



Ujian Aggregate

Pengenalan

Mengikut sejarah, sejak roda mula diperkenalkan 5,000 tahun dahulu, telah terlintas di benak fikiran manusia pada zaman purba itu untuk menyediakan suatu permukaan yang keras. Jalan paling awal yang tercatat dalam lipatan sejarah ialah laluan yang digunakan bagi mengangkut bongkah besar batu kapur untuk membina piramid. Jalan itu dibina dengan menambak dan menyusun pecahan batu sehingga membentuk permukaan yang rata, kuat dan tidak mendap.

Semasa era kegemilangan empayar Parsi pada tahun 520 – 485 Sebelum Masihi, Raja Darius 1 telah membina jalan raya sepanjang 2,400 km bagi kegunaan ribuan tenteranya. Pada tahun 322 – 298 Sebelum Masihi, Chandragupta pula telah membina rangkaian jalan raya merentasi benua India dan menubuhkan satu pasukan khas bagi mengurus dan menyenggara infrastruktur tersebut.

John Loudon McAdam, diiktiraf sebagai Highway Engineer yang pertama, merupakan pengasas permukaan jalan berturap sepertimana yang digunakan dengan meluas di seluruh dunia pada masa ini. Konsep yang diterapkan oleh beliau lebih dua abad yang lalu namun masih diamalkan pada era moden ini ialah 'to put broken stones upon a road which shall unite by its own angles so as to form a solid hard surface'. Bagi mengurangkan debu dan kerja pembaikan, tar mula digunakan selepas itu bagi mengikat pecahan batu itu. Oleh sebab itu, bahan campuran ini lebih dikenali sebagai tar macadam.

Pecahan batu, dipanggil aggregate selepas ini, adalah komponen yang paling besar di dalam bahan turapan jalan. Kebiasaannya, sekitar 90 – 95% dari campuran asphalt adalah aggregate. Peranan aggregate dalam turapan jalan itu ialah untuk menampung beban trafik dan mengalihkannya ke lapisan roadbase yang lebih tebal di bawahnya. Ia juga seharusnya memiliki rintangan pada geseran dan gilapan oleh tayar kenderaan. Aggregate akan dilambung, dipusar, dihentak, dihempap, diseret, ditekan dan dilanyak semasa penghasilan asphalt di kuari, semasa diturap dan dipadatkan di tapak, dan sepanjang didedahkan pada trafik.



Oleh itu, aggregate seharusnya memiliki ciri-ciri mekanikal dan fizikal yang sewajarnya dan interlocking antara sesama sendiri bagi memainkan peranan utama dalam menyediakan lapisan pavemen yang kuat bagi menampung beban trafik dan memberi daya rintangan terhadap perubahan bentuk pada permukaan jalan (pavement deformation). Pembentukan keretakan tidak banyak yang dapat dikaitkan dengan ciri-ciri aggregate. Persoalannya, ciri aggregate yang manakah yang lebih penting?

Secara amnya, ciri-ciri aggregate dapat dikategorikan kepada dua;

- a. Consensus properties (ciri persetujuan ramai).
- b. Source properties (ciri punca).

Consensus Properties

Pakar-pakar pavemen bersependapat terdapat ciri-ciri tertentu aggregate yang kritikal dan wajar dicapai bagi menghasilkan asphalt yang baik. Ciri-ciri itu adalah;

- a. Coarse aggregate angularity,
- b. Fine aggregate angularity,
- c. Flat, elongated particles, dan
- d. Clay content.

Tahap pematuhan bagi setiap ciri aggregate di atas adalah berbeza-beza, bergantung pada beban trafik dan di dalam lapisan mana aggregate itu digunakan di dalam struktur pavemen.

Coarse aggregate angularity

Ciri ini perlu ada pada aggregate kasar bagi memastikan rintangan terhadap geseran antara aggregate di dalam asphalt dan rintangan terhadap pembentukan lekukan di laluan roda (rutting) adalah tinggi. Ia dinilai berdasarkan peratusan aggregate yang lebih kasar dari 4.75 mm yang memiliki satu atau lebih permukaan yang dipecahkan (fractured faces).

Fine aggregate angularity

Sepertimana bagi aggregate kasar, ciri ini juga perlu ada pada aggregate halus bagi memastikan rintangan geseran antara aggregate di dalam asphalt dan pembentukan lekukan di laluan roda (rutting) pada turapan jalan adalah tinggi. Ini dapat ditentukan secara tidak langsung dari kandungan rongga dalam bahan tersebut. Nilai kandungan rongga yang tinggi menunjukkan aggregate halus tersebut lebih bersegi, tekstur permukaan lebih kasar atau gabungan keduanya. Kandungan rongga yang tidak dipadatkan dikira melalui perbezaan antara isipadu silinder dan isipadu mutlak (absolute volume) aggregate halus yang dapat diisi di dalam silinder itu tanpa dipadatkan.

