

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilaksanakan dengan membuat benda uji sesuai dengan standar dan ketentuan yang ada, serta penggunaan abu ampas tebu sebagai bahan pengisi (filler) dan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dalam pembuatan campuran aspal, dengan variasi persentase yang ditentukan atas pertimbangan dari referensi penelitian lainnya.

Penelitian Proyek Akhir ini dilaksanakan di Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta. Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan pengisi *filler* abu ampas tebu dan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar terhadap karakteristik *marshall* campuran aspal.

Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus, filler), aspal, dan pengujian terhadap campuran (uji marshall). Pengujian terhadap agregat termasuk analisa saringan, pemeriksaan berat jenis, dan penyerapan air. Untuk pengujian aspal termasuk juga pengujian penetrasi, titik nyala-titik bakar, titik lembek, dan berat jenis. Sedangkan metode yang digunakan sebagai penguji campuran adalah metode *Marshall*, dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*,

Void in the Mineral Aggregat (VMA), rongga di dalam campuran *Void In The Compacted Mixture* (VIM), rongga udara yang terisi aspal *Voids Filled with Bitumen* (VFB), dan hasil bagi *marshall/ Marshall Quotient* (MQ). Perbandingan campuran variasi penambahan komposisi bahan pengisi (filler) abu ampas tebu yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%.

Dari sumber yang dijadikan acuan serta data hasil pengujian yang telah dilaksanakan, digunakan untuk merencanakan pengujian KAO (Kadar Aspal Optimum) untuk pembuatan benda uji campuran aspal. Penentuan kadar aspal optimum untuk menetapkan besarnya kadar aspal efektif dalam campuran yang diperlukan untuk pembuatan benda uji baru dengan komposisi agregat sama tetapi dengan kadar aspal optimum yang telah ditentukan.

Pembuatan benda uji menggunakan metode basah sebagai metode pencampuranya, metode basah merupakan metode pencampuran dengan cara memanaskan aspal dan agregat terlebih dahulu pada tempat yang berbeda. Setiap benda uji akan diberikan nama atau kode tersendiri untuk memudahkan dalam pengidentifikasiannya serta pengelompokan, adapun susunan notasi kode sebagai berikut :

Tabel 3. Notasi Benda Uji KAO

Notasi Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah
KAO.1	5 %	1
KAO.2	5.5 %	1
KAO.3	6 %	1
KAO.4	6.5 %	1
KAO.5	7 %	1
Total		4

Keterangan :

KAO.1 = Kadar Aspal Optimum 1

Tabel 4. Notasi Benda Uji Aspal dengan Menggunakan Agregat Limbah Beton dan *Filler* Abu Ampas Tebu

Notasi Benda Uji	Jumlah	Abu Ampas Tebu		Aspal (gram)	Limbah Beton (gram)	Pasir (gram)
		%	gram			
ND 0%	1	1	0%	78	673,2	448,8
	2	1				
	3	1				
ND 5%	1	1	5%	22,44	673,2	426,36
	2	1				
	3	1				
ND 10%	1	1	10%	44,88	673,2	403,92
	2	1				
	3	1				
ND 15%	1	1	15%	67,32	673,2	381,32
	2	1				
	3	1				

Keterangan:

ND.0% = Aspal Abu Ampas Tebu 0%

B. Variabel Kajian

Variabel kajian dalam penelitian ini adalah variabel bebas, variabel terikat, dan variabel pengendali. Adapun hubungan masing variabel-variabel tersebut adalah variabel bebas bisa mengakibatkan perubahan pada variabel terikat, sedangkan variabel terikat merupakan akibat dari adanya variabel bebas, dan variabel pengendali (kontrol) berperan sebagai pengontrol atau dibuat konstan sehingga pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Adapun variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel bebas (Independent variables)

Variabel bebas merupakan salah satu variabel yang mempunyai pengaruh atau menjadi penyebab terjadinya perubahan terhadap variabel lainnya. Dengan kata lain merupakan faktor-faktor yang nantinya akan diukur, dipilih, dan dimanipulasi oleh peneliti untuk melihat hubungan diantara penelitian yang diteliti atau diamati. Sehingga dapat dikatakan bahwa perubahan yang terjadi pada variabel ini diasumsikan akan mengakibatkan terjadinya perubahan variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah variasi persentase kadar penambahan *filler* abu ampas tebu. Penelitian ini menggunakan penambahan abu ampas tebu dengan kadar 0%, 5%, 10%, dan 15%.

2. Variabel terikat (Dependent variables)

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, variabel terikat merupakan faktor-faktor yang diamati dan diukur oleh peneliti dalam sebuah penelitian. Variabel terikat keberadaannya menjadi suatu akibat dikarenakan adanya variabel bebas. Disebut variabel terikat karena kondisi atau variasinya terkait dan dipengaruhi oleh variasi variabel lain. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah jenis pengujian yang dilakukan pada aspal, yaitu hasil uji *Marshall* yang meliputi kepadatan (density), VIM (void in mix), VMA (void in mineral aggregate), VFA (void filled with asphalt), stabilitas, flow (peleahan), dan MQ (marshall quotient).

