

# Agregat

## Agregat kasar

Agregat kasar merupakan hasil tapisan batu-batu yang dipecahkan, berbentuk bersegi serta bebas daripada habuk, tanah liat, bahan organik dan bahan lain yang boleh memudaratkan. Kebersihan agregat adalah sangat penting dalam menghasilkan ikatan yang baik dengan bitumen. Bahan asing yang hadir dalam agregat kasar akan menyebabkan balutan bitumen yang tidak kukuh atau ikatan yang lemah dengan bitumen. Agregat kasar ini hendaklah mematuhi keperluan fizikal dan mekanikal sebagaimana yang terkandung dalam **Klausa 4.3.3.2 (a) JKR/SPJ**.



*Agregat kasar.*



*Agregat halus.*

## Agregat halus

Agregat halus merupakan serbuk kuari yang ditapis, bersih, bebas dari tanah liat, bahan organik dan sebagainya. Agregat halus ini hendaklah mematuhi keperluan fizikal dan mekanikal sebagaimana yang terkandung dalam **Klausa 4.3.3.2 (a) JKR/SPJ**.

## Mineral filler

*Mineral filler* hendaklah digunakan sebagai sebahagian dari gabungan gredan agregat. Kapur terhidrat (hydrated lime) adalah amat disyorkan sebagai *mineral filler*. Sekiranya tiada, serbuk batu kapur atau simen boleh digunakan. Mineral filler hendaklah juga dikira sebagai agen anti-pengikis bagi menghalang agregat dari tercabut dari permukaan jalan oleh trafik dan air, yang lambat laun boleh menghancurkan permukaan jalan tersebut.



*Mineral filler.*

**Nota:** JKR/SPJ merujuk kepada *Standard Specification For Road Works JKR/SPJ/2008-S4 Flexible Pavement*.

# Mineral Filler/Agen Anti Pengikis

**Klausa 4.3.3.2 (b) JKR/SPJ** menyatakan *mineral filler* boleh juga dijadikan sebagai agen anti-pengikis (anti-stripping agent).



*Pengikisan permukaan jalan di lorong sebelah kanan jalan.*

*Mineral filler* diperlukan untuk mengisi ruang-ruang udara antara partikel agregat, dan sekaligus mengurangkan ruang udara sehingga 3-5% sepertimana yang ditetapkan dalam **Jadual 4.3.5 JKR/SPJ**. Dengan kehadiran *mineral filler* ini, agregat akan saling mengunci antara satu sama lain dan meningkatkan kekuatan campuran *asphalt*.

*Jadual 4.3.5: Ujian dan analisis parameter.*

Parameter	Wearing Course	Binder Course
Stability, S	> 8000 N	> 8000 N
Flow, F	2.0 - 4.0 mm	2.0 - 4.0 mm
Stiffness, S/F	> 2000 N/mm	> 2000 N/mm
Air voids in mix (VIM)	3.0 - 5.0%	3.0 - 5.0%
Voids in aggregate filled with bitumen	70 - 80%	65 - 75%

Kapur, khususnya dalam bentuk kapur terhidrat (calcium hydroxide), atau batu kapur (calcium carbonate) merupakan agen anti-pengikis yang lebih bagus berbanding simen. Ianya juga boleh bertindak sebagai agen anti-oksida.

# Mineral Filler/Agen Anti Pengikis

## Kapur sebagai agen anti-pengikis

- a. Asid dalam bitumen akan bermigrasi ke celah-celah permukaan antara agregat dan bitumen dan membentuk garam dengan kehadiran mineral sodium dan potassium. Garam ini pada kebiasaannya terdapat pada agregat yang mempunyai daya rintangan yang lemah terhadap pengikisan. Garam jenis ini lebih mudah larut dalam air berbanding garam kalsium. Kehadiran kapur akan menggalakkan pembentukan garam kalsium dan menghasilkan satu bahan yang mempunyai daya rintangan yang lebih kuat terhadap pengikisan.
- b. Kapur akan bertindak balas dengan agregat yang bersilikat untuk membentuk selaput kalsium silikat yang mempunyai ikatan yang kuat dengan agregat dan mempunyai daya serapan yang cukup untuk membenarkan bitumen menembusnya dan membentuk satu lagi ikatan yang kuat.

## Kapur sebagai agen anti-oksidasi

Kapur memperlahankan kadar pengoksidaan dan oleh itu mengurangkan kadar pengerasan bitumen dengan penyerapan produk pengoksidaan berpolar di atas permukaan kapur yang bertindak sebagai pro-oksidasi.

## Pengikisan (stripping)

Pengikisan terjadi akibat pemecahan ikatan antara agregat dan bitumen. Puncanya hanya satu iaitu air menyerap masuk di antara lapisan tipis bitumen dan permukaan agregat, menggantikan bitumen sebagai pembalut agregat.

## Faktor-faktor penyebab pengikisan

- i. **Jenis agregat**  
Agregat dengan kandungan silika yang tinggi, dikenali sebagai *hydrophilic* (contoh; granit), lebih cenderung mengalami pengikisan berbanding agregat yang mengandungi kandungan silika yang rendah atau tidak mengandungi silika dikenali sebagai *hydrophobic* (contoh; batu kapur).
- ii. **Tekstur agregat**  
Agregat yang mempunyai permukaan halus seperti basalt tidak dapat memegang bitumen dengan kuat berbanding agregat yang mempunyai permukaan kasar seperti granit.
- iii. **Agregat yang basah dan berdebu**  
Bitumen tidak dapat melekat dengan elok pada agregat yang basah dan diselaputi oleh debu.
- iv. **Usia timbunan agregat**  
Agregat yang baru dipecahkan dari batu batan besar mempunyai daya rintangan yang lemah terhadap pengikisan. Jika ianya dibiarkan lebih lama dalam timbunan agregat di kuari, daya rintangan terhadap pengikisan akan meningkat disebabkan molekul di permukaan agregat tersebut berubah susunan.

