lebih dari 10% akan berakibat kurang tahan terhadap sulfat. Unsur yang paling sedikit dalam semen adalah C_4AF , sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekerasan pasta semen atau beton.

Perubahan komposisi kimia semen, yang dilakukan dengan cara mengubah persentase 4 komponen utama semen, dapat menghasilkan beberapa jenis semen sesuai dengan tujuan pemakaiannya. Standar industri di Amerika (ASTM) maupun di Indonesia (SNI) mengenal 5 jenis semen, yaitu :

- a. Jenis I, yaitu semen portland untuk penggunaan umum yang tidak memerlukan persyaratan-persyaratan khusus.
- b. Jenis II, yaitu semen portland untuk penggunaan yang memerlukan ketahanan sulfat dan panas hidrasi sedang.

- c. Jenis III, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut persyaratan kekuatan awal yang tinggi setelah pengikatan terjadi.
- d. Jenis IV, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya menuntut panas hidrasi yang rendah.
- e. Jenis V, yaitu semen portland yang dalam penggunaannya memerlukan ketahanan yang sangat baik terhadap sulfat.

TABEL 1. KOMPOSISI SEMEN DAN BATASAN SNI 15-2049-2004

Semen	Persentase Komponen Penyusun							
	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	CaSO ₄	CaO Bebas	MgO	Hilang Pijar
Jenis I	49	25	12	8	2,9	0,8	2,4 (≤ 6)	1,2 (≤ 5)
Jenis II	46	29	6 (≤ 8)	12	2,8	0,6	3,0 (≤ 6)	1,0 (≤ 3)
Jenis III	56	15	12 (≤ 15)	8	3,9	1,4	2,6 (≤ 6)	1,9 (≤ 3)
Jenis IV	30 (≤ 35)	46 (≥ 40)	5 (≤ 7)	13	2,9	0,3	2,7 (≤ 6)	1,0 (≤ 2,5)
Jenis V	43	36	4 (≤ 5)	12 (≤ 25)	2,7	0,4	1,6 (≤ 6)	1,0 (≤ 3)

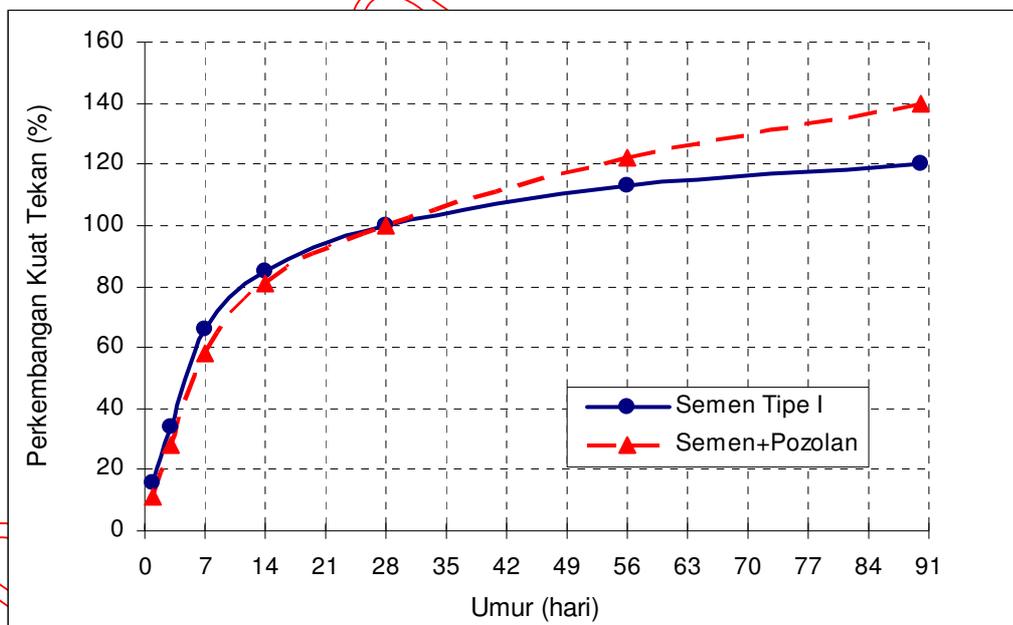
Proses hidrasi yang terjadi pada semen portland dapat dinyatakan dalam persamaan kimia sebagai berikut :



