

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Metode dan Desain

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta dengan metode eksperimen yaitu dengan membuat benda uji sebagai penambahan *filler* abu batu bara (fly ash) pada campuran aspal dan Gondorukem terhadap nilai dari karakteristik *marshall*. Benda uji dibuat sebanyak 12 buah, yaitu benda uji tanpa penambahan *filler fly ash* (YRM 0%), dan benda uji yang ditambahkan *filler fly ash* (YRM 5%, YRM 10%, dan YRM 15%) pada campuran aspal dan Gondorukem dengan prosentase 0%, 5%, 10% dan 15% dengan masing-masing 3 buah benda uji. Selanjutnya untuk komposisi Gondorukem, masing-masing benda uji adalah sebesar 2,5% dari total campuran agregat halus.

Di dalam penelitian, pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian aspal yang bertujuan untuk mengetahui nilai dari penetrasi aspal, titik lembek, titik nyala, dan titik bakar yang semua yang dilakukan sebanyak 2 kali untuk mendapatkan data yang akurat. Selanjutnya dilakukan pengujian agregat halus yang lolos saringan No. #4, #8, #16, #30, #50, #100 dan #200. Serta pengujian agregat kasar yang lolos ayakan 1; 0,75; 0,5; 0,375; No. #4, #8, #16, #30, #50, #100 dan #200. Pengujian tersebut meliputi Analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air pada agregat. Pengujian

terakhir yang dilakukan pada proses ini adalah pengujian terhadap campuran aspal dan Gondorukem menggunakan *marshall test*. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui nilai dari :

Tabel 9. Jenis Nilai Pengujian

No	Jenis Pengujian
1.	Kepadatan (<i>density</i>)
2.	VIM (<i>Void in the mix</i>)
3.	VMA (<i>Void in Mineral Aggregate</i>)
4.	VFA (<i>Void Filled With Asphalt</i>)
5.	Peleahan (<i>flow</i>)
6.	Stabilitas
7.	MQ (<i>Marshall Quotinent</i>)

Selanjutnya data hasil pengujian yang sudah 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.

Untuk penentuan jumlah benda uji dari masing-masing variasi dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 10. Variasi Benda Uji, Kode Notasi dan Jumlah Benda Uji

Notasi Benda Uji	Jumlah	Abu Batu Bara		Aspal (gram)	Gondorukem (gram)	Agregat kasar (gram)	Pasir (gram)
		%	gram				
YRM 0%	3	0%	0	78	28,05	673,2	420,75
YRM 5%	3	5%	56,1	78	28,05	673,2	364,65

Notasi Benda Uji	Jumlah	Abu Batu Bara		Aspal (gram)	Gondorukem (gram)	Agregat kasar (gram)	Pasir (gram)
		%	gram				
YRM 10%	3	10%	112,2	78	28,05	673,2	308,55
YRM 15%	3	15%	168,3	78	28,05	673,2	252,45

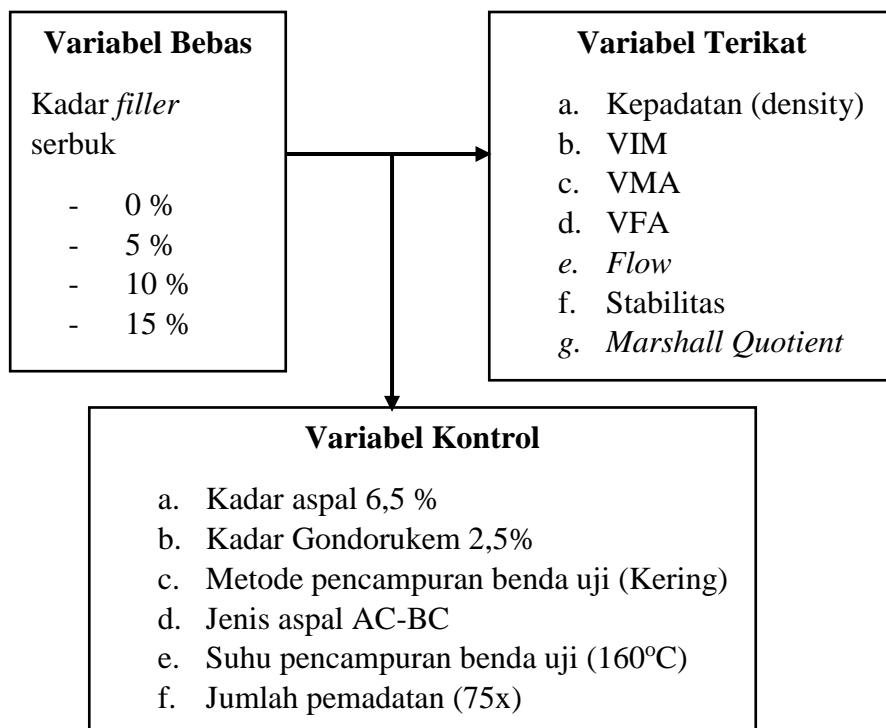
Keterangan :

