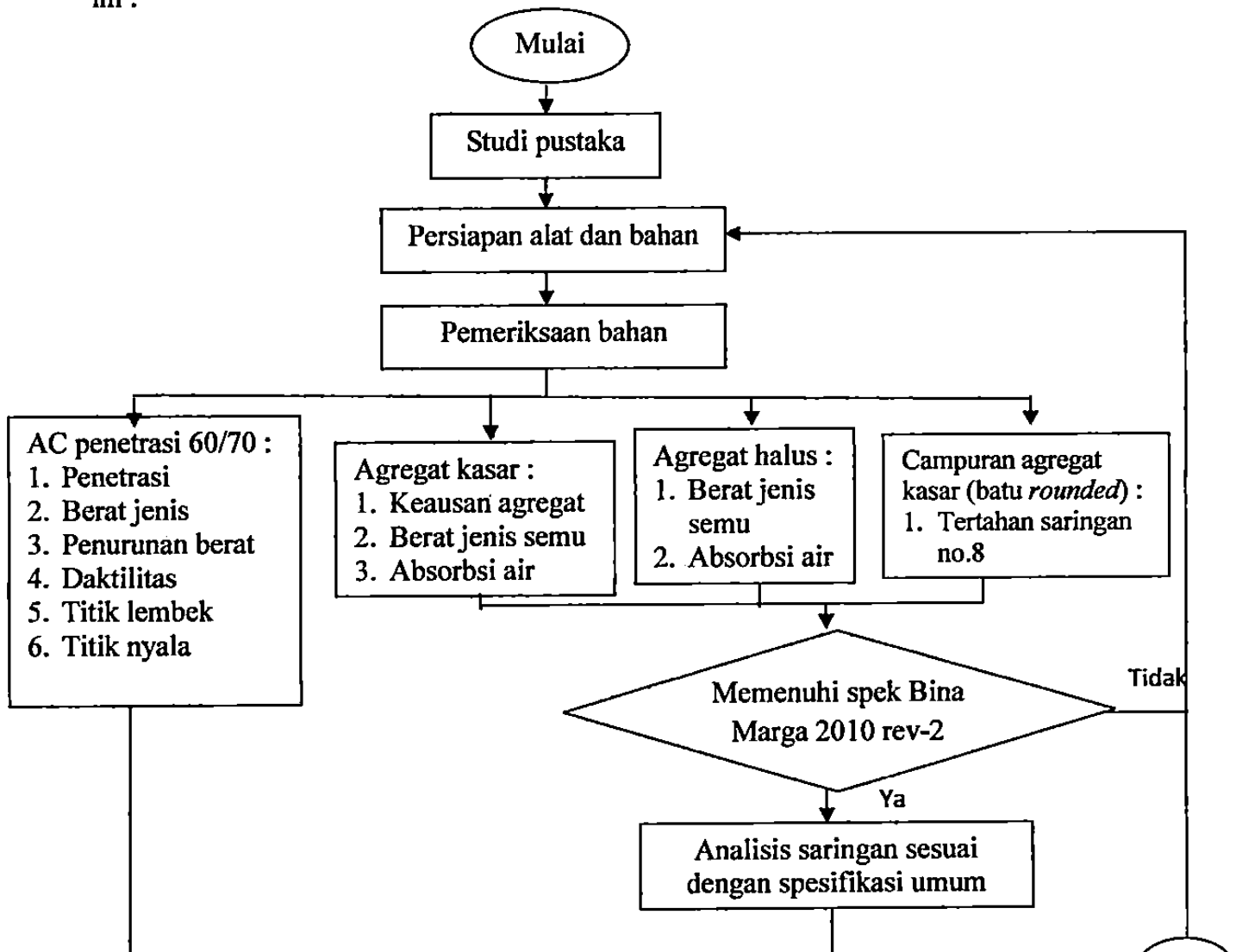