Hasil utama dari proses hidrasi semen adalah C₃S₂H₃ (*tobermorite*) yang berbentuk gel dan menghasilkan panas hidrasi selama reaksi berlangsung. Hasil yang lain berupa kapur bebas Ca(OH)₂, yang merupakan sisa dari reaksi antara C₃S dan C₂S dengan air. Kapur bebas

ini dalam jangka panjang cenderung melemahkan beton, karena dapat bereaksi dengan zat asam maupun sulfat yang ada di lingkungan sekitar, sehingga menimbulkan proses korosi pada beton.

Semen yang beredar di pasaran Indonesia didominasi semen Tipe I dalam kemasan 50 kg, yang spesifikasinya diatur dengan SNI 15-2049-2004. Selain itu beredar pula semen portland pozzolan (PPC) dalam kemasan 40 kg, yang spesifikasinya diatur dengan SNI 15-0302-2004. Kedua jenis semen tersebut dapat digunakan untuk bahan konstruksi rumah maupun gedung, namun perlu dicatat bahwa semen jenis PPC membutuhkan waktu yang lebih panjang untuk mencapai kekuatan tekan yang diinginkan. Hal ini dikarenakan masih diperlukannya waktu tambahan untuk menuntaskan reaksi antara senyawa pozzolan aktif (SiO_2 , Al_2O_3 , dan Fe_2O_3) dengan kapur bebas ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) dan membentuk tobermorite ($\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3$). Perbedaan laju perkembangan kuat tekan beton yang menggunakan semen tipe I dan PPC ditunjukkan pada Gambar 1. Dalam konstruksi beton bertulang, kuat tekan beton pada umur 28 hari (f'_{c28}) merupakan acuan untuk melakukan perencanaan struktur.



Gambar 1. Laju Perkembangan Kuat Tekan Beton

3. Air

Air merupakan bahan penyusun beton yang diperlukan untuk bereaksi dengan semen, yang juga berfungsi sebagai pelumas antara butiran-butiran agregat agar dapat dikerjakan dan dipadatkan. Proses hidrasi dalam beton segar membutuhkan air kurang lebih 25% dari berat semen yang digunakan. Dalam kenyataan, jika nilai faktor air semen kurang dari 35%, beton segar menjadi tidak dapat dikerjakan dengan sempurna, sehingga setelah mengeras beton yang dihasilkan menjadi keropos dan memiliki kekuatan yang rendah. Kelebihan air dari proses hidrasi diperlukan untuk syarat-syarat kekentalan (*consistency*), agar dapat dicapai suatu kelecakan (*workability*) yang baik. Kelebihan air ini selanjutnya akan menguap atau tertinggal di dalam beton yang sudah mengeras, sehingga menimbulkan pori-pori (*capillary poreous*).

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada air, yang akan digunakan sebagai bahan pencampur beton, meliputi kandungan lumpur maksimal 2 gr/lit, kandungan garam-garam yang dapat merusak beton maksimal 15 gr/lit, tidak mengandung klorida lebih dari 0,5 gr/lit, serta kandungan senyawa sulfat maksimal 1 gr/lit. Secara umum, air dinyatakan memenuhi syarat untuk dipakai sebagai bahan pencampur beton, apabila dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang menggunakan air suling (Tjokrodimuljo, 1996). Secara praktis, air yang baik untuk digunakan sebagai bahan campuran beton adalah air yang layak diminum, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa.

