

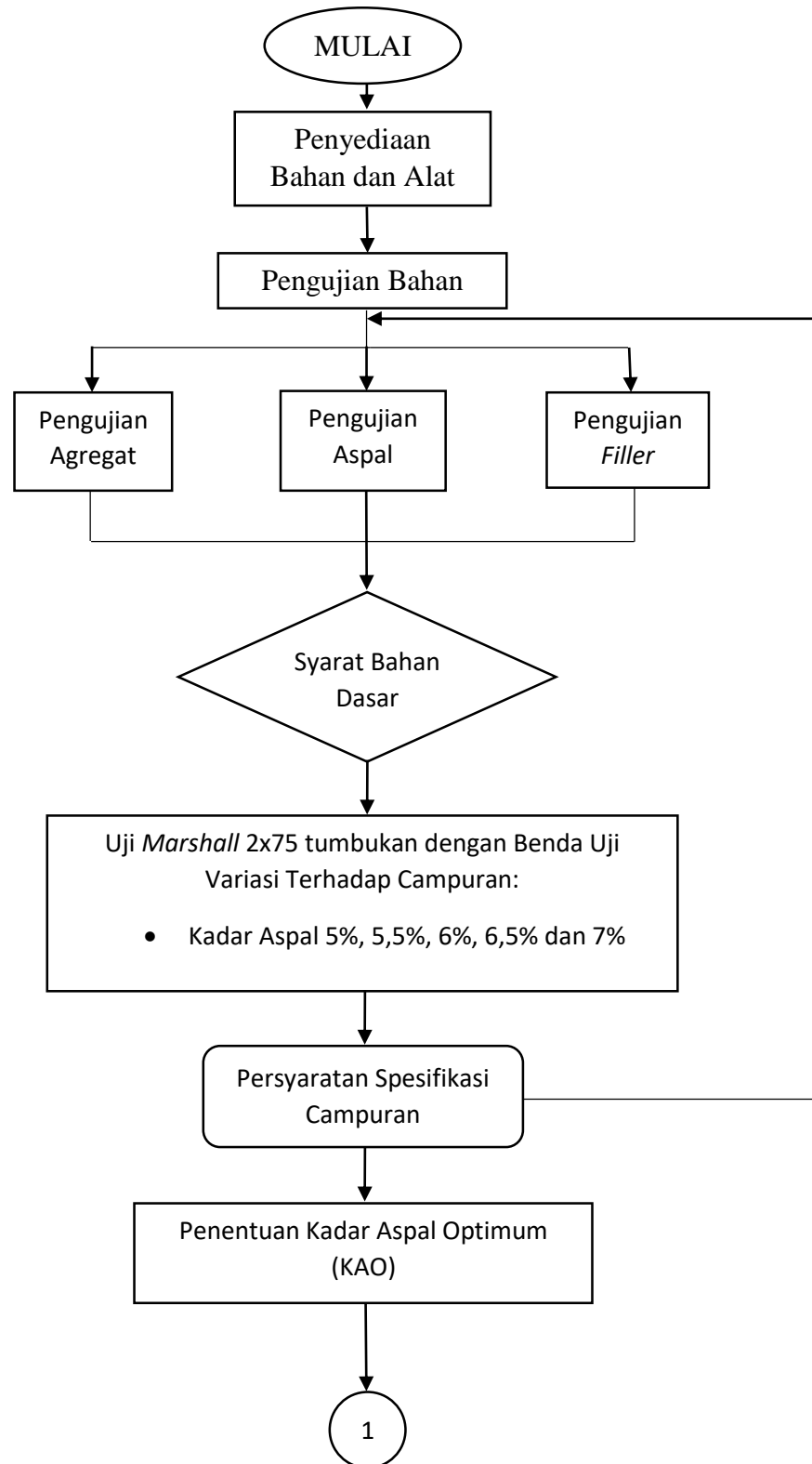
BAB III

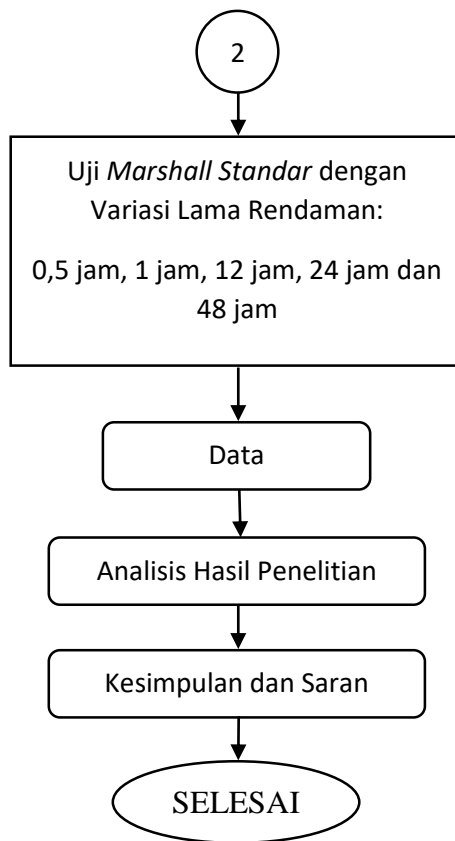
METODE PENELITIAN

3.1 Umum

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Institut Teknologi Bandung (ITB) dengan dasar menggunakan sistem pencampuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC). Dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan *filler*), aspal dan pengujian terhadap campuran *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC). Pengujian terhadap agregat termasuk pemeriksaan berat jenis, kelekatan terhadap aspal, indeks kepipihan dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala dan titik bakar, titik lembek, kehilangan berat, kelarutan (CCI4) dan berat jenis. Sedangkan pada pengujian campuran dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall test*, dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa karakteristik *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, rongga dalam campuran (VIM), rongga terisi aspal (VFA), rongga dalam agregat (VMA) dan kemudian dapat dihitung *Marshall Quotient*-nya. Pengujian terakhir adalah berupa uji rendaman *Marshall* atau *Immersion test*. Setelah semua pengujian mendapatkan hasil, selanjutnya akan dianalisa pada bab 4.

