

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Studi Literatur

Studi literatur diperlukan untuk memperoleh data serta bahan yang diperlukan untuk melakukan penelitian. Beberapa pustaka yang menjadi sumber dari penelitian ini terlebih dahulu dipelajari sebelum melakukan percobaan di laboratorium.

Beberapa literatur yang menjadi bahan untuk studi awal antara lain adalah buku yang diterbitkan oleh Shell Bitumen U.K. yang berjudul *The Shell Bitumen Handbook*, buku karangan E.J. Yoder dan M.W. Witczak yang berjudul *Principles of Pavement Design*, edisi kedua. Dan juga tesis Ultri S. Simangunsong yang berjudul *Kinerja Campuran Beton Aspal Dengan Bahan Tambahan Serat Selulosa terhadap Flexure Fatigue Test*.

Selain itu, literatur yang digunakan berasal dari Bina Marga yang berisi ketentuan-ketentuan tentang material yang digunakan untuk percobaan yaitu *Standard Nasional Indonesia No. 1737-1989-F,1989* dan juga *Manual Pemeriksaan Bahan Jalan untuk Lapisan Aspal Beton (Laston)* yang diterbitkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

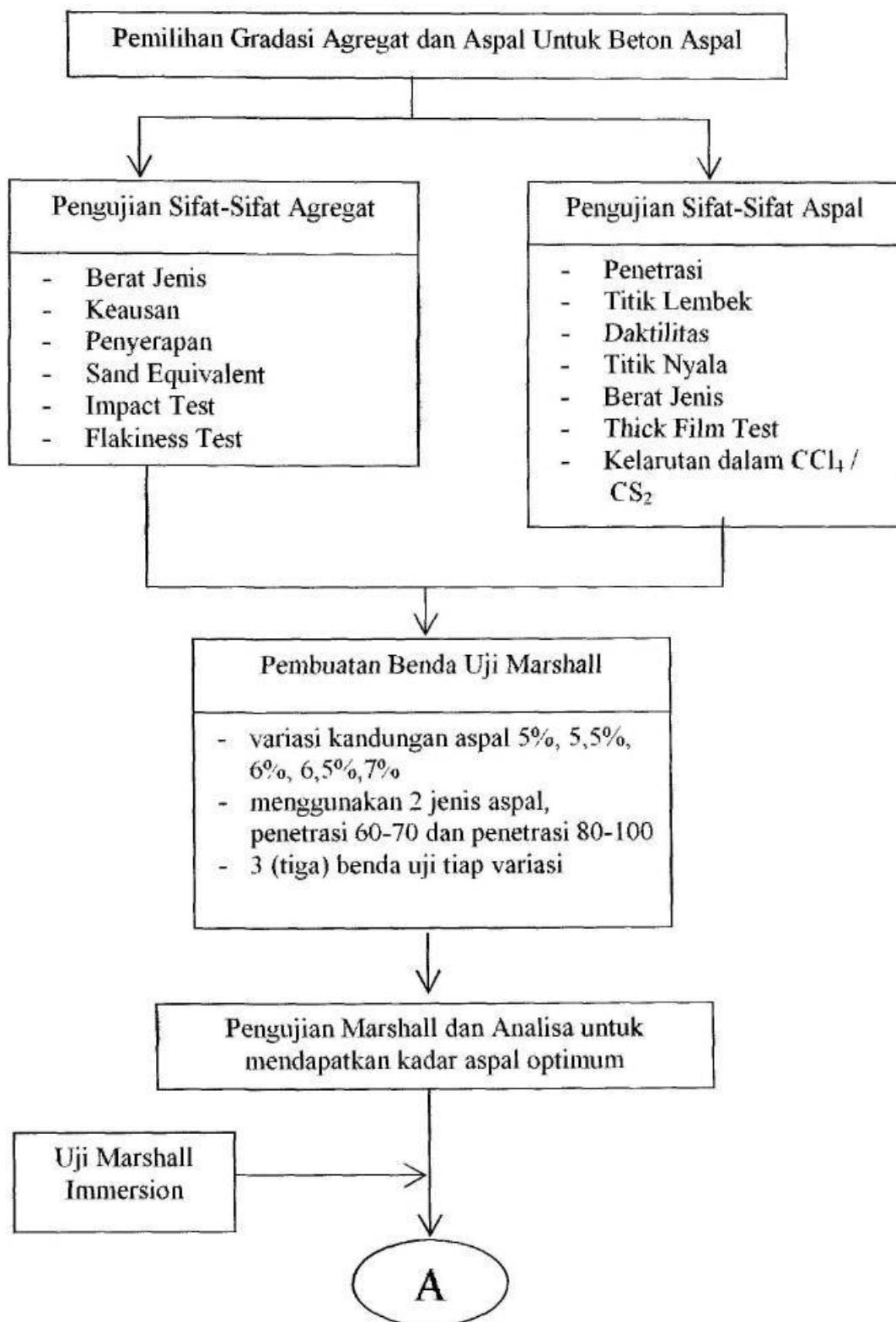
Beberapa pustaka penunjang lain untuk melengkapi teori-teori yang diperoleh berasal dari skripsi-skripsi terdahulu.

