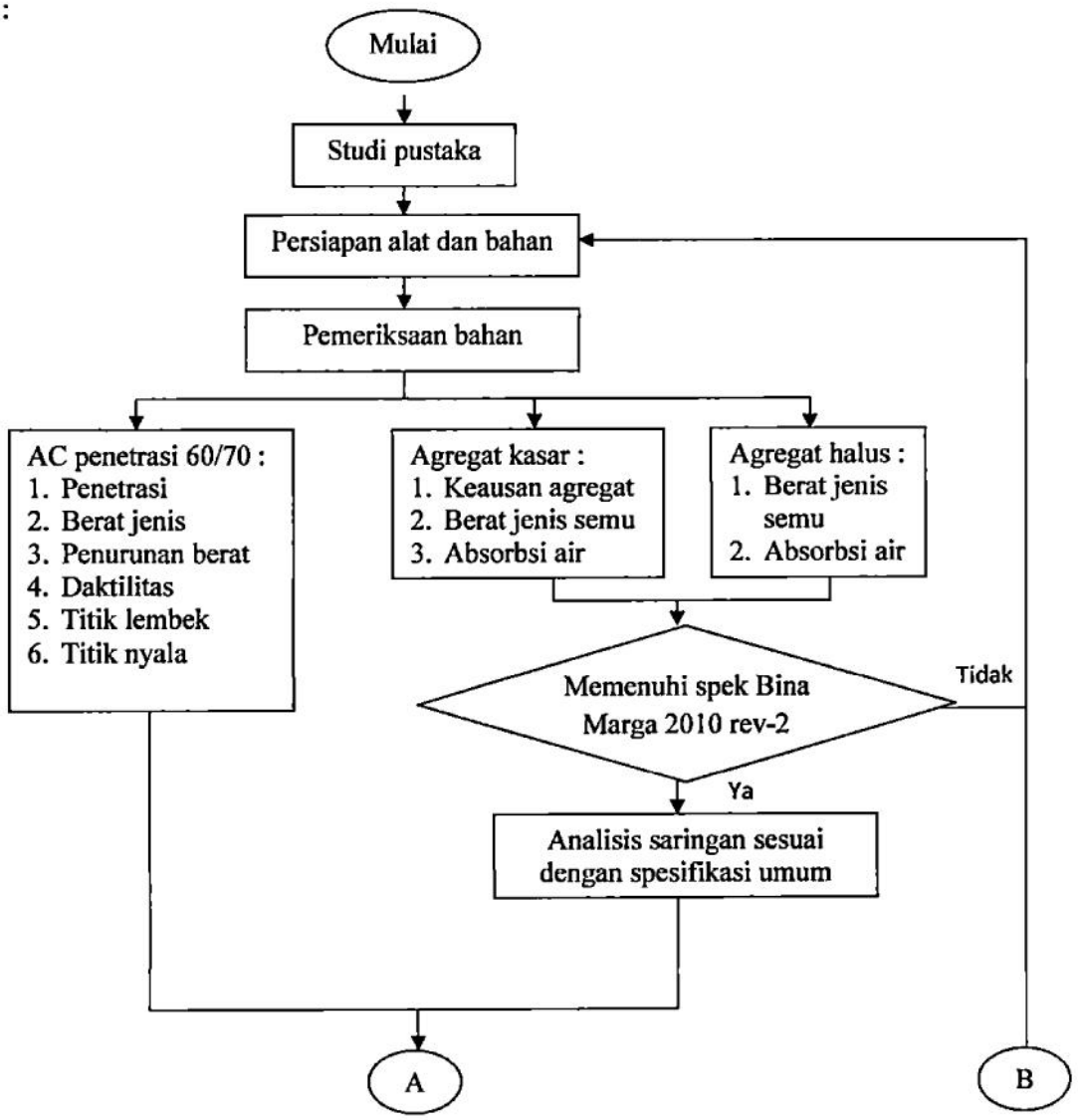
BAB IV

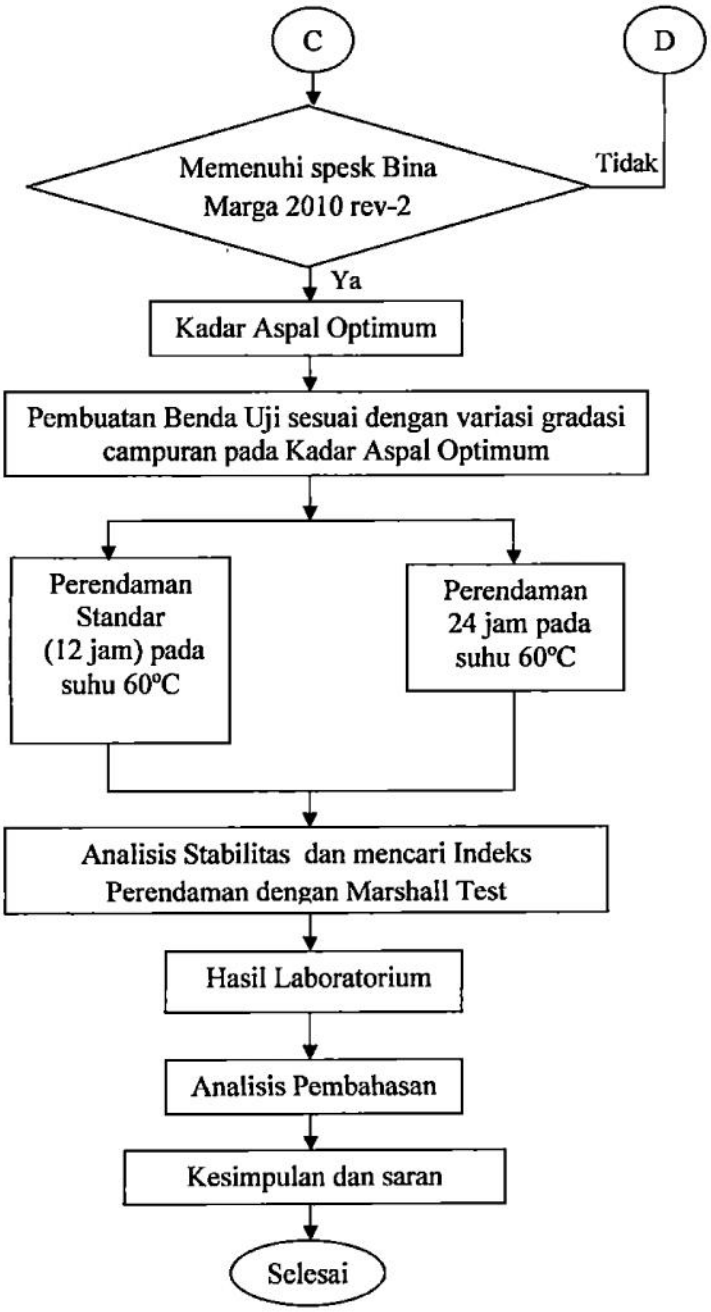
METODE PENELITIAN

A. Bagan Alir Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang sepenuhnya dilaksanakan melalui beberapa pemeriksaan bahan di laboratorium. Untuk lebih jelasnya tahapan penelitian secara umum dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut ini :



Gambar 4.1 Bagan alir penelitian



Gambar 4.1 Lanjutan

B. Peralatan penelitian

Peralatan pengujian agregat kasar, agregat halus, aspal dan uji *Marshall* yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan yang tersedia di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadyah Yogyakarta; antara lain :

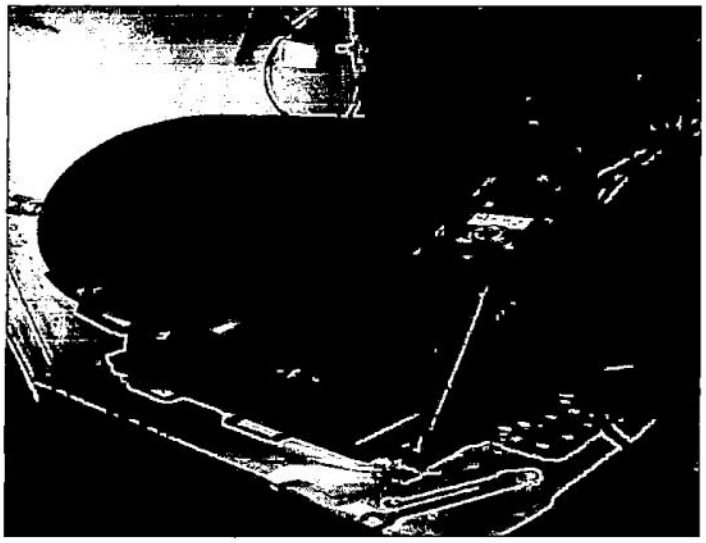
1. Peralatan uji pemeriksaan aspal

   Alat yang digunakan untuk pemeriksaan sifat fisik aspal antara lain alat uji penetrasi aspal, alat uji titik lembek, alat uji daktilitas, alat uji berat jenis (*piknometer*) dan timbangan (*neraca ohauss*) dengan ketelitian 0,01 gram serta cawan untuk pengujian kehilangan berat.

2. Peralatan uji pemeriksaan agregat

   Peralatan yang digunakan untuk memeriksa mutu agregat antara lain terdiri dari mesin Los Angeles untuk menguji tingkat keausan agregat kasar, *shave shaker machine* untuk mengayak agregat halus dan filler, seperangkat saringan standar (pengujian gradasi agregat dengan ukuran 19 mm; 12,5 mm; 9,5 mm; 4,75 mm; 2,36 mm; 1,18 mm; 0,600 mm; 0,300 mm; 0,150 mm; 0,075 mm, alat pengering agregat (*oven*),timbangan, dan alat uji *sand equivalent*.