Beberapa hal yang harus dipersiapkan untuk memproses perencanaan penelitian campuran AC-WC terdapat pada gambar 3.1.





Gambar 3.1 Metode Penelitian

3.2 Material

Seperti yang telah dipaparkan pada bab sebelumnya, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

3.2.1 Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah produksi dari AMP PT. Kadi International, Karawang, Jawa Barat.

3.2.2 Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal dengan keras penetrasi 60/70.

3.2.3 Air

Air yang digunakan pada penelitian ini adalah air pam yang diasumsikan sebagai air hujan untuk perendaman.

3.3 Peralatan Penelitian

Agar penelitian di Laboratorium dapat terlaksanakan dengan baik, peralatan yang digunakan untuk uji *Marshall* adalah sebagai berikut:

- Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 3000kg (5000lb) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flowmeter*.
- Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) untuk *Marshall* standar.
- Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm, berat 4,5 kg (10lb) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch).
- Ejektor untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
- Bak perendam yang dilengkapi pengatur suhu.
- Alat-alat penunjang yang meliputi panci penyampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, spatula, timbangan dan tip-ex/ cat minyak yang digunakan untuk menandai benda uji.

3.4 Tahapan Pelaksanaan

Agar semua yang telah direncanakan sebelumnya dapat terlaksanakan dengan baik, terwujud dan terealisasikan, perlu adanya tahapan pelaksanaan yang terencana dengan baik.

Tahapan pelaksanaan penelitian yang akan dilaksanakan sebagai berikut :

1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam penelitian ini meliputi:

- Menyiapkan bahan
- Menyiapkan peralatan
- Menyiapkan form-form pengujian dan mengolah hasil dari pengujian

2. Tahap Pemeriksaan Bahan

a. Pemeriksaan agregat yang dilakukan meliputi:

- Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar dan halus
- Pemeriksaan analisa saringan agregat kasar dan halus
- Pemeriksaan *sand equivalent*
- Pemeriksaan keausan dengan mesin Los Angeles (abration test)
- Pemeriksaan kelapukan

b. Pemeriksaan aspal yang dilakukan meliputi:

- Pemeriksaan berat jenis aspal
- Pemeriksaan penetrasi
- Pemeriksaan titik lembek
- Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar
- Pemeriksaan daktilitas

3. Tahap Perancangan Campuran (*Mix Design*)

Pada tahap ini dilakukan perencanaan campuran (*mix design*) dan pembuatan benda uji dengan kadar aspal 5%, 5.5%, 6%, 6.5%, 7% terhadap total berat agregat dan juga dilakukan rekayasa *blending* agregat.

4. Tahap Pengujian *Marshall* untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO)

Pada tahap ini, benda uji dengan variasi kadar aspal yang sudah direncanakan dilakukan pengujian *Marshall* sehingga didapatkan data

stabilitas dan *flow* yang sebelumnya telah ditimbang berat kering, berat SSD dan berat sampel dalam air.

5. Tahap Pembuatan dan Perendaman Benda Uji pada KAO Untuk Analisa Pengaruh Rendaman Terhadap Durabilitas dan *Properties Marshall*
Setelah diperoleh nilai KAO, maka selanjutnya dilakukan pembuatan benda uji dengan durasi rendaman selama 0,5 jam, 1 jam, 12 jam, 24 jam dan 48 jam. Kemudian dilakukan pengujian dan analisa *Marshall* serta analisa volumetrik
6. Tahap Pengujian Benda Uji pada KAO Untuk Analisa Pengaruh Rendaman Terhadap Durabilitas dan *Properties Marshall*
 - a. Pengujian perendaman Marshall standar
Pengujian perendaman *Marshall* standar merupakan pengujian perendaman benda uji selama 0,5 jam dan 24 jam pada wadah berisi air dengan suhu 25°C.
 - b. Pengujian perendaman Marshall modifikasi
Pengujian ini dilakukan setelah didapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO), pada pengujian perendaman *Marshall* modifikasi ditetapkan siklus perendaman 1 jam, 12 jam dan 48 jam.
7. Tahap Penyempurnaan/Kesimpulan
Semua data pemeriksaan agregat, aspal dan campuran aspal beton diinventarisir dan dianalisis, selanjutnya didapat berbagai kesimpulan dan saran dari seluruh rangkaian pengujian yang telah dilakukan.

3.4.1 Penyiapan Bahan dan Alat

Sebelum melakukan penelitian, diperlukan beberapa persiapan pengujian mulai dari penyediaan bahan uji dan alat uji yang nantinya akan dipakai untuk penelitian.

3.4.1.1 Penyiapan bahan

Penyiapan bahan yang dimaksudkan adalah penyediaan bahan-bahan campuran yang akan dipakai pada benda uji atau campuran perkerasan jalan mulai dari agregat sampai dengan bahan pengikat agregat.

a. Agregat kasar

Untuk penyediaan agregat kasar dilakukan dengan pengambilan ke tempat penyedia material konstruksi, pada penelitian ini agregat kasar diambil dari AMP PT. Kadi International, Karawang, Jawa Barat.

b. Agregat halus yang akan digunakan pada penelitian ini adalah pasir yang didapatkan dari alam yang diambil dari AMP PT. Kadi International, Karawang, Jawa Barat.

c. Aspal / Bahan bitumen

Untuk penyediaan aspal atau bahan bitumen dibutuhkan aspal penetrasi 60/70 mengingat di Indonesia terdapat tiga kelas penetrasi aspal dan dikarenakan aspal penetrasi 60/70 merupakan jenis aspal yang sering digunakan di Indonesia, maka pada penelitian ini menggunakan aspal jenis tersebut sebagai bahan penelitian..

d. *Filler* / Bahan pengisi

Dalam penelitian ini digunakan *filler* lolos saringan N0. 200 (PAN) agregat halus yang digunakan dalam campuran.