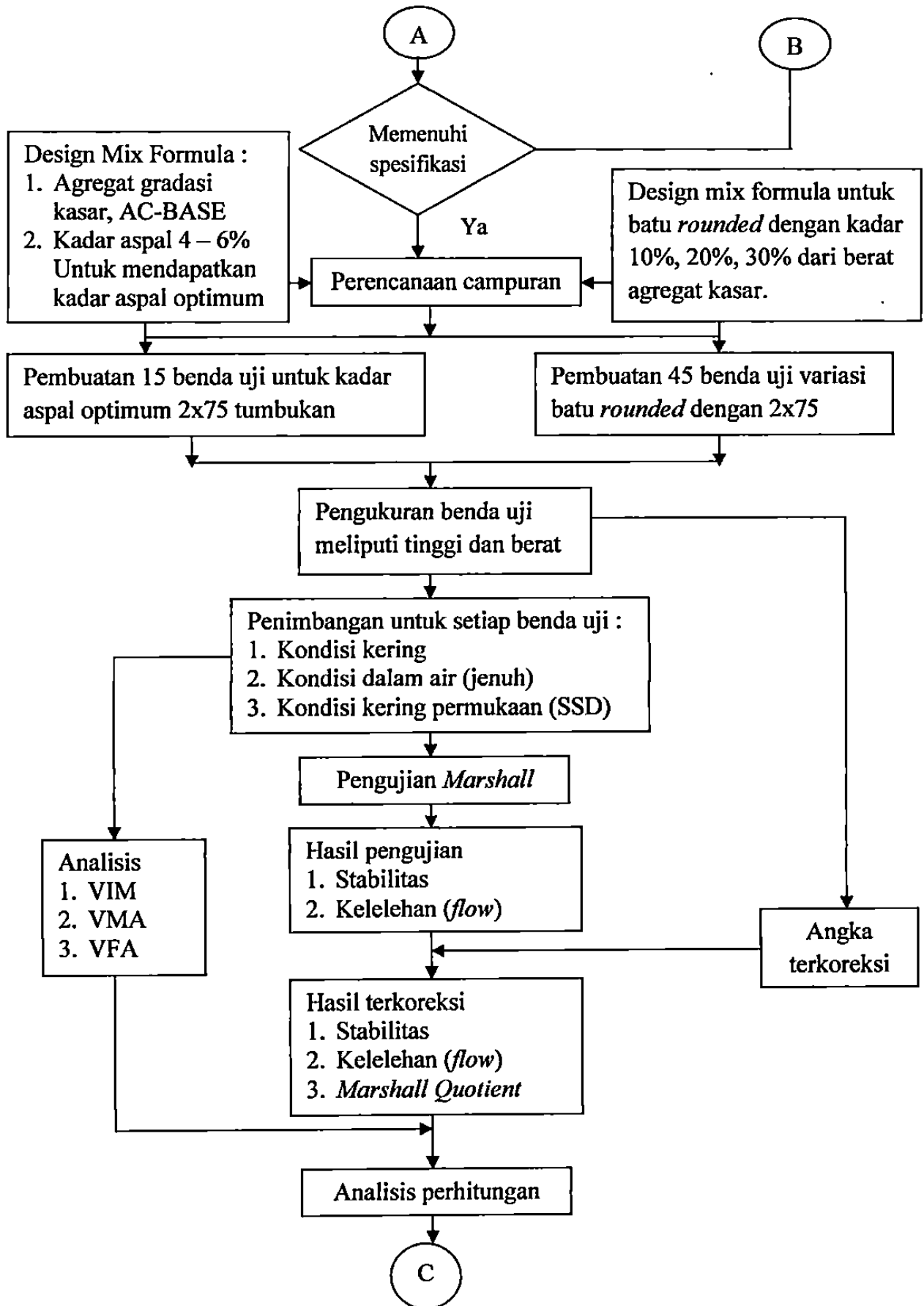