# Keperluan Kualiti Agregat

## Agregat kasar

Keperluan kualiti fizikal dan mekanikal agregat kasar mengikut **Klausa 4.3.3.2 (a) JKR/SPJ**;

- i. Nilai lelasan Los Angeles (Los Angeles abrasion)  $< 25\%$ .
- ii. Ketahanan magnesium sulfat (magnesium sulphate soundness)  $< 18\%$ .
- iii. Index kepingan (flakiness index)  $< 25\%$ .
- iv. Serapan air (water absorption)  $< 2\%$ .
- v. Nilai penggilapan batu (polished stone value: wearing course sahaja)  $> 40$ .

**Nota:** Ujian untuk index kepingan dan serapan air perlu dilakukan sekali bagi setiap 2,500 tan *asphalt* yang dihasilkan. Untuk ujian lain, sekurang-kurangnya sekali ujian untuk setiap sumber. Jika sumber berubah atau kualiti diragukan, ujian perlu dijalankan dengan lebih kerap.

## Agregat halus

Keperluan kualiti fizikal dan mekanikal agregat halus mengikut **Klausa 4.3.3.2 (a) JKR/SPJ**;

- i. *Sand equivalent value*  $> 45\%$ .
- ii. Kepersegian agregat halus (fine aggregate angularity)  $> 45\%$ .
- iii. *Methylene blue value*  $< 10$  mg/g.
- iv. Ketahanan magnesium sulfat (magnesium sulphate soundness)  $< 20\%$ .
- v. Serapan air (water absorption)  $< 2\%$ .

**Nota:** Ujian untuk serapan air perlu dilakukan sekali bagi setiap 2,500 tan *asphalt* yang dihasilkan. Untuk ujian lain, sekurang-kurangnya sekali ujian untuk setiap sumber. Jika sumber berubah atau kualiti diragukan, ujian perlu dijalankan dengan lebih kerap.



*Agregat halus.*

**Nota:** Penggunaan pasir sebagai agregat halus tidak dibenarkan kerana ia tidak dinyatakan dalam **JKR/SPJ**.



# Ujian Agregat

## Nilai Lelasan Los Angeles (batu kasar bersaiz kecil) (ASTM C 131)

Ujian ini adalah untuk mengukur tahap kehancuran ke atas gredan agregat hasil dari kombinasi tindakan termasuk pelepasan, pergeseran, hentakan dan kisaran di dalam tong dram keluli yang mengandungi beberapa butir bola keluli di mana bilangan bola keluli tersebut bergantung kepada gredan sampel.

*Keperluan: Tidak lebih dari 25%*

Sampel ujian: Batu kasar bersaiz kurang dari 1 1/2 inci (37.5 mm) diasingkan mengikut pecahan saiz individu dan digabungkan mengikut gredan seperti dalam Jadual 1 yang menyerupai julat saiz agregat seperti yang digunakan di tapak.

*Jadual 1: Gredan agregat yang diuji.*

Saiz Ayakan, mm		Berat, g			
Telus	Tertahan	Gredan			
		A	B	C	D
37.5	25.0	1250			
25.0	19.0	1250			
19.0	12.5	1250	2500		
12.5	9.5	1250	2500		
9.5	6.3			2500	
6.3	4.75			2500	
4.75	2.36				5000
Jumlah		5000	5000	5000	5000

Bola keluli: Bola keluli bergaris pusat 46.0 mm atau 47.6 mm, mempunyai berat 400 dan 440 g setiap satu atau bola keluli bergaris pusat 46.8 mm dan berat 420 g. Jadual 2 menunjukkan bilangan dan jumlah berat bola keluli yang digunakan bagi setiap gredan agregat.

*Jadual 2: Bilangan bola keluli.*

Gredan	Bilangan Bola Keluli	Jumlah Berat, g
A	12	5000
B	11	4584
C	8	3330
D	6	2500

Kelajuan dan bilangan putaran: 30 hingga 33 rpm, 500 putaran.

Ayak sampel ujian menggunakan ayak saiz 1.70 mm.

# Ujian Agregat

$$\text{Peratus kehilangan} = \frac{(\text{berat asal} - \text{berat akhir}) \times 100}{\text{berat asal}}$$

**Nota:** Maklumat bernilai mengenai keseragaman sampel yang diuji boleh diperolehi dengan cara menentukan kehilangan selepas 100 putaran. Nisbah kehilangan selepas 100 putaran dengan kehilangan selepas 500 putaran hendaklah tidak jauh melebihi 0.20 bagi bahan dengan kekerasan seragam.

## Nilai Lelasan Los Angeles (batu kasar bersaiz besar) (ASTM C 535)

Ujian ini adalah untuk mengukur tahap kehancuran gredan standard agregat hasil dari kombinasi tindakan termasuk pelepasan, pergeseran, hentakan dan kisaran di dalam tong dram keluli yang mengandungi beberapa butir bola keluli, bilangan bola keluli tersebut bergantung kepada gredan sampel.

*Keperluan: Tidak lebih dari 25%*

Sampel ujian: Batu kasar bersaiz lebih dari 3/4 inci (19 mm) diasingkan mengikut pecahan saiz individu dan digabungkan mengikut gredan seperti dalam Jadual 3 yang menyerupai julat saiz agregat seperti yang digunakan di tapak.

Jadual 3: Gredan agregat yang diuji.

Saiz Ayakan, mm		Berat, g		
Telus	Tertahan	Gredan		
		1	2	3
75	63	2500		
63	50	2500		
50	37.5	5000	5000	
37.5	25.0		5000	5000
25.0	19.0			5000
Jumlah		10000	10000	10000

Bola keluli: 12 bola keluli bergaris pusat purata 46.8 mm, setiap satu mempunyai berat antara 390 dan 445 g dan mempunyai jumlah berat 5000 +/- 25 g.