3.4.1.2 Penyiapan alat

Setelah bahan terkumpul, maka diperlukan pula penyediaan alat-alat untuk dipakai sebagai pengujian, adapun alat-alat yang dibutuhkan dalam pengujian ini merupakan alat pengujian *Marshall* dan alat pembuatan benda uji.

a. Alat pembuatan benda uji

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji atau *mix design*, diantaranya:

1. Cetakan

Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi yang telah ditentukan sesuai syarat yang ada.



Gambar 3 2 Cetakan Benda Uji

(Sumber : Google "Cetakan Benda Uji Marshall")

2. Wadah campuran

Wadah campuran diperlukan sebagai tempat untuk mengaduk agregat dan bitumen.

3. Penumbuk

Alat penumbuk berfungsi untuk memadatkan *mix design* dengan yang sudah dimasukkan ke dalam cetakan. Tumbukan yang dilakukan sebanyak 75 kali untuk lalu lintas berat, 50 kali tumbukan untuk lalu lintas sedang dan 30 kali untuk lalu lintas ringan.

4. Ekstruder

Ekstruder berfungsi untuk mengeluarkan benda uji dari dalam cetakan setelah dilakukan proses pemadatan dengan cara penumbukan.

b. Alat uji gradasi agregat

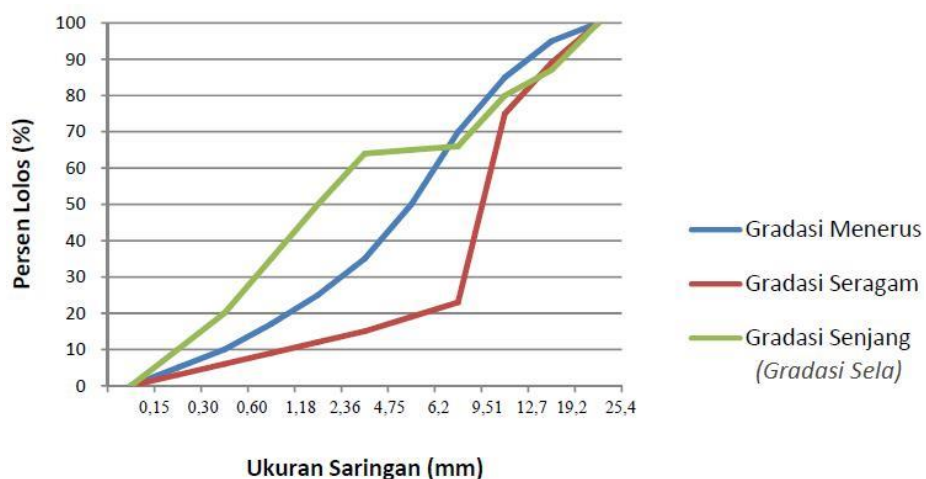
Hal pertama yang harus dilakukan sebelum melakukan pengujian terhadap bahan-bahan yang akan digunakan dalam campuran khususnya pada agregat kasar maupun agregat halus perlu dilakukan penyaringan terlebih dahulu menggunakan ayakan, agar butir agregat terpisah sesuai dengan jenis dan ukurannya.



Gambar 3 3 Ayakan Agregat

(Sumber: Google "Saringan Agregat")

Setelah melakukan pengayakan maka akan di dapati pengelompokan agregat sesuai dengan gradasi agregat masing-masing.



Gambar 3 4 Contoh Jenis Gradasi Agregat

(Sumber: Google "Contoh Grafik Gradasi Agregat")

Tabel 3 1 Contoh Gradasi Agregat Yang Digunakan

Ukuran Saringan		Agregat yang digunakan berdasarkan kurva gradasi	
No.	Bukaan (mm)	% Lolos	% Tertahan
3/4	9	100	0
1/2	12,5	95	5
3/8	9,5	60	35
No. 4	4,75	40	20
No. 8	2,36	25	15
No. 16	1,18	22	3
No. 30	0,6	18	4
No. 40	0,4	17	1
No. 50	0,3	15	2
No. 100	0,15	13	2
No. 200	0,075	10	3
Filler	-	-	10

(Sumber: Sukirman, 2003)

- c. Alat uji agregat kasar dan agregat halus
1. Alat uji berat jenis dan penyerapan agregat
 - Keranjang kawat ukuran 3,35 mm atau 2,36 mm dengan kapasitas 5 kg.
 - Oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - Wadah perendam benda uji.
 - Saringan No. 4 (4,75 mm).
 - Timbangan digital
 - Piknometer ukuran 500 ml.
 2. Alat uji keausan agregat (Abrasi)
 - Mesin Los Angeles
 - Saringan No. 12 (1,70 mm)
 - Bola-bola baja diameter rata-rata 4,68 cm dengan berat 400 gram.
 - Timbangan digital dengan ketelitian 0,1.
 - Oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - Wadah
 3. Alat uji kelekatan agregat terhadap aspal
 - Wadah untuk mengaduk berkapasitas 500 ml.
 - Timbangan dengan kapasitas 2000 gram dengan ketelitian 0,001 gram.