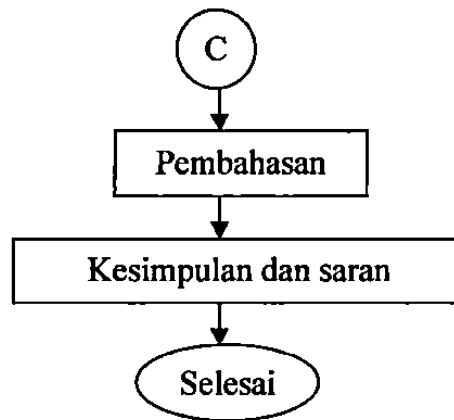
## BAB IV METODE PENELITIAN

### 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 (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 Muhammadiyah Yogyakarta; antara lain :

#### 1. Peralatan uji aspal

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

#### 2. Peralatan uji 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,



Gambar 4.4 Contoh satu set saringan



Gambar 4.5 Alat uji mesin *Los Angeles*

### 3. Alat pembuatan benda uji

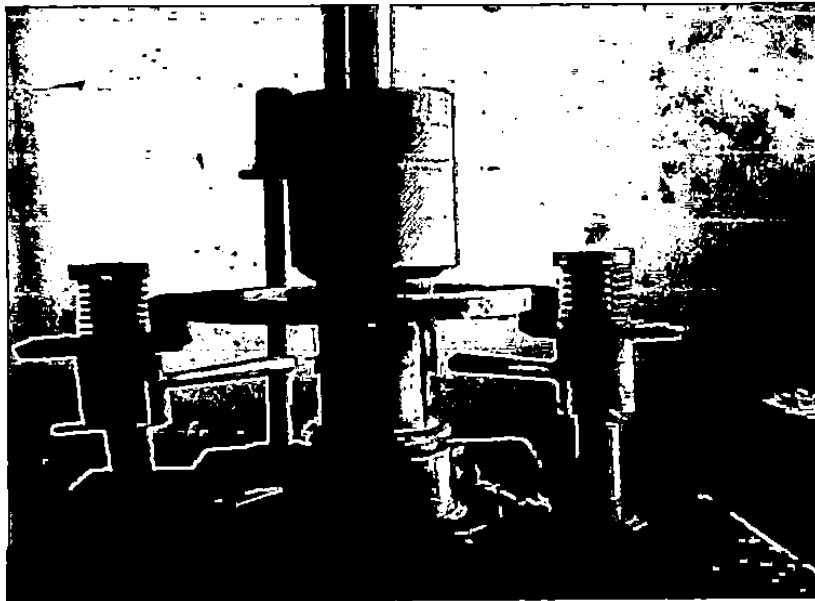
Dalam pembuatan benda uji *Marshall* terdiri dari :

- Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran diameter 102 mm (4



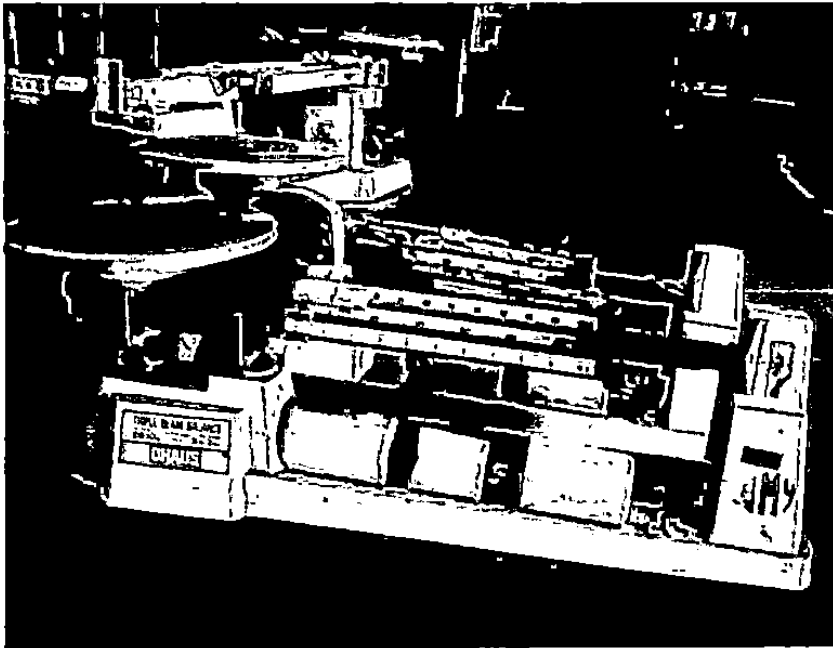
Gambar 4.6 Cetakan benda uji (selinder)

- 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).