4. Agregat

Agregat adalah butiran mineral alami yang berfungsi sebagai bahan pengisi dalam campuran mortar atau beton. Berat jenis agregat normal berkisar antara 2,5 sampai 2,7. Agregat ini kira-kira menempati sebanyak 70% dari volume mortar atau beton. Pemilihan agregat merupakan bagian yang sangat penting karena karakteristik agregat akan sangat mempengaruhi sifat-sifat mortar atau beton (Tjokrodimuljo, 1996). Ukuran

agregat dalam prakteknya dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) kategori yaitu :

- a. Batu, jika ukuran butiran lebih dari 40 mm.
- b. Kerikil, jika ukuran butiran antara 5 mm sampai 40 mm.
- c. Pasir, jika ukuran butiran antara 0,15 mm sampai 5 mm.
- d. Butiran yang lebih kecil dari 0,15 mm, dinamakan "silt" atau tanah (Tjokrodimuljo, 1996).

Faktor penting yang perlu diperhatikan adalah gradasi atau distribusi ukuran butir agregat. Apabila butir-butir agregat mempunyai ukuran yang seragam, dapat menimbulkan volume pori lebih besar. Tetapi jika ukuran butirnya bervariasi, maka volume pori menjadi kecil. Hal ini disebabkan butir yang lebih kecil akan mengisi pori di antara butiran yang lebih besar. Agregat sebagai bahan penyusun beton diharapkan memiliki kemampuan yang tinggi, sehingga volume pori dan kebutuhan bahan pengikat lebih sedikit.

SNI 03-2834-1992 mengklasifikasikan distribusi ukuran butiran agregat halus (pasir) menjadi empat daerah atau zone yaitu : zona I (kasar), zona II (agak kasar), zona III (agak halus) dan zona IV (halus) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL 2. BATAS-BATAS GRADASI AGREGAT HALUS MENURUT SNI 03-2834-1992

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan			
	Gradasi Zona I	Gradasi Zona II	Gradasi Zona III	Gradasi Zona IV
9,60 mm	100	100	100	100
4,80 mm	90-100	90-100	90-100	95-100
2,40 mm	60-95	75-100	85-100	95-100
1,20 mm	30-70	55-90	75-100	90-100
0,60 mm	15-34	35-59	60-79	80-100
0,30 mm	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15 mm	0-10	0-10	0-10	0-15

Secara praktis, pasir yang baik dapat ditengarai secara visual dengan ciri-ciri butirannya yang bersudut/tajam, berwarna kehitaman, tidak mengandung lumpur ataupun zat organik.

Batasan gradasi agregat kasar yang baik untuk ukuran butir agregat maksimum 19 mm dan 38 mm, menurut SNI 02-2384-1992 ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. BATAS-BATAS GRADASI AGREGAT KASAR

Ukuran Saringan	Persentase Berat yang Lolos Saringan	
	5 mm sampai 38 mm	5 mm sampai 19 mm
38,0 mm	90-100	100
19,0 mm	35-70	90-100
9,6 mm	10-40	50-85
4,8 mm	0-5	0-10

Agregat kasar, menurut Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, perlu diuji ketahanannya terhadap keausan (dengan mesin *Los Angelos*). Persyaratan mengenai ketahanan agregat kasar beton terhadap keausan ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL 4. PERSYARATAN KEKERASAN AGREGAT KASAR

Kekuatan Beton	Maksimum bagian yang hancur dengan Mesin Los Angeles, Lolos Ayakan 1,7 mm (%)
Kelas I (sampai 10 MPa)	50
Kelas II (10MPa-20MPa)	40
Kelas III (di atas 20 MPa)	27

Berkaitan dengan pekerjaan konstruksi beton bertulang, ukuran maksimum nominal agregat kasar harus tidak melebihi:

- 1/5 jarak terkecil antara sisi-sisi cetakan, ataupun
- 1/3 ketebalan pelat lantai, ataupun
- 3/4 jarak bersih minimum antara tulangan-tulangan atau kawat-kawat, bundel tulangan, atau tendon-tendon pratekan atau selongsong-selongsong.

Pada umumnya, campuran beton yang menggunakan agregat kasar berupa batu pecah (split) akan menghasilkan kualitas beton yang lebih baik dibandingkan dengan beton yang menggunakan agregat kasar alami (kerikil), karena batu pecah memiliki permukaan bersudut sehingga akan saling mengisi/mengunci saat dipadatkan. Selain itu, permukaan batu pecah juga lebih kasar sehingga kekuatan ikatan antara pasta semen dan agregat pada bagian permukaan (*interface*) juga lebih baik.