- Spatula dengan lebar 25 mm dan panjang 100 mm.
 - Oven yang dilengkapi pengatur suhu untuk memanasi sampai $150 \pm 1^\circ\text{C}$.
 - Saringan $\frac{1}{4}$ " (6,3 mm) dan $\frac{3}{8}$ " (9,5 mm).
 - Gelas ukur 1000 ml.
 - Kualiti.
 - Kompor
4. Alat uji *sand equivalent*
- Alat pemeriksaan *sand equivalent* berupa silinder ukur dari plastik, tutup karet, tabung irrigator, kaki pemberat dan *sifon*.
 - Kaleng dengan diameter 57 mm dan isi 85 ml.
 - Corong dengan mulut yang luas.
 - *Stopwatch*
 - Pengguncang mekanis.
 - Larutan CaCl_2 , *glyserin* dan *formaldehyde*.
- d. Alat uji bitumen
1. Alat uji berat jenis bitumen
 - Termometer
 - Bak perendam
 - Piknometer dengan kapasitas 30 ml
 - Air suling sebanyak 1000 cm^3
 - Bejana gelas kapasitas 1000 ml
 - Timbangan dengan kapasitas 200 gram dengan ketelitian 0,002 gram
 2. Alat uji titik lembek aspal
 - 2 cincin yang terbuat dari kuningan ukuran 75 mm
 - Bola baja berdiameter 9,5 mm dengan berat 3,5 gram
 - Gelas kimia tahan panas dengan diameter 85 mm tinggi 120 mm
 - Dudukan benda uji
 - Termometer
 3. Alat uji titik nyala dan titik bakar
 - Cawan kuning
 - Termometer
 - kompor

4. Alat uji daktilitas
 - Cetakan benda uji daktilitas terbuat dari kuningan
 - Bak perendam dengan suhu air 25°C
 - Mesin penguji daktilitas
 - Termometer
 5. Alat uji viskositas
 - *Saybolt viscometer*
 - Penyumbat lubang tabung *viscometer*
 - Termometer
 - Penahan termometer
 - Labu penampung
 - *Stopwatch*
 6. Alat uji penetrasi
 - Alat penetrasi
 - Mesin penekan (5 detik tekanan dengan berat tekan 50 gram)
 - Bak perendam dengan suhu air 25°C
 - Cawan sebagai penyimpanan bitumen
- e. Alat uji *Marshall*

Berikut alat-alat yang digunakan dalam pengujian *Marshall*

1. Alat uji *Marshall* ini digunakan untuk memberikan pembebanan terhadap benda uji sampai mencapai titik pembebanan maksimum.



Gambar 3 5 Alat Uji Marshall

(Sumber: Google "Alat Uji Marshall")

2. Timbangan digital

Timbangan digital pada penelitian ini digunakan untuk mendapatkan berat benda uji kering.



Gambar 3 6 Timbangan Digital

(Sumber: Google “Timbangan Digital”)

3. Bak perendam

Bak perendam *Marshall* ini digunakan untuk merendam benda uji selama dua jam dengan suhu tetap.

3.4.2 Pemeriksaan Bahan

Setelah semua alat dan bahan yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya dilakukan pelaksanaan pengujian menggunakan alat dan bahan yang telah tersedia. Berikut prosedur pengujian bahan sesuai dengan SNI yang berlaku.

3.4.2.1 Pengujian Sifat Agregat

a. Pengujian agregat kasar

Dalam proses pengujian agregat kasar, ada beberapa pengujian yang harus dilakukan untuk mengetahui bahan yang digunakan apakah telah sesuai dan memenuhi syarat. Adapun pengujian agregatnya meliputi:

a) Abrasi (ASTM C 131-01/AASHTO T 96-05 (2015))

Pengujian ini berdasarkan ASTM C 131-01/AASHTO T 96-05 (2015)

1. Siapkan agregat kasar dengan berat tertentu (agregat yang tertahan saringan No. 4)

2. Cuci benda uji
3. Benda uji dikeringkan hingga berat tetap (menggunakan oven)
4. Pisahkan agregat sesuai fraksi (timbangan/fraksi sesuai dengan tabel fraksi lalu gabungkan)
5. Uji abrasi
6. Keluarkan benda uji
7. Saring benda uji menggunakan saringan No. 12
8. Timbang benda uji yang tertahan pada saringan No. 12 (B)

Setelah mendapatkan data dari hasil uji abrasi maka perlu dilakukan pengolahan data. Berikut rumus yang digunakan untuk menghitung nilai abrasi atau keausan dari suatu agregat setelah dilakukannya pengujian menggunakan mesin Los Angeles adalah sebagai berikut:

$$\text{Nilai keausan Los Angeles} = \frac{A - B}{A} \times 100\% \quad \text{..... (III. 1)}$$

Keterangan :

A : Berat sampel semula (gram)

B : Berat sampel yang tertahan atau lebih besar dari 1,7 mm (gram)

b) Kelekatan Agregat (SNI 03-2439-1991)

1. Masukkan 100 gram benda uji kedalam wadah
2. Masukkan aspal ke dalam wadah dan campur aspal dengan agregat
3. Setelah agregat tertutupi aspal, angkat dan diamkan hingga dingin
4. Isi wadah berisi agregat dengan air suling lalu diamkan selama 24 jam.