Gambar 4.4 Contoh satu set saringan

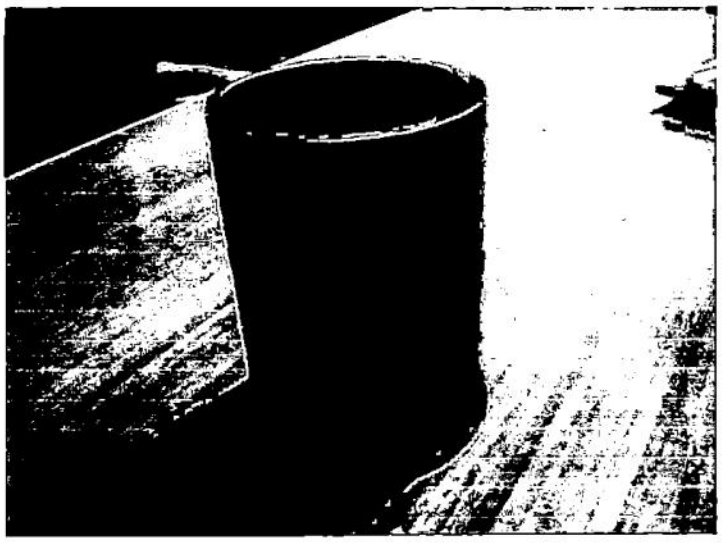


Gambar 4.5 Alat uj mesin *Los Angeles*

3. Alat pembuatan benda uji

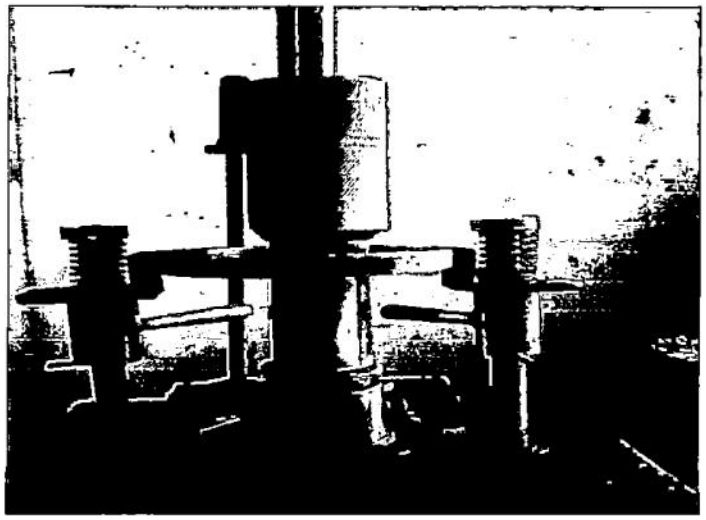
   Dalam pembuatan benda uji *Marshall* terdiri dari :

   a. Cetakan benda uji berbentuk selinder dengan ukuran diameter 10,2 cm (4 inchi) dan tinggi 7,5 cm (3 inchi).



Gambar 4.6 Cetakan benda uji (selinder)

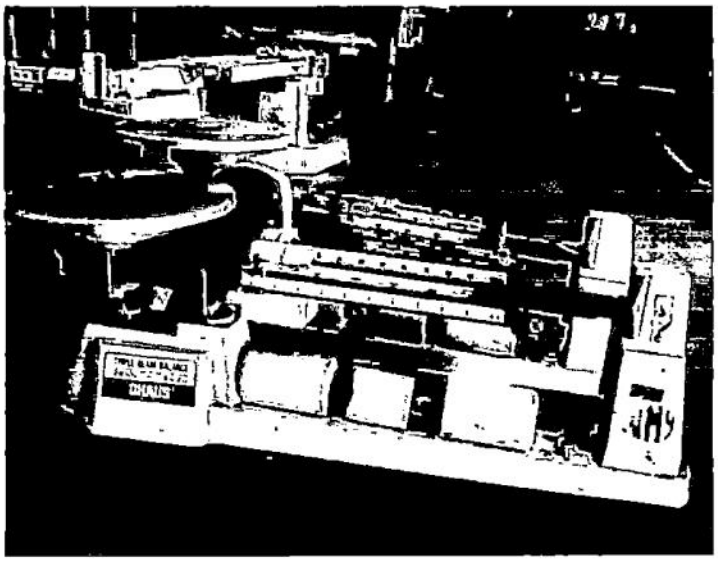
b. Alat penumbuk dengan permukaan rata berdiameter 98,4 mm (3 – 7/8 inchi), berat 4,536 lbs dengan tinggi jatuh 457 mm (18 inchi).



Gambar 4.7 Alat penumbuk

c. Landasan pemadat yang terdiri dari balok kayu dilapisi dengan pelat baja dan diikatkan pada lantai beton.

d. Timbangan dengan kapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram dan kapasitas 2 kg, ketelitian 0,1 gram.



Gambar 4.8 Alat timbangan

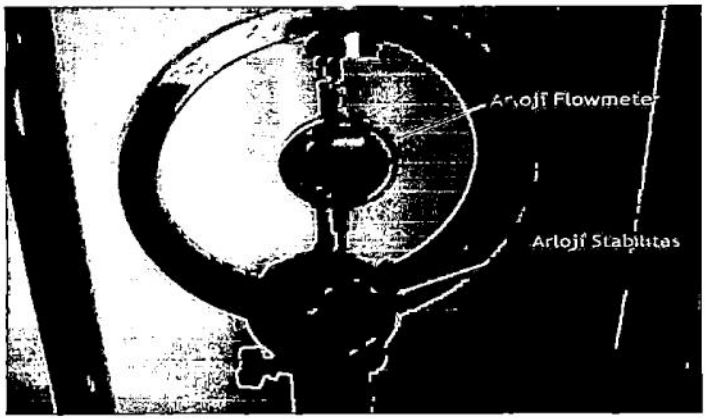
e. Alat untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan (*ejector*).

Gambar 4.9 *Ejector* atau dongkrak

4. Peralatan pengujian *Marshall*

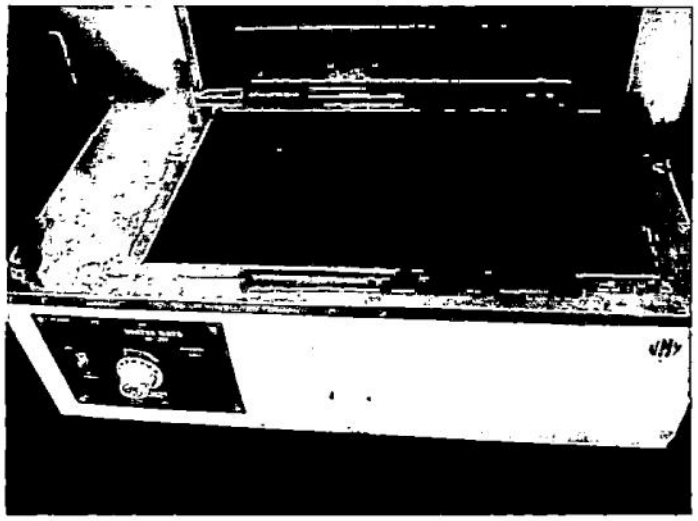
Peralatan yang digunakan dalam pengujian *Marshall* antara lain :

a. Mesin uji *Marshall*, terdiri dari kepala penekan berkapasitas 2500 kg (5500 lbs), cincin penguji, arloji tekan untuk pembacaan stabilitas, dan arloji pengukur kelelehan (*flow*).