3. Variabel pengendali (kontrol)

Variabel kontrol merupakan variabel yang bersifat konstan dan dapat dikendalikan. Jenis variabel ini merupakan variabel yang dibatasi dan dikendalikan pengaruhnya sehingga tidak berpengaruh pada gejala yang sedang diteliti, dengan kata lain yaitu dampak dari variabel bebas terhadap variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Dalam suatu penelitian variabel kontrol berperan sebagai pembanding. Variabel kontrol dalam penelitian ini, antara lain:

a. Jumlah pemanasan

Jumlah pemanasan pada benda uji dilakukan sebanyak 75 kali tumbukan disetiap sisi.

b. Metode pencampuran

Pencampuran bahan dilakukan di dalam bak khusus untuk mencampur agregat, aspal, serta *filler*. Dengan berat total campuran sebesar 1200 gram.

c. Suhu

Suhu untuk agregat di bak kaleng pencampuran adalah 100°C, untuk pemanasan aspal mencapai suhu $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, sedangkan campuran aspal dengan *filler* dan agregat dengan suhu 110°C.

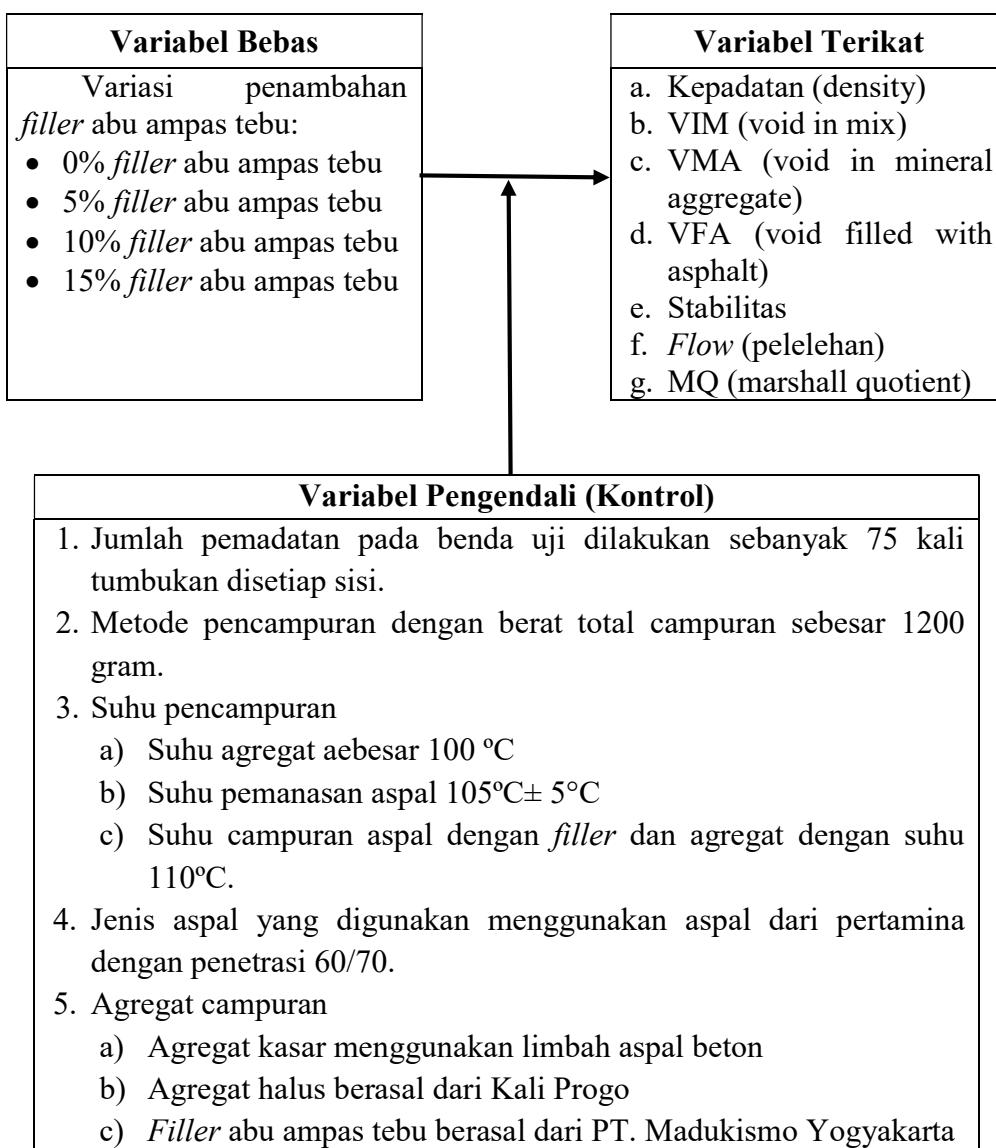
d. Jenis aspal

Aspal yang digunakan merupakan aspal dari pertamina dengan penetrasi 60/70.