Kelajuan dan bilangan putaran: 30 hingga 33 rpm, 1000 putaran.

Ayakan sampel ujian menggunakan ayak saiz 1.70 mm.

# Ujian Agregat

$$\text{Peratus kehilangan} = \frac{(\text{berat asal} - \text{berat akhir}) \times 100}{\text{berat asal}}$$

**Nota 1:** Maklumat bernilai mengenai keseragaman sampel yang diuji boleh diperolehi dengan cara menentukan kehilangan selepas 200 putaran. Nisbah kehilangan selepas 200 putaran dengan kehilangan selepas 1000 putaran hendaklah tidak jauh melebihi 0.20 bagi bahan dengan kekerasan seragam.

**Nota 2:** Peratus kehilangan melalui kaedah ASTM C 535 tidak mempunyai perkaitan dengan peratus kehilangan bahan yang sama melalui kaedah ASTM C 131.



*Drum lelasan Los Angeles (Los Angeles abrasion drum).*

## UJIAN LELASAN LOS ANGELES ASTM C 131

Telus	Tertahan	Berat dan Gredan Sampel Ujian						
		A (g)	B (g)	C (g)	D (g)	1 (g)	2 (g)	3 (g)
3"	1 1/2"					2500 ± 50		
2 1/2"	2"					2500 ± 50		
2"	1 1/2"					5000 ± 50	5000 ± 50	
1 1/2"	1"	1250 ± 25					5000 ± 25	5000 ± 25
1"	3/4"	1250 ± 25						5000 ± 25
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10					
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10					
3/8"	1/4"			2500 ± 10				
1/4"	#4			2500 ± 10				
#4	#8				5000 ± 10			
Bil. Bola Keluli		12	11	8	6	12	12	12
Bil. Putaran		500				1000		

### Sebelum lelasan

(A) Berat agregat kering. = 5020 g

### Selepas lelasan

(B) Berat agregat tertahan pada ayakan 1.70 mm. = 4140 g

(C) Berat agregat telus ayakan 1.70 mm. = 880 g

(D) Peratus telus ayakan 1.70 mm. =  $\frac{(C)}{(A)} \times 100$

(E) Nilai lelasan Los Angeles. = 17.53%

### Nilai penghancuran agregat (MS 30)

Nilai penghancuran agregat menentukan rintangan terhadap penghancuran agregat di bawah beban mampatan yang dikenakan secara perlahan-lahan. Nilainya bersamaan peratus berat agregat halus yang terbentuk (melepassi ayakan 2.40 mm) per jumlah berat sampel.

*Keperluan: Tidak lebih dari 30%*

Saiz agregat: Telus 1/2 inci (12.70 mm), tertahan 3/8 inci (9.52 mm).

# Ujian Agregat

Kuantiti sampel: Lebih kurang 2500 g.

3 lapisan agregat dengan jumlah kedalaman 100 mm dimasukkan ke dalam silinder besi bergaris pusat 6 inci, beban sekata dikenakan semasa penghancuran dengan jumlah beban 40 tan di dalam tempoh 10 minit.

$$\text{Nilai penghancuran agregat} = \frac{\text{pecahan telus ayakan 2.4 mm} \times 100}{\text{berat sampel}}$$

Dua ujian perlu dijalankan.

**Nota:** Jika perlu, atau jika saiz yang ditetapkan di atas tidak dapat diperolehi, ujian boleh dijalankan ke atas saiz agregat yang diberikan seperti Jadual 1 di bawah. Walau bagaimanapun, keputusan ujian untuk saiz yang tidak standard tidak boleh dibandingkan dengan keputusan ujian untuk saiz yang standard.

Jadual 1: Saiz agregat yang diuji.

Saiz Ayakan, mm			
Ujian	Bagi Penyediaan Sampel		Untuk Pengasingan Halus
	Telus	Tertahan	
Tidak Standard	25.0	19.0	4.76
	19.0	12.7	3.18
Standard	12.7	9.52	2.40
Tidak Standard	9.52	6.35	1.68
	6.35	4.76	1.20
	4.76	3.18	0.85
	3.18	2.40	0.60

Kuantiti sampel: Lebih kurang 500 g.

3 lapisan agregat dengan jumlah kedalaman 50 mm dimasukkan ke dalam silinder besi bergaris pusat 75 mm, beban sekata dikenakan semasa penghancuran dengan jumlah beban 40 tan di dalam tempoh 10 minit.

$$\text{Nilai penghancuran agregat} = \frac{\text{pecahan telus ayakan 2.4 mm} \times 100}{\text{berat sampel}}$$



# Ujian Agregat



3 lapisan agregat dengan ketebalan yang sama dimasukkan ke dalam silinder bergaris pusat 4 1/2 inci dan ketinggian 7 inci sehingga penuh.



Alihkan sampel ke silinder besi bergaris pusat 6 inci dalam 3 lapisan yang sama ketebalan.



Hentak permukaan setiap lapisan dengan batang keluli sebanyak 25 kali.



Hancurkan sampel dengan kadar bebanan yang sekata sehingga mencapai beban 40 tan dalam tempoh 10 minit.

**Nota:** Ujian ini telah dikeluarkan dari JKR/SPJ

## NILAI PENGHANCURAN AGREGAT MS 30 : Part 8 : 1995

(A) Berat bekas + agregat (14-10 mm), g.	= 6125
(B) Berat bekas, g.	= 3510
(C) Berat agregat, g. (A) - (B)	= 2615
(D) Berat agregat tertahan pada ayakan No.7, g.	= 2120
(E) Berat agregat telus ayakan No.7, g. (C) - (D)	= 495
(F) Nilai penghancuran agregat, (E)/(C) x 100%	= 18.9

# Ujian Agregat

## Ketahanan Magnesium Sulfat (AASHTO T 104 atau ASTM C 88)

Ujian ini menentukan ketahanan agregat di bawah tindakan larutan tepu magnesium sulfat. Agregat berlainan saiz dibasuh dan dikeringkan di dalam ketuhar. Kemudian agregat direndam di dalam larutan magnesium sulfat selama 16-18 jam. Sebelum dikeringkan dalam ketuhar pada suhu 105 °C dan dibiarkan sejuk pada suhu bilik. Rendaman di dalam larutan diulang sehingga mencapai lima kitaran lengkap. Keputusan ujian ketahanan dapat ditunjukkan dengan peratus purata kehilangan berat per berat pecahan agregat yang diuji.