Gambar 4.10 kepala penekan pada *Marshall*

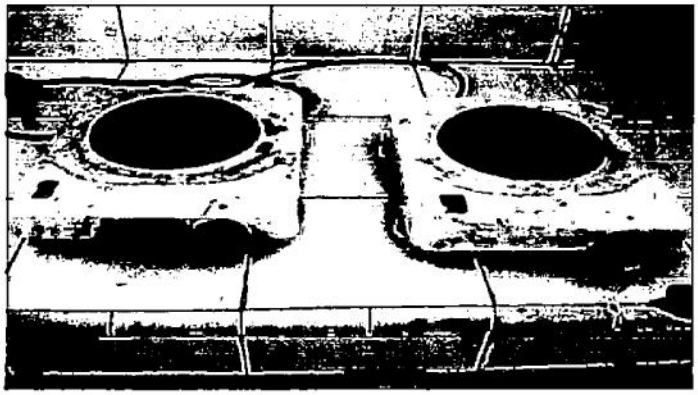
b. Bak perendam (*water bath*) dengan kedalaman 150 mm dan dilengkapi dengan pengatur suhu pada (60 ± 1) ° C.



Gambar 4.11 *Water bath* (bak perendam)

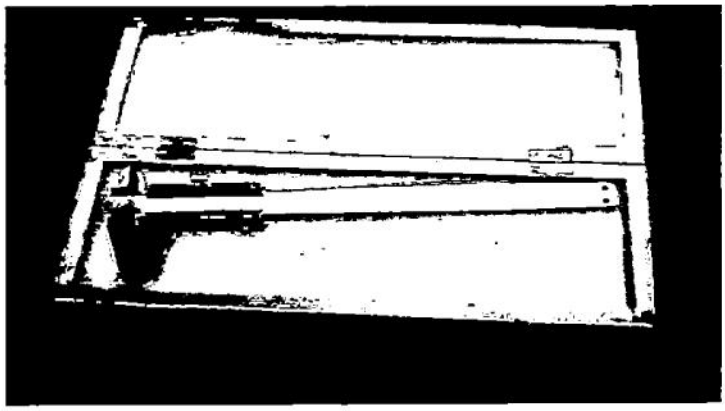
5. Alat-alat penunjang meliputi *thermometer*, panci pencampur, sendok pengaduk, bak atau wadah untuk menyimpan agregat, kompor sebagai pemanas agregat dan aspal, termometer untuk mengukur suhu, kaliper untuk mengukur dimensi dari benda uji serta pengaduk.

Gambar 4.12 Alat pendukung (panci, sarung tangan, sendok)



Gambar 4.13 Kompor listrik

Gambar 4.14 Alat pengukur suhu

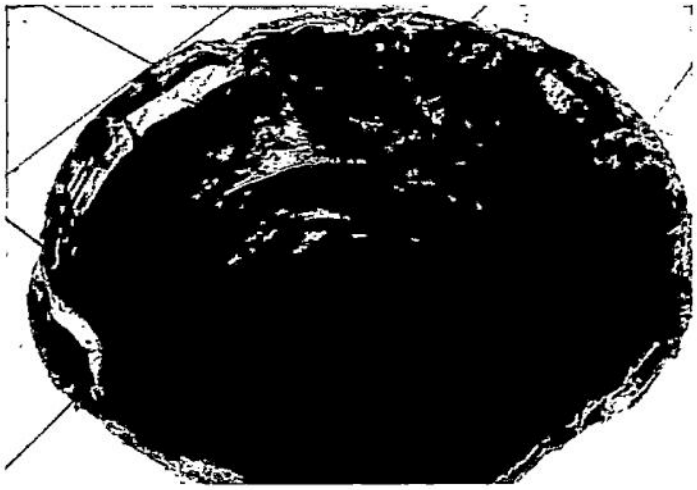


Gambar 4.15 Kaliper

C. Bahan

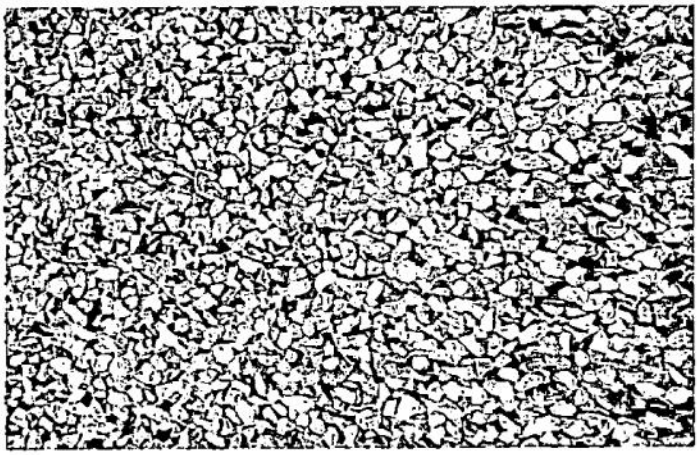
Bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Aspal, digunakan penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina.