YRM 0% = Aspal Abu Batu Bara Kadar Campuran 0%

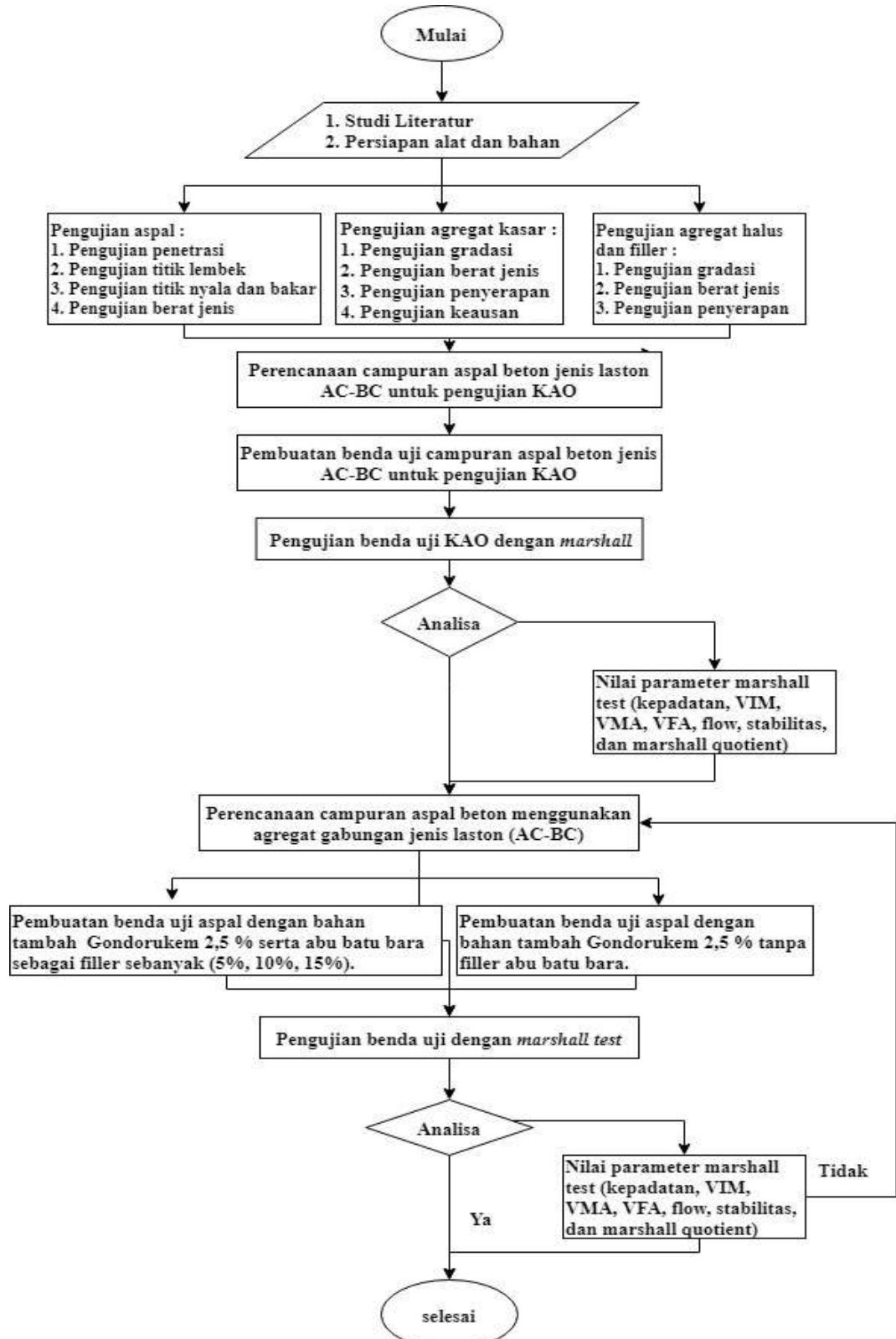
B. Variabel Penelitian

Variabel penelitian dibedakan menjadi 3 jenis yaitu variabel bebas,

Berikut ini adalah hubungan antar variabel pada penelitian ini:



C. Diagram Alur Penelitian



Gambar 2. Diagram alir penelitian

D. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Alat Pengujian Aspal

Alat yang digunakan dalam pengujian aspal meliputi satu set alat pengujian penetrasi, pengujian titik nyala dan bakar, titik lembek, serta satu set alat pengujian berat jenis aspal.

a. Alat-alat Pengujian Penetrasi Aspal

1) Penetrometer

Penetrometer merupakan alat yang digunakan untuk pengujian penetrasi atau pemasukan secara vertikal. Terdapat dua jenis *penetrometer*, yaitu manual dan otomatis. Dimana penetrometer manual membutuhkan *stopwatch* untuk pengukuran waktu sedangkan *penetrometer* otomatis tidak memerlukan karena sudah terdapat penghitung otomatis yang terhubung dengan *penetrometer*.

Pada alat ini terdapat jarum yang digunakan untuk menusuk aspal padat untuk mengukur nilai penetrasinya. Untuk menguji nilai penetrasi aspal, tombol pada sebelah atas jarum ditekan agar jarum dapat turun. Nilai penetrasi aspal akan ditunjukkan oleh jarum penunjuk angka pada arloji penetrasi bagian atas.

Penetrometer yang dapat melepas pemegang jarum untuk bergerak secara vertikal tanpa gesekan dan dapat menunjukkan