5. Bahan tambah

Bahan tambah yaitu bahan selain unsur pokok dalam beton (air, semen dan agregat), yang ditambahkan pada adukan beton, baik sebelum, segera atau selama pengadukan beton dengan tujuan mengubah satu atau lebih sifat-sifat beton, sewaktu masih dalam keadaan segar atau setelah mengeras. Fungsi bahan tambah antara lain: mempercepat pengerasan, menambah kelecakan (*workability*) beton segar, menambah kuat tekan beton, meningkatkan daktilitas atau mengurangi sifat getas beton, mengurangi retak-retak pengerasan dan sebagainya. Bahan tambah diberikan dalam jumlah yang relatif sedikit dengan pengawasan yang ketat agar tidak berlebihan, sehingga memperburuk sifat beton (Tjokodimuljo, 1996). Bahan tambah, menurut penggunaannya, dibagi menjadi dua, yaitu: *admixtures* dan *additives*.

Admixtures ialah semua bahan penyusun beton selain air, semen hidrolik dan agregat yang ditambahkan sebelum, segera atau selama proses pencampuran adukan di dalam *batching* (media adukan). Definisi *additive* lebih mengarah pada semua bahan yang ditambahkan dan digiling bersamaan pada saat proses produksi semen (Taylor, 1997).

Menurut Tjokrodimuljo (1996), bahan tambah dapat dibedakan menjadi 3 golongan, yaitu :

- a. *Chemical Admixtures* merupakan bahan tambah bersifat kimiawi, yang dicampurkan pada adukan beton, agar diperoleh sifat-sifat beton yang berbeda, baik dalam keadaan segar maupun setelah mengeras.

Misalnya: sifat pengerjaannya yang lebih mudah, dan waktu pengikatan yang lebih lambat atau lebih cepat. *Superplasticizer* merupakan salah satu *admixture* yang sering ditambahkan pada beton segar. Pada dasarnya penambahan *superplasticizer* dimaksudkan untuk meningkatkan kelecakan, mengurangi jumlah air yang diperlukan dalam pencampuran (faktor air semen), mengurangi *slump loss*, mencegah timbulnya *bleeding* dan segregasi, menambah kadar udara (*air content*), serta memperlambat waktu pengikatan (*setting time*).

- b. Pozolan (pozzolan) merupakan bahan tambah yang berasal dari alam atau buatan, yang sebagian besar terdiri dari unsur-unsur silikat dan aluminat yang reaktif. Pozolan sendiri tidak mempunyai sifat semen, tetapi dalam keadaan halus bereaksi dengan kapur bebas dan air menjadi suatu massa padat yang tidak larut dalam air. Pozolan dapat ditambahkan pada campuran adukan beton atau mortar (sampai batas tertentu dapat menggantikan semen), untuk memperbaiki kelecakan (*workability*), membuat beton menjadi lebih kedap air (mengurangi permeabilitas) dan menambah ketahanan beton atau mortar terhadap serangan bahan kimia yang bersifat agresif. Penambahan pozolan juga dapat meningkatkan kuat tekan beton, karena adanya reaksi pengikatan kapur bebas (Ca(OH)_2) oleh silikat atau aluminat menjadi tobermorite ($3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2\cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Pozolan yang saat ini telah banyak diteliti dan digunakan, antara lain, adalah: silica fume, abu terbang (*fly ash*), tras alam dan abu sekam padi (*Rice Husk Ash*).
- c. Serat (fibre) merupakan bahan tambah yang berupa serat gelas /kaca, plastik, baja, polipropylene ataupun serat tumbuh-tumbuhan (rami, juk). Penambahan serat ini dimaksudkan untuk meningkatkan kuat tarik, menambah ketahanan terhadap retak, meningkatkan daktilitas dan ketahanan beton terhadap beban kejut (*impact load*), sehingga dapat meningkatkan keawetan/durabilitas beton. Misalnya pada perkerasan jalan raya atau lapangan udara, *spillway*, serta pada bagian struktur beton yang tipis untuk mencegah timbulnya keretakan.