Flat, elongated particles

Aggregate jika digunakan sebagai bahan turapan sewajarnya mempunyai bentuk bersegi, bukan nipis, berkeping, leper, memanjang atau bulat. Aggregate bersegi akan dapat menghasilkan interlock dan internal friction (ikatan dan geseran sesama butiran aggregate) yang lebih baik, dan oleh itu stability yang lebih tinggi. Walaupun asphalt yang dihasilkan dengan menggunakan aggregate berbentuk bulat adalah lebih lembut dan lebih senang dipadatkan, namun ia juga lebih mudah ditekan oleh trafik menyebabkan berlakunya rutting dan shoving. Aggregate berkeping dan memanjang pula akan menyukarkan pemadatan. Di samping itu, aggregate panjang akan mudah patah semasa penurapan dan pemadatan serta sepanjang tempoh ia terdedah pada trafik.

Ciri ini dikawal melalui penetapan had peratusan aggregate kasar yang memiliki nisbah dimensi maksimum dan minimum melebihi lima.

Clay content

Tanah liat di dalam aggregate halus dapat memudaratkan bahan turapan jalan. Dalam ujian ini, tanah liat yang terlekat pada aggregate halus ditanggalkan dengan menggunakan flocculating solution di dalam silinder. Bahan itu akan menyebabkan tanah liat itu terapung di atas aggregate halus yang terdapat di bahagian bawah silinder itu.



Source Properties

Terdapat dua ciri yang dikenal pasti di bawah source properties;

- a. Toughness.
- b. Soundness.

Toughness

Aggregate seharusnya lasak dan mempunyai daya rintangan terhadap geseran bagi mengelak dari merosot, pecah dan hancur semasa disimpan di kuari, dipanaskan dan dilambung semasa penghasilan asphalt di kuari, diturap dengan paver, dipadatkan dengan roller dan didedahkan pada trafik.

Soundness

Aggregate juga seharusnya berdaya tahan dan tidak mudah terurai apabila basah ditimpa hujan dan kering semula apabila terdedah pada matahari secara berulang-ulang.

Specific Gravity

Specific gravity ialah nisbah berat sesuatu bahan pada berat air dalam isipadu yang sama, pada suhu yang sama.

Specific gravity digunakan untuk menentukan density sesuatu bahan melalui formula berikut;

$$d = sg \times 1.000$$

di mana

d = density bahan (g/cm^3)

sg = specific gravity bahan

1.000 = density air (g/cm^3)

Isipadu sesuatu bahan dapat ditentukan dari berat dan specific gravity melalui formula berikut;

$$V = W / (sg \times 1.000)$$

di mana

V = isipadu bahan

W = berat bahan

sg = specific gravity bahan

1.000 = density air (g/cm^3)



Sebagai contoh;

$$\begin{aligned}\text{Berat bahan} &= 60 \text{ kg} \\ \text{sg bahan} &= 2.000 \\ \text{Isipadu bahan} &= 60 \times 1000 \text{ g} / (2.000 \times 1.000 \text{ g/cm}^3) = 30,000 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

Bagi aggregate, specific gravity digunakan untuk menentukan isipadu selepas berat ditimbang. Selepas isipadu diperolehi, liang udara (air voids) di celahan butiran-butiran aggregate itu akan dapat ditentukan.

Bulk specific gravity

Sekiranya bulk specific gravity sesuatu bahan perlu ditentukan, ia bermakna bahan itu mengandungi lebih dari satu nilai berat dan/atau nilai isipadu.

Federal Highway Administration (FHWA) menerangkan specific gravity seperti berikut;

$$\begin{aligned}G_{sb} &= \text{bulk specific gravity} \\ \text{di mana} \\ G &= \text{specific gravity} \\ s &= \text{stone} \\ b &= \text{bulk (sejenis specific gravity. Jenis lain ialah apparent specific gravity)}\end{aligned}$$

Bagi aggregate, bulk digunakan kerana isipadu aggregate mengandungi lebih dari satu komponen iaitu isipadu bahagian pepejal (solid part) aggregate dan isipadu liang udara (air voids) pada permukaan aggregate seperti diterangkan selepas ini.