kedalaman masuknya jarum kedalam benda uji sampai 0,1 mm terdekat. Berat pemegang jarum 47,5 gram \pm gram \pm 0,05 gram. Pemegang jarum harus mudah dilepas dari penetrometer untuk keperluan pengecekan berat. Berat beban 50 gram \pm 0,05 gram dan 100 gram \pm 0,05 gram sehingga dapat digunakan untuk mengukur penetrasi dengan berat total 100 gram atau 200 gram sesuai dengan kondisi pengujian yang diinginkan (SNI 06-2456-1991).



Gambar 3. Penetrometer

2) Cawan

Cawan digunakan sebagai wadah untuk aspal pada saat pengujian penetrasi. Cawan yang digunakan untuk pengujian penetrasi dibagi menjadi tiga dan harus memiliki spesifikasi sesuai dengan SNI 06-2456-1991 yaitu untuk pengujian penetrasi di bawah 200 harus menggunakan cawan yang memiliki diameter 50 mm dengan tinggi bagian 35 mm untuk pengujian penetrasi antara 200 hingga 300 harus memiliki diameter 55-75 mm dan

tinggi 45-70 mm, untuk pengujian penetrasi antara 350 hingga 500 harus memiliki diameter 55 mm dan tinggi 70 mm



Gambar 4. Cawan

3) *Stopwatch*

Stopwatch diperlukan untuk menghitung waktu yang efektif dan tepat untuk petunjuk kisaran waktu. Dikarenakan *penetrometer* yang digunakan merupakan jenis *penetrometer* manual sehingga waktu dari penetrasi jarum tidak terhitung secara otomatis. Dalam SNI 06-2456-1991 syarat *stopwatch* haruslah terkalibrasi dan mempunyai skala terkecil 0,1 detik atau kurang dengan kesalahan tertinggi 0,1 detik untuk setiap 60 detik.