Peratus kehilangan berat biasanya berbeza untuk agregat halus dan agregat kasar, serta jenis cecair kimia yang digunakan (sama ada magnesium sulfat atau sodium sulfat).

Agregat kasar < 12% (sodium sulfat), < 18% (magnesium sulfat).  
Agregat halus < 15% (sodium sulfat), < 20% (magnesium sulfat).

*Keperluan: Tidak melebihi 18% (agregat kasar)  
Tidak melebihi 20% (agregat halus)*

Sampel ujian:

**Agregat halus** mesti telus ayak 9.5 mm. Sekurang-kurangnya 100 g bagi setiap saiz seperti Jadual 1 perlu disediakan, merangkumi tidak kurang dari 5% berat sampel.

*Jadual 1: Pecahan saiz.*

Telus Ayak, mm	Tertahan Ayak, mm
0.6	0.3
1.18	0.6
2.36	1.18
4.75	2.36
9.5	4.75

**Agregat kasar** mesti tertahan pada ayak 4.75 mm. Kuantiti sampel perlu menghasilkan pecahan setiap saiz mengikut Jadual 2, merangkumi tidak kurang dari 5% berat sampel.

Jadual 2: Pecahan saiz.

Saiz Ayakan, mm	Berat, g
9.5 to 4.75	300
12.5 to 9.5	330
19.0 to 12.5	670
25.0 to 19.0	500
37.5 to 25.0	1000
50 to 37.5	2000
63 to 50	3000

Rendaman: 16 hingga 18 jam, pada suhu 21 +/- 1 °C.

Pengeringan: Pengeringan di dalam ketuhar sehingga mencapai berat malar, pada suhu 110 +/- 5 °C

Ulang proses rendaman dan pengeringan sehingga 5 pusingan.

**Pemeriksaan kuantitatif:** Ayak agregat halus menggunakan saiz ayakan tertahan yang sama sebelum ujian, dan ayak agregat kasar menggunakan ayakan seperti Jadual 3 di bawah bagi saiz agregat yang berpadanan.

Jadual 3: Saiz ayak bagi menentukan kehilangan berat.

Saiz Agregat, mm	Ayakan yang digunakan bagi menentukan kehilangan berat, mm
63 to 37.5	31.5
37.5 to 19.0	16
19.0 to 9.5	8
9.5 to 4.75	4

Kira peratus kehilangan berat untuk setiap pecahan dan kira peratus kehilangan berat yang difaktorkan berdasarkan gredan sampel yang asal.

**Nota:** Untuk tujuan pengiraan kehilangan berat yang difaktorkan, pecahan saiz yang mengandungi kurang dari 5% dari sampel boleh dianggap mempunyai nilai kehilangan berat yang sama dengan pecahan saiz yang lebih kecil atau lebih besar sedikit.

# Ujian Agregat

**Pemeriksaan kuantitatif:** Bagi agregat kasar yang mempunyai saiz melebihi 19.0 mm, rekod bilangan butir batu sebelum menjalankan ujian. Selepas ujian dijalankan, asingkan butir batu kepada kumpulan berdasarkan jenis kerosakan pada batu tersebut. Biasanya, jenis kerosakan dapat dibahagikan kepada *disintegration*, *splitting*, *crumbling*, *cracking*, *flaking* dan sebagainya. Rekod bilangan butir batu mengikut jenis kerosakan.



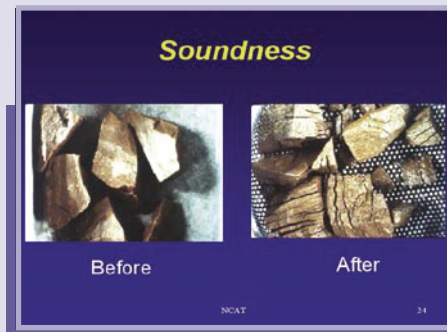
*Sampel agregat diasingkan mengikut saiz.*



*Cairan magnesium sulfat dituang ke dalam bekas sampel.*



Setiap pecahan direndam dalam cairan magnesium sulfat selama 16-18 jam sebelum dikeringkan pada suhu 110 °C selama 4 jam. Ayak agregat halus dengan menggunakan ayakan yang sama saiz sebelum ujian, dan ayak agregat kasar dengan menggunakan ayakan mengikut saiz seperti dalam Jadual 3.



*Kerosakan pada agregat selepas proses pengeringan-penyejukan boleh dilihat dengan mata kasar serta perubahan pada gredan.*

## KETAHANAN MAGNESIUM SULFAT (AASHTO T 104-86)

Sieve Sizes	Wt. of sample required (g)	Wt. of sample before test (g)	Wt. of sample before test (A) (g)	Grading of original sample % retained (B) (g)	Wt. of sample after test (C) (g)	% passing designated sieve after test (D) = $\frac{(A-C) \times 100}{A}$	Weighted % loss (BxD) ÷ 100
63 mm (2 1/2) – 50 mm (2)	3000 ± 300	+ →					
50 mm (2) – 37.5 mm (1 1/2)	2000 ± 200						
37.5 mm (1 1/2) – 25 mm (1)	1000 ± 50	+ →		2.82		0.25	0.007
25 mm (1) – 19 mm (3/4)	500 ± 30						
19 mm (3/4) – 12.5 mm (1/2)	670 ± 10	+ →	1013.70	29.19	1011.20	0.25	0.07
12.5 mm (1/2) – 9.5 mm (3/8)	330 ± 5						
9.5 mm (3/8) – 4.75 mm	300 ± 5		300.33	67.99	299.96	0.12	0.08
Passing 4.75 mm (No.4)							
Total				100			0.157