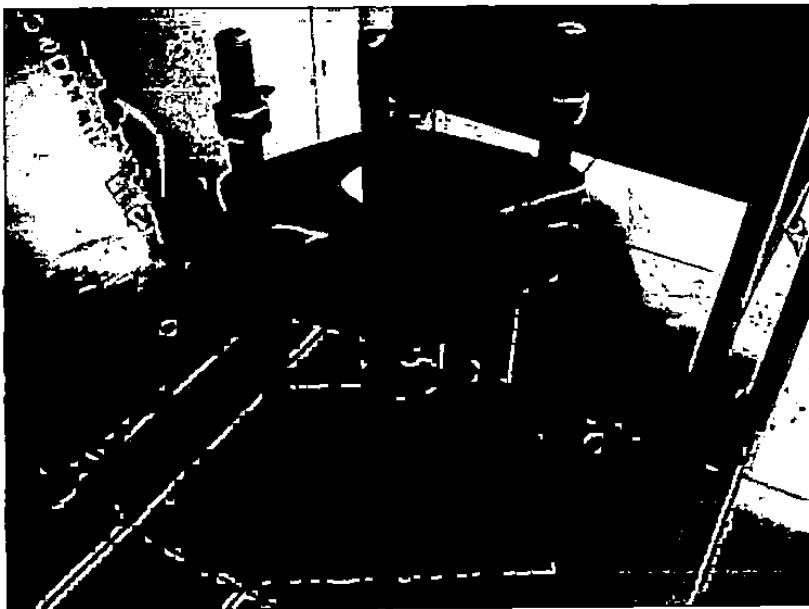
Gambar 4.7 Alat penumbuk

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



Gambar 4.8 Alat timbangan

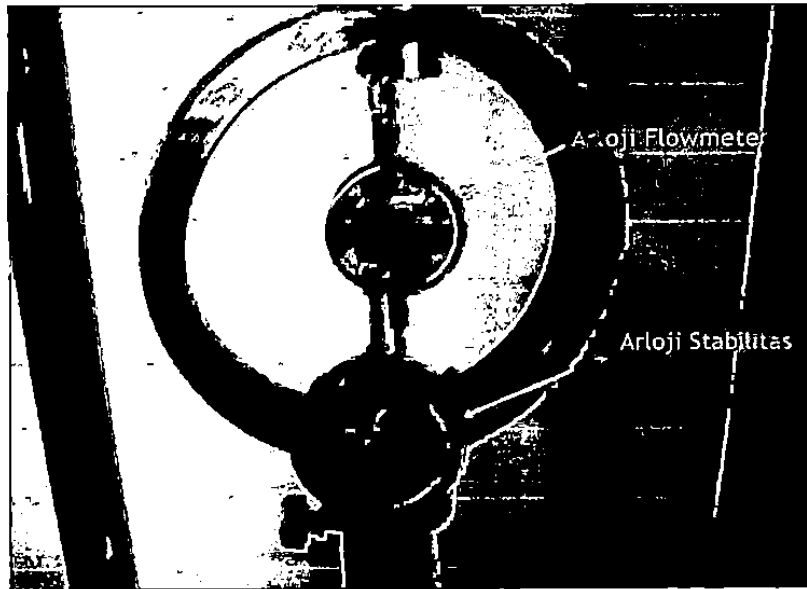
- e. Alat untuk mengeluarkan benda uji dari cetakan setelah dipadatkan (*ejector*).



Gambar 4.9 *Ejector* atau dongkrak

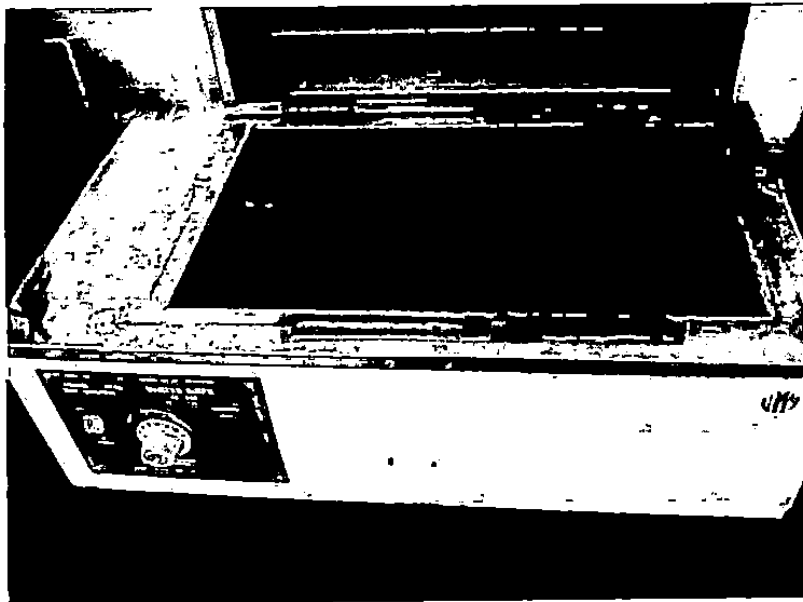
#### 4. Peralatan pengujian *Marshall*

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



Gambar 4.10 kepala penekan pada *Marshall*

- b. Bak perendam (*water bath*) dengan kedalaman 150 mm dan dilengkapi dengan pengatur suhu pada  $(60 \pm 1)^\circ \text{C}$ .



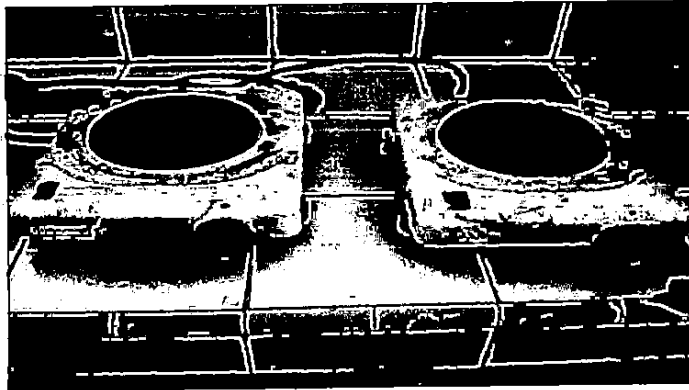
Gambar 4.11 *Water bath* (bak perendam)