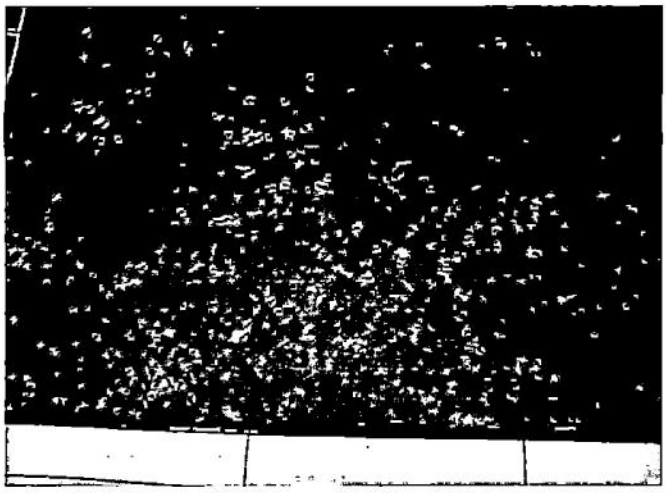


Gambar 4.16 Aspal Pen 60/70 Pertamina

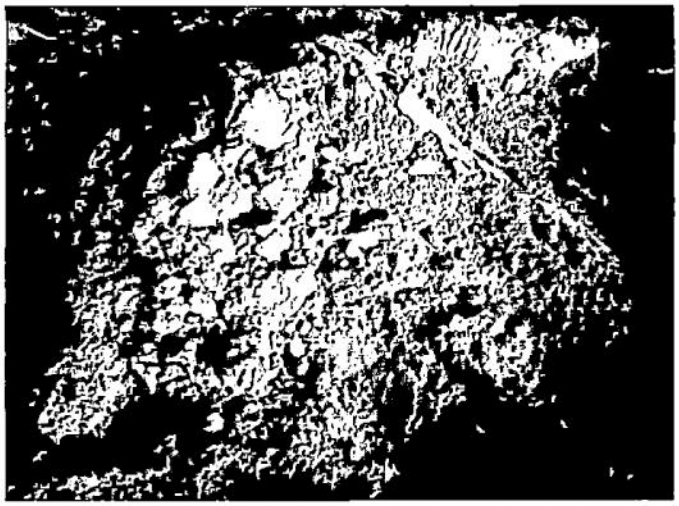
b. Agregat kasar (batu pecah), agregat halus dan *filler* yang dgunakan berasal dari Desa Clereng kabupaten Kulon Progo, Yogyakarta.



Gambar 4.17 Agregat kasar



Gambar 4.18 Agregat halus



Gambar 4.19 *Filler* (abu batu)

D. Tahapan Penelitian

1. Tahapan persiapan alat dan bahan

Kegiatan yang dilakukan pada tahap persiapan adalah menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk penelitian. Kegiatan persiapan terdiri dari pemilihan agregat kasar, penyaringan agregat halus dan *fiiler*, menyiapkan kebutuhan aspal 60/70. Pada tahapan ini, alat-alat yang digunakan untuk pengujian agregat kasar,

agregat halus, dan aspal, serta benda uji *Marshall* harus dalam kondisi bersih, baik dan terkalibrasi terlebih dahulu agar tidak terjadi kesalahan dalam proses penimbangan untuk setiap bahan.

2. Tahap Pemeriksaan bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini seperti agregat kasar, agregat halus serta *filler* sebelumnya harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bahan tersebut telah memenuhi syarat untuk digunakan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan 4.2 Adapun untuk pemeriksaan aspal ditunjukkan pada Tabel 4.3, sedangkan pemeriksaan *filler* hanya sebatas berat jenis dan lolos saringan No. 200.

3. Tahap Perancangan Benda Uji

a. Rancangan Gradasi Campuran

Pada perencanaan campuran, gradasi agregat yang digunakan untuk campuran Laston (AC)-Base diambil dari gradasi tengah berdasarkan Spesifikasi umum 2010 (revisi-2) PU-Bina Marga (Seksi 6.3.2 hal 6-37), seperti yang dijelaskan pada Tabel 3.6. Rancangan gradasi benda uji diperlihatkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Gradasi Agregat untuk Campuran AC-Base

No	Ukuran Ayakan		% Berat yang lolos AC-Base	Target Benda Uji
	ASTM	(mm)		
1	1 1/2"	37,5	100	100
2	1"	25	90-100	95
3	3/4 "	19	73-90	81,5
4	1/2 "	12,5	61-79	70
5	3/8 "	9,5	47-67	57
6	No.4	4,75	39,5-50	45
7	No.8	2,36	30,8-37	34
8	No.16	1,18	21,4-28	26
9	No.30	0,600	17,6-22	20
10	No.50	0,300	11,4-16	14
11	No.100	0,150	4-10	7
12	No.200	0,075	3-6	4,5

Sumber : Spesifikasi umum 2010 (Revisi 2), PU-Bina Marga

Tabel 4.2 Rancangan Gradasi Agregat Bahan Susun (AC-BASE)

Bahan	Saringan		Spesifikasi Lolos (%)		Tinggal di atas (%)	Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi		Ket
Agregat 1200 gr 100%	Mm	#	Kisaran	Agregat		Tinggal (%)	Gradasi	Agregat Kasar (CA)
	1/5"	37,5	100	100	0	0	0	
	1"	25	90-100	95	5	5	60	
	3/4 "	19	73-90	81,5	18,5	13,5	162	
	1/2 "	12,5	61-79	70	30	11,5	138	
	3/8 "	9,5	47-67	57	43	13	156	
	No.4	4,75	39,5-50	45	55	12	144	
	No.8	2,36	30,8-37	34	66	11	132	
	No.16	1,18	21,4-28	26	74	8	96	Agregat Halus FA
	No.30	0,600	17,6-22	20	80	6	72	
	No.50	0,300	11,4-16	14	86	6	72	
	No.100	0,150	4-10	7	93	7	84	
	No.200	0,075	3-6	4,5	95,5	2,5	30	
	Filler				100	4,5	54	Filler (FF)