Saiz ayak yang perlu digunakan selepas ujian;

63.0 mm (2 1/2) - 37.5 mm (1 1/2)	=	31.5 mm (1 1/4)
37.5 mm (1 1/2) - 19.0 mm (3/4)	=	16.0 mm (5/8)
19.0 mm (3/4) - 9.5 mm (3/8)	=	8.0 mm (5/16)
9.5 mm (3/8) - 4.75 mm (No.4)	=	4.0 mm (No.5)

9.5 mm (3/8) – No.4	100 to 105 g		1.13		2.61	0.02
4.75 mm (No.4) – No.8	100 to 105 g		102.68	16.08	100	0.42
2.36 mm (No.8) – No.16	100 to 105 g		104.78	32.25	94.53	3.15
1.18 mm (No.16) – No.30	100 to 105 g		102.17	35.79	94.04	2.85
60 µm (No.30) – No.50	100 to 105 g		103.1	11.72	75.12	3.18
300 µm (No.50) – No.100	100 to 105 g			3.03		0.82
Minus 150 µm (No.100)	100 to 105 g					
Total						10.44

Saiz ayak bagi agregat halus selepas ujian: Gunakan saiz yang sama.



# Ujian Agregat

## Indek Kepingan (MS 30)

Indek kepingan ialah peratus mengikut berat agregat di mana ukuran paling kecil (ketebalan) adalah kurang dari 0.6 purata ukuran.

*Keperluan: Tidak lebih dari 25%*

Kuantiti sampel sekurang-kurangnya 200 butir bagi setiap pecahan saiz merangkumi lebih dari 15% berat sampel, dan sekurang-kurangnya 100 butir bagi setiap pecahan saiz merangkumi di antara 5% dan 15% berat sampel. Saiz pecahan kurang dari 5% berat sampel tidak perlu dijalankan ujian.

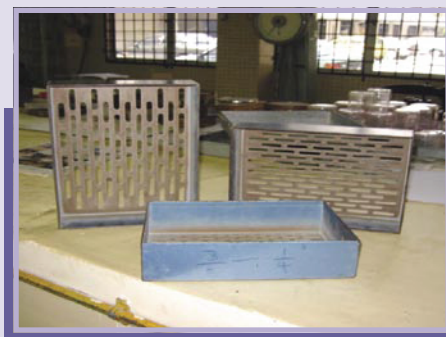
Sampel mesti diasingkan mengikut pecahan saiz seperti ditetapkan di Jadual 1. Setiap pecahan saiz perlu diukur setiap satu menggunakan *thickness gauge*. Jumlah yang melepasi *thickness gauge* hendaklah ditimbang.

*Jadual 1: Pecahan saiz.*

Saiz Agregat mm		Thickness Gauge	Length Gauge
Telus	Tertahan		
63.5	50.8	34.29	80.0
50.8	38.1	26.67	62.86
38.1	25.4	19.05	57.2
31.75	25.4	17.15	-
25.4	19.0	13.34	39.9
19.0	12.7	9.53	28.5
12.7	9.5	6.68	20.1
9.5	6.35	4.78	14.2

**Nota:** Ujian kepingan tidak boleh dilakukan ke atas bahan yang telus ayakan 1/4 inci (6.35 mm).

$$\text{Indek kepingan} = \frac{\text{jumlah berat bahan melepasi pelbagai } thickness \text{ gauge} \times 100}{\text{jumlah berat sampel}}$$



*Thickness gauge.*

## INDEK KEPINGAN MS 30 : Part 5 : 1995 Section 1

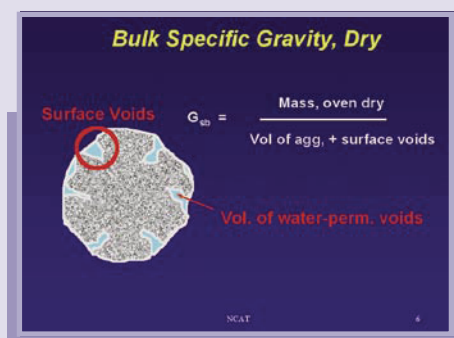
Berat Agregat Telus/Tertahan	Berat Tertahan (g)	Berat Telus (g)
2 1/2" - 2.0" (63.0 mm - 50.0 mm)		
2.0" - 1 1/2" (50.0 mm - 37.5 mm)		
1 1/2" - 1.0" (37.5 mm - 28.0 mm)		
3/4" - 1/2" (20.0 mm - 14.0 mm) 2000 g	1744	368
1/2" - 3/8" (14.0 mm - 10.0 mm) 1000 g	916	174
3/8" - 1/4" (10.0 mm - 6.3 mm) 500 g	370	144
Jumlah berat (g)	R	P
	3030	686

$$\begin{aligned} \text{Indek kepingan, \%} &= \frac{\text{jumlah berat telus (P)} \times 100}{\text{jumlah berat yang diukur (R+P)}} \\ &= \frac{686 \times 100}{3030 + 686} = 18.46\% \end{aligned}$$

### Serapan Air & Graviti Tentu (ASTM C 127, C 128, MS 30)

Penyerapan air bagi agregat ialah peratus berat air yang diserap (perbezaan berat antara agregat permukaan kering tepu dan agregat selepas dikeringkan di dalam ketuhar setelah direndam di dalam air suling selama 24 jam) berdasarkan berat agregat yang dikeringkan di dalam ketuhar (dipanaskan di dalam ketuhar pada suhu 110 °C sehingga berat malar.