6. Cara Pengujian Agregat untuk Keperluan Rancang Campur Beton

Sifat-sifat agregat sangat mempengaruhi kuat tekan beton yang dihasilkan sehingga, sebelum dilakukan rancang campur (*mix-design*) beton, harus diketahui beberapa sifat agregat berikut: (1) bentuk dan tekstur, (2) ukuran dan gradasi, (3) kadar air, (4) berat jenis, dan (5) berat satuan atau bobot isi. Sifat-sifat di atas berpengaruh langsung terhadap kebutuhan pasta semen untuk memperoleh beton yang mudah dikerjakan.

a. Cara Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar Menurut SNI 03-1968-1990

Metode ini digunakan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan, dengan tujuan untuk memperoleh distribusi besaran atau jumlah persentase butiran.

Analisis saringan agregat ialah penentuan persentase berat butiran agregat, yang lolos dari satu set saringan, kemudian angka-angka persentase digambarkan pada grafik pembagian butir.

Peralatan yang digunakan meliputi; timbangan, satu set saringan, oven, alat pemisah, mesin guncang jaringan, talam, dan alat lainnya.

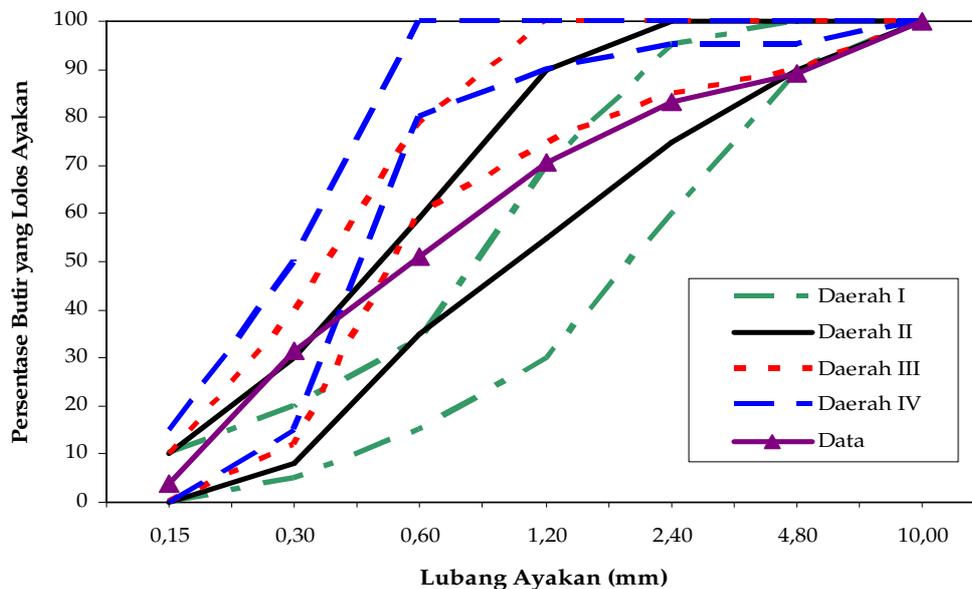
Benda uji berupa agregat, baik agregat halus maupun agregat kasar, yang diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara perempatan banyak. Berat minimum benda uji harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Agregat halus :
 - ukuran maksimum 4,76 mm; berat minimum 500 gram
 - ukuran maksimum 2,38 mm; berat minimum 100 gram
- 2) Agregat kasar antara lain :
 - ukuran maksimum 3,5 inchi (89 mm); berat minimum 35 kg
 - ukuran maksimum 2,5 inchi (64 mm); berat minimum 25 kg
 - ukuran maksimum 1 inchi (25 mm); berat minimum 10 kg.

