

BAB II

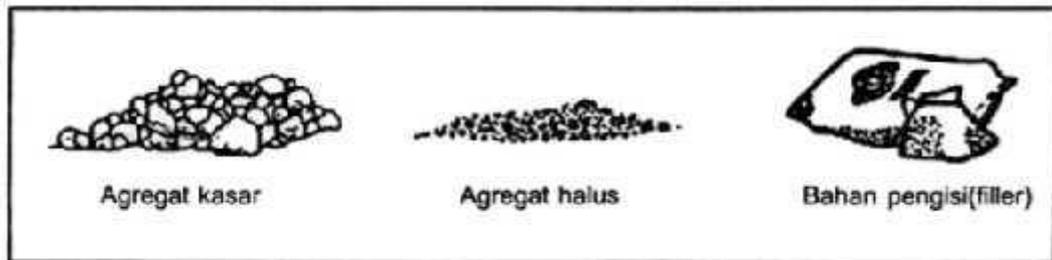
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Agregat

Menurut Silvia Sukirman (1995) agregat/batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yaitu mengandung 90-95% agregat berdasarkan persentase berat atau 75-80% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian daya dukung, keawetan dan mutu perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

2.1.1 Jenis Agregat

Berdasarkan jenis dan ukuran butirannya agregat dibedakan menjadi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (*filler*). Batasan dari masing-masing agregat ini seringkali berbeda, sesuai institusi yang menentukannya.



Gambar 2.1 Jenis Agregat berdasarkan butir

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yaitu agregat yang tertahan pada saringan no.8 (2,36 mm), agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang

kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat *interlocking* yang baik dengan material yang lain.

2. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan no.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir. Bahan ini dapat terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya.

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi adalah bahan yang lolos saringan No.200 (0,075 mm) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Fungsi dari bahan pengisi adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga, memperkaku lapisan aspal. *Filler* yang dapat digunakan berupa abu batu debu atau semen Portland.

2.1.2 Sifat Agregat

Sifat agregat menentukan kualitasnya sebagai bahan material perkerasan jalan, dimana agregat itu sendiri merupakan bahan yang kaku dan keras. Agregat dengan kualitas dan mutu yang baik dibutuhkan untuk lapisan permukaan yang langsung memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. (Silvia Sukirman, 1995). Sifat agregat yang menentukan kualitasnya sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kekuatan dan keawetan yang dipengaruhi oleh:
 - a. Gradasi
 - b. Ukuran maksimum
 - c. Kadar lempung
 - d. Kekerasan dan ketahanan
 - e. Bentuk butir
 - f. Tekstur permukaan
2. Kemampuan yang dilapisi dengan aspal yang baik dipengaruhi oleh:
 - a. Porositas
 - b. Kemungkinan basah
 - c. Jenis agregat
3. Kemudahan dalam pelaksanaan dan menghasilkan lapisan yang nyaman dan aman yang dipengaruhi oleh:
 - a. Tahan geser
 - b. Campuran yang memberikan kemudahan dalam pelaksanaan

2.1.3 Gradasi Agregat

Gradasi merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat biasanya mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan diatas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan dimulai dari pan dan diakhiri dengan tutup. Gradasi agregat dibedakan atas :



Gambar 2.2 Gradasi Agregat

1. Gradasi seragam (*uniform graded*)

Gradasi seragam adalah gradasi agregat dengan ukuran yang hampir sama. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka (*open graded*) karena hanya mengandung sedikit agregat halus sehingga terdapat banyak rongga atau ruang kosong antar agregat. Campuran beraspal yang dibuat dengan gradasi ini bersifat porus atau memiliki permeabilitas yang tinggi, stabilitas yang rendah dan memiliki berat isi yang kecil.

2. Gradasi rapat (*Dense graded*)

Gradasi rapat adalah gradasi agregat dimana terdapat butiran dari agregat kasar sampai halus dalam porsi yang seimbang, sehingga sering disebut gradasi menerus atau gradasi baik (*well graded*). Agregat dengan gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas yang tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek dan berat volume besar.

3. Gradasi senjang (*Gap graded*)

Gradasi senjang adalah gradasi agregat dimana ukuran agregat yang ada tidak lengkap atau ada fraksi agregat yang tidak ada atau jumlahnya sedikit sekali. Agregat dengan gradasi senjang akan menghasilkan lapisan perkerasan yang mutunya terletak antara agregat bergradasi seragam dan agregat bergradasi rapat.

2.1.4 Daya Tahan Agregat

Daya tahan agregat adalah ketahanan agregat untuk tidak hancur/pecah oleh pengaruh mekanis ataupun kimia. Degradasi didefinisikan sebagai kehancuran agregat menjadi partikel-partikel yang lebih kecil akibat gaya yang diberikan pada waktu penimbunan, pemadatan ataupun oleh beban lalu lintas. Disintegrasi didefinisikan sebagai pelapukan pada agregat menjadi butir-butir halus akibat pengaruh kimiawi seperti kelembaban, kepanasan ataupun perbedaan temperature sehari-hari.

Agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan haruslah mempunyai daya tahan terhadap degradasi (pemecahan) yang mungkin timbul selama proses pencampuran, pemadatan, repetisi beban lalu lintas dan disintegrasi (penghancuran) yang terjadi selama masa layanan jalan tersebut. Ketahanan agregat terhadap penghancuran (degradasi) diperiksa dengan menggunakan percobaan Abrasi *Los Angeles* berdasarkan PB 0206-76, AASHTO T96-7 (1982).