e. Agregat

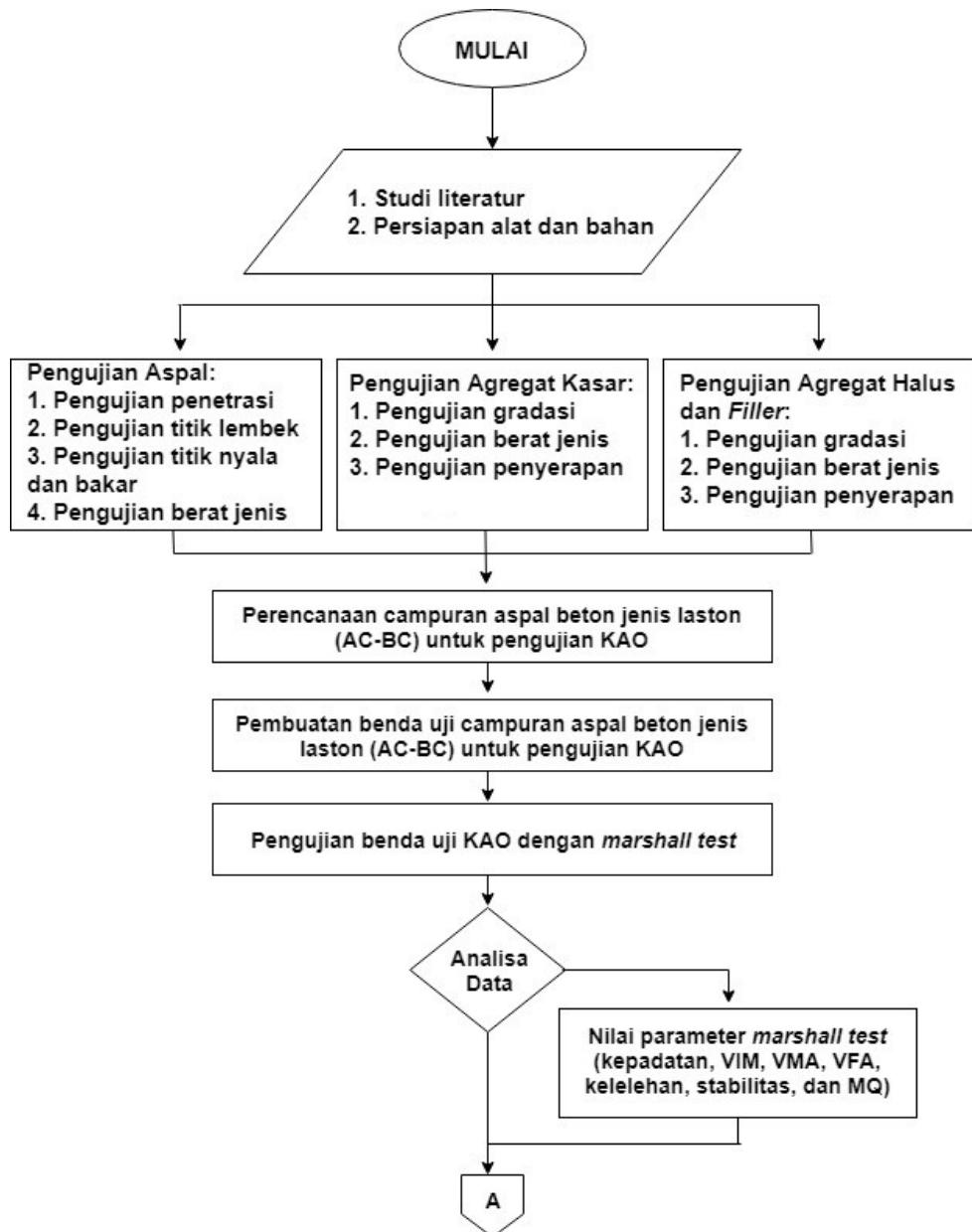
Agregat kasar yang digunakan adalah menggunakan limbah beton dengan fc 35 MPa, untuk agregat halus menggunakan pasir dari Kali Progo, sedangkan *filler* yang digunakan adalah *filler* abu ampas tebu dari pabrik gula PT. Madukismo Yogyakarta.

Adapun hubungan antar masing-masing variabel pada penelitian ini, dapat dilihat pada gambar berikut ini:

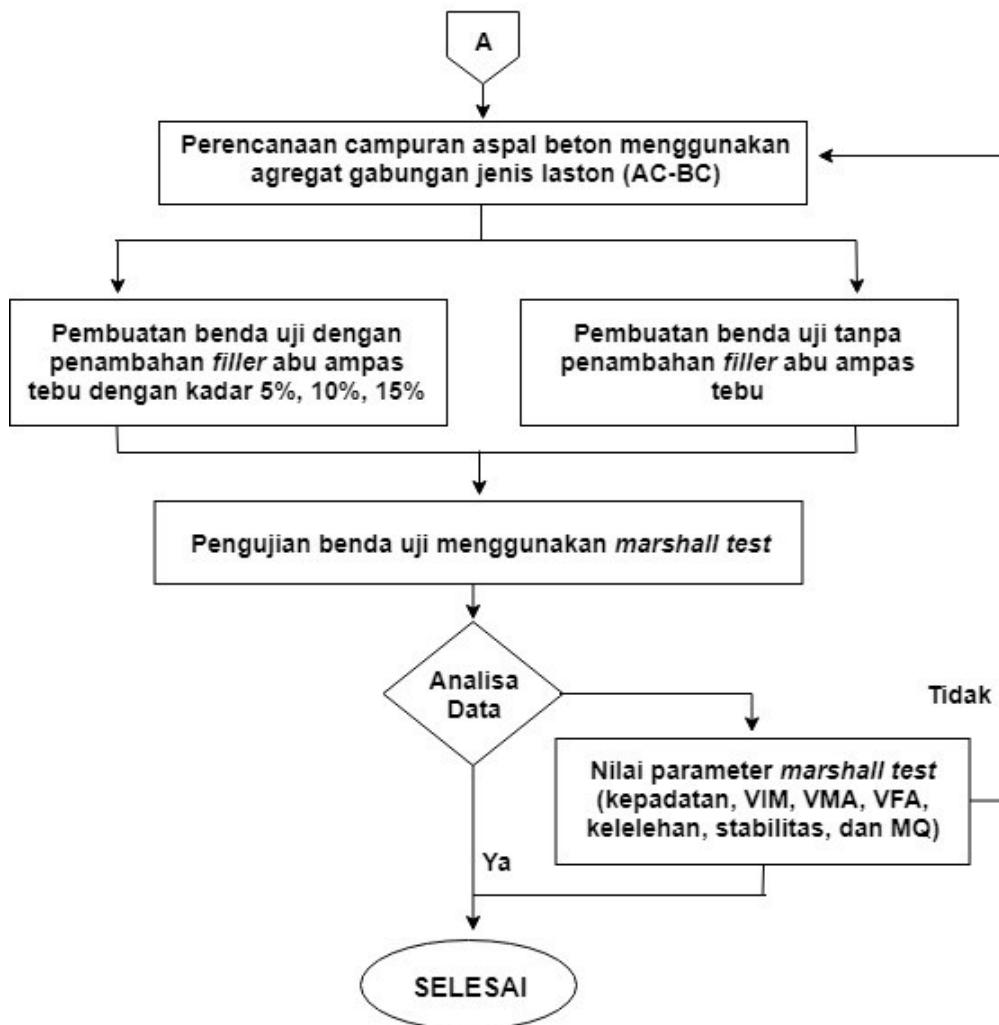


C. Diagram Alir Penelitian

Langkah kerja pada penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir (flowchart) berikut ini:



Gambar 2. Flowchart Langkah Kerja



Gambar 3. Flowchart Langkah Kerja (lanjutan)

D. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian proyek akhir ini antara lain:

1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan adalah dengan menggunakan limbah beton yang berasal dari limbah pengujian yang diambil dari Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, dengan fc 35 Mpa yang sudah dipecahkan

dan diayak menurut fraksi yang dikehendaki untuk campuran beton aspal panas yaitu lolos saringan 19,1 mm atau sekitar 2 cm.



Gambar 4. Limbah Beton

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah hasil pecahan kecil/tumbukan dari agregat bantak yang memenuhi syarat agregat halus dan diayak menurut fraksi yang dikehendaki untuk campuran beton aspal panas, yang diambil dari Kali Progo.



Gambar 5. Agregat Halus

3. Bahan Pengisi (Filler)

Bahan pengisi (filler) yang digunakan adalah abu ampas tebu yang berasal dari limbah PT. Madukismo Yogyakarta. *Filler* yang digunakan adalah abu ampas tebu yang lolos pada saringan #200.



Gambar 6. Bahan Pengisi (Filler)

4. Bahan Pengikat (aspal)

Bahan pengikat (aspal) yang digunakan adalah aspal merk pabrikan Pertamina dengan penetrasi 60/70.



Gambar 7. Aspal

5. Kerosin

Minyak tanah atau kerosin merupakan bahan bakar hidrokarbon yang diperoleh sebagai hasil penyulingan minyak bumi dengan titik didih yang lebih tinggi daripada bensin. Minyak tanah berfungsi untuk menghilangkan bekas aspal pada peralatan dan tangan saat praktikum. *Kerosine* yang digunakan merupakan kerosine produk dari Pertamina.



Gambar 8. Kerosin

6. Oli

Oli digunakan untuk melumasi *mould* ketika benda uji akan dicetak, dengan tujuan agar benda uji tidak merekat dengan permukaan *mould* dan agar dapat mudah ketika dilepas.



Gambar 9. Oli

7. Kertas Pelapis

Kertas pelapis digunakan untuk melapisi bagian dasar *mould* agar campuran aspal tidak langsung bersinggungan dengan *mould*, kertas yang digunakan adalah kertas *kalkir*.



Gambar 10. Kertas Pelapis

8. Air Es

Air es digunakan untuk pengujian penetrasi yang bertujuan untuk menurunkan suhu aspal sesuai dengan persyaratan yaitu sampai suhu $5\pm1^{\circ}\text{C}$.



Gambar 11. Air Es

9. Spritus

Spiritus adalah bahan penunjang dari percobaan ini. Spritus digunakan untuk menyalaikan sumber api.



Gambar 12. Spiritus

E. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan benda uji campuran aspal dengan penggunaan limbah beton sebagai agregat dan abu ampas tebu sebagai *filler* dapat dikelompokan kedalam beberapa kelompok yaitu, penunjang pengujian karakteristik aspal yang meliputi (pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan bakar), alat penunjang pengujian material, alat pembuatan benda uji, alat penunjang pengujian karakteristik *marshall*, dan alat umum penunjang pengujian.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat Penunjang Pengujian Karakteristik Aspal

- a. Alat Penunjang Pengujian Penetrasi

Alat penunjang pengujian penetrasi merupakan semua alat yang dipakai untuk pengujian penetrasi. Adapun alat-alat tersebut meliputi:

- 1) Cawan

Cawan terbuat dari logam yang berbentuk silinder dengan dasar yang rata-rata berukuran dengan tinggi 35 mm dan diameter 55 mm untuk penetrasi <200, sedangkan tinggi 45 mm dan diameter

70 mm dengan nilai penetrasi 200-300 (SNI 06-2456-1991). Cawan dalam pengujian pembakaran ini berfungsi sebagai tempat aspal ketika dipanaskan.



Gambar 13. Cawan

2) *Stopwatch*

Stopwatch dipergunakan untuk menghitung waktu lamanya proses pemanasan aspal hingga didapatkan suhu yang diinginkan. Menurut SNI 06-2456-1991 untuk pengukuran penetrasi dengan tangan diperlukan *stopwatch* dengan skala pembagian terkecil 0,1 detik atau kurang dari kesalahan tertinggi 0,1 detik. Untuk pengukuran penetrasi dengan alat, otomatis kesalahan alat tersebut tidak boleh melebihi 0,1 detik untuk setiap 60 detik.