Pada pengujian kelekatan agregat tidak menggunakan perhitungan, namun menggunakan analisa visual dari agregat yang terselimuti dan dinyatakan dengan >95% dan <95%.

c) Berat Jenis (SNI 1969:2016, ASTM C 127-15 & AASHTO T 85-14)

Pengujian ini berdasarkan SNI 1969:2016, ASTM C 127-15 & AASHTO T 85-14

1. Siapkan agregat kasar dengan berat tertentu (agregat yang tertahan saringan No. 4)
2. Cuci benda uji
3. Benda uji dikeringkan hingga berat tetap (dikeringkan dalam oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$)
4. Timbang benda uji (benda uji ditimbang setelah didinginkan selama 1-3 jam)
5. Rendam benda uji selama 24 jam
6. Timbang benda uji dalam air menggunakan bak air
7. SSD

Setelah melakukan pengujian, selanjutnya melakukan pengolahan data dari hasil pengujian menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- Berat Jenis (*Bulk spesific gravity*)

$$G_{sb} = \frac{Bk}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots \text{(III. 2)}$$

- Berat Jenis Apparent (*Apparent spesific gravity*)

$$G_{sa} = \frac{Bk}{(Bk - Ba)} \dots\dots\dots \text{(III. 3)}$$

- Berat Jenis Kering Permukaan (*Saturated surface dry spesific gravity*)

$$G_{ssd} = \frac{Bj}{(Bj - Ba)} \dots\dots\dots \text{(III. 4)}$$

- Penyerapan (*Absortion*)

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{Bj - Bk}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(III. 5)}$$

Keterangan :

Bk : Berat agregat dalam keadaan kering (gram)

Bj : Berat agregat dalam keadaan jenuh air kering permukaan
(gram)

Ba : Berat agregat dalam keadaan jenuh air (gram)

d) Penyerapan (SNI 1969:2016, ASTM C 127-15 & AASHTO T 85-14)

b. Pengujian agregat halus

Dalam proses pengujian agregat halus terdapat dua pengujian yaitu berat jenis dan *sand equivalent*. Pada pengujian berat agregat halus sama dengan pengujian agregat kasar. Perbedaannya terdapat pada prosedur pelaksanaan pengujiannya, berikut prosedur pengujian berat jenis pada agregat halus:

a) Berat Jenis (SNI 1970-2008, ASTM C 128-15 & AASHTO T 84-13)

Pengujian ini berdasarkan SNI 1970-2008, ASTM C 128-15 & AASHTO T 84-13

1. Siapkan agregat kasar dengan berat tertentu (menggunakan agregat lolos saringan No. 4)
2. Benda uji dikeringkan hingga berat tetap menggunakan oven dengan suhu $110 \pm 5^\circ\text{C}$
3. Rendam benda uji selama 24 jam
4. Buang air perendaman
5. Keringkan hingga kondisi SSD lalu masukan ke dalam cone dan tumbuk sebanyak 26 kali
6. Timbang benda uji kondisi (Bk)
7. Masukan benda uji dan air ke piknometer
8. Rendam piknometer
9. Tambahkan air dalam piknometer (Bt)

Setelah melakukan pengujian, selanjutnya melakukan pengolahan data dari hasil pengujian menggunakan perhitungan sebagai berikut:

- Berat Jenis (*Bulk spesific gravity*)

$$G_{sb} = \frac{Bk}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots \text{(III. 6)}$$

- Berat Jenis Apparent (*Apparent specific gravity*)

$$G_{sa} = \frac{Bk}{(B + Bk - Bt)} \dots\dots\dots \text{(III. 7)}$$

- Berat Jenis Permukaan (*Saturated surface dry specific gravity*)

$$G_{ssd} = \frac{500}{(B + 500 - Bt)} \dots\dots\dots \text{(III. 8)}$$

- Penyerapan (*Absortion*)

$$\text{Penyerapan (\%)} = \frac{(500 - Bk)}{Bk} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(III. 9)}$$

Keterangan :

Bk : Berat agregat dalam keadaan kering (gram)

B : Berat piknometer berisi penuh air (gram)

Bt : Berat piknometer dengan agregat dan penuh air (gram)

- b) Penyerapan (SNI 1970-2008, ASTM C 128-15 & AASHTO T 84-13)

Pada pengujian ini, tahap pelaksanaan dan perhitungan yang digunakan sama dengan berat jenis, berdasarkan SNI 1970-2008, ASTM C 128-15 & AASHTO T 84-13.

- c) *Sand Equivalent* (SNI 03-4428-1997 / AASHTO T 176)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau beban yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus. Keberadaan lumpur dapat mengakibatkan kembang susut yang besar dan mempengaruhi lekatan tanah agregat. Berikut tahapan prosedur dalam proses pengujian *sand equivalent*:

1. Pembuatan benda uji

Pasir disaring dengan saringan No. 4 dan butir-butir halus yang menggumpal dihancurkan hingga lolos saringan No. 4, pasir-pasir diperoleh dengan pemisah, masukan contoh kedalam kaleng sehingga penuh dan ratakan. Selama pengisian ketuk-ketuk alas dari kaleng agar

terjadi konsolidasi. Benda uji bisa disiapkan dalam keadaan kering di udara atau keadaan aslinya (tanpa oven).

2. Cara Pemeriksaan

- 1) 454 gram CaCl_2 dicampur dengan 0,5 galon *aquades* yang mendidih kemudian dinginkan
- 2) Saring dengan saringan WATTMAN No. 12, tambahkan *glyserin* dan *formaldehyde* pada larutan yang disaring
- 3) Encerkan 85 ml larutan (baru) menjadi satu galon dengan menambahkan *aquades*
- 4) Masukkan pasir (± 70 cc) diamkan selama 10 + 1 menit, lalu kocok secara mendatar sebanyak 90 kali, tambahkan larutan sampai skala 15.
- 5) Diamkan selama 15-20 menit
- 6) Masukkan beban kemudian baca skalanya

3. Perhitungan yang digunakan

$$\text{sand equivalent} = \frac{\text{sand reading}}{\text{sand reading}} \times 100\% \quad \text{..... (III. 10)}$$

c. Pengujian *Filler*

Pengujian ini hampir sama dengan prosedur pengujian agregat halus, perbedaannya berada pada pengeringan agregat pada *filler* tidak diperlukan. Berikut perhitungan yang digunakan untuk menghitung *filler*:

$$B_j \text{ Filler} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)} \quad \text{..... (III. 11)}$$