2.1.5 Bentuk dan Tekstur Agregat

Bentuk dan tekstur mempengaruhi stabilitas dari lapisan perkerasan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel agregat dapat berbentuk :

1. Bulat (*rounded*)

Agregat yang dijumpai di sungai pada umumnya telah mengalami pengikisan oleh air sehingga umumnya berbentuk bulat. Partikel agregat bulat saling bersentuhan dengan luas bidang kontak kecil sehingga menghasilkan daya *interlocking* yang lebih kecil dan lebih mudah tergelincir.

2. Lonjong (*elongated*)

Partikel agregat berbentuk lonjong dapat ditemui di sungaisungai atau bekas endapan sungai. Agregat dikatakan lonjong jika ukuran terpanjangnya $> 1,8$ kali diameter rata-rata. Indeks kelonjongan adalah perbandingan dalam persen dari berat agregat lonjong terhadap berat total. Sifat *interlockingnya* hampir sama dengan yang berbentuk bulat.

3. Kubus (*cubical*)

Partikel berbentuk kubus merupakan bentuk agregat hasil dari mesin pemecah batu yang mempunyai bidang kontak yang lebih luas, (berbentuk bidang rata sehingga memberikan *interlocking/saling mengunci* yang lebih besar. Dengan demikian kestabilan yang diperoleh lebih besar dan lebih tahan terhadap deformasi yang timbul. Agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan.

4. Pipih (*flaky*)

Partikel agregat berbentuk pipih dapat merupakan hasil dari mesin pemecah batu ataupun memang merupakan sifat dari agregat tersebut yang jika dipecahkan cenderung berbentuk pipih. Agregat pipih yaitu agregat yang lebih tipis dari 0,6 kali diameter rata-rata. Agregat berbentuk pipih mudah pecah pada waktu pencampuran, pemadatan, ataupun akibat beban lalu lintas. Oleh karena itu banyaknya agregat pipih ini dibatasi dengan menggunakan nilai indeks kepipihan yang disyaratkan.

5. Tak beraturan (*irregular*)

Partikel agregat yang tidak beraturan, tidak mengikuti salah satu yang disebutkan diatas. Gesekan yang timbul antar partikel menentukan juga stabilitas dan daya dukung dari lapisan perkerasan. Besarnya gesekan dipengaruhi oleh jenis permukaan agregat yang dapat dibedakan atas agregat yang permukaannya kasar (*rough*), agregat yang permukaannya halus (*smooth*), agregat yang permukaannya licin dan mengkilap (*glassy*), agregat yang permukaannya berpori (*porous*).

2.1.6 Pemeriksaan agregat

Sifat-sifat Agregat harus selalu diperiksa dan aspal yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan pada perkerasan lentur. Pemeriksaan yang dilakukan untuk Agregat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Pengukuran berat jenis agregat diperlukan untuk perencanaan campuran agregat dengan aspal, campuran ini berdasarkan perbandingan berat karena lebih teliti dibanding dengan volume dan juga untuk menentukan banyaknya pori agregat. Pengukuran hasil berat jenis agregat ini sering dipakai untuk mengekspresikan nilai kerapatan/*density* agregat, dimana nilai kerapatan agregat diperoleh dengan mengalikan nilai berat jenis agregat dengan kerapatan air pada suhu standar yang dipakai untuk pengukuran.

a. Agregat Kasar

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots(2.1)$$

2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots(2.2)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \left[\frac{B-A}{A} \times 100\% \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

4) Berat jenis efektif

$$BJ_e = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

S_d = berat jenis kering

S_a = berat jenis semu

S_w = penyerapan air

A = berat benda uji kering oven

B = berat benda uji jenuh kering permukaan

C = berat benda uji dalam air

b. Agregat halus

1) Berat jenis kering

$$S_d = \frac{Bk}{(B+SSD-Bt)} \dots\dots\dots(2.5)$$

2) Berat jenis semu

$$S_a = \frac{Bk}{(B+Bk-Bt)} \dots\dots\dots(2.6)$$

3) Penyerapan air

$$S_w = \frac{SSD - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

4) Berat jenis efektif

$$BJ_e = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

S_d = berat jenis kering

S_a = berat jenis semu

S_w = penyerapan air

B_k = berat benda kering

B = berat piknometer + air

B_t = berat piknometer + benda + air

SSD = berat benda kering permukaan

2. Pengujian kekuatan agregat terhadap tumbukan (*Agregat Impact Value*)

Banyak metoda yang telah dikembangkan untuk menguji kekuatan batuan terhadap beban, khususnya beban lalu lintas. Salah satunya adalah dengan melakukan simulasi pemberian beban terhadap suatu sampel agregat, misalnya beban tumbukan (*impact*). Biasanya beban tumbukan ini dikombinasikan dengan beban tekanan (*crushing*) baik dalam arah lateral maupun aksial.

Nilai *Aggregate Impact Value* (AIV) adalah persentase perbandingan antara agregat yang hancur dengan jumlah sampel yang ada. Agregat yang hancur dinyatakan dengan jumlah agregat yang lolos saringan 2,36

mm. Berdasarkan British Standar maka agregat yang mempunyai nilai $AIV > 30\%$ dinyatakan tidak normal dan nilai AIV ini menunjukkan jumlah agregat yang hancur cukup besar, berarti sampel tersebut relatif tidak terlalu kuat terhadap beban tekan.