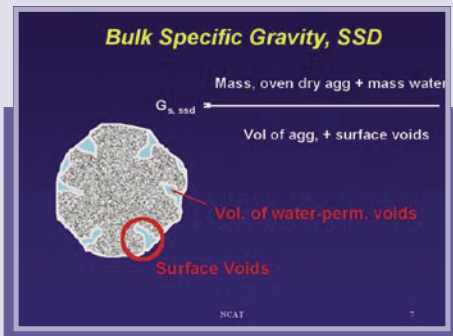
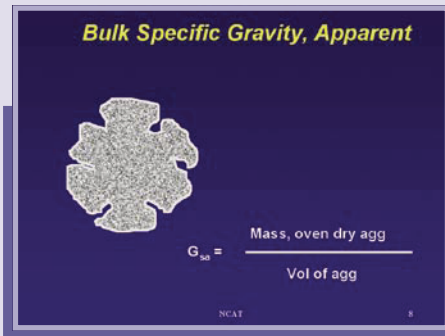
*Keperluan: Tidak lebih dari 2%*



*Bulk specific gravity (kering)* ialah nisbah berat agregat (termasuk lompong dalam agregat yang dapat ditembusi dan tidak dapat ditembusi oleh air) pada suhu yang dinyatakan dan berat air suling dengan isipadu yang sama pada suhu yang dinyatakan.

# Ujian Agregat

*Apparent specific gravity* ialah nisbah berat agregat yang tidak dapat ditembusi oleh air pada suhu yang dinyatakan dan berat air suling dengan isipadu yang sama pada suhu yang dinyatakan.



*Bulk specific gravity* (permukaan kering tepu, SSD) ialah nisbah berat agregat (termasuk berat lompong dalam agregat yang telah dipenuhi air setelah direndam lebih kurang 24 jam) pada suhu yang dinyatakan kepada berat air suling dengan isipadu yang sama pada suhu yang dinyatakan.

**JKR/SPJ** menyatakan lompong (void) atau lompong di dalam campuran agregat mesti dikira berdasarkan purata berat *bulk specific gravity* pecahan agregat kasar dan halus yang difaktorkan berdasarkan pengeringan di dalam ketuhar.

**JKR/SPJ** juga menyatakan bahagian bitumen yang terserap ke dalam agregat mesti diambil kira apabila mengira lompong udara (air void). Untuk gabungan agregat dengan penyerapan air tidak melebihi 2%, bitumen yang terserap boleh dianggarkan berdasarkan penyerapan bitumen adalah lebih kurang 20% penyerapan air.

**Nota:** *Asphalt Institute* di U.S. mencadangkan lompong di dalam campuran agregat (VMA) mesti dikira berdasarkan graviti ketumpatan tentu (*bulk specific gravity*). Lompong udara di dalam campuran selepas pepadatan mesti dikira berdasarkan graviti tentu efektif (*effective specific gravity*).

Graviti ketumpatan tentu bagi gabungan agregat

$$= \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{P_1/G_1 + P_2/G_2 + \dots + P_n/G_n}$$

di mana;

$P_1, P_2, P_n$  ialah peratus berat setiap pecahan saiz agregat.

$G_1, G_2, G_n$  ialah graviti ketumpatan tentu setiap pecahan saiz agregat.

## Graviti Tentu & Penyerapan Batu Baur Kasar (ASTM C 127)

Saiz Agregat: Buang semua agregat melepasi 4.75 mm ayakan (atau 2.36 mm ayakan jika bahan lebih halus dari 4.75 mm adalah banyak). Sebagai alternatif, asingkan bahan lebih halus dari 4.75 mm dan uji bahan halus tersebut berdasarkan ASTM C 128.

Jadual 1: Kuantiti sampel.

Saiz Maksimum Nominal, mm	Berat Sampel Minimum, kg
12.5 atau kurang	2
19.0	3
25.0	4
37.5	5
50	8

Keringkan sampel ujian sehingga berat malar pada suhu 110 +/- 5 °C.

Sejukkan sampel pada suhu bilik selama 1-3 jam.

Rendam sampel di dalam air pada suhu bilik selama 24 +/- 4 jam.

Alihkan sampel dari rendaman dan lapkan dengan tuala lembap sehingga selaput air tidak kelihatan.

Timbang sampel ujian di dalam keadaan permukaan kering tepu (berat B).

Kemudian timbang sampel di dalam air pada suhu 25 °C (berat C).

Keringkan sampel sehingga berat malar pada suhu 110 +/- 5 °C, kemudian sejukkan sampel pada suhu bilik selama 1-3 jam. Timbang sampel yang kering (berat A).

$$\begin{aligned} \text{Bulk SG (oven dried)} &= A/(B - C) \\ \text{Bulk SG (SSD)} &= B/(B - C) \\ \text{Apparent SG} &= A/(A - C) \\ \text{Absorption, \%} &= [(B - A)/A] \times 100 \end{aligned}$$

## Graviti Tentu & Penyerapan Batu Baur Halus (ASTM C 128)

Kuantiti sampel: Lebih kurang 1 kg.

Keringkan sampel ujian sehingga berat malar pada suhu 110 +/- 5 °C.

Sejukkan sampel pada suhu bilik selama 1-3 jam.

Rendam sampel di dalam air selama 24 +/- 4 jam.

Keringkan sampel dengan aliran udara panas sehingga permukaan kering tepu tercapai, dan timbang (berat S).

Masukkan sampel ke dalam balang gas yang dipenuhi air.

# Ujian Agregat

Goncang balang gas bagi mengeluarkan buih udara yang terperangkap, dan timbang (berat C).

Keringkan sampel sehingga berat malar pada suhu  $110 \pm 5$  °C, kemudian sejukkan sampel pada suhu bilik selama  $1 \pm 1/2$  jam, dan timbang (berat A).