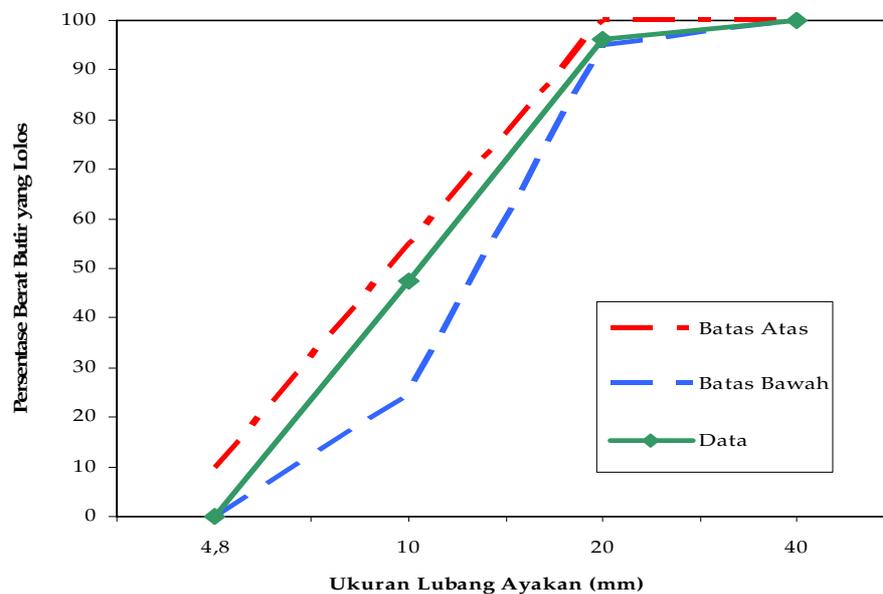
Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi dua bagian dengan saringan no. 4.

Prosedur pengujian meliputi tahapan sebagai berikut;

- 1) Benda uji dikeringkan dalam oven, dengan suhu (110 ± 5) derajat celsius, sampai berat tetap.
- 2) Benda uji disaring melalui susunan saringan berlapis, dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas,
- 3) Saringan diguncang dengan tangan atau mesin selama 15 menit,
- 4) Prosentase berat benda uji yang tertahan di atas masing-masing saringan dihitung terhadap berat total benda uji setelah disaring.
- 5) Hasil analisis saringan, dalam pengujian gradasi agregat kasar dan agregat halus, diwujudkan dalam bentuk grafik untuk menentukan kelayakan dan daerah gradasi berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3. Selanjutnya digunakan sebagai acuan perencanaan adukan beton. Contoh hasil analisis saringan ditunjukkan pada Gambar di bawah ini:



Gambar 2. Contoh Hasil Analisis Saringan Agregat Halus



Gambar 3. Contoh Hasil Analisis Saringan Agregat Kasar

Hasil pengujian ini dapat digunakan, antara lain, untuk penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton.

b. Cara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Menurut SNI 03-1969-1990

Metode pengujian ini dilakukan pada agregat kasar, yaitu agregat yang tertahan oleh saringan berdiameter 4,75 mm (saringan No. 4). Metode ini digunakan sebagai acuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, dan penyerapan dari agregat kasar.

Peralatan yang digunakan, antara lain, keranjang kawat No. 6 atau No. 8, tempat air, timbangan, oven, saringan No. 4.

Benda uji adalah agregat yang tertahan oleh saringan berdiameter 4,75 mm (saringan No. 4), yang diperoleh dari alat pemisah contoh atau cara penempatan, sebanyak kira-kira 5 kg.

Prosedur pengujian meliputi tahapan sebagai berikut:

- 1) Mencuci benda uji, mengeringkannya dalam oven, dan kemudian mendinginkannya.
- 2) Menimbang benda uji dengan ketelitian 0,5 gr (B_k).
- 3) Merendam benda uji dalam air selama 24 jam.
- 4) Mengeluarkan benda uji dari air, lalu benda uji ditimbang dalam kondisi jenuh kering permukaan (B_j).
- 5) Meletakkan benda uji di dalam keranjang dan menggoncangkan batunya lalu menentukan beratnya di dalam air (B_a).
- 6) Menghitung berat jenis curah, berat jenis jenuh kering muka, berat jenis semu, dan penyerapan dengan menggunakan rumus-rumus berikut:

$$\text{Berat Jenis curah} = B_k / B_j - B_a$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering muka} = B_j / (B - B_a)$$

$$\text{Berat jenis semu} = B_k / (B_k - B_a)$$

$$\text{Penyerapan} = 100 (B_j - B_k) / B_k$$

B_k : berat benda uji kering oven;