3.2 Penelitian Laboratorium

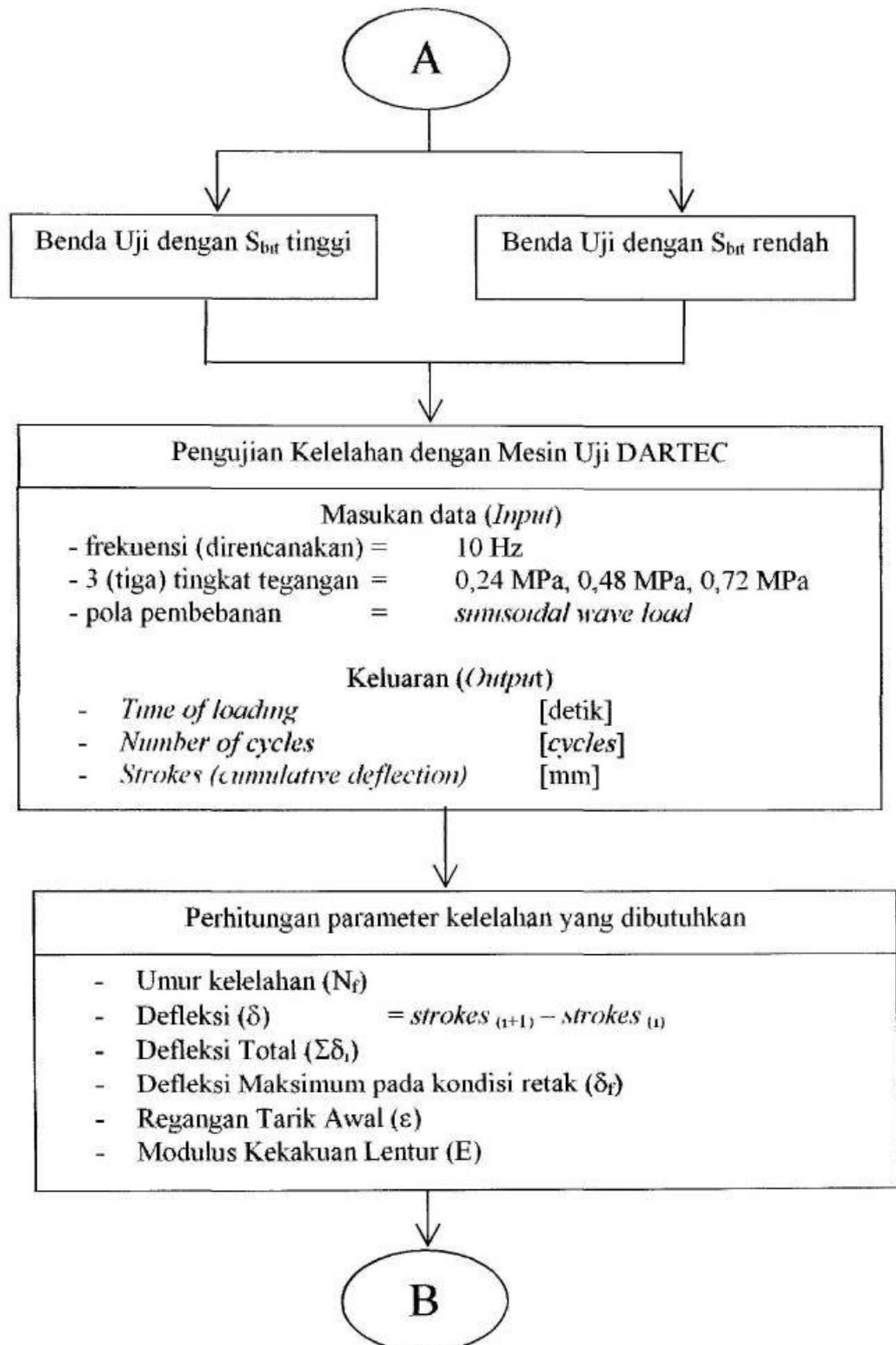
Penelitian di laboratorium dilakukan sesuai dengan bagan alir yang diperlihatkan pada Gambar 3.1. Titik berat penelitian adalah pada uji laboratorium terhadap kinerja kelelahan beton aspal, yaitu dengan menggunakan mesin uji DARTEC.