3. Pengujian kekuatan agregat terhadap tekanan (*Aggregate Crushing Value*)

Seperti halnya percobaan AIV untuk menguji kekuatan batuan/agregat terhadap tumbukan, maka percobaan ACV atau *Aggregate Crushing Value* juga merupakan simulasi pemberian beban terhadap suatu sampel agregat. Prinsip percobaan disini adalah sampel agregat diberi kenaikan tekanan tertentu selama beberapa waktu. Agregat yang hancur kemudian ditimbang dan dibandingkan dengan berat semula. Perbandingan ini merupakan nilai dari ACV.

4. Pengujian keausan agregat dengan alat abrasi *Los Angeles*

Durabilitas atau ketahanan terhadap kerusakan sangat berpengaruh terhadap kebutuhan akan jumlah agregat. Beberapa agregat yang memiliki kekuatan standard pun akan mengalami kerusakan saat di *stockpile* atau saat masa layan di jalan. Prinsip pengujian *Los Angeles* adalah pengukuran perontokan agregat dari gradasi standarnya akibat kombinasi abrasi atau atrisi, tekanan, dan penggilasan dalam drum baja. Ketika drum baja berputar, bilah baja yang ada di dalamnya, mengangkat sampel dan bola baja, membawanya berputar dan kembali jatuh, mengakibatkan efek tumbuk-tekan/ *impact-crushing* pada sampel.

5. Indeks kepipihan dan kelonjongan (*Flankiness and Elongation Index*)

Pada batuan alam maupun hasil *crushing plant* terdapat fraksi-fraksi agregat berbagai macam bentuk. British Standard Institution, BSI, (1975) membagi bentuk-bentuk agregat dalam 6 kategori : Bulat (*roundend*), tidak beraturan (*irregular*), bersudut (*angular*), pipih (*flaky*), lonjong (*elongated*), pipih dan lonjong (*flaky and elongated*).

Pengujian ini bertujuan untuk menilai secara kuantitatif distribusi agregat yang berbentuk *flaky* (pipih) dan *elongated* (lonjong), yang dinyatakan dengan indeks kepipihan dan kelonjongan.

6. Pengujian pelapukan agregat dengan magnesium sulfat (soundness test).

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur durabilitas agregat terhadap proses pelapukan akibat pengaruh alam dan juga proses pengausan secara kimia.

Istilah *Soundness* diartikan sebagai kemampuan agregat untuk menahan perubahan volume yang berlebihan, sebagai akibat dari perubahan lingkungan fisik, seperti beku-cair (*freeze thaw*), perubahan panas. *Soundness* termasuk tes fisika- kimia (*physico-chemical test*).

7. Pemeriksaan kadar lumpur agregat halus (*Sand Equivalent Test*)

Pengujian ini bertujuan untuk memeriksa kadar lumpur dalam bahan agregat halus serta mengetahui perbandingan relatif antara bahan yang merugikan dengan bahan agregat halus.

Agregat yang kita gunakan tidak sepenuhnya bersih sehingga dengan kata lain sering terdapat zat-zat yang tidak diinginkan, yang dapat merugikan perkerasan aspal. Kebersihan agregat seringkali ditentukan dengan pemeriksaan visual tetapi dengan pemeriksaan di laboratorium akan lebih memberikan hasil yang positif tentang bersih tidaknya agregat, terutama pada agregat-agregat bergradasi halus.

8. Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal (*Affinity for Bitumen*)

Pengujian ini bertujuan untuk menguji besarnya kelekatan agregat terhadap aspal dengan cara visual. Kelekatan aspal terhadap agregat dipengaruhi oleh hal-hal sebagai berikut :

- a. Pori-pori dan absorpsi.
- b. Agregat berpori berguna untuk menyerap aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat baik. Tetapi terlalu banyak pori mengakibatkan terlalu banyak aspal yang terserap yang berakibat lapisan aspal menjadi tipis.
- c. Bentuk dan tekstur permukaan.
- d. Agregat berbentuk kubus dan kasar lebih baik mengikat aspal daripada agregat berbentuk bulat dan halus. Permukaan agregat yang kasar akan memberikan ikatan dengan aspal lebih baik.
- e. Ukuran butiran.

2.1.7 Pasir Silika

Silika adalah nama yang diberikan kepada sekelompok mineral yang terdiri dari silikon dan oksigen. Kedua elemen ini paling melimpah di kerak bumi. Silika ditemukan umumnya dalam bentuk kristal dan jarang dalam keadaan amorf. Hal ini disebabkan karena silika terdiri dari ikatan satu atom silikon dan dua atom oksigen, rumus kimia silika adalah SiO_2 .

Pasir terdiri dari butiran atau partikel kecil dari mineral dan fragmen batuan. Meskipun butiran mungkin berasal dari setiap komposisi mineral, komponen utama dari pasir biasanya berupa mineral kuarsa yang terdiri dari silika (silikon dioksida). Komponen lain yang mungkin berada dalam pasir termasuk aluminium, feldspar dan mineral-mineral besi. Pasir dengan konsentrasi silika sangat tinggi disebut sebagai pasir silika (pasir kuarsa) atau biasa disebut juga dengan pasir industri. Pasir silika yang sangat terkenal di Indonesia adalah pasir silika Bangka dan pasir silika Tuban.



Gambar 2.3 Contoh Pasir silika.

Pasir silika adalah jenis pasir yang memiliki banyak manfaat untuk kehidupan manusia. Sebagai contoh pasir silika bisa digunakan untuk bahan baku

kaca, keramik bahkan untuk saringan filter air dan salah satu mineral yang umum ditemukan di kerak kontinen bumi. Mineral ini memiliki struktur kristal heksagonal yang terbuat dari silika trigonal terkristalisasi (silikon dioksida, SiO_2), dengan skala kekerasan Mohs 7 dan densitas $2,65 \text{ g/cm}^3$. Bentuk umum kuarsa adalah prisma segienam yang memiliki ujung piramida segienam.