Keterangan :

- A : berat piknometer kosong
- B : Berat piknometer + air
- C : Berat piknometer + agregat
- D : Berat piknometer + agregat + air

3.4.2.2 Pengujian Sifat Aspal

Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal keras penetrasi 40/50. Pemeriksaan aspal meliputi:

- a. Pemeriksaan penetrasi aspal sesuai SNI 06-2456-1991, yaitu:
 - 1) Meletakkan benda uji dalam tempat air bak perendam pada suhu 25°C selama 1-1,5 jam.
 - 2) Memasang jarum penetrasi pada pemegang jarum yang telah dibersihkan dengan toluena dan mengeringkan dengan lap bersih.
 - 3) Meletakkan pemberat 50 gr diatas jarum untuk memperoleh beban sebesar $(100 \pm 0,1)$ gr.
 - 4) Memindahkan benda uji dari bak perendam ke bawah alat penetrasi.
 - 5) Menyetel alat agar skala menunjukkan pada angka nol, kemudian menurunkan jarum perlahan-lahan hingga menyentuh pada permukaan benda uji.
 - 6) Menekan pemegang jarum bersamaan dengan menjalankan *stop watch* selama $(5 \pm 0,1)$ detik.
 - 7) Membaca angka penetrasi dari benda uji dan menyiapkan percobaan pada sampel yang sama tetapi pada tempat penetrasi yang berbeda.
 - 8) Melakukan percobaan sebanyak 5 kali pada tiap sampel uji dengan ketentuan tiap titik pemeriksaan, tempat satu sama lain berjarak 1 cm dari tepi.
- b. Pemeriksaan titik lembek aspal sesuai SNI 06-2434-1991, yaitu:
 - 1) Memeriksa dan mengatur jarak antara permukaan plat dasar dengan dasar benda uji sehingga menjadi 25,4 mm.
 - 2) Mengisi bejana dengan air suling baru dengan temperatur $(5 \pm 1)^\circ\text{C}$, sehingga tinggi permukaan air berkisar 101,6 mm sampai 108 mm.
 - 3) Memasang dan mengatur kedua benda uji di atas dudukan dan meletakkan pengarah bola diatasnya, memasukkan seluruh peralatan ke dalam bejana gelas.
 - 4) Meletakkan bola-bola baja diatas dan ditengah permukaan masing-masing benda uji menggunakan penjepit dan memasang kembali pengarah bola.
 - 5) Meletakkan termometer diantara kedua benda uji.

- 6) Memanaskan bejana sehingga temperatur naik 5°C / menit, untuk 3 menit pertama beda kecepatan tidak boleh lebih dari $0,5^{\circ}\text{C}$ sampai bola baja jatuh diatas permukaan plat.
 - 7) Mencatat temperatur saat bola jatuh menyentuh plat dasar.
- c. Pemeriksaan titik nyala dan titik bakar aspal sesuai SNI 06-2433-1991, yaitu:
- 1) Meletakkan cawan diatas plat pemanas dan mengatur sumber pemanas sehingga terletak dibawah titik tengah cawan.
 - 2) Meletakkan nyala penguji dengan poros pada jarak 7,5 cm dari titik tengah cawan.
 - 3) Menempatkan termometer tegak lurus didalam benda uji dengan jarak 6,4 mm diatas dasar cawan dan terletak pada suatu garis yang menghubungkan titik tengah cawan dan titik poros tengah penguji. Kemudian mengatur termometer sehingga termometer terletak pada jarak $\frac{1}{4}$ diameter cawan dari tepi.
 - 4) Menempatkan penahan angin didepan nyala penguji.
 - 5) Menyalakan sumber pemanas dan mengatur pemanasan sehingga kenaikan suhu menjadi $(15 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ per menit.
 - 6) Mengatur kecepatan pemanasan $5^{\circ}\text{C} - 6^{\circ}\text{C}$ permenit pada pemanasan selanjutnya.
 - 7) Menyalakan nyala penguji dan mengatur agar diameter nyala penguji tersebut menjadi 3,2 – 4,8 mm.
 - 8) Memutar nyala penguji pada as sehingga melalui permukaan cawan (dari tepi ke tepi cawan) dalam waktu 1 detik. Ulangi pekerjaan tersebut setiap kenaikan sebesar 2°C .
 - 9) Melanjutkan pekerjaan no.6 dan no.8 sampai terlihat nyala api pada suatu titik diatas permukaan benda uji. Membaca suhu pada termometer lalu mencatatnya.
 - 10) Melanjutkan langkah sampai terlihat nyala api dengan durasi sekurang-kurangnya 5 detik diatas permukaan benda uji. Membaca suhu pada termometer lalu mencatatnya.

- d. Pemeriksaan daktilitas aspal sesuai SNI 06-2432-1991, yaitu:
- 1) Air dalam bak perendaman diberi garam (NaCl) agar berat jenis larutan air dan garam tadi sama dengan berat jenis bitumen sehingga benda uji tersebut melayang.
 - 2) Mendinginkan benda uji pada suhu 25°C pada bak perendam selama 30 menit, kemudian melepaskan benda uji dari plat dasar dan sisi-sisi cetaknya.
 - 3) Memasang benda uji pada alat uji dan menarik benda uji secara teratur dengan kecepatan 5 cm permenit sampai benda uji putus. Perbedaan kecepatan $\pm 5\%$ masih diijinkan.
 - 4) Membaca jarak antara pemegang cetakan pada saat benda uji putus, ditentukan dalam satuan sentimeter (cm).
 - 5) Selama proses percobaan, suhu air pada bak perendaman harus tetap dijaga sebesar $(25 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.
- e. Pemeriksaan berat jenis aspal sesuai SNI 06-2441-1991, yaitu:
- 1) Mengisi bejana dengan air suling sehingga diperkirakan bagian atas piknometer yang tidak terendam 40 mm.
 - 2) Merendam dan menjepit bejana tersebut dengan bak perendam sampai terendam sekurang-kurangnya 100 mm. Mengatur suhu ruang tetap 25°C.
 - 3) Membersihkan, mengeringkan, dan menimbang piknometer dengan ketelitian 0,1 mg (A).
 - 4) Mengangkat bejana dari bak perendam.
 - 5) Mengisi piknometer dengan air suling kemudian menutup piknometer tanpa ditekan.
 - 6) Meletakkan piknometer ke dalam bak perendam dan mendinginkannya selama sekurang-kurangnya 30 menit.
 - 7) Mengangkat piknometer dan mengeringkannya dengan lap lalu menimbang piknometer dengan ketelitian 0,1 mg (B).
 - 8) Menuangkan benda uji ke dalam piknometer yang telah kering hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian.