Gambar 5. *Stopwatch*

b. Alat-alat Pengujian Titik Lembek

Alat penunjang dalam pengujian titik lembek merupakan semua alat yang dipakai untuk menunjang pengujian titik lembek aspal.

Adapun alat-alat tersebut meliputi :

1) Bola Baja

Dalam pengujian titik lembek aspal ini membutuhkan dua buah bola baja. Bola baja yang digunakan dalam pengujian ini harus memiliki spesifikasi diameter 9,3 mm, berat antara 3,45 gram hingga 3,55 gram.



Gambar 6. Bola baja

2) Cincin Kuningan

Sama seperti bola baja, dalam pengujian titik lembek aspal ini, membutuhkan dua buah cincin kuningan. Cincin kuningan ini berfungsi sebagai tempat untuk meletakkan aspal yang akan diuji. Kedua cincin tersebut merupakan satu pasangan yang dapat disatukan dan memiliki ukuran cincin menurut SNI 2434-2011 dengan 19,8 mm untuk sisi bawah dan 15,9 mm untuk sisi

bawah, serta cincin penggarah bola dengan ukuran diameter 23,0 mm dan lubang untuk bola 9,5 mm.



Gambar 7. Cincin Kuningan

3) Kawat kassa

Kawat kassa digunakan sebagai alas tabung ukur ketika dalam proses pemanasan. Hal ini bertujuan agar tabung ukur tidak bersinggungan langsung dengan kompor sehingga pertambahan panas tidak terlalu banyak dan tidak menyebabkan tabung ukur pecah.



Gambar 8. Kawat kassa

4) Tabung ukur

Tabung 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.

Didalam tabung ukur digunakan landasan sebagai tempat untuk meletakkan benda uji aspal dalam pengujian titik leleh terdiri dari pelat berbentuk lingkaran dibagian atas dengan dua buah besi menggantung dengan pelat landasan peletakkan cincin berisi sampel pengujian. Pada bagian tengah antara landasan meletakan cincin benda uji terdapat lubang kecil untuk meletakan *thermometer*.



Gambar 9. Tabung Ukur

c. Alat-alat Pengujian Titik Nyala dan Bakar

1) Penjepit *Thermometer*

Penjepit *thermometer* digunakan untuk menjepit *thermometer* yang digunakan untuk pengujian titik nyala dan bakar sebagai antisipasi keamanan pada saat mengukur suhu pada pengujian dikarenakan pengujian sampai pada suhu tinggi.



Gambar 10. Penjepit *thermometer*

2) *Cleveland Open Cup*

Cleveland open cup merupakan cawan yang digunakan untuk pengujian titik lembek dan titik nyala yang terbuat dari besi tebal dengan gagang yang memiliki ukuran standar dalam 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 11. *Cleveland Open Cup*

d. Alat-alat Pengujian Berat Jenis Aspal

1) *Neraca O'Hauss*

Neraca O'hauss adalah alat ukur massa benda dengan ketelitian 0,01 gram. Prinsip kerja neraca ini adalah sekedar membanding massa benda akan dikurangi dengan anak timbangan.



Gambar 12. *Neraca O'Hauss*

2) *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 13. *Picnometer* labu

2. Alat Pengujian Agregat

Alat penunjang pengujian karakteristik agregat yang meliputi pengujian keausan agregat dengan *los angles machine* dan pengujian gradasi agregat, digunakan alat meliputi :

a. Satu set alat pengujian Analisa saringan

1) Satu set saringan adalah saringan dengan ukuran 37,5 mm (1 $\frac{1}{2}$ "); 25 mm (1"); 19 mm ($\frac{3}{4}$ "); 12,5 mm ($\frac{1}{2}$ "); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,6 mm (No.30); 0,3 mm (No.50); 0,15mm (No. 100); 0,075 mm (No. 200). Semua saringan disusun secara berurutan mulai dari yang terkecil di posisi paling bawah sampai ukuran terbesar diposisi paling atas.