Pasir silika di Indonesia umumnya berasal dari Bangka yang biasa disebut pasir bangka, dan juga dari daerah Bandar Lampung yang biasa disebut pasir silika Lampung. Selain dari Bangka dan Lampung, Pasir silika atau pasir kuarsa juga ada beberapa dari daerah lain, seperti Tuban atau biasa orang menyebutnya pasir silika Tuban dan di beberapa daerah Kalimantan, dan Sumatra Selatan.

Dalam kegiatan industri, penggunaan pasir silika sudah berkembang meluas, baik langsung sebagai bahan baku utama maupun bahan ikutan. Sebagai bahan baku utama, misalnya digunakan dalam industri gelas kaca, semen, tegel, mosaik keramik, bahan baku fero silikon, silikon carbide bahan abrasit (ampelas dan sand blasting). Sedangkan sebagai bahan ikutan, misal dalam industri cor, industri perminyakan dan pertambangan, bata tahan api (refraktori), dan lain sebagainya.

Pasir Silika selain untuk penyaringan air, pasir silika juga biasa dipergunakan untuk pembikinan gelas, kaca, bahan campuran semen, blasting pipa (sand blasting) dan lainnya.

Pasir silika digunakan untuk menyaring lumpur, tanah dan partikel besar / kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.

Manfaat Atau Kegunaan Pasir Silika Lainnya Adalah Sebagai Berikut Ini:

1. Pasir silika untuk sand blasting, sand blasting adalah teknik membersihkan kerak-kerak / karat di mesin / logam dengan semprotan pasir silika tekanan tinggi, biasanya ukuran mesh 8×30 yang dipakai di sana.
2. Pasir silika untuk cor-coran / konstruksi, ukuran yang dipakai biasanya 14×20.
3. Fungsi pasir silika untuk bahan genteng metal / logam agar meredam suara hujan.
4. Pasir silika sebagai bahan baku semen / mortar / ready mix.
5. Pasir silika sebagai bahan baku pabrik keramik.
6. Riset-riset di kampus seperti ukuran mesh 200 untuk simulasi tsunami.

Melihat kebutuhan yang sangat besar ini ,banyak sekali penjual pasir silika di tanah air, dan sangat menarik kegunaan pasir silika selain sebagai filter air.

2.2 Aspal

Aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperature tertentu dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan. Bersama agregat aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan.

Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, atau 10-15% berdasarkan volume campuran (Silvia Sukirman, 2003).

Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah :

1. Sebagai bahan pengikat antar agregat
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

2.2.1 Jenis-jenis aspal

Berdasarkan asal dan proses pembentukannya aspal diklasifikasikan berdasarkan :

1. Aspal alam, dibedakan menjadi:
 - a. Aspal gunung (*rock asphalt*), contohnya aspal dari Pulau Buton.
 - b. Aspal danau (*lake asphalt*), contohnya aspal dari Bermudez, Trinidad.
2. Aspal buatan, dibedakan menjadi:
 - a. Aspal minyak, merupakan hasil penyulingan minyak bumi.
 - b. Tar, merupakan hasil penyulingan batu bara. Aspal minyak dapat dibedakan lagi menjadi:
 - 1) Aspal keras/panas (*asphalt cement*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperature ruang).
 - 2) Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*), aspal ini digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal dingin adalah campuran pabrik

antara aspal panas dengan bahan pengencer dari hasil penyulingan minyak bumi. Berdasarkan bahan pengencer dan kemudahan menguap, bahan pelarutnya, aspal dingin dibedakan menjadi :

- Jenis RC (*Rapid Curing*) : bahan pengencer bensin dengan RC₀ sampai RC₅)
- Jenis MC (*Medium Curing*) : bahan pengencer minyak tanah (kerosene) dengan MC₀ sampai MC₅.
- Jenis SC (*Slow Curing*) : bahan pengencer solar dengan SC₀ sampai SC₅.

3. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*), Disediakan dalam bentuk emulsi, dapat digunakan dalam keadaan dingin. Dibedakan dua jenis emulsi :

- a. kationik (aspal emulsi asam), emulsi bermuatan arus listrik positif.
- b. Anionik (aspal emulsi alkali), emulsi bermuatan arus listrik negatif.

Berdasarkan bahan emulsifier ditambah air, dibedakan :

- a. Tipe RS (*rapid setting*):RS₁
- b. Tipe MS (*medium setting*):MS₁ sampai MS₃
- c. Tipe SS (*slow setting*): SS₁

4. Aspal Modifikasi polimer

Aspal modifikasi adalah Aspal minyak yang ditambah dengan berapa aditif, dengan maksud untuk meningkatkan kinerjanya. Saat ini terdapat berbagai macam aspal modifikasi yang salah satunya dibuat dengan

campuran polimer (dikenal sebagai aspal polimer; *PMA Polymer Modified Asphalt*; *PMB Polymer Modified Bitumen*). Dengan menggunakan aspal polimer diharapkan kinerja pelayanan perkerasan beraspal yang makin baik.

Salah satu peran utama polimer/elastomer dalam aspal polimer adalah untuk meningkatkan ketahanan aspal terhadap deformasi permanen pada temperatur tinggi tanpa merugikan sifat aspal atau bitumen pada temperatur lainnya. Hal ini dapat dicapai melalui pengurangan regangan permanen. Mekanisme pengurangan regangan diperoleh melalui dua cara, yakni pertama dengan membuat aspal lebih kaku sehingga respon vtotal visko-elstis berkurang, dan kedua dengan meningkatkan komponen elastis bitumen sehingga mengurangi komponen viscos-nya.