Gambar 14. *Stopwatch*

3) Penetrometer

Penetrometer berfungsi untuk mengukur penetrasi aspal, menurut SNI 06-2456-1991 penetrometer harus terbuat dari *stainless steel* dan dari bahan yang kuat, Grade 440-C atau yang setara, HRC 54 sampai 60. Ukuran dan bentuk jarum harus memenuhi standar, yaitu :

- a) Jarum standar memiliki panjang sekitar 50 mm sedangkan jarum panjang memiliki panjang sekitar 60 mm.
- b) Diameter jarum antara 1,00 mm sampai dengan 1,02 mm.
- c) Ujung jarum berupa kerucut terpancung dengan sudut antara $8,7^\circ$ dan $9,7^\circ$.
- d) Ujung jarum harus terletak satu garis dengan sumbu badan jarum.
- e) Perbedaan total antara ujung jarum dengan permukaan yang lurus tidak boleh melebihi 0,2 mm.
- f) Diameter ujung kerucut terpancung 0,14 mm sampai 0,16 mm dan terpusat terhadap sumbu jarum.
- g) Ujung jarum harus runcing, tajam dan halus.
- h) Panjang bagian jarum standar yang tampak harus antara 40 sampai 45 mm sedangkan untuk jarum panjang antara 50 mm - 55 mm.
- i) Berat jarum harus $2,50 \text{ gram} \pm 0,05 \text{ gram}$

- j) Jarum penetrasi yang akan digunakan untuk pengujian mutu aspal harus memenuhi kriteria tersebut di atas disertai dengan hasil pengujian dari pihak yang berwenang.



Gambar 15. Penetrometer

b. Alat Penunjang Pengujian Titik Lembek

Alat penunjang pengujian titik lembek merupakan semua alat yang dipakai untuk menunjang pengujian titik lembek aspal. Adapun alat-alat tersebut meliputi :

1) Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan silinder berbahan kaca dengan petunjuk ukuran isi yang berfungsi sebagai wadah air untuk dipanaskan dalam pengujian titik lembek. Umumnya bahan yang digunakan untuk tabung ukur adalah kaca *pirex* yang kuat dan tahan dalam suhu tinggi. Gelas ukur tahan panas, mempunyai ukuran diameter dalam tidak kurang dari 85 mm dan tinggi tidak kurang dari 120 mm dari dasar bejana yang mendapat pemanasan (SNI 2434 - 2011).



Gambar 16. Gelas Ukur

2) Cincin Penguji (Profing Ring)

Cincin penguji merupakan benda satu pasangan berbentuk *ring* yang dapat disatukan dengan kapasitas 45 gram. Berdasarkan SNI 06-2434-1991, dua cincin yang terbuat dari bahan kuningan, berfungsi sebagai tempat aspal dan bola baja, memiliki ukuran 19,8 mm untuk sisi bawah dan 15,9 mm untuk sisi atas, serta cincin pengarah bola dengan ukuran diameter 23,0 mm dan lubang untuk bola sebesar 9,5 mm.



Gambar 17. Cincin Penguji

3) Bola Baja

Berdasarkan SNI 06-2434-1991, dua bola berdiameter 9,5 mm, setiap bola mempunyai berat $3,5 \pm 0,005$ gram, berfungsi sebagai beban pada aspal untuk pengujian titik lembek.



Gambar 18. Bola Baja

4) Pelat Penghantar

Pelat pengantar berfungsi sebagai media perantara antara kompor dengan gelas ukur, sehingga apabila panas yang mengenai dasar tabung ukur rata maka risiko pecah akibat kenaikan panas yang signifikan tidak akan terjadi.



Gambar 19. Plat Penghantar

c. Alat Penunjang Pengujian Titik Nyala dan Bakar

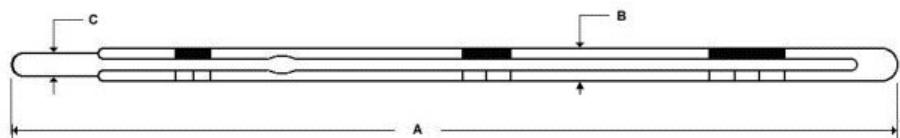
Alat penunjang pengujian titik nyala dan bakar merupakan semua alat yang dipakai untuk menunjang pengujian titik nyala dan bakar aspal.

Adapun alat-alat tersebut meliputi :

1) *Thermometer*

Pada penelitian ini, termometer dipergunakan untuk membaca suhu aspal saat sedang dipanaskan. *Thermometer* harus sesuai dengan SNI 19-6421-2000. *Thermometer* harus dikalibrasi dengan maksimum kesalahan skala tidak melebihi $0,1^{\circ}\text{C}$ atau dapat juga digunakan pembagian skala *thermometer* lain yang sama ketelitiannya dan kepekaannya. Karena aspal dipanaskan dengan suhu tinggi, maka untuk mengetahui berapa suhu aspal tersebut harus digunakan *thermometer* dengan skala/ angka lebih dari 300°C .

Pengukuran suhu untuk benda uji titik nyala dan titik bakar aspal syarat dan ketentuan yang tertera pada SNI 16-6421-2000



Gambar 20. Spesifikasi Termometer

Keterangan gambar:

- a) $A = 386 \text{ mm}$
- b) $B = 6,0 \text{ sampai dengan } 7,0 \text{ mm}$
- c) $C = 5,0 \text{ sampai dengan } 6,0 \text{ mm}$

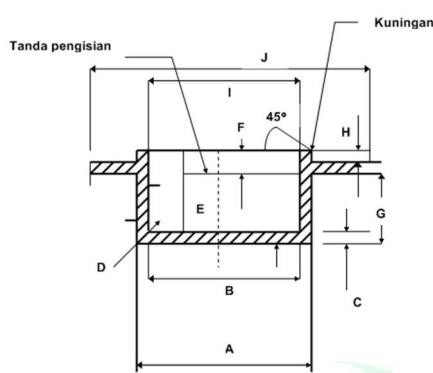
- d) Daerah pengukuran 20°C sampai dengan 400°C dengan skala terkecil 10°C dan terbesar 100°C



Gambar 21. *Thermometer*

2) *Cleveland Cup*

Fungsi cawan *Cleveland* adalah sebagai tempat memanaskan aspal pada saat proses pengujian. Menurut SNI 2433-2011 diameter dalam minimum 63 mm hingga 64 mm, tinggi 31 mm hingga 32.5 mm. Cawan *cleveland open cup* dibuat dari besi tebal dengan tujuan agar tahan apabila dipanaskan dalam suhu yang tinggi.