Sumber : Spesifikasi umum 2010 (Revisi 2), PU-Bina Marga

b. Penentuan Variasi Kadar Aspal

Sebagai suatu titik awal dalam proses pemilihan campuran kerja adalah penting untuk menentukan suatu Resep Campuran Nominal yang memenuhi persyaratan gradasi dan kadar bitumen pada spesifikasi. Untuk menentukan kadar aspal optimum, maka dilakukan penentuan variasi kadar aspal yang dibutuhkan untuk setiap variasi benda uji. Komponen-komponen campuran-campuran percobaan dan campuran kerja sudah pasti dalam arti "Fraksi Rencana" yang disyaratkan yang didefinisikan sebagai berikut :

CA : Fraksi agregat kasar = Persen dari total berat campuran dari berat material yang tertahan pada saringan No.8 (*Coarse Aggregate*)

FA : Fraksi agregat halus = Persen dari total berat campuran dari berat material yang lolos saringan No.8 dan tertahan No.200 (*Fine Aggregate*)

FF : Fraksi bahan pengisi = Persen dari total berat campuran dari material yang lolos saringan No.200

Dari formula tersebut dibuat 5 variasi kadar aspal untuk menentukan kadar aspal optimum. Pembuatan untuk bahan benda uji yang digunakan sesuai dengan spesifikasi pada Tabel 3.1 sampai dengan 3.4. Sebelum membuat benda uji dengan perendaman 12 jam dan 24 jam, terlebih dahulu dilakukan pembuatan benda uji untuk mencari nilai kadar aspal optimum (KAO) dengan variasi kadar aspal 4% ; 4,5% ; 5% ; 5,5% ; dan 6% dari berat total. Nilai KAO ini akan dipakai sebagai persen dari jumlah benda uji untuk perendaman 0,5 jam dan 24 jam.

c. Rancangan Benda Uji

Pembuatan benda uji untuk perendaman 12 jam dan 24 jam dalam campuran aspal hampir sama dengan pembuatan benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO). Untuk variasi campuran masing-masing dibuat 3 (tiga) benda uji (*triplo*) denga jumlah tumbukan 2×75 kali. Prosedur dari pembuatan benda uji sesuai dengan RSNI M-01-2003.

Berdasarkan variasi kadar aspal dan jenis pengujian, maka jenis dan jumlah rancangan benda uji dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut ini.

Tabel 4.3 Jumlah Rancangan Benda Uji

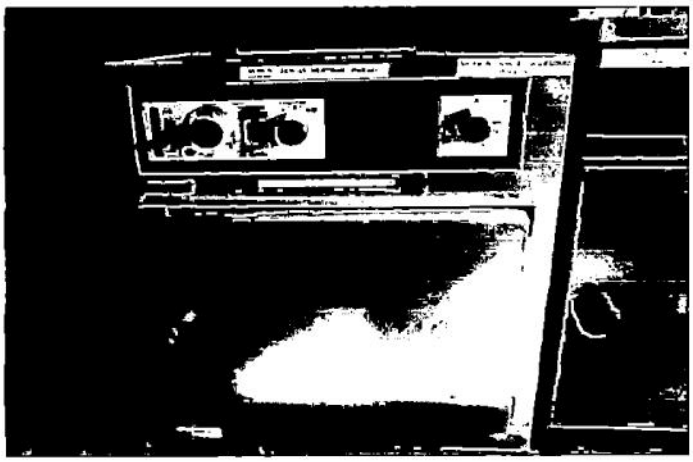
No	Jenis Benda Uji	Jumlah Benda Uji
1	Benda uji penentuan KAO (5 variasi campuran kadar aspal) untuk masing-masing variasi dengan jumlah benda uji 3 buah.	3 × 5 = 15
2	Benda uji Marshall Standar pada KAO dengan perendaman 12 jam pada suhu 60°C.	3
3	Benda uji Marshall Standar pada KAO dengan perendaman 24 jam pada suhu 60°C.	3
4	Jumlah Total Benda Uji	21

d. Pembuatan Benda Uji

Untuk pembuatan benda uji campuran perkerasan aspal diperlukan 1200 gram agregat yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi (*filler*), denga komposisi sesuai dengan rancangan campuran.

Urutan pelaksanaan pembuatan benda uji dalam penelitian ini adalah :

1) Sebelum dilakukan pencampuran, agregat dipanaskan terlebih dahulu di dalam oven hingga mencapai suhu antara 165°C - 175°C kemudian aspal AC 60/70 dipanaskan pada suhu 150°C - 160°C.



Gambar 4.20 Oven

2) Setelah suhu pada masing-masing bahan tercapai kemudian bahan-bahan tersebut dicampurkan dengan cara diaduk-aduk hingga kedua bahan tersebut tercampur dan homogen. Bahan yang telah homogen tersebut kemudian dimasukkan ke dalam cetakan (*mold*) dengan ukuran Ø 10,16 cm (4 inchi) dan tinggi 7,52 cm (3 inchi) yang telah disiapkan, kemudian ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 25 kali.

Gambar 4.21 Proses pencampuran bahan

Gambar 4.22 Campuran panas

3) Pemadatan standar dilakukan dengan alat penumbuk *Marshall* sebanyak 75 kali tumbukan pada masing-masing sisi.