2.2.2 Sifat-sifat aspal

Aspal mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Daya tahan (*Durability*)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan, meskipun demikian sifat ini dapat diperkirakan dari pemeriksaan *Thin Film Oven Test* (TFOT).

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi yaitu ikatan antara aspal dan agregat pada campuran aspal beton. Sifat ini dievaluasi dengan menguji sepesimen dengan test stabilitas

Marshall. Kohesi adalah ketahanan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah bahan yang termoplastis, berarti akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak jika temperatur bertambah.

4. Kekerasan aspal

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga dilapisi aspal atau disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Pada proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas. Peristiwa perapuhan terus berlangsung selama masa pelaksanaan. Jadi, selama masa pelayanan, aspal mengalami proses oksidasi yang besar yang dipengaruhi oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan aspal, semakin besar tingkat kerapuhan yang terjadi.

2.2.3 Pemeriksaan Aspal

Sifat-sifat aspal harus selalu diperiksa dan aspal yang memenuhi syarat yang telah ditetapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pengikat perkerasan lentur. Pemeriksaan yang dilakukan untuk aspal keras adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan penetrasi aspal bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pengujian dilaksanakan pada suhu 25°C dan kedalaman penetrasi diukur setelah beban dilepaskan selama 5 detik.

2. Pemeriksaan Titik Lembek (*Softening Point Test*)

Pemeriksaan titik lembek bertujuan untuk mengetahui kepekaan aspal terhadap temperatur. Suhu pada saat aspal mulai menjadi lunak tidaklah sama pada setiap hasil produksi aspal walaupun mempunyai nilai penetrasi yang sama. Titik lembek adalah suhu rata-rata (dengan beda suhu $\leq 1^{\circ}\text{C}$) pada saat bola baja menembus aspal karena leleh dan menyentuh plat dibawahnya (sejarak 1 inch = 25,4mm). Pengujian dilaksanakan dengan alat '*Ring and Ball Apparatus*'. Manfaat dari pengujian titik lembek ini adalah digunakan untuk menentukan temperatur kelelahan dari aspal.

3. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar bertujuan untuk menentukan suhu pada aspal terlihat nyala singkat di permukaan aspal (titik nyala) dan suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 detik. Titik nyala dan bakar perlu diketahui untuk memperkirakan temperatur maksimum pemanasan aspal sehingga aspal tidak terbakar.

4. Pemeriksaan Kehilangan Berat Aspal

Pemeriksaan dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengurangan berat akibat penguapan bahan-bahan yang mudah menguap dalam aspal. Penurunan berat menunjukkan adanya komponen aspal yang menguap yang dapat berakibat aspal mengalami pengerasan yang ekssesif /berlebihan sehingga menjadi getas (rapuh) bila pengurangan berat melebihi syarat maksimalnya. Pengujian ini dilanjutkan dengan

pengujian nilai penetrasi aspal, untuk mengetahui peningkatan kekerasannya (dalam % penetrasi semula).

5. Pemeriksaan Daktilitas Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus, pada suhu 25°C dan kecepatan tarik 5 cm/menit. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengikat butir-butir agregat yang lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur.

6. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu, 25°C. Data berat jenis aspal dipergunakan untuk perhitungan dalam perencanaan dan evaluasi sifat campuran aspal beton (perhitungan SGmix dan porositas).

7. Pemeriksaan Viskositas

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kekentalan (viskositas) aspal keras dengan menggunakan alat *saybolt viscosimeter* dan aspal cair dengan menggunakan alat Engler. Tingkat material bitumen dan suhu yang digunakan sangat tergantung pada kekentalannya. Kekentalan bitumen sangat bervariasi terhadap suhu, dari tingkakan padat, encer sampai tingkat cair. Hubungan antara kekentalan dan suhu sangat penting dalam perencanaan dan penggunaan material bitumen. (Ir Soehartono, 2015).

2.2.4 Lapisan Aspal

2.2.4.1 Aspal Beton

Beton Aspal (Hotmix) adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat, dengan atau tanpa bahan tambahan. Material-material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi, dihamparkan, dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal apa yang akan digunakan (Silvia Sukirman, 2003). Dalam pencampuran aspal harus dipanaskan untuk memperoleh tingkat kecairan (viskositas) yang tinggi agar dapat mendapatkan mutu campuran yang baik dan kemudahan dalam pelaksanaan. Pemilihan jenis aspal yang akan digunakan ditentukan atas dasar iklim, kepadatan lalu lintas dan jenis konstruksi yang akan digunakan. Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton mempunyai beberapa jenis antara lain :

2.2.4.2 Asphalt Treated Base (ATB)

Suatu lapis perata dari agregat yang dimantapkan dengan aspal diberikan untuk memperbaiki dan memperkuat ketidakrataan permukaan perkerasan setempat dan membentuk ulang permukaan yang ada sampai kemiringan melintang dikehendaki.

2.2.4.3 Binder Course (BC)

Binder course adalah lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus. Tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk memikul beban lalu lintas yang dilimpahkan melalui roda kendaraan. (Silvia Sukirman, 2003). BC juga merupakan salah satu dari tiga macam campuran lapis

aspal beton yaitu AC-WC, AC-BC dan AC- Base. Agregat pada *binder course* menjadi salah satu faktor penentu kinerjanya pada lapisan perkerasan mengingat persentase agregat dalam campuran perkerasan dapat mencapai 75-85% dari total volume campuran atau berkisar 90% dari total berat campuran. *Binder course* dengan tebal minimum 5 cm biasanya digunakan sebagai lapis kedua sebelum *wearing course*.