Gambar 22. Spesifikasi Cawan *Cleveland Cup*

Keterangan ukuran gambar berturut-turut:

- $A = 67.5$ sampai dengan 69 mm
- $B = 63$ sampai dengan 64 mm

- c) $C = 2.8$ sampai dengan 3.5 mm
- d) $D = 4$ mm
- e) $E = 32.5$ sampai dengan 34 mm
- f) $F = 9$ sampai dengan 10 mm
- g) $G = 31$ sampai dengan 32.5 mm
- h) $H = 2.8$ sampai dengan 3.5 mm
- i) $I = 67$ sampai dengan 70 mm
- j) $J = 97$ sampai dengan 100 mm



Gambar 23. Cawan *Cleveland Cup*

3) Sumber Api

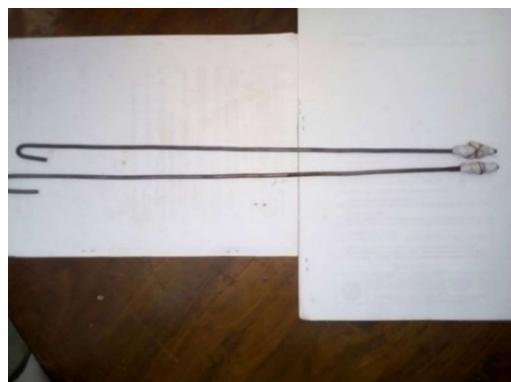
Berupa dari pembakaran spritus atau tungku api yang tidak menimbulkan asap atau nyala disekitar bagian atas cawan



Gambar 24. Sumber Api

4) Besi Penguji

Sebagai alat yang dapat memberikan nyala api, berdasarkan SNI 2433-2011 nyala api penguji dan diameter api penguji antara 3,2 mm sampai dengan 4,8 mm, atau nyala api penguji seukuran dengan ujung pipa api penguji.



Gambar 25. Besi Penguji

5) Penjepit Termometer

Penjepit ini digunakan untuk menjepit termometer saat pengujian titik nyala dan titik bakar aspal berlangsung. Termometer dijepit agar ujung dari thermometer yang digunakan tidak menyentuh dasar dari cawan, agar suhu yang terbaca murni dari panas aspal.



Gambar 26. Penjepit Termometer

6) Korek Api

Dalam penelitian ini korek api digunakan sebagai pemantik/sumber api untuk menyala nyala penguji pada tongkat sumbu.



Gambar 27. Korek Api

2. Alat Penunjang Pengujian Material

Alat uji yang digunakan dalam pengujian berat jenis material, antara lain sebagai berikut:

a. Timbangan

Timbangan berguna untuk menimbang agregat yang dibutuhkan dalam pembuatan benda uji. Timbangan yang digunakan adalah neraca *ohauss*, neraca ini memiliki kapasitas beban yaitu seberat 311 gram dengan batas ketelitian sebesar 0,1 gram.



Gambar 28. Timbangan

b. *Picnometer* Labu

Picnometer labu merupakan wadah berbentuk bulat lonjong dengan ujung atas mengerucut seperti labu dan berbahan kaca dengan penanda batas air yang digunakan untuk mengukur berat jenis material.



Gambar 29. *Picnometer* Labu

c. Satu Set Ayakan Agregat

Ayakan digunakan untuk membuat *mix design* aspal agar krikil terbagi dalam agregat-agregat yang telah ditentukan. Adapun ukuran lubang pada setiap tingkatnya diatur dalam SNI 03-1968-1990, yaitu 37,5 mm (3"); 63,5 mm (2½"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (¾"); 12,5 mm (½"); 9,5 mm (⅜"); No.4 (4.75 mm); No.8 (2,36 mm); No.16 (1,18 mm); No.30 (0,600 mm); No.50 (0,300 mm); No.100 (0,150 mm); No.200 (0,075 mm).



Gambar 30. Satu Set Ayakan Agragat

3. Alat Penunjang Pembuatan Benda Uji

Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode Marshall, meliputi:

a. Alat cetak benda uji

Alat ini berbentuk silinder diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) untuk *Marshall* standar (SNI 06-2489-1991). Alat ini digunakan untuk mencetak campuran aspal panas agar memiliki bentuk sesuai dengan standar. Untuk setiap satu set *mould* terdiri dari dua buah cetakan yang dapat dikaitkan dan satu alas cetakan berbentuk lingkaran dari besi tebal.



Gambar 31. Alat Cetak Benda Uji

b. Alat Penumbuk Benda Uji

Alat ini berfungsi untuk menekan benda uji setelah dimasukkan ke dalam cetakan benda uji. Menurut SNI 06-2489-1991 penumbuk benda uji mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan berat 10 pound dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm.