3.2.1 Bahan-bahan yang dipakai untuk penelitian di laboratorium

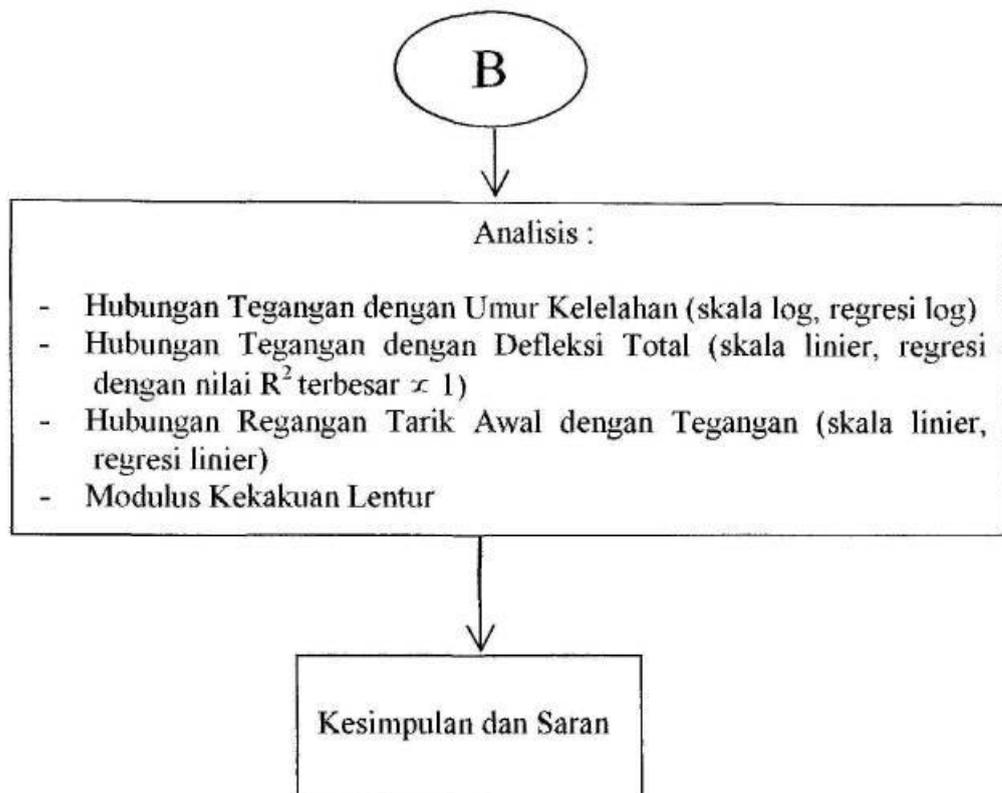
Bahan-bahan yang digunakan, yaitu aspal dan agregat, memiliki beberapa spesifikasi tertentu sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian di Laboratorium