Gambar 4.23 Proses penumbukan

4) Setelah dipadatkan, cetakan yang berisi benda uji didiamkan hingga mendingin pada suhu ruang yang dapat dibantu dengan kipas angin. Setelah

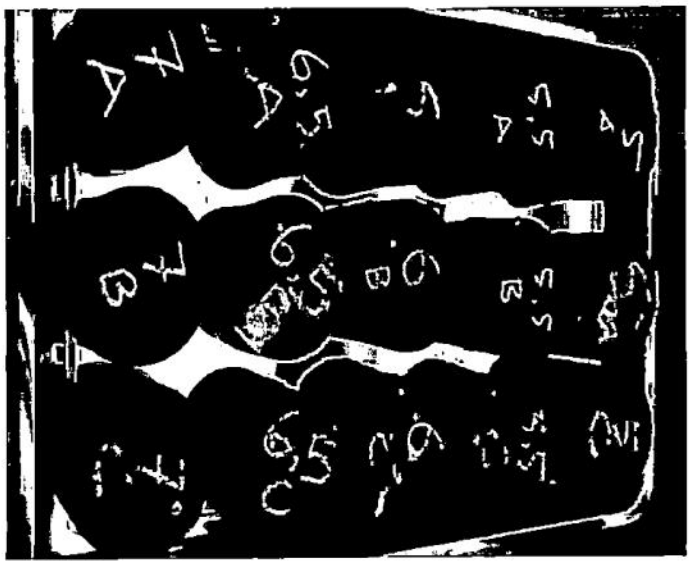
benda uji mendingin kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan menggunakan ejector, dan benda uji siap diuji dengan metode *marshall*.

Gambar 4.24 Proses pendinginan benda uji

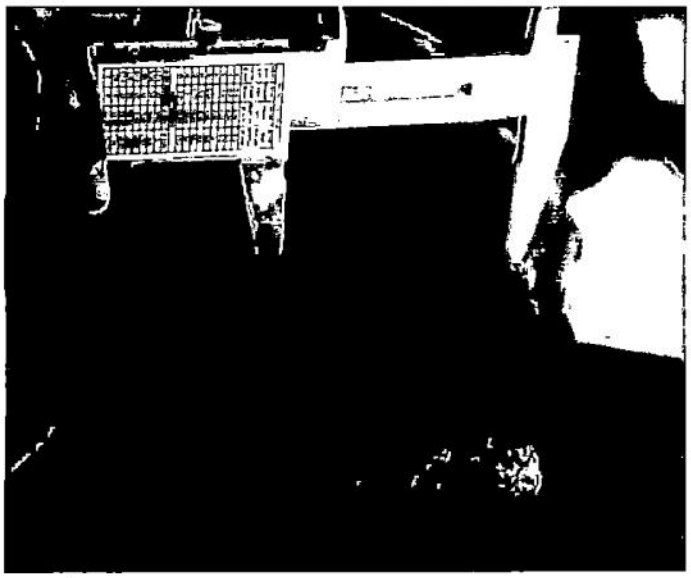
e. Tahap Pengujian Benda Uji dengan Metode Pengujian *Marshall*.

Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara :

1) Benda uji yang telah dikeluarkan dari cetakan didinginkan selama ±24 jam kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel, diberi tanda sebagai pengenal kemudian diukur tingginya dengan caliper ketelitian 0,1 mm.

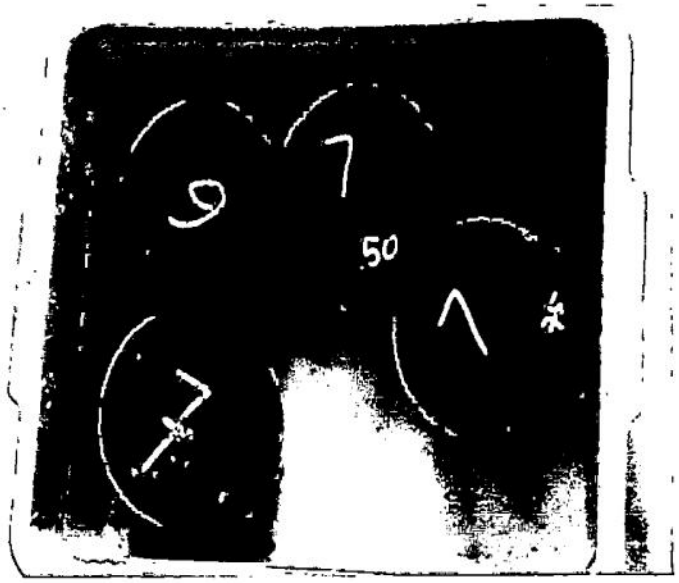


Gambar 4.25 Benda uji

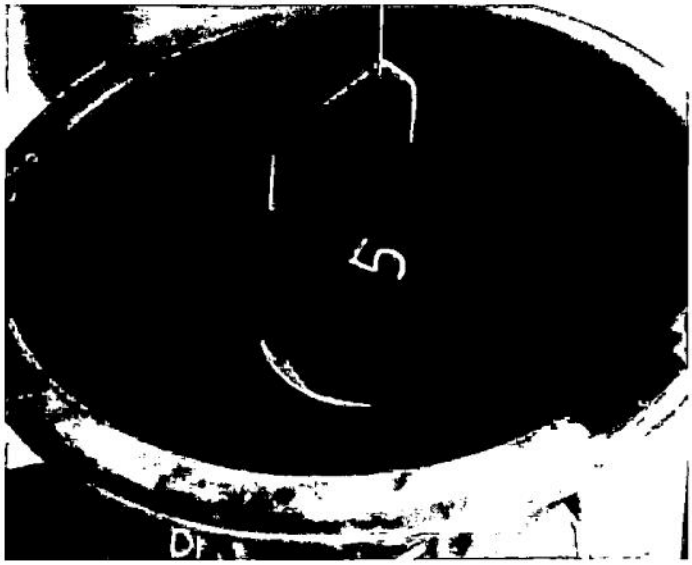


Gambar 4.26 Proses pengukuran

2) Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat keringnya dengan timbangan ketelitian 1 gram.
3) Benda uji direndam dalam air selama 5 menit kemudian ditimbang dalam air untuk mengetahui berat dalam airnya.