Gambar 32. Alat Penumbuk Benda Uji

c. *Ejecktor*

Alat ini digunakan untuk mengeluarkan campuran aspal dari dalam cetakan benda uji setelah proses penumbukan.

d. Landasan Pemadat

Landasan pematat merupakan besi dengan tebal 1cm dengan lebar 30cm x 30 cm. Fungsi dari besi landasan pematat adalah untuk mengalasi *mould* ketika dipadatkan sehingga dasar *mould* dapat rata.

e. Bak Pengaduk

Bak pengaduk berbahan seng ini digunakan untuk menampung dan mencampur agregat dengan aspal yang akan dimasak di dalamnya. Bak ini memiliki ukuran sekitar 30 cm x 15 cm dengan tinggi 10 cm.



Gambar 33. Bak Pengaduk

f. Spatula

Spatula terbuat dari pelat tipis dengan bahan kayu sebagai pegangan, alat ini berfungsi untuk mengaduk aspal saat dipanaskan.



Gambar 34. Spatula

4. Alat Penunjang Pengujian Karakteristik *Marshall*

Serangkaian pengujian karakteristik *marshall* memerlukan beberapa alat penunjang meliputi :

a. *Marshall Test Machine 76-B0038/CB*

Marshall test machine merupakan alat tekan dengan dilengkapi cincin penguji *proving ring* dengan kapasitas 2500 kg atau sekitar 5000 pon, dimana dalam cincin penguji tersebut dilengkapi dengan arloji atau *dial* dengan ketelitian 0,0025 mm yang berfungsi untuk mengukur stabilitas benda uji. Kecepatan penekanan dari *marshall test machine* adalah 50 mm/menit. Dalam mesin *marshall test machine* terdapat kepala penekan dari besi tebal dengan bentuk sepasang setengah lingkaran dengan dua buah besi tegak sebagai penghubungnya. Kepala penekan digunakan untuk meletakkan benda uji untuk ditekan.



Gambar 35. *Marshall Test Machine* 76-B0038/CB

b. UTM (*Universal Testing Machine*)

UTM merupakan sebuah mesin untuk melakukan pengujian kekuatan tarik serta kuat tekan suatu material dengan kapasitas 100 KN. UTM terkoneksi dengan komputer sehingga hasil dari pengujian dapat termonitor dari komputer serta akan diproses lebih lanjut pada sistem komputer hingga hasil siap diprint *out* sebagai laporan. UTM digunakan sebagai alat pengukur stabilitas campuran aspal apabila benda uji memiliki nilai stabilitas diatas kapasitas alat *marshall test machine*. Pengujian dilakukan dengan menekan benda uji yang diletakkan pada kepala penekan.

c. Mesin Uji Tekan Beton

Mesin uji tekan beton merupakan mesin tekan dengan kapasitas 100 ton, mesin tekan beton umumnya digunakan untuk melakukan pengujian kuat desak material dengan kekuatan tinggi. Dalam pengujian dikarenakan mesin *marshall test machine* 76-B0038/CB tidak mampu untuk menguji beberapa benda uji, sehingga dengan

sedikit modifikasi mesin tekan beton digunakan sebagai pengujian kekuatan stabilitas *marshall*.

5. Alat Umum Penunjang Pengujian

Alat-alat umum penunjang pengujian merupakan semua alat yang sering dipakai dalam pengujian. Adapun alat-alat tersebut meliputi:

a. Kompor Listrik

Kompor listrik merupakan alat yang penting dalam proses penelitian ini karena tanpa adanya kompor listrik ini aspal tidak akan mengalami pemanasan (mencair). Kompor listrik bekerja dengan aliran energi listrik dalam pemrosesannya. Dalam penelitian ini kompor listrik berfungsi untuk memanaskan aspal yang akan diuji.



Gambar 36. Kompor Listrik

b. Sendok

Sendok yang digunakan dalam penelitian ini adalah sendok logam yang berfungsi untuk mengambil aspal dan untuk mengaduk aspal pada saat proses pemanasan.



Gambar 37. Sendok

c. Piring

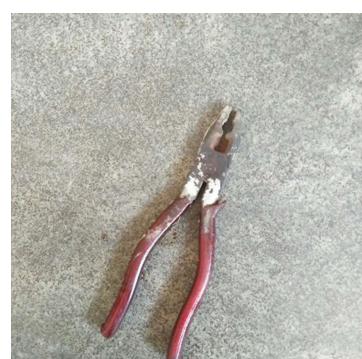
Piring dalam pengujian ini berfungsi sebagai alas cawan ketika aspal sedang dipanaskan.



Gambar 38. Piring

d. Catut

Catut digunakan untuk mengangkat cawan panas berisi aspal saat setelah dipanaskan.



Gambar 39. Catut

e. Stop Kontak

Stop kontak di pergunakan untuk mengalirkan aliran listrik dari sumber listrik ke kompor listrik yang berjarak agak jauh dari lokasi sumber listrik.



Gambar 40. Stop Kontak

f. Baskom

Baskom digunakan untuk menampung air dan es pada saat proses perendaman cawan aspal sampel hingga suhu tersyarat.



Gambar 41. Baskom

g. Kain Lap Basah

Kain lap dalam penelitian ini adalah kain lap yang direndam dengan air agar benar-benar basah dan diigunakan untuk mengantisipasi apabila kebakaran terjadi. Kain lap ini digunakan untuk mematikan api.



Gambar 42. Kain Lap Basah

F. Tahap Penelitian

Tahap yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler*, pengujian kadar aspal optimum (KAO), serta pengujian *Marshall*.

1. Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Metode penelitian/pengujian aspal sesuai spesifikasi yang mengacu pada SNI (1991) dan Sukirman (2003) dengan ketentuan pada Tabel 5. dibawah ini.