2.2.4.4 Wearing Course (WC)

Wearing Course adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Beton aspal untuk lapisan aus/wearing course (WC), adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan, merupakan lapisan yang kedap air, tahan terhadap cuaca, dan mempunyai kekesatan yang diisyaratkan. (Silvia Sukirman, 2003). *Wearing Course* dengan tebal penggelaran minimum 4 Cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan dengan lalu lintas berat.

2.2.4.5 Hot Rolled Sheet (HRS)

Hot Rolled Sheet adalah beton aspal bergradasi senjang. Karakteristik beton aspal yang terpenting pada campuran ini adalah durabilitas dan fleksibilitas. (Silvia Sukirman, 2003). HRS / Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton) dengan tebal penggelaran minimum 3 s/d 3,5 cm digunakan sebagai lapis permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas sedang. Menurut Silvia Sukirman (2003) Sesuai fungsinya Lataston mempunyai 2 macam campuran yaitu:

- a. Lataston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama HRS-WC (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course*). Tebal nominal minimum HRS-WC adalah 3 cm.
- b. Lataston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama HRS-Base (*Hot Rolled Sheet-Base*). Tebal nominal minimum HRS-Base adalah 3,5 cm.

Tabel 2.1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Lataston (HRS)

Sifat-Sifat Campuran		Lataston			
		Lapis aus		Lapis Pondasi	
		Senjang	Semi Senjang	Senjang	Semi Senjang
Kadar aspal efektif (%)	Min.	5,9	5,9	5,5	5,5
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,7			
Jumlah tumbukan per bidang		75			
Rongga dalam campuran (%)	Min.	4,0			
	Mak.	6,0			
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	18		17	
Rongga terisi aspal (%)	Min.	68			
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800			
Pelelehan (mm)	Min.	3			
Marshall Quotient (kg/mm)	Min.	250			
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min.	90			
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	3			

Sumber: Spesifikasi Umum 2010 Bina Marga, 2014

2.2.4.6 Split Mastic Asphalt (SMA)

Split Mastic Asphalt (SMA) adalah salah satu metode pencampuran aspal panas yang memiliki karakteristik bergradasi terbuka, kandungan aspal yang tinggi dan kandungan agregat kasar antara 70% - 80%. Untuk menstabilkan pencampuran aspal, maka dibutuhkan bahan tambahan yang diharapkan dapat mengisi rongga pada campuran sehingga meningkatkan nilai karakteristiknya.

2.2.4.7 Sand Sheet (SS)

Sand Sheet adalah beton aspal untuk jalan-jalan dengan lalu lintas ringan, khususnya dimana agregat kasar tidak atau sulit diperoleh. Lapisan ini khusus mempunyai ketahanan alur (*rutting*) rendah. Oleh karena itu tidak diperkenankan digunakan untuk daerah berlalu lintas berat atau daerah tanjakan. SS/Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir) menurut Silvia Sukirma (2003) sesuai gradasi agregatnya, dapat dibedakan atas:

- a. Latasir kelas A, dikenal dengan nama SS-A. Tebal nominal minimum SS-A adalah 1,5 cm.
- b. Latasir kelas B, dikenal dengan nama SS-B. Tebal nominal minimum SS-B adalah 2 cm. Gradasi agregat SS-B lebih kasar dari SS-A.

2.2.4.8 High Stiffness Modulus Asphalt (HSMA)

High Stiffness Modulus Asphalt adalah beton aspal yang mempergunakan aspal berpenetrasi rendah yaitu 30/45. Lapisan ini terutama digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas berat. Campuran jenis ini masih jarang digunakan di Indonesia, karena aspal yang diperlukan terpaksa diimport. Berdasarkan gradasinya HSMA dapat dibedakan atas 3 jenis, yaitu HSMA-28; HSMA-20; dan HSMA-14. Gradasi agregat campuran HSMA-28 paling kasar dibandingkan dengan jenis HSMA yang lain. (Silvia Sukirman, 2003).

2.3 Pengujian Marshall

Kinerja beton aspal padat dapat ditentukan melalui pengujian benda uji meliputi :

1. Penentuan berat volume benda uji
2. Pengujian nilai stabilitas adalah kemampuan maksimum beton aspal padat menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis
3. Pengujian kelelahan (*flow*) adalah besarnya perubahan bentuk plastis dari beton aspal padat akibat adanya beban sampai batas keruntuhan.
4. Perhitungan Kuosien Marshall adalah perbandingan antara nilai stabilitas dan *flow*
5. Perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM, VMA, dan FVA)

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991.

Secara garis besar pengujian Marshall meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis bulk dari benda uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan flow, dan perhitungan sifat volumetrik benda uji.

2.3.1 Persiapan Benda Uji

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Jumlah uji yang disiapkan
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pematatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pematatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian Marshall.

Jumlah benda uji yang disiapkan ditentukan dari tujuan dilakukannya uji Marshall tersebut. AASHTO menetapkan minimal 3 buah benda uji untuk setiap kadar aspal yang digunakan. Agregat yang akan digunakan dalam campuran dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105-110°C. Setelah dikeringkan agregat dipisah-pisahkan sesuai fraksi ukurannya dengan mempergunakan saringan. Temperatur pencampuran bahan aspal dengan agregat adalah temperatur pada saat aspal mempunyai viskositas kinematis sebesar 170 ± 20 centistokes, dan temperatur pematatan adalah temperatur pada saat aspal mempunyai nilai viskositas kinematis sebesar 280 ± 30 centistokes.