Gambar 3.1 (Lanjutan) Bagan Alir Penelitian di Laboratorium



Gambar 3.1 (Lanjutan) Bagan Alir Penelitian di Laboratorium

3.2.1.1 Aspal

Aspal yang digunakan ada dua macam, yaitu aspal penetrasi 60-70 dan aspal penetrasi 80-100. Aspal dengan penetrasi 60-70 mempunyai modulus kekakuan aspal (S_{bit}) yang tinggi (> 5 MPa) sedangkan aspal dengan penetrasi 80-100 mempunyai modulus kekakuan aspal yang rendah (< 5 MPa). Modulus kekakuan aspal atau S_{bit} untuk masing-masing aspal dihitung sesuai dengan studi pustaka yang dilakukan sebelumnya yaitu dengan persamaan 2.2. Lebih jelas lagi bisa dilihat perhitungan pada bab 4.

Setelah melalui proses pemeriksaan, hasil pemeriksaan aspal tersebut harus memenuhi spesifikasi menurut Bina Marga seperti yang tercantum pada Tabel 2.2.

Hasil pemeriksaan aspal yang telah dilaksanakan bisa dilihat pada bab 4, yaitu pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

3.2.1.2 Agregat

Agregat yang digunakan diambil dari *quarry* di Kaliwelang, Pandaan, dengan gradasi yang memenuhi spesifikasi Bina Marga untuk beton aspal (AC) type XI sesuai Tabel 2.3.

3.2.2 Prosedur Percobaan di Laboratorium

Beberapa percobaan yang harus dilakukan antara lain pemeriksaan aspal dan agregat serta campuran beton aspal itu sendiri. Semua percobaan tersebut dilakukan sesuai dengan prosedur yang ditetapkan oleh Bina Marga.

3.2.2.1 Pemeriksaan Aspal

Aspal yang digunakan dalam percobaan ini ada 2 (dua) jenis, yaitu aspal dengan penetrasi 60-70 yang menghasilkan $S_{bit} > 5$ MPa dan aspal dengan penetrasi 80-100 yang menghasilkan $S_{bit} < 5$ MPa. Pemeriksaan aspal yang dilakukan pada kedua jenis aspal tersebut di atas adalah sama, yakni :

a. *Penetration Test*

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan konsistensi kekerasan aspal keras.

Pemeriksaan dilakukan dengan mengukur jarak tembus jarum standard tegak lurus ke dalam contoh aspal di bawah kondisi temperatur, waktu dan pembebanan tertentu.

b. *Softening Point Test*

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk menentukan titik lembek aspal dan ter yang berkisar antara 30 - 200°C.

Yang dimaksudkan dengan titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal atau ter yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal atau ter tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin pada tinggi tertentu, sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

c. *Ductility Test*

Tujuan percobaan adalah untuk mengetahui jarak terpanjang (elastisitas) aspal yang ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu.

d. *Flash Point Test*

Tujuan pemeriksaan adalah untuk mengetahui temperatur dimana aspal dapat dipanaskan dengan aman yaitu tanpa adanya bahaya peletupan atau kebakaran yang tiba-tiba akibat adanya nyala api terbuka.

Apabila aspal dipanaskan sampai melebihi titik bakarnya, maka aspal akan mudah terbakar sehingga dianjurkan tidak memanaskan aspal di atas titik nyala.

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik dari semua jenis hasil minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala *Open Cup* kurang dari 79°C.

Yang dimaksud dengan titik nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal.

Sedangkan yang dimaksudkan sebagai titik bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang-kurangnya 5 (lima) detik pada suatu titik di atas permukaan aspal.

e. *Thick Film Test*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persen berat semula.

f. *Specific Gravity Test*

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menentukan berat jenis bitumen dengan piknometer.

Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling dengan isi yang sama pada suhu tertentu.

g. *Kelarutan dalam CCl₄ atau CS₂*

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan kadar bitumen yang larut dalam karbon tetraklorida/ karbon bisulfida.

Seluruh pemeriksaan di atas dilakukan sesuai prosedur menurut AASHTO dan ASTM.