Penuhkan balang gas dengan air pada aras yang sama dan timbang (berat B).

$$\begin{aligned} \text{Bulk SG (oven dried)} &= A/(B + S - C) \\ \text{Bulk SG (SSD)} &= S/(B + S - C) \\ \text{Apparent SG} &= A/(B + A - C) \\ \text{Absorption, \%} &= [(S - A)/A] \times 100 \end{aligned}$$

## Graviti Tentu & Penyerapan Agregat Lebih besar dari 3/8" (9.52 mm) (MS 30, Method A)

Kuantiti sampel: Tidak kurang dari 2 kg.

Sampel perlu dibersihkan untuk membuang butir-butir halus yang terlekat. Letakkan sampel ke dalam bakul dawai dan rendamkan sampel dalam air suling pada suhu  $27 \pm 5$  °C selama  $24 \pm 1/2$  jam, buang semua udara yang terperangkap dengan cara menggoncang (berat A).

Alihkan sampel ke atas kain kering dan keringkan sampel menggunakan kain tersebut. Biarkan sampel terdedah pada udara sehingga air pada permukaan sampel tidak lagi kelihatan walaupun sampel masih berkeadaan lembap iaitu berkeadaan permukaan kering tepu (saturated surface dry) (berat B).

Keringkan sampel di dalam ketuhar pada suhu  $105 \pm 5$  °C selama  $24 \pm 1/2$  jam, dan sejukkan di dalam balang yang kedap udara dan timbang berat (berat C).

$$\begin{aligned} \text{Bulk SG (oven dried)} &= C/(B - A) \\ \text{Bulk SG (SSD)} &= B/(B - A) \\ \text{Apparent SG} &= C/(C - A) \\ \text{Absorption, \%} &= [(B - C)/C] \times 100 \end{aligned}$$

## Graviti Tentu & Penyerapan Agregat Lebih kecil dari 3/8" (9.52 mm) (MS 30, Method C)

Sampel ujian perlu dibersihkan bagi membuang butir-butir yang lebih halus dari  $75 \mu\text{m}$  yang terlekat.

Rendamkan sampel dalam air suling pada suhu  $27 \pm 5$  °C selama  $24 \pm 1/2$  jam, udara yang terperangkap atau buih di permukaan sampel dikeluarkan dengan mengacau perlahan-lahan menggunakan batang gelas atau besi.



# Ujian Agregat

Selepas itu, dedahkan sampel pada aliran udara panas untuk mengeringkan lembapan pada permukaan sampel. Kacau secara perlahan-lahan untuk memastikan pengeringan yang sekata sehingga tiada lembapan pada permukaan sampel kelihatan. Timbang berat sampel permukaan kering tepu (berat A).

Letakkan sampel ke dalam *pycnometer* atau balang gas dan isikan air suling. Buang udara yang terperangkap dengan menggoncang perlahan-lahan. Untuk *pycnometer*, air suling perlu diisi sehingga penuh sehingga permukaan air pada lubang kelihatan rata. Untuk balang gas (gas jar), air suling perlu diisi sehingga melimpah dan kepingan kaca ditolak untuk menutup balang gas tersebut tanpa kelihatan sebarang buih. Timbang berat *pycnometer* atau balang gas tadi (berat B).

Alihkan sampel ke dalam dulang, keringkan di dalam ketuhar pada suhu  $105 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  selama  $24 \pm 1/2$  jam. Sejukkan di dalam balang kedap udara dan timbang (berat D).

Penuhkan semula *pycnometer* atau balang gas tersebut dengan air suling pada takat yang sama sebelum ini dan timbang (berat C).

$$\begin{aligned} \text{Bulk SG (oven dried)} &= D/[A - (B - C)] \\ \text{Bulk SG (SSD)} &= A/[A - (B - C)] \\ \text{Apparent SG} &= D/[D - (B - C)] \\ \text{Absorption, \%} &= [(A - D)/D] \times 100 \end{aligned}$$

## Graviti Tentu & Penyerapan Agregat

Di antara 1 1/2" (38.10mm) dan 3/8" (9.52 mm) (MS 30, Method B)

Kuantiti sampel: Lebih kurang 1 kg.  
Gunakan balang gas.  
Permukaan kering tepu terhasil sama dengan Method C.

## Nilai Penggilapan Batu (MS 30)

Nilai penggilapan batu perlu dijalankan terhadap agregat yang akan digunakan untuk lapisan haus. Nilai penggilapan batu akan memberi gambaran tentang rintangan agregat terhadap tindakan penggilapan oleh tayar kenderaan di bawah keadaan sama seperti yang berlaku pada permukaan jalan sebenar. Selepas digilap, agregat diuji menggunakan *Portable Skid Resistance Tester*.

*Keperluan: Tidak kurang dari 40*



*Polished stone tester.*

# Ujian Agregat

## PENENTUAN GRAVITI TENTU DAN SERAPAN AIR

Jenis agregat : Granite  
Saiz sampel : 3/4"  
Sumber : A

No. Sampel	1	2
Berat agregat (A) g	1219.6	1222.5
Berat agregat + balang + air permukaan kering tepu (B) g	2430.1	2434.7
Berat balang + air (C) g	1673.9	1673.9
Berat agregat yang kering (D) g	1216.3	1219.2
Gravity tentu (pengeringan dalam ketuhar) = $\frac{D}{A - (B - C)}$	2.625	2.641
Purata	2.633	
Gravity tentu (permukaan kering tepu) = $\frac{A}{A - (B - C)}$	2.632	2.648
Purata	2.640	
Serapan air (% berat kering) = $\frac{100(A - D)}{D}$	0.27	0.27
Purata	0.27	

### Sand Equivalent Value of Fine Aggregate (ASTM D 2419)

Ujian dilakukan untuk menentukan kandungan tanah liat atau butiran halus bersifat plastik (*plastic fines*) di dalam agregat halus yang telus 4.75 mm ayakan. *Sand equivalent* mengutarakan konsep di mana kebanyakan agregat halus adalah campuran butiran kasar yang diingini dan tanah liat atau butiran halus bersifat plastik yang tidak diingini. Tanah liat dan terlampau banyak *plastic fines* di dalam agregat akan memudaratkan *asphalt*.