5. Alat-alat penunjang meliputi *thermometer*, panci pencampur, sendok

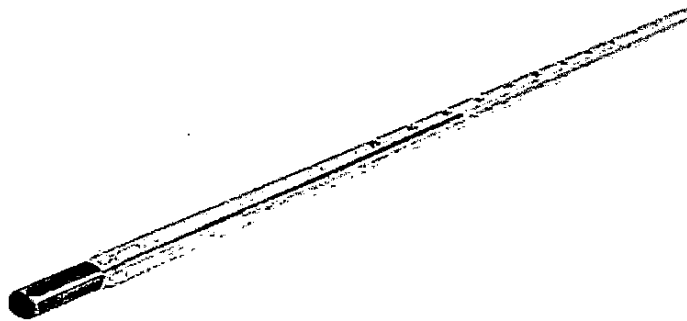
pemanas agregat dan aspal, termometer untuk mengukur suhu, kaliper untuk mengukur dimensi dari benda uji serta pengaduk.



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

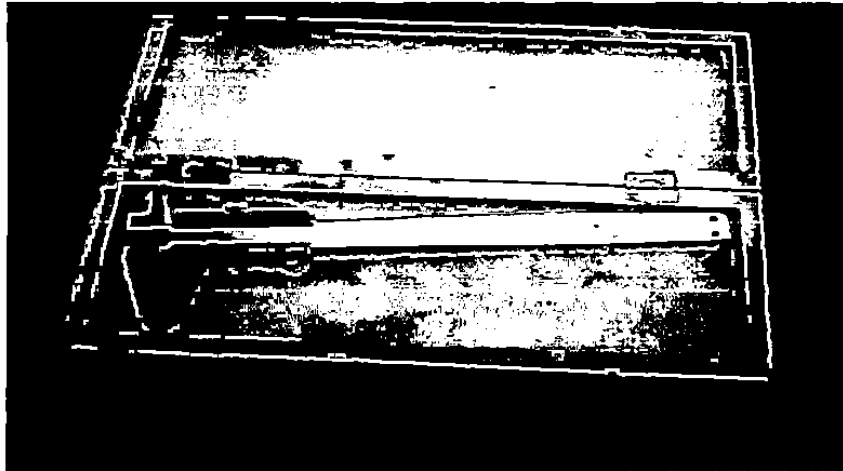


Gambar 4.13 Kompor listrik



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.
- b. Agregat kasar, digunakan batu pecah yang berasal dari Clereng. Agregat halus, berasal dari Kali Progo serta *filler* yang digunakan berupa abu batu.
- c. Batu *rounded*, didapat dari Kali Progo yang telah memenuhi spesifikasi dan tertahan saringan no 8.

### D. Tahapan Penelitian

#### 1. Tahapan persiapan alat dan bahan

Pada tahapan ini, persiapan alat berupa pengecekan kondisi untuk setiap alat bahwa alat dalam kondisi bersih dan baik sehingga tidak mengganggu selama proses penelitian berlangsung seperti timbangan yang harus dikalibrasi terlebih dahulu agar tidak terjadi kesalahan dalam proses penimbangan untuk setiap bahan-bahan, sehingga hasil yang didapat mendekati maksimal.

Untuk persiapan bahan berupa pengadaan bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian yakni agregat kasar, agregat halus serta batu *rounded* yang telah

## 2. Pemeriksaan bahan

Pada penelitian ini bahan-bahan yang akan digunakan seperti agregat kasar, agregat halus serta batu *rounded* sebagai campuran sebelumnya harus dilakukan pemeriksaan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bahan tersebut layak digunakan sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Pemeriksaan agregat kasar dan agregat halus ditunjukkan pada Tabel 4.2. Tabel 4.3 dan untuk pemeriksaan aspal ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.2. Metode pengujian agregat kasar dan halus

| No | Jenis Pengujian  | Standar Rujukan                      | Persyaratan   |               | Satuan |
|----|--|--------------------------------------|---------------|---------------|--------|
|    |  |                                      | Agregat kasar | Agregat halus |        |
| 1. | Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat | SNI 03-3407-2008                     | Maks 12       |               | %      |
| 2. | Kelekatan agregat terhadap aspal                                       | SNI 03-2439-1991                     | MIN 95        |               | %      |
| 3. | Abrasi dengan mesin Los Angeles  | SNI 03-2417-2008                     | Maks 40       |               | %      |
| 4. | Berat jenis semu   | SNI 03-1969-1990<br>SNI 03-1970-1990 | Min 2,5       | Min 2,5       |        |
| 5. | Absorpsi air   | SNI 03-1969-1990<br>SNI 03-1970-1990 | Maks 3        | Maks 3        | %      |
| 6. | Partiket pipih dan lonjong   | ASTM D4791<br>perbandingan 1:5       | Maks 10       |               | %      |