3.2.2.2 Pemeriksaan Agregat

Agregat yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari suatu *quarry* di Kaliwelang, Pandaan. Sebelumnya dilakukan dulu serangkaian pemeriksaan meliputi :

a. Analisa saringan / ayakan (*sieve analysis*)

Tujuannya adalah untuk mengetahui pembagian butir (gradasi) agregat kasar dan agregat halus dengan menggunakan saringan dan hasilnya dinyatakan dalam persen (%) lolos dari masing-masing saringan.

b. Pemeriksaan berat jenis agregat kasar

Tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan :

- Berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat kasar
Adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
- Berat jenis kering permukaan jenuh SSD (*Saturated Surface Dry*) agregat kasar
Adalah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) agregat kasar
Adalah perbandingan antara berat agregat kering dengan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan kering pada suhu tertentu

- Penyerapan (*absorbtion*) agregat kasar dalam persen (%)
Agregat kasar yang dimaksud adalah agregat yang tertahan saringan no. 4. adalah persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

c. Pemeriksaan berat jenis agregat halus

Tujuan pemeriksaan adalah untuk menentukan :

- Berat jenis (*bulk specific gravity*) agregat halus
- Berat jenis kering permukaan SSD (*Saturated Surface Dry*) agregat halus
- Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) agregat halus
- Penyerapan (*absorbtion*) agregat halus dalam persen (%)

d. *Sand equivalent test*

Tujuannya adalah untuk menentukan banyaknya lumpur (kadar lumpur) dalam pasir.

e. Tes keausan (*abrasion test*)

Tujuan pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui ketahanan agregat terhadap beban, dalam hal ini pengetesan keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles.

Keausan dinyatakan sebagai perbandingan antara berat bahan aus yang lewat (lolos) saringan no. 12 terhadap berat semula (dinyatakan dalam %)

f. *Impact test*

Tujuannya adalah untuk mengetahui nilai ketahanan agregat terhadap beban kejut atau beban secara tiba-tiba, dimana nilai ini berbeda dengan beban yang dikerjakan secara berangsur-angsur.

Pada umumnya nilai impact maksimum agregat adalah 30 % kecuali untuk jenis batuan yang keras sekali. Test ini dilakukan pada agregat dengan besar butir antara 10 – 14 mm, butir yang kecil menghasilkan nilai impact yang lebih kecil pula.

g. Tes kepipihan (*flakiness test*).

Tujuan pemeriksaan adalah untuk melihat nilai kepipihan agregat yang dinyatakan dalam persen (%) dengan jalan melewatkan ke dalam alur saringan *flakiness test* menurut besarnya butiran

3.2.2.3 Pengujian Marshall

Pemeriksaan Marshall untuk mendapatkan beton aspal dengan kandungan aspal optimum dilakukan pada beton aspal dengan menggunakan aspal penetrasi 60-70 dan aspal dengan penetrasi 80-100. Jumlah benda uji sebanyak 15 (lima belas) buah, yaitu masing-masing variasi kandungan aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% terhadap berat total campuran.

Benda uji untuk rencana pemeriksaan Marshall dipadatkan dengan menggunakan beban standar Marshall (75 tumbukan untuk kedua permukaan benda uji).

Benda uji diperiksa terhadap rata-rata stabilitas, nilai kelelahan, satuan dan kandungan rongga. Data hasil pengujian akan diberikan dalam bentuk grafik sebagai berikut :

- kepadatan terhadap kandungan aspal
- persentase rongga dalam agregat (VMA) terhadap kandungan aspal
- persentase rongga terisi aspal (VFB) terhadap kandungan aspal
- stabilitas terhadap kandungan aspal
- kelelahan terhadap kandungan aspal
- *Marshall Quotient* (stabilitas/kelelahan) terhadap aspal

Grafik-grafik ini digunakan untuk mendapatkan kandungan aspal optimum rencana dari beton aspal yang akan digunakan dalam pengujian kekuatan kelelahan.

3.2.2.4 Pengujian *Immersion*

Pengujian *immersion* dilakukan sebanyak 2 (dua) kali yaitu pada benda uji dengan memakai aspal penetrasi 60-70 dan 80-100. Dipersiapkan masing-masing 6 (enam) benda uji dengan kadar aspal optimum untuk tiap jenis aspal (total ada

12 benda uji). 6 (enam) benda uji pertama direndam di bak perendaman pada suhu 60°C selama 24 jam sebelum diuji sedang 6 (enam) benda uji lainnya diuji pada kondisi standar Marshall untuk diuji stabilitas dan kelelehannya.