Prinsip dasar dari metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang

terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang telah didapat dari hasil uji gradasi, sesuai spesifikasi campuran. Pengujian Marshall untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Dari hasil gambar hubungan antara kadar aspal dan parameter Marshall, maka akan diketahui kadar aspal optimumnya.

2.3.2 Penentuan Berat Jenis *Bulk* dari Benda uji

Penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji beton aspal padat dilakukan segera setelah benda uji dingin dan mencapai suhu ruang. Berat jenis *bulk* ditentukan sesuai AASHTO T166-88.

2.3.3 Perhitungan Parameter Marshall

2.3.3.1 Voids in Mix (VIM)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. *Voids in mix* menurun secara konsisten dengan bertambahnya kadar aspal. Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{VIM} = 1 - \frac{100 \times \text{berat volume b.u}}{\text{BJ maksimum teoritis}} \dots\dots\dots(2.10)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$\text{BJ} = \frac{100}{\frac{\%agr}{\text{BJ.agr}} + \frac{\%aspal}{\text{BJ.aspal}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

VIM = rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

BJ.teoritis = berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan
(gr/cc)

2.3.3.2 Voids in Material Agregates (VMA)

Rongga antar mineral agregat (VMA) adalah ruang rongga diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). *Voids in material aggregates* umumnya menurun sampai pada batas tertentu, kemudian naik dengan bertambahnya kadar aspal.

VMA dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{aspal}) \times \text{berat volume b.u}}{Bj. \text{agregat}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

VMA = rongga udara pada mineral agregat (%)

% aspal = kadar aspal terhadap campuran (%)

BJ.agregat = berat jenis efektif

2.3.3.3 Voids Filled with Asphalt (VFA)

Rongga terisi aspal atau *Volume of voids Filled with Asphalt* (VFWA) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat *Voids filled with asphalt* secara konsisten bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Rumus adalah sebagai berikut:

$$VFA = 100 \times \frac{(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan :

VFA = rongga udara terisi aspal (%)

VMA = rongga udara pada mineral agregat (%)

VIM = rongga udara pada campuran setelah pemadatan (%)

2.3.3.4 Stability

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg. Pengukuran stabilitas dengan uji Marshall diperlukan untuk mengetahui kekuatan tekan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan, dengan nilai stabilitas yang cukup tinggi diharapkan perkerasan dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadi kehancuran geser.

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing masing yang ditunjukkan oleh jarum arloji. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada arloji perlu dikonversi terhadap alat Marshall. Hasil pembacaan di arloji stabilitas harus dikalikan dengan nilai kalibrasi *proving ring* yang digunakan pada alat Marshall. Pada penelitian ini, alat Marshall yang digunakan mempunyai nilai kalibrasi *proving ring* sebesar 15,9. Selanjutnya, nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan benda uji.

Tabel 2.2 Koreksi Tinggi

Tebal (mm)	Correlation Ratio	Tebal (mm)	Correlation Ratio
25.4	5.56	52.4	1.39
27	5	54	1.32
28.6	4.55	55.6	1.25
30.2	4.17	57.2	1.19

Tebal (mm)	Correlation Ratio	Tebal (mm)	Correlation Ratio
31.8	3.85	58.7	1.14
33.3	3.57	60.3	1.09
34.9	3.33	61.9	1.04
35.5	3.03	63.5	1
38.1	2.78	65.1	0.96
39.7	2.5	66.7	0.93
41.3	2.27	68.3	0.89
42.9	2.08	69.9	0.86
44.4	1.92	71.4	0.83
46	1.79	73	0.81
47.6	1.67	74.6	0.78
49.2	1.56	76.2	0.76
50.8	1.47		

Sumber: *Asphalt Mix Design Method-Asphalt Institute MS-2 7th Edition*

Stabilitas naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian turun.

2.3.3.5 Flow

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow* pada alat Marshall. Untuk arloji pembacaan *flow*, nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu dikonversi lebih lanjut.

Flow secara konsisten terus naik dengan bertambahnya kadar aspal.



Gambar 2.4 Alat Uji Marshal.

2.3.3.6 Marshall Quotient

Marshall *Quotient* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots(2.14)$$

Dengan :

MQ = Marshall *quotient* (kg/mm)

MS = Marshall *stability* (kg)

MF = *flow* marshall (mm)

Marshall quotient bertambah dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian menurun.

Kadar aspal optimum ditentukan dengan merata-ratakan kadar aspal yang memberikan nilai stabilitas maksimum, kepadatan maksimum dan kadar aspal pada VIM yang disyaratkan. Hasil ini kemudian di cek apakah pada nilai rata-rata ini persyaratan campuran beraspal lainnya seperti VMA, VFB dan *Flow* campuran telah memenuhi spesifikasi.

Pemeriksaan propertis aspal sebagai bahan pengikat campuran aspal sangatlah penting. Aspal yang digunakan haruslah memenuhi syarat seperti yang ditentukan dalam spesifikasi. Untuk daerah yang beriklim tropis sebenarnya lebih cocok bila menggunakan campuran aspal emulsi dingin (CAED), karena dengan terik matahari akan sangat membantu penguapan air yang dikandung dalam CAED. Tetapi karena penggunaan CAED di Indonesia umumnya tidak populer dan tidak didukung oleh instalasi *Asphalt Mixing Plant* (AMP) yang dimiliki oleh para perusahaan jasa konstruksi (PJK), maka penggunaan CAED hanya sebatas pada pemeliharaan jalan yang bersifat setempat-setempat, menutupi jalan berlubang.