Sumber : SNI 03-1737-1989

Tabel 4.3. Metode pengujian agregat halus

| Pengujian                                     | Standard                          | Nilai                             |
|---|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nilai Setara Pasir                            | SNI 03-4428-1997                  | Min 70% untuk AC bergradasi kasar |
| Material Lolos Ayakan No 200                  | SNI 03-4428-1997                  | Maks 8%                           |
| Kadar Lempung                                 | SNI 3423 : 2008                   | Maks 1%                           |
| Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10cm) | AASHITO TP 33 atau ASTM C 1252-93 | Min 45                            |
| Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10cm) | AASHITO TP 33 atau ASTM C 1252-93 | Min 40                            |

Tabel 4.4. Metode pengujian aspal keras AC 60/70

| No | Jenis Pengujian               | Standar Rujukan  | Persyaratan |      | Satuan  |
|----|-------------------------------|------------------|-------------|------|---------|
|    |                               |                  | Min         | Maks |         |
| 1. | Penetrasi (25 °C, 5 detik)    | SNI 06-2456-1991 | 60          | 79   | 0,1 mm  |
| 2. | Titik lembek                  | SNI 06-2434-1991 | 48          | 58   | °C      |
| 3. | Titik nyala dan titik bakar   | SNI 06-2433-1991 | 200         |      | °C      |
| 4. | Daktilitas (25°C, 5 cm/menit) | SNI 06-2432-1991 | 100         |      | cm      |
| 5. | Penurunan berat               | SNI 06-2440-1991 |             | 0,8  | % berat |
| 6. | Berat jenis (25°C)            | SNI 06-2441-1991 | 1           |      | gr/cc   |

Sumber : Revisi SNI 03-1737-1989

### 3. Perencanaan campuran

Pada perencanaan campuran, gradasi agregat yang digunakan untuk campuran AC-Base diambil dari gradasi tengah Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi-2 (Seksi 6.3.2 hal 6-37). Kadar aspal yang digunakan dalam penelitian ini dengan variasi kadar aspal 4%, 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6%. Persen batu *rounded* yang digunakan yakni 10%, 20%, dan 30% dari berat agregat kasar.

### 4. Rancangan 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). Rancangan gradasi benda uji diperlihatkan dalam Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Gradasi Agregat untuk Campuran AC-BASE

| No | Ukuran Ayakan |       | % Berat yang lolos AC-WC | Target Benda Uji |
|----|---------------|-------|--------------------------|------------------|
|    | ASTM          | (mm)  |                          |                  |
| 1  | 1/5"          | 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              |

Tabel 4.6 Rancangan Gradasi Agregat Bahan Susun (AC-BASE)

| Bahan                      | Saringan |       | Spesifikasi Lolos (%) |         | Tinggal di atas (%) | Jumlah Bahan Menurut Spesifikasi |         | Ket                   |
|----------------------------|----------|-------|-----------------------|---------|---------------------|----------------------------------|---------|-----------------------|
|                            | Mm       | #     | Kisaran               | Agregat |                     | Tinggal (%)                      | Gradasi |                       |
| Agregat<br>1200 gr<br>100% | 1/5"     | 37,5  | 100                   | 100     | 0                   | 0                                | 0       | Agregat Kasar<br>(CA) |
|                            | 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<br>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)           |

Pembuatan untuk bahan benda uji yang digunakan sesuai dengan spesifikasi pada Tabel 4.5. s/d 4.6. Sebelum membuat benda uji dengan campuran batu *rounded*, terlebih dahulu dilakukan pembuatan benda uji untuk mencari nilai dari kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar aspal dimulai dari 4-6%, benda uji dibuat tripel sampel. Nilai KAO ini akan dipakai sebagai persen dari jumlah variasi.

Tabel 4.7 Data jumlah sampel Kadar Aspal Optimum (KAO).

| Jenis campuran              | Kadar aspal (%) | Pengujian Marshall |
|-----------------------------|-----------------|--------------------|
| Laston-AC-base              | 4               | 3                  |
|                             | 4.5             | 3                  |
|                             | 5               | 3                  |
|                             | 5.5             | 3                  |
|                             | 6               | 3                  |
| Total jumlah sampel 15 buah |                 |                    |

Pembuatan benda uji untuk campuran aspal dengan batu *rounded* hampir sama dengan pembuatan benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO). Proses pencampuran batu *rounded* dengan aspal dilakukan pada saat aspal sedang dipanaskan. Pemadatan untuk 15 benda uji dengan

RSNI M-01-2003. Data jumlah benda uji dan variasi dari batu *rounded* dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Data jumlah sampel berdasarkan variasi batu *rounded*.