B : berat benda uji kering oven permukaan jenuh;

B_j : berat benda uji kering oven permukaan jenuh di dalam air;

Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam; penyelidikan *quarry* agregat, perencanaan campuran, pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan.

c. Cara Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus

Menurut SNI 03-1970-1990

Metode pengujian ini dilakukan pada jenis agregat halus, yaitu yang lolos saringan No. 4 (4,75 mm). Metode ini merupakan acuan untuk menentukan berat jenis curah, berat jenis kering permukaan Jenuh, berat jenis semu dan angka penyerapan dari agregat halus.

Peralatan yang digunakan, antara lain, timbangan, piknometer, saringan No. 4, oven, desikator, dan lain lain.

Benda uji adalah agregat yang lolos saringan nomor 4 (4,75 mm), diperoleh dari alat pemisah contoh agregat atau cara penempatan sebanyak 100 gr.

Prosedur pengujian dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Mengeringkan benda uji dalam oven selama 2 Jam, kemudian mendinginkannya.
- 2) Merendam benda uji di dalam air selama (24 ± 4) jam.
- 3) Membuang air perendam dan mengeringkan benda uji di udara panas sampai tercapai keadaan jenuh kering permukaan.
- 4) Setelah tercapai kondisi jenuh kering permukaan, 500 gr benda uji dimasukkan ke dalam piknometer, lalu piknometer direndam dalam air.
- 5) Menambahkan Air sampai mencapai tanda batas.
- 6) Menimbang piknometer berisi air dan benda uji sampai ketelitian 0,1 gram (B_t).
- 7) Mengeluarkan benda uji, lalu mengeringkannya dalam oven dan mendinginkannya dalam desikator, kemudian ditimbang (B_k).
- 8) Menentukan berat piknometer berisi air penuh dan mengukur suhu air guna penyesuaian dengan suhu standar 25°C (B).
- 9) Menghitung berat jenis curah, berat jenis jenuh kering permukaan, berat jenis semu, dan penyerapan, dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\text{Berat jenis curah} = B_k / (B + 500 - B_t)$$

$$\text{Berat jenis jenuh kering muka} = 500 / (B + 500 - B_t)$$

$$\text{Berat jenis semu} = B_k / (B + B_k - B_t)$$

$$\text{Penyerapan} = 100 (500 - B_k) / B_k$$

B_k : berat benda uji kering oven;

B : berat piknometer berisi air;

B_j : berat piknometer berisi benda uji dan air;

B_a : berat berat benda uji kering oven permukaan jenuh.

d. Cara Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara dalam Agregat Menurut SNI 03-4804-1998

Metode ini mencakup ketentuan peralatan, contoh uji, cara uji, dan perhitungan berat isi dalam kondisi padat atau gembur, serta rongga udara dalam agregat.

Berat isi agregat adalah berat agregat persatuan isi, sedangkan rongga udara dalam satuan volume agregat adalah ruang di antara butir-butir agregat yang tidak diisi oleh partikel yang padat.

Peralatan yang diperlukan meliputi: timbangan kapasitas (2 – 20) kg, batang baja $\varnothing 16$ mm dan panjang 610 mm, alat penakar kapasitas (2,8 - 100) liter, sekop atau sendok, dan oven.

Contoh uji dipersiapkan jumlahnya mendekati (125-200) % dari jumlah yang dibutuhkan untuk pengujian.