- 9) Mendinginkan piknometer dengan mendinginkannya dalam bak perendaman dalam waktu ± 30 menit. Setelah itu benda uji dikeringkan dan ditimbang dengan penutupnya dengan ketelitian 0,1 mg (C).
 - 10) Mengisi piknometer yang berisi benda uji dengan air suling dan menutupnya tanpa menekan. Lalu mendinginkan agar gelembung-gelembung udaranya keluar.
 - 11) Mengangkat bejana dari bak perendam dan meletakkan piknometer didalamnya yang kemudian ditekan tutupnya hingga tidak ada udara yang masuk.
 - 12) Memasukkan dan mendinginkan bejana kedalam bak perendam selama ± 30 menit. Setelah itu mengangkat, mengeringkan dan menimbang piknometer dengan ketelitian 0,1 mg (D).
 - 13) Menghitung berat jenis.
- f. Pemeriksaan kelekatan aspal terhadap agregat sesuai SNI 03-2439-1991, yaitu:
- 1) Memasukkan campuran batuan dengan bitumen dalam toples lalu menutupnya dan mendinginkannya selama 30 menit.
 - 2) Mengisi toples dengan *aquades* sampai benda uji terendam sepenuhnya.
 - 3) Mendinginkan toples pada suhu ruang selama 2 jam.
 - 4) Mengamati dan memperkirakan luas permukaan agregat yang masih dilekati bitumen secara visual.
- g. Pemeriksaan kekentalan aspal cair sesuai SNI 03-6721-2002, yaitu:
- 1) Mengaduk contoh benda uji hingga merata.
 - 2) Menyaringnya menggunakan saringan lalu memasukkannya ke dalam tabung *viskometer* sampai pinggir atas tabung *viskometer*.
 - 3) Mengaduk benda uji dalam *viskometer* dengan termometer *viskometer* yang telah dilengkapi penyanggah dengan kecepatan 30-50 putaran per menit, apabila suhu konstan dari suhu pengujian, maka pengadukan dilakukan selama 1 menit dan kemudian mengangkat termometernya.
 - 4) Mengambil benda uji yang berlebihan dengan penyedot sampai batas peluapan.
 - 5) Mencabut bagus/penyumbat dari *viskometer* dan mulai menjalankan pencatat waktu saat benda uji menyentuh dasar labu.

- 6) Menghentikan pencatat waktu apabila benda uji tepat pada batas 60 ml labu *viskometer*.
- 7) Mencatat waktu alir (t) dalam detik.
- 8) Menutup lubang *viskometer* dengan alat penyumbat.

3.4.3 Perkiraan Kadar Aspal

Komposisi umum suatu campuran terdiri dari agregat, aspal dan *filler*, dimana ketiga unsur tersebut harus memenuhi ketentuan dari sifat-sifat suatu campuran yang disyaratkan. Untuk perkiraan awal kadar aspal rancangan diperoleh dengan menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3.

Tabel 3 2 Gradasi Agregat Yang Digunakan

Saringan	Diameter	% Lolos	% Tertahan	PB
3/4"	19	100	0	CA = 57
1/2"	12,5	95	5	
3/8"	9,5	84	11	
No. 4	4,75	61	23	
No. 8	2,36	43	18	
No. 16	1,18	31	12	FA = 36
No. 30	0,6	22	9	
No. 50	0,3	16	6	
No. 100	0,15	11	5	
No. 200	0,075	7	4	
Pan	-	0	7	7

(Sumber: Hasil Perhitungan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010)

Berikut adalah perhitungan yang akan digunakan:

$$Pb = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%Filler) \times K \quad \dots \quad \text{(III. 12)}$$

Keterangan :

Pb : Kadar aspal perkiraan

CA : Agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA : Agregat halus lolos saringan No. 200

Filler : Agregat halus lolos saringan No. 200

K : Konstanta : 0,5 – 1,0 untuk Laston AC; 2,0 – 3,0 untuk HRS-WC.

Untuk menentukan kadar aspal yang digunakan kadar aspal (P-1)%; (P-0,5)%; P%; (P+0,5)% dan (P+1)%. Pada penentuan kadar aspal acuan ini digunakan rumus yang telah ditentukan oleh Spesifikasi Depkimpraswil (2002) dengan data perolehan angka perhitungan Kadar Aspal Acuan (KAA) berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 untuk gradasi agregat yang digunakan.