3.2.2.5 Pengujian Kelelahan

Pengujian kelelahan pada penelitian ini dibagi atas 3 (tiga) bagian utama, yaitu : persiapan benda uji, pemeriksaan benda uji serta analisis hasil pengujian.

a. Persiapan Benda Uji

Benda uji terdiri atas agregat kasar, agregat halus dan aspal dengan persentase optimum yang didapat dari hasil analisis Marshall.

Yang dilakukan pertama kali adalah mempersiapkan agregat dan aspal sesuai keperluan. Volume dan berat satu benda uji dihitung menurut rumus yang digunakan untuk perhitungan berat campuran untuk membuat ketebalan lapisan satu centimeter, yaitu :

$$W = V \times D \times CF \quad (3.1)$$

dimana W = berat campuran [kg]

V = volume campuran [cm³]

= 1 x 30 x 39 cm³ (*slab* berukuran 39 cm x 30 cm x tebal 5 cm yang merupakan modifikasi cetakan benda uji *wheel tracking*)

D = kepadatan (*density*) [gr/cm³]

diperoleh dari hasil pemadatan Marshall

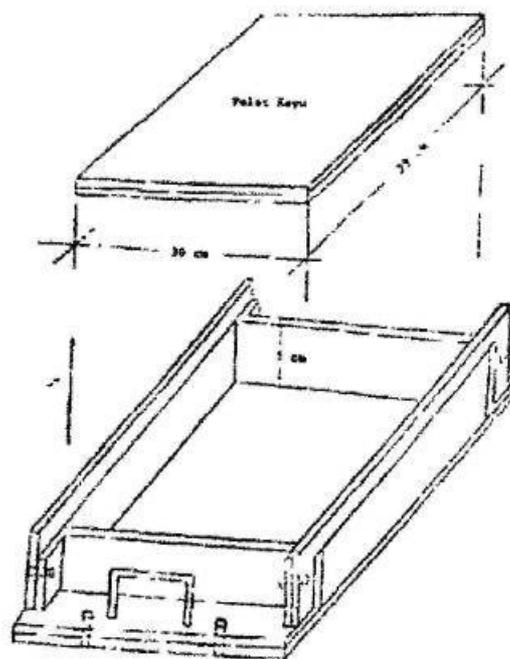
CF = faktor koreksi (berdasarkan asumsi adanya bahan yang hilang saat pencampuran dan pencetakan

= 1,03

Setelah bahan-bahan yang dibutuhkan ditimbang, maka dilakukan pencampuran (*mixing*) dengan menggunakan *mixer*. Foto *mixer* dapat dilihat pada Lampiran 1.

Campuran tersebut lalu dituangkan ke cetakan besi yang dapat dilepas setiap sisinya yang merupakan modifikasi dari cetakan benda uji *wheel tracking*.

Cetakan besi untuk penyiapan benda uji diberikan pada Gambar 3.2



Gambar 3.2 Cetakan Besi untuk Persiapan Benda Uji

Sumber : Simangunsong, U, Kinerja Campuran Beraspal dengan Bahan Tambahan Serat Selulosa Terhadap Flexure Fatigue Test, 2001

Campuran yang sudah dituangkan ke cetakan ini lalu dipadatkan dengan pemadat roda sampai mendapatkan kepadatan yang diinginkan seperti pada pemeriksaan Marshall. Foto mesin pemadat bisa dilihat pada Lampiran 2.

Campuran yang sudah dipadatkan ini lalu disimpan pada suhu ruang selama 1 (satu) hari atau 24 jam.