Tabel 5. Spesifikasi Pengujian Bahan Aspal AC 60/70

No	Karakteristik Aspal	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1.	Penetrasi (25°C, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	0,1 mm	60	79
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	°C	48	58
3.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	°C	200	-
4.	Titik Bakar	SNI 06-2433-1991	°C	-	-
5.	Berat Jenis	PA 0307 76	gr/cc	1	-

2. Pemeriksaan Agregat Kasar, Agregat Halus, dan *Filler*

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Untuk agregat kasar, agregat halus, dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan dan filler yang digunakan adalah abu ampas tebu.

a. Pemeriksaan Agregat Kasar

Agregat kasar untuk perencanaan ini adalah agregat yang lolos saringan 3/4" dan tertahan di atas saringan 2,36 mm atau saringan no.8. Agregat kasar untuk keperluan pengujian harus terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah dan harus disediakan dalam ukuran-ukuran nominal. Sedangkan menurut SNI (1990, 1991) dan Sukirman (2003) ketentuan pengujian bahan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 6. di bawah ini.

Tabel 6. Spesifikasi Pengujian Bahan Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat Kasar	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-		
2.	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3.	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	%	-	3
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	%	-	-
5.	Keausan Agregat (<i>abrasi</i>)	SNI 03-2417-1991	%	-	40

b. Pemeriksaan Agregat Halus

Agregat halus dari masing-masing sumber harus terdiri atas pasir alam atau hasil pemecah batu yang lolos saringan no. 8 dan tertahan di atas

saringan no. 200. Menurut SNI (1990), AASHTO (1974) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang agregat halus terdapat pada Tabel 7. di bawah ini.

Tabel 7. Spesifikasi Pengujian Bahan Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat Halus	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1.	Analisa Saringan	SNI 03-1968-1990	-		
2.	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	gr/cc	2,5	-
3.	Penyerapan Air	SNI 03-1969-1990	%	-	3
4.	Kadar Air	SNI 03-1971-1990	%	-	-

c. Pemeriksaan *Filler*

Filler atau Bahan pengisi harus lolos saringan no. 200. Menurut SNI (1994), AASHTO (1981) dan Sukirman (2003) ketentuan tentang filler dapat dilihat pada Tabel 8. di bawah ini.

Tabel 8. Spesifikasi Pengujian Bahan *Filler*

No	Karakteristik <i>Filler</i>	Standar Pengujian	Satuan	Spesifikasi	
				Min.	Maks.
1.	Material yang lolos saringan No. 200	SK SNI M-02- 1994-03	%	70	-
2.	Berat Jenis	AASHTO T-85 - 81	gr/cc	-	-

3. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan sesuai dengan prosedur SNI 2489-1991 atau AASHTO T245-90. Pelaksanaannya sebagai berikut:

- Mengeringkan agregat dan *filler* sampai suhunya tetap dengan suhu 105°C. Kemudian menimbang agregat, *filler*, dan aspal sesuai dengan

presentase yang telah ditentukan, untuk masing-masing benda uji dengan berat total 1200 gr.

- b. Dalam penelitian ini terdapat 12 benda uji dengan presentase *filler* berbeda-beda yaitu 0%, 5%, 10% 15%. Dengan setiap perlakuan masing-masing dibuat 3 benda uji.
- c. Memanaskan agregat dan *filler* di dalam bak hingga suhu 100°C, kemudian memanaskan aspal hingga suhu $105\pm5^{\circ}\text{C}$, selanjutnya menuangkan aspal ke dalam bak secara perlahan dan mengaduk hingga campuran homogen
- d. Memanaskan cetakan hingga bersuhu 110°C, kemudian menyiapkan penumbuk dan tatakan besi, setelah temperatur tercapai selanjutnya meletakkan cetakan di atas tatakan besi
- e. Mengolesi cetakan dengan oli terlebih dahulu, serta memasukkan kertas filter yang telah dipotong sesuai diameter ke dalam cetakan tersebut, kemudian menuangkan campuran yang sudah mencapai suhu yang ditentukan ke dalam cetakan sambil menusuk dengan spatula sebanyak 8 tusukan pada bagian samping dan 5 kali pada bagian tengah
- f. Melakukan pemanasan bolak-balik dengan menumbuk sebanyak 75 kali di setiap sisinya, setelah cetakan dan benda uji suhunya menurun kemudian mengeluarkan benda uji dengan ejector dan diberi kode disetiap benda ujinya.

4. Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk menentukan ketahanan (stabilitas), keleahan (*flow*), VMA, VFA dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 2489-1991 atau AASHTO T245-90. Pelaksanaan pengujian sebagai berikut:

- a. Membersihkan benda uji dari kotoran yang menempel, kemudian mengukur diameter dan tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm, selanjutnya menimbang berat neda uji kering (c)
- b. Merendam benda uji selama 24 jam, kemudian menimbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air (d)
- c. Mengeluarkan benda uji dari bak dan dikeringkan permukaannya dengan kain agar kondisi permukaan benda uji kering permukaan jenuh (saturated surface dry/ SSD) kemudian ditimbang (e)
- d. Menyiapkan alat *Marshall test* dan pada membersihkan bagian dalam permukaan kepala penekan kemudian melumasinya agar benda uji mudah dilepas setelah pengujian
- e. Meletakkan benda uji tepat pada bagian tengah bawah kepala penekan, kemudian meletakkan bagian atas kepala dengan memasukkan lewat batang penuntun. Selanjutnya menyiapkan arloji dan kemudian mengoperasikan alat *Marshall test*
- f. Membaca hasil stabilitas pada arloji, kemudian melepas benda uji dari kepala penekan
- g. Selanjutnya mengukur diameter benda uji yang telah diuji.