*Keperluan: Tidak kurang dari 45%*

Kuantiti sampel: Sekurang-kurangnya 1500 g bahan telus 4.75 mm ayakan.

Ujian dilakukan untuk menentukan kandungan *plastic fines* atau tanah liat di dalam agregat halus. Sampel ditempatkan di dalam silinder yang diisi dengan air dan agen gumpalan. Selepas dikacau dan dibiarkan mendap selama 20 minit, pasir akan terasing dari tanah liat.

# Ujian Agregat

$$\text{Sand equivalent value} = \frac{\text{ketinggian pasir}}{\text{ketinggian pasir} + \text{tanah liat}} \times 100$$



*tanah liat*

*pasir*

## Kepersegian Agregat Halus (ASTM C 1252)

Ujian dilakukan untuk menentukan kandungan rongga yang tidak dipadatkan di dalam sampel agregat halus. Apabila ditentukan ke atas agregat yang gredannya diketahui, kandungan rongga tersebut akan menunjukkan kepersegian, kebulatan dan tekstur permukaan agregat tersebut.

*Keperluan: Tidak kurang dari 45%*

Agregat halus yang telah ditentukan gredannya dimasukkan ke dalam silinder bersaiz 100 ml melalui corong dari ketinggian yang tetap (115 mm). Limpahan agregat di dalam silinder tersebut diratakan dan timbang berat. Kandungan rongga yang tidak dipadatkan dikira melalui perbezaan antara isipadu silinder dan isipadu mutlak (absolute volume) agregat halus di dalam silinder. Kandungan rongga yang tidak dipadatkan dikira dengan menggunakan *bulk specific gravity* agregat halus (Gsb).

# Ujian Agregat

$$\text{Rongga tidak dipadatkan (uncompacted voids) (\%)} = \frac{V - W/G_{sb}}{V} \times 100$$



## FINE AGGREGATE ANGULARITY UNCOMPACTED VOID CONTENT OF FINE AGGREGATE (ASTM C 1252)

- 1) Isipadu silinder (V) = 100 ml
- 2) Ketinggian kejatuhan tetap dari corong ke silinder = 115 mm
- 3) Berat agregat halus di dalam silinder selepas limpahan diratakan (W) = 129.84 g
- 4) *Bulk specific gravity* agregat halus ( $G_{sb}$ ) = 2.6123

$$\text{Graviti ketumpatan tentu} = \frac{A}{(B + A - C)} = 2.6123$$

- Berat spesimen yang dikeringkan dalam ketuhar (A) = 496.6 g  
 Berat pycnometer diisi penuh dengan air (B) = 2491.3 g  
 Berat pycnometer dengan spesimen dan air yang diisi penuh (C) = 2801.2 g

5) Rongga tidak dipadatkan (%) =  $\frac{V - W/Gsb}{V} \times 100$

$$= \frac{100 - (129.84 / 2.6123)}{100} \times 100 = 50.30\%$$

## Methylene Blue Value of Clays, Mineral Filler and Fine Aggregate (Ohio DOT)

Nilai *methylene blue* yang ditentukan melalui cara ini boleh digunakan untuk membuat anggaran jumlah tanah liat dan bahan organik yang memudaratkan di dalam agregat. Semakin tinggi nilai *methylene blue* semakin besar kandungan tanah liat atau bahan organik di dalam sampel.

*Keperluan: Tidak lebih dari 10 mg/g.*

Ujian ini mengukur jumlah tanah liat yang memudaratkan dari kumpulan *smectite* (montmorillinite), bahan organik dan *iron hydroxides* di dalam agregat halus. Larutan *methylene blue* ditambah kepada suspensi agregat halus sehingga penyerapan larutan pada kertas penapis berhenti (titik akhir).

Nilai *methylene blue* (MBV) =  $0.5V$  mg/g,

di mana  $V$  = Isipadu larutan *methylene blue*, ml.

*Jadual 1: Hubungan antara MBV dan prestasi asphalt.*

MBV mg/g	Tahap Prestasi
5 – 6	Excellent
10 – 12	Marginally acceptable
16 – 18	Problems or possible failure
20+	Failure



# Ujian Agregat



## Methylene Blue Value of Clays, Mineral Filler and Fine Aggregate (Ohio DOT)

### Pengesahan titik akhir

Selepas tambahan setiap *methylene blue* ke dalam larutan, ia dikacau selama 1 minit dan diuji bagi menentukan titik akhir. Apabila titik akhir dicapai, ia dikacau selama 5 minit lagi dan diuji semula untuk mengesahkan titik akhir tersebut.

- |   |           |
|---|-----------|
| 1) Berat sampel yang digunakan (W)                          | = 10.00 g |
| 2) Berat air suling yang digunakan                          | = 30 g    |
| 3) Kekuatan larutan <i>methylene blue</i> (c)               | = 5 mg/ml |
| 4) Bacaan awal buret  | = 3.2 ml  |
| 5) Bacaan akhir buret                                       | = 12.5 ml |
| 6) Isipadu larutan <i>methylene blue</i> yang digunakan (V) | = 9.3 ml  |

Larutan *methylene blue* dalam mg per bahan P200 dalam g:

$$\begin{aligned} \text{MBV} &= (c) \times (V) / (W) \\ \text{MBV} &= (5 \times V) / 10.00 \\ \text{MBV} &= 0.5 V \\ \text{MBV} &= 0.5 \times 9.3 \\ \text{MBV} &= 4.65 \text{ mg / g} \end{aligned}$$