Bagi penentuan bulk specific gravity, nilai isipadu yang digunakan ialah isipadu menyeluruh (total volume) i.e. melihat setiap butiran aggregate itu secara keseluruhan (bulk) dan tidak mengambil kira komponen lain seperti liang udara.

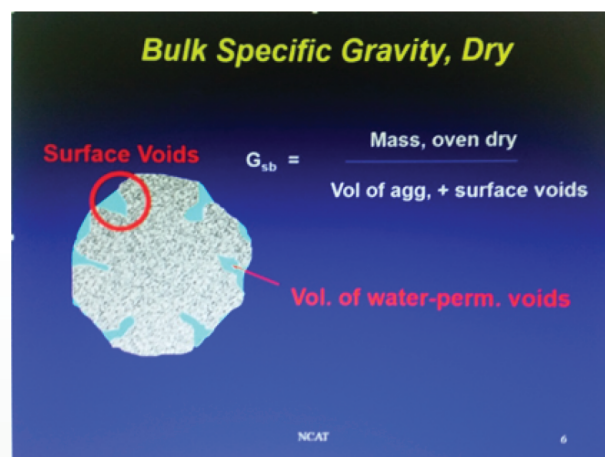
Bulk specific gravity ditentukan dari berat kering dan isipadu menyeluruh (bulk volume) aggregate. Bulk volume ialah isipadu bahagian pepejal aggregate dan isipadu liang udara pada permukaan aggregate (apabila aggregate dibasahkan, liang udara ini akan dipenuhi oleh air).

SPJ menyatakan liang udara (voids) atau lompong di dalam campuran aggregate mesti dikira berdasarkan purata berat bulk specific gravity pecahan aggregate kasar dan halus yang difaktorkan berdasarkan pengeringan di dalam ketuhar.

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

Bulk SG, Dry

G_{sb} oven dry = berat (oven dry) / isipadu aggregate + isipadu liang udara pada permukaan aggregate (surface voids).



Bulk SG, SSD

$G_{s, ssd}$ = berat (oven dry) + berat air / isipadu aggregate + isipadu liang udara pada permukaan aggregate (surface voids).



Bulk Specific Gravity, SSD

$$G_{s, ssd} = \frac{\text{Mass, oven dry agg + mass water}}{\text{Vol of agg, + surface voids}}$$

Vol. of water-perm. voids

Surface Voids

NCAT 7

Bulk SG, Apparent

G_{sa} = berat (oven dry) / isipadu aggregate

Bulk Specific Gravity, Apparent

$$G_{sa} = \frac{\text{Mass, oven dry agg}}{\text{Vol of agg}}$$

NCAT 8

Nota: Federal Highway Authority, US (FHWA) menyatakan hanya bulk specific gravity yang digunakan dalam rekabentuk campuran asphalt i.e. apparent specific gravity tidak digunakan. ASTM menyatakan 'apparent specific gravity is not widely used in construction aggregate technology'.

Contoh Keputusan Ujian

Sampel No.

Berat sampel kering di dalam oven, g

(A)

Berat silinder + air, g

(B)

Berat sampel dalam keadaan saturated surface-dry

(S)

Berat silinder + sampel + air

(C)

Bulk sg (dry)

$$= \frac{A}{B + S - C}$$

Purata =

Bulk sg (ssd)

$$= \frac{S}{B + S - C}$$

Purata =

Bulk sg (apparent)

$$= \frac{A}{B + A - C}$$

Purata =

Water absorption, %

$$= \frac{S - A}{A} \times 100$$

Purata =

1	2
1081.0	1107.5
1673.9	1673.9
1084.8	1111.2
2344.6	2361.2
2.610	2.613
2.612	
2.620	2.621
2.621	
2.635	2.636
2.636	
0.35	0.33
0.34	



Ketetapan SPJ

Ketetapan SPJ, ujian-ujian ke atas aggregate dibahagikan kepada dua iaitu untuk coarse aggregate dan fine aggregate;

Ujian – ujian yang ditetapkan ke atas coarse aggregate ialah;

- a. Los Angeles abrasion.
- b. Magnesium sulfate soundness.
- c. Flakiness index.
- d. Specific gravity and water absorption.
- e. Polished stone value.

Ujian – ujian yang ditetapkan ke atas fine aggregate ialah;

- a. Sand equivalent value.
- b. Fine aggregate angularity.
- c. Methylene Blue value.
- d. Magnesium sulfate soundness.
- e. Specific gravity and water absorption.

Selain itu, nilai specific gravity aggregate perlu ditentukan untuk digunakan dalam pengiraan density dan air voids bagi bahan turapan jalan yang dihasilkan.