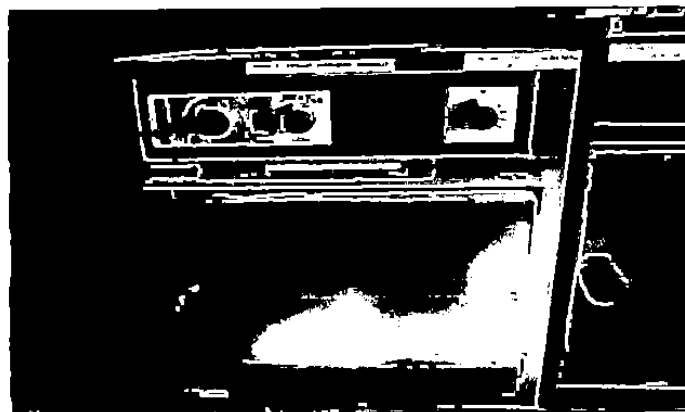
| Jenis campuran              | Kadar aspal (%) | Variasi batu <i>rounded</i> (%) | Pengujian Marshall |
|-----------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------|
| Laston-AC-base              | 4               | 10, 20, 30                      | 9                  |
|                             | 4,5             | 10, 20, 30                      | 9                  |
|                             | 5               | 10, 20, 30                      | 9                  |
|                             | 5,5             | 10, 20, 30                      | 9                  |
|                             | 6               | 10, 20, 30                      | 9                  |
| Total jumlah sampel 45 buah |                 |                                 |                    |

#### b. 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*), dengan 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 - 180°C.

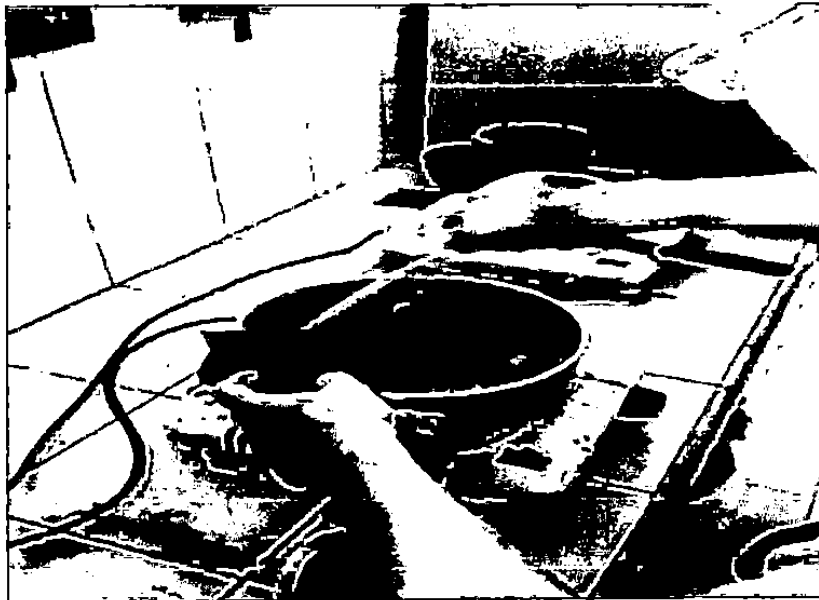


Gambar 4.15 Oven

- 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

... ..

dan tinggi 7,52 cm yang telah disiapkan, kemudian ditusuk-tusuk dengan spatula sebanyak 25 kali.



Gambar 4.16 Proses pencampuran bahan



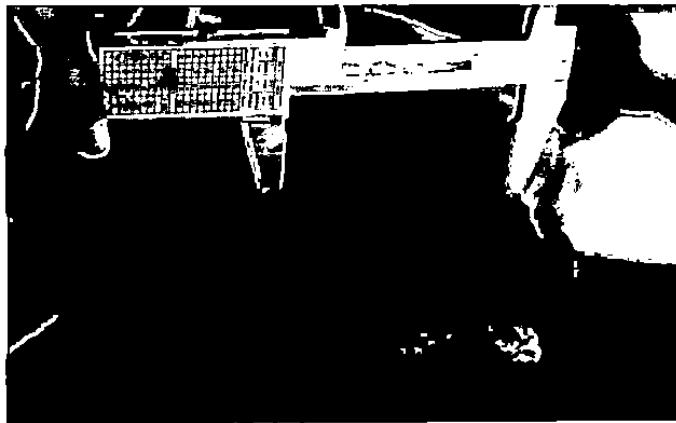
Gambar 4.17 Campuran panas

- 3) Pemasakan standar dilakukan dengan alat penumbuk *Marshall* sebanyak 75 kali tumbukan pada masing-masing.
- 4) Setelah dipadatkan, cetakan yang berisi benda uji dibiarkan hingga mendingin pada suhu ruang yang dapat dibantu dengan kipas angin. Setelah benda uji mendingin kemudian dikeluarkan dari cetakan dengan

c. Tahap Pengujian Benda Uji dengan Metode Pengujian Marshall.