Perhitungan berat isi dilakukan dengan rumus:

$$M = (G - T) / V$$

dengan,

M = berat isi agregat kering oven (kg/m^3)

G = agregat dan penakar (kg)

T = berat penakar (kg)

V = volume penakar (m^3)

Rumus yang digunakan untuk menghitung berat agregat kering permukaan adalah;

$$M_{\text{SSD}} = M \{ 1 + (A / 100) \}$$

dengan:

M_{SSD} = berat isi jenuh kering permukaan (kg/m^3)

M = berat isi kering oven (kg/m^3)

A = absorpsi (%)

Kadar rongga udara dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Kadar rongga udara} = [(S \times W) - M] / (S \times W) \times 100\%$$

dengan,

M = berat isi dalam kondisi kering oven (kg/m^3)

S = berat jenis agregat dalam kondisi kering

W = kerapatan air: 998 (kg/m³)

Pengujian ini dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu:

- 1) Cara tusuk: isi penakar 1/3 dari volume takaran dan ratakan kemudian tusuk 25 kali, isi lagi dengan bahan agregat sampai volume 2/3 nya. Ratakan dan tusuk 25 kali kembali. Isi lagi penakar sampai penuh, tusuk lagi 25 kali dan ratakan.
- 2) Cara ketuk: Isi takaran dengan agregat dalam tiga tahap, padatkan setiap lapisan dengan mengetukkan alas penakar ke atas lantai sebanyak 50 kali, ratakan, kemudian tentukan berat penakar dan isinya.
- 3) Cara sekop: Isi takaran dengan agregat, menggunakan sekop, secara berlebihan, ratakan, kemudian tentukan berat takaran dan isinya.

e. Cara Pengujian Kadar Air Agregat Menurut SNI 03-1971-1990

Metode ini sebagai acuan untuk menentukan besarnya kadar air agregat. Kadar air agregat adalah besarnya perbandingan antara berat air yang dikandung agregat dengan agregat dalam keadaan kering, yang dinyatakan dalam persen.

Peralatan yang digunakan, antara lain, timbangan, oven, dan talam logam tahan karat.

Berat benda uji yang diperlukan untuk pemeriksaan agregat bergantung pada ukuran butir maksimum sesuai daftar "Berat Minimum Benda Uji".

Prosedur pengujian melalui tahapan sebagai berikut:

- 1) Menimbang dan mencatat berat talam (W_1).
- 2) Memasukkan benda uji ke dalam talam, kemudian ditimbang dan dicatat beratnya (W_2).
- 3) Menghitung berat benda uji ($W_3 = W_2 - W_1$).
- 4) Mengeringkan benda uji beserta talam di dalam oven.

- 5) Setelah kering, menimbang dan mencatat berat benda uji beserta talam (W_4).
- 6) Menghitung berat benda uji kering ($W_5 = W_4 - W_1$).
- 7) Hitung kadar air agregat dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air agregat} = 100 \times (W_3 - W_5) / W_5$$

dengan,

W_3 = berat benda uji semula berat;

W_5 = benda uji kering

Hasil pengujian ini dapat digunakan dalam; perencanaan campuran dan pengendalian mutu beton, perencanaan campuran dan pengendalian mutu perkerasan jalan.

TABEL 5. Daftar Berat Minimum Benda Uji

Ukuran butir maksimum		Berat (W) agregat minimum (kg)
mm	inchi	
6,3	1/4	0,5
9,5	3/8	1,5
12,7	1/2	2,0
19,1	3/4	3,0
25,4	1	4,0
38,1	1 1/2	6,0
50,8	2	8,0
63,5	2 1/2	10,0
76,2	3	13,0
88,9	3 1/2	16,0
101,6	4	25,0
152,4	6	50,0

7. Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Hal-hal yang perlu diperhatikan untuk menjamin kesehatan dan keselamatan kerja antara lain:

- a. Memakai pakaian kerja dengan lengkap dan benar.
- b. Membersihkan tempat kerja dari kotoran yang mengganggu.
- c. Menempatkan alat-alat dan bahan-bahan di tempat yang mudah dijangkau dan aman untuk mendapatkan ruang kerja yang ideal.

- d. Menggunakan alat sesuai dengan fungsinya.
- e. Bekerja dengan teliti, hati-hati dan penuh konsentrasi.

E-mail: Swidodo@uny.ac.id