Tabel 2.3 Spesifikasi Propertis Aspal Penetrasi 60/70

No	Jenis Pemeriksaan	Cara Pemeriksaan	Persyaratan penetrasi 60/70	
			Min	Max
1	Penetrasi	SNI 06-2456-1991	60 0.1 mm	79 0.1 mm
2	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48 °C	58 °C
3	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	200 °C	-
4	Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991	-	0.80 % berat
5	Daktilitas	SNI 06-2432-1991	100 Cm	-
6	Berat Jenis	SNI 06-2488-1991	1 Gr/cc	-

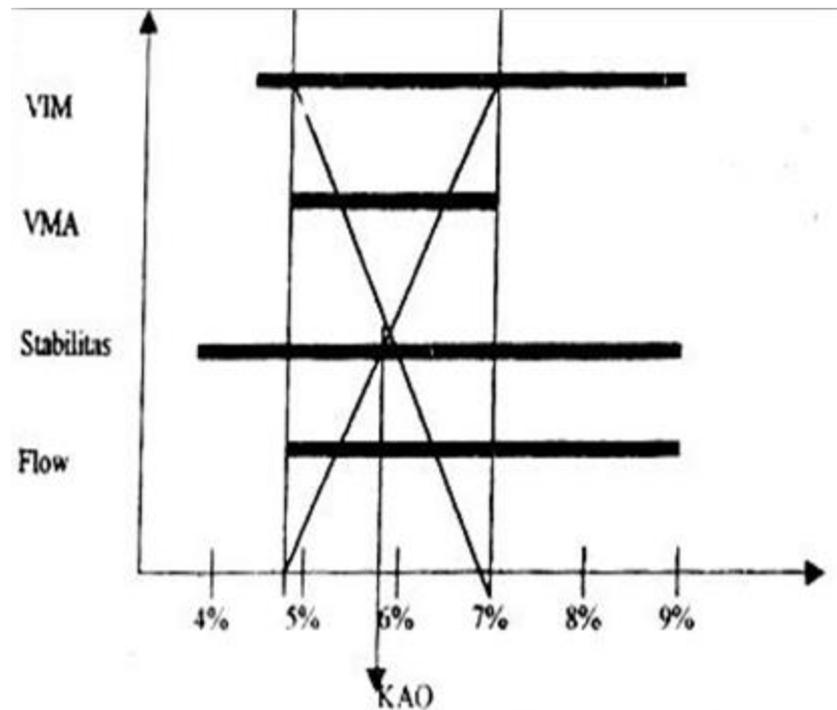
Sumber: Laboratorium Rekayasa Jalan dan Lalu Lintas FTSL ITB, 2018.

2.3.3.7 Kadar Aspal Optimum

Kadar aspal pada suatu campuran AC mempengaruhi nilai Specific Gravity (SG), Void in Mix (VIM), Voids in Material Agregates (VMA), Voids Filled with Asphalt (VFA), Stability, Flow, dan Marshall Qoutient.

Kualitas dan kuantitas aspal dalam campuran sangat berpengaruh terhadap kinerja campuran lapis perkerasan dalam menerima beban lalu lintas. Kadar aspal yang rendah dalam suatu campuran akan mengakibatkan lapis perkerasan mengalami retak-retak. Demikian juga kadar aspal yang berlebihan membuat lapis perkerasan mengalami *bleeding*. Oleh sebab itu, kadar aspal yang diperlukan dalam suatu campuran lapis perkerasan adalah kadar aspal optimum, yaitu suatu kadar aspal yang memberikan stabilitas tertinggi pada lapis perkerasan, dimana persyaratan yang lainnya juga dipenuhi, seperti nilai VIM, *flow* dan sebagainya, hingga pada akhirnya memberi umur pelayanan jalan yang lebih lama. Kadar aspal yang terpakai dalam campuran yang kemudian dihampar di lapangan adalah kadar aspal optimum. Kadar aspal optimum menjadi persyaratan mutlak dalam setiap campuran lapis perkerasan beraspal. Besaran kadar aspal optimum berbeda-beda, tergantung dari propertis aspal, agregat, gradasi agregat dan jenis campuran itu sendiri. Lapis perkerasan yang di atas selalu lebih besar kadar aspalnya. Lapisan atas yang kedap air seperti AC-WC memiliki kadar aspal yang paling tinggi daripada lapis perkerasan di bawahnya. Hal ini disebabkan, karena aspal mampu mengisi rongga-rongga dalam campuran. Pengisian rongga-rongga ini dengan sendirinya akan memperkecil volume rongga, sehingga air tidak bisa masuk meresap ke lapisan aspal di bawahnya. Dengan kemiringan melintang badan jalan 2 – 4% air hujan akan mengalir keluar badan jalan.

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum, data marshall yang telah memenuhi spesifikasi kemudian di rata-ratakan dan hasilnya merupakan nilai dari kadar aspal optimum.



Gambar 2.5 Contoh cara mendapatkan KAO.

2.4 Marshall Rendaman

Marshall rendaman dilakukan setelah diketahui kadar aspal optimumnya, kemudian membuat 6 briket untuk dilakukan uji Marshall rendaman. 3 briket direndam dalam *water bath* selama 30 menit, sedangkan 3 briket selanjutnya direndam dalam *water bath* selama 24 jam masing-masing pada suhu 60° C. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui keawetan dan kerusakan yang diakibatkan oleh air.



Gambar 2.6 *Water bath*