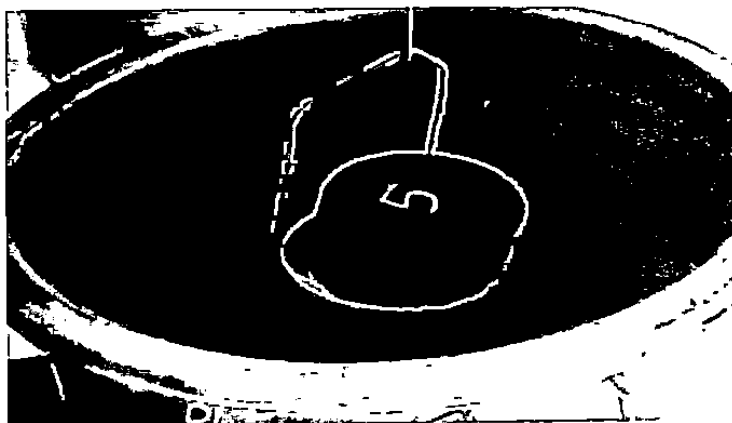
Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan cara :

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



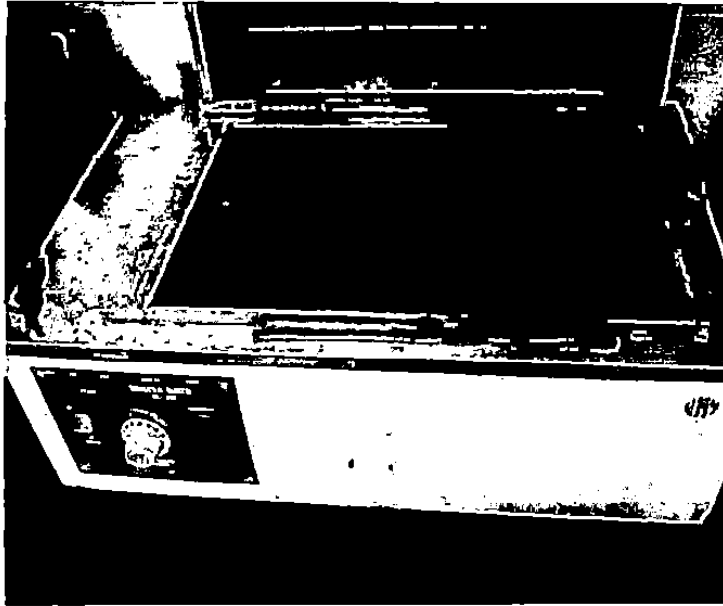
Gambar 4.18 Proses pengukuran

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



Gambar 4.19 Penimbangan berat dalam air

- 4) Setelah dikeluarkan dari dalam bak perendaman, benda uji kemudian dikeringkan permukaannya kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering permukaannya (SSD).



Gambar 4.20 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 karakteristik *Marshall* yang terdiri dari parameter-parameter kepadatan (density), *Void in the Mineral Aggregate* (VMA), *Void in the Mix* (VIM), *Void*



## F. Teknik Pengambilan Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data berupa pengujian di laboratorium serta didapat hasil dalam bentuk data primer. Data primer dalam penelitian ini didapat dari percobaan yang telah dilakukan selama di laboratorium dan percobaan dalam penelitian ini disesuaikan dengan petunjuk manual yang ada. Data primer pada penelitian ini berupa hasil pemeriksaan agregat alam (agregat kasar dan agregat halus), pengujian aspal serta pengujian untuk setiap sampel.

## 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. Analisis Data

### a. Pengujian Marshall

Untuk pengujian Marshall diperoleh data yang akan dijadikan sebagai dasar perhitungan yakni *VMA*, *VIM*, *VFA*, stabilitas dan *flow*. Nilai stabilitas dan *flow* didapatkan dari pengujian menggunakan uji Marshall, sedangkan *VMA*, *VIM* serta *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. Batu *rounded* & aspal dengan *VMA*.
2. Batu *rounded* & aspal dengan *VIM*.
3. Batu *rounded* & aspal dengan *VFA*.
4. Batu *rounded* & aspal dengan stabilitas.
5. Batu *rounded* & aspal dengan *flow*.