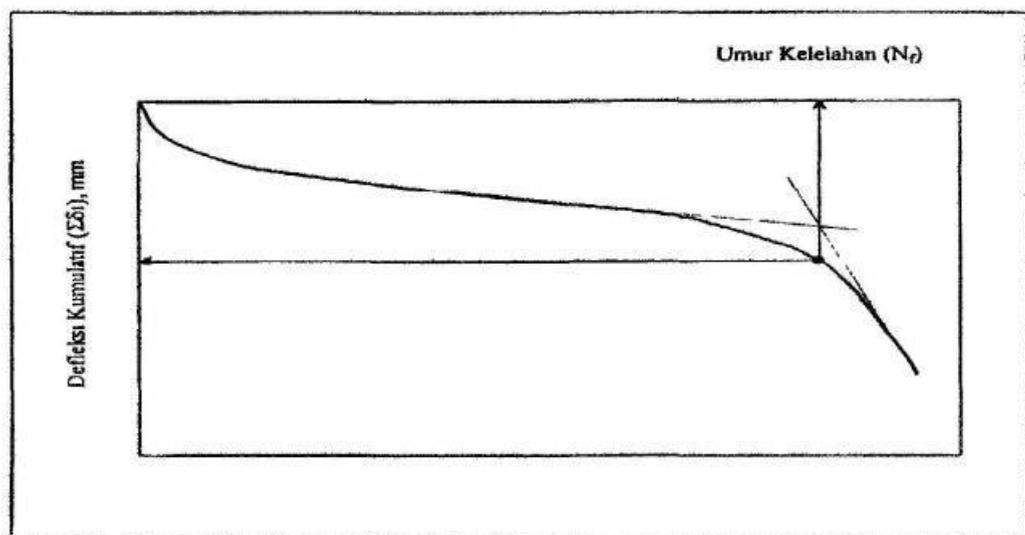
Setelah 24 jam, cetakan bisa dibuka lalu kemudian dipotong untuk mendapatkan benda uji sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan yakni panjang 30 cm, lebar 7,5 cm dan tinggi 5 cm. Benda uji ini dinamakan sesuai dengan jenisnya yaitu yang menggunakan aspal penetrasi 60-70 (60_1A, 60_1B, 60_2A, 60_2B, 60_3A, 60_3B) dan yang menggunakan aspal penetrasi 80-100 (80_1A, 80_1B, 80_2A, 80_2B, 80_3A, 80_3B). Proses pemotongan (*sawing*) ini bisa dilihat pada Lampiran 3.

b. Pemeriksaan Benda Uji

Pengujian kelelahan dilakukan dengan mesin uji kelelahan DARTEC yang terdapat di laboratorium Puslitbbang Teknologi Prasarana Jalan. Karena fasilitas pengontrol suhu tidak tersedia, semua pengujian dilakukan pada kondisi suhu ruang. Pengujian dilakukan dengan 3 (tiga) tingkat tegangan yaitu 0,24 MPa, 0,48 MPa, dan 0,72 MPa dengan cara pembebanan kontrol tegangan. Semua pengujian direncanakan pada frekuensi 10Hz (10 siklus per detik) dengan pola pembebanan sinusoidal.

Proses pengujian dan foto saat benda uji patah bisa dilihat pada Lampiran 4.

Puncak-puncak beban dan besarnya lendutan yang terjadi dicatat dan secara otomatis disimpan pada harddisk komputer. Pengujian akan dihentikan jika benda uji hancur atau jika aktuator tidak lagi memberikan respon. Parameter-parameter untuk analisis dicatat pada lembar kerja. Keruntuhan ditentukan pada titik terjadinya perubahan yang mencolok pada kemiringan kurva lendutan terhadap siklus beban seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3 3 Ilustrasi Kondisi Runtuh pada Pembebanan Kontrol Tegangan

Sumber Simangunsong, U, Kinerja Campuran Beraspal dengan Bahan Tambahan Serat Selulosa Terhadap Flexure Fatigue Test, 2001

c. Analisis Hasil Pengujian

Regangan tarik awal akan dihitung dengan menggunakan rumus-rumus yang diberikan pada bab sebelumnya (Studi Kepustakaan) dan analisis struktur bahan.

Dari hasil pengujian kelelahan akan disajikan dalam bentuk grafik yaitu hubungan tegangan dengan umur kelelahan pada skala logaritma, tegangan dengan defleksi total pada skala linier, dan regangan tarik awal dengan tegangan pada skala linier.

Parameter-parameter yang digunakan dalam evaluasi adalah parameter kelelahan yakni umur kelelahan (N_f), defleksi total ($\sum \delta_i$) serta parameter regangan tarik awal (ϵ) dan modulus kekakuan lentur (E) pada kondisi elastis.