Menentukan Kadar Aspal dilakukan dengan cara menghitung nilai Pb:

$$\begin{aligned}
 Pb &= (0,035 \times CA) + (0,045 \times FA) + (0,18 \times Filler) + K \\
 &= (0,035 \times 66,45) + (0,045 \times 26,55) + (0,18 \times 7) + 0,75 \\
 &= 5,88 \approx 6\%
 \end{aligned}$$

Jadi Nilai Kadar Aspal Acuan adalah:

Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1
5%	5,5%	6%	6,5%	7%

3.4.4 Mix Design Agregat

Benda uji yang digunakan menggunakan agregat seberat 1200 gram. Gradasi agregat menggunakan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Revisi 3, maka akan diperoleh berat tertahan dari masing-masing saringan. Untuk menentukan KAO digunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. *Mix design* pada penelitian ini menggunakan metode Bina Marga. Alur proses pelaksanaan *mix design* adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material dari hasil perhitungan campuran dan pengujian karakteristik yang memenuhi spesifikasi: agregat dan aspal.
2. Keringkan agregat pada suhu 105°C - 110°C sekurang-kurangnya selama 4 jam di dalam oven. Keluarkan dari oven sampai berat tetap.
3. Lakukan pengujian kekentalan aspal untuk memperoleh temperatur pencampuran dan pemadatan
4. Pencampuran agregat sesuai gradasi yang di inginkan. 1 benda uji ±1200 gram tinggi benda uji 63,5 mm ± 1,27 mm

5. Panaskan agregat pada suhu 28°C diatas temperatur pencampuran minimal 4 jam dalam oven
6. Masukkan agregat, kemudian tuang aspal dengan kekentalan yang telah ditentukan. Aduk dengan cepat sampai agregat terselimuti aspal merata.
7. Masukkan seluruh campuran kedalam cetakan dan tusuk campuran dengan spatula.
8. Padatkan campuran pada temperatur yang sesuai dengan kekentalan aspal sebanyak jumlah tumbukan yang diinginkan.
9. Lepaskan plat alas dan leher sambung lalu balikan benda uji dan pasang kembali pelat alas dan leher sambung, lalu tumbuk kembali.
10. Lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji, dan keluarkan.
11. Letakan benda uji diatas permukaan yang rata dan diberi tanda pengenal, diamkan selama 24 jam dalam suhu ruangan.

(Perancangan Campuran Metode Bina Marga, 2010)

3.4.5 Perancangan Campuran Untuk *Marshall Test*

Pada perancangan pembuatan benda uji campuran AC-WC untuk *Marshall test*, beberapa tahapan yang akan dilakukan diantaranya:

1. Pra pemadatan:
 - Mencampur agregat sesuai dengan hasil *mix design*
 - Mengaduk campuran sampai merata pada suhu ruang, kemudian mendiamkan campuran tersebut selama 1 hari sebagai *curing*. Diambil 1 hari dikarenakan belum ada standar yang tetap untuk *curing* pra pemadatan ini.
 - Memasukan campuran kedalam mold yang telah disiapkan dengan melapisi bagian bawah mold dengan kertas.
2. Pemadatan
 - Campuran dipadatkan dengan alat pemadat manual sebanyak 75 kali untuk masing-masing sisinya
 - Memberi penomeran pada masing-masing benda uji

- Selanjutnya benda uji didiamkan pada suhu ruang selama 1 hari. Hal ini dilakukan agar campuran benar-benar menyatu.
3. Pasca pemadatan
- Benda uji dikeluarkan dari mold dengan menggunakan dongkrak
 - Mendinginkan benda uji pada suhu ruang selama 7 hari. Belum ada standar yang tetap untuk benda uji pasca pemadatan ini.

(Nugroho Raharjo, 2010)

3.5 Pengujian *Marshall* dan Pengolahan Data

Pada proses pengujian *Marshall* ini, tahapan yang dilakukan berdasarkan Perancangan Campuran Metode Bina Marga (2010).

1. Siapkan jangka sorong untuk mengukur tinggi benda uji.
2. Siapkan wadah untuk merendam
3. Siapkan timbangan dan penggantung benda uji
4. Siapkan Water Bath dan alat uji *Marshall* serta perlengkapannya.
5. Bersihkan benda uji dari kotoran, ukur tinggi menggunakan jangka sorong lalu timbang berat kering.
6. Rendam benda uji selama 24 jam pada temperatur ruang, timbang benda uji didalam air.
7. Lap permukaan benda uji lalu timbang dalam kondisi kering permukaan jenuh (SSD)
8. Rendam benda uji dalam water bath 30-40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
9. Keluarkan benda uji, letakan dalam bagian bawah alat penekan dan pasang bagian atas alat penekan benda uji *Marshall*.
10. Pasang arloji pengukur *flow*, atur pada angka 0 dimana *sleeve* dipegang teguh pada bagian atas kepala penekan.
11. Kepala penekan dan benda uji dinaikkan hingga menyentuh cincin penguji, berikan pembebanan.
12. Catat pembebanan maksimum pada arloji pengukur stabilitas, pelelehan (*flow*)

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) suatu campuran perkerasan. Pengujian dilakukan berdasarkan prosedur SNI 06-2489-1991. Setelah mendapatkan data hasil pengujian *Marshall* maka selanjutnya dilakukan pengolahan data.

3.6 Analisis Data

Data dari hasil pengujian *Marshall* kemudian diproses dengan analisis regresi dan korelasi yang mana persamaan regresi ini dapat menggambarkan perilaku dari hasil pengujian. Regresi merupakan suatu garis yang membentuk suatu fungsi yang menghubungkan antara titik-titik dengan kedekatan semaksimal mungkin. Korelasi merupakan ukuran kecocokan suatu model regresi yang digunakan sebagai data. Data yang diperoleh dari hasil pengujian *Marshall* akan menjadi dasar dari perhitungan stabilitas, kelelahan, VIM dan VFA. Nilai stabilitas dan kelelahan didapatkan dari pengujian menggunakan alat uji *Marshall*, sedangkan VIM dan VFA ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan (berat kering, berat kering permukaan, dan benda dalam air). Dari data yang diperoleh akan dibuat suatu analisis yang disajikan dalam bentuk grafik.