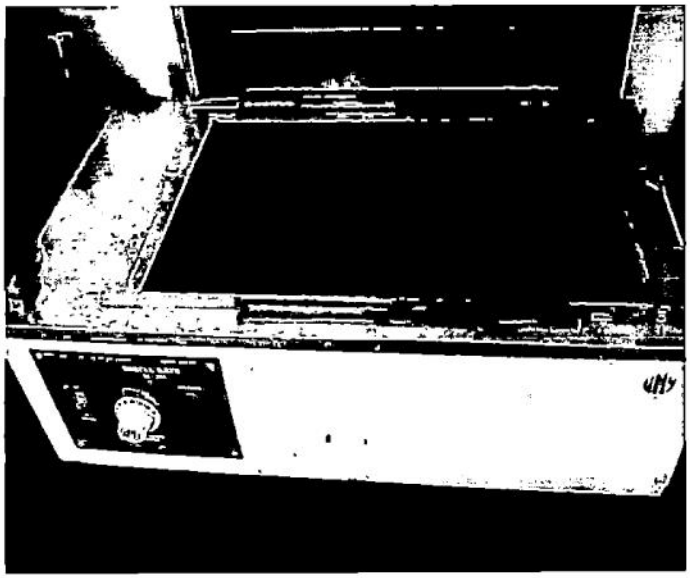


Gambar 4.27 Proses perendaman (5 menit)



Gambar 4.28 Penimbangan berat dalam air

4) Setelah dikeluarkan dari dalam bak perendaman, benda uji kemudian dikeringkan permukaannya kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering permukaannya (SSD).
5) Benda uji direndam dalam water bath selama 30-40 menit dengan suhu tetap 60°C ± 1°C.



Gambar 4.29 Proses perendaman benda uji

6) Setelah dikeluarkan dari *water bath*, benda uji diletakkan pada segmen bawah kepala penekan. Kemudian segmen atas dipasang dan diletakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.
7) *Flow* meter dipasang pada kedudukannya diatas salah satu batang penuntun.
8) Kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji kemudian diatur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
9) Penekan dimulai dengan kecepatan 50 mm/menit sampai pembebanan maksimum tercapai pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun. Pada saat itu dilakukan pembacaan arloji kelelehannya.
10) Setelah pembebanan selesai dilakukan, segmen atas diangkat dan benda uji diangkat dari kepala penekan.
11) Hal tersebut dilakukan serupa untuk benda uji lainnya.

E. Analisis Hasil Penelitian

Analisis hasil penelitian dilakukan terhadap kinerja campuran aspal panas terhadap karateristik *Marshall* yang terdiri dari parameter-parameter kepadatan (density), *Voids in the Mineral Aggregate* (VMA), *Voids in the Mix* (VIM), *Voids Filled with Asphalt* (VFA), stabilitas (*stability*), kelelehan (*flow*), dan *Marshall Quotient* (MQ). Analisis durabilitas dilakukan dengan perendaman menurut metode *Marshall.*

F. Metode Pengambilan Data

Teknik pengambilan dan pengumpulan data dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium pada benda uji yang dibuat. Jenis data yang terdapat di dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi dua, yakni data primer dan data sekunder.

Data primer dalam penelitian ini didapat dari percobaan yang telah dilakukan selama dilaboratorium dan percobaan dalam penelitian ini disesuaikan dengan petunjuk manual yang ada. Demikian juga untuk pemeriksaan agregat alam (agregat kasar dan agregat halus), pengujian aspal serta pengujian untuk setiap sampel.

Untuk data sekunder berupa referensi dari penelitian terdahulu karena data sekunder merupakan data yang diperoleh tanpa melakukan percobaan secara langsung, seperti untuk data bahan susun benda uji yaitu data hasil pengujian daktilitas (*ductility*), titik nyala (*flash point*), angularitas agregat halus, *sand equivalent* dan kelarutan dalam CCL_4 (*solubility*).

G. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini, untuk pengujian agregat, aspal, pembuatan benda uji, pengujian *Marshall* untuk mencari kadar aspal optimum dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY).

H. Presentasi Hasil

a. Pengujian *Marshall*

Untuk pengujian *Marshall* diperoleh data yang akan dijadikan dasar perhitungan yakni VMA, VIM, VFA, stabilitas dan *flow*. Nilai stabilitas dan *flow* didapatkan dari pengujian menggunakan alat uji *Marshall*, sedangkan VMA, VIM, dan VFA ditentukan melalui penimbangan benda uji dan perhitungan (berat kering, berat kering permukaan dan berat dalam air). Dari data yang diperoleh dibuat suatu analisis hubungan yang disajikan dalam grafik hubungan antara :

1. Kadar aspal dengan *VMA.*
2. Kadar aspal dengan *VIM.*
3. Kadar aspal dengan *VFA.*
4. Kadar aspal dengan stabilitas.
5. Kadar aspal dengan *flow.*
6. Kadar aspal dengan *Quotient Marshall*

b. Pengujian durabilitas (Keawetan Campuran)

Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan. Berdasarkan pengujian *Marshall* dengan kadar aspal optimum diperoleh data yang akan dijadikan dasar perhitungan untuk mendapatkan nilai kuat indeks durabilitas. Nilai indeks Durabilitas disebut juga dengan Indeks Stabilitas Sisa diperoleh dengan membandingkan antara nilai stabilitas pada kondisi standar yaitu direndam dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 24 jam dengan kondisi perendaman yang sama selama 12 jam. Indeks Stabilitas Sisa dinyatakan dalam *Retained Marshall Stability* (RMS).