Gambar 14. Satu set ayakan

2) *Los Angles Machine*

Los angles machine merupakan mesin untuk pengujian keausan agregat kasar, dengan bentuk silinder besi dengan ukuran diameter dalam 711 mm atau 28 inch dan Panjang 508 mm atau 20 inch (SNI 2417-2008), mesin ini akan memutar agregat beserta

beberapa bola baja didalamnya sebanyak 100 sampai 500 kali putaran.

b. Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan

Satu set alat pengujian berat jenis dan penyerapan berupa oven, timbangan, piring seng, alat uji SSD (Saturated Surface Dry) dan gelas ukur.

3. Alat pembuat benda uji

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan benda uji meliputi cetakan benda uji (*mould*), pengeluar benda uji, penumbuk benda uji beserta landasan penumbukan, kompor listrik, thermometer, bak pencampur bahan, piring, kertas penyaring, spatula dan sarung tangan.

a. *Mould*

Mould atau alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dengan tinggi 7,62 cm (SNI 06-2489-1991).

Mould yang 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 15. Satu set Mould

b. Alat penumbuk benda uji beserta landasan penumbukan

Alat penumbuk merupakan alat yang digunakan untuk menumbuk campuran aspal panas dalam *mould* agar padat. Terdapat dua jenis alat penumbuk yaitu alat penumbuk otomatis yang digerakkan dengan mesin dan alat penumbuk manual. Menurut SNI 06-2489-1991 Alat penumbuk benda uji mempunyai permukaan tumbuk rata yang berbentuk silinder dengan 4,536 kg dan tinggi jatuh bebas 45,7 cm. Dalam penumbukan benda uji juga dilengkapi dengan landasan pematat yang merupakan besi dengan tebal 1 cm dengan lebar 30 cm x 30 cm. Fungsi dari besi landasan pematat adalah sebagai alas *mould* ketika dipadatkan sehingga dasar permukaan *mould* dapat rata. Selain itu landasan pematat juga berfungsi untuk meredam tekanan penumbuk agar tidak merusak lantai dibawahnya.



Gambar 16. Alat penumbuk benda uji

c. *Ejecktor*

Alat pengeluar benda uji berfungsi untuk mengeluarkan benda uji dari dalam *mould* dengan sistem kerja dengan mendorong secara

perlahan benda uji yang sudah dipadatkan sehingga keluar dari *mould*.

d. Bak pengaduk (hooper)

Bak pengaduk ini terbuat dari logam seng berbentuk balok dengan ukuran kira-kira Panjang 30 cm , lebar 20 cm dan kedalaman sekitar 10-15 cm. Bak ini berfungsi sebagai wadah untuk memanasi dan mencampur bahan-bahan campuran benda uji secara keseluruhan seperti aspal dan agregat hingga mencapai suhu maksimum pencampuran yang sudah ditentukan.



Gambar 17. Bak pengaduk (hooper)

4. Alat Pengujian Karakteristik *Marshall*

Alat yang diperlukan dalam pengujian marshall adalah *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 18. *Marshall Test Machine* 76-B0038/CB

5. Alat-alat Umum Penunjang Pengujian

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

a. Kompor listrik

Untuk memanaskan aspal dibutuhkan sumber panas, salah satu sumber panas yang digunakan adalah kompor listrik. Kompor listrik dipilih dengan asumsi keamanan terbaik, dimana risiko akan kebakaran akibat pemanasan aspal akan lebih kecil dikarenakan panas yang ditimbulkan dari kompor dengan api sebagai sumber panas.



Gambar 19. Kompor

b. Thermometer

Thermometer merupakan alat untuk mengukur suhu, untuk penelitian spesifikasi thermometer diatur dalam SNI 19-6421-2000.

Thermometer digunakan hampir dalam semua pengujian, mulai dari pengujian titik lembek, penetrasi, pencampuran agregat dan pembuatan benda uji.



Gambar 20. *Thermometer*

E. Bahan Pengujian

Bahan- bahan yang akan digunakan dalam penelitian pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Aspal

Aspal dalam pengujian ini berfungsi untuk bahan pengikat dan aspal yang digunakan merupakan aspal yang berasal dari Pertamina dengan penetrasi 60/70.



Gambar 21. Aspal penetrasi 60/70

2. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam pengujian ini merupakan agregat dari Gunung Merapi yang di dapat dari Kalasan, Sleman, Yogyakarta. Sebagai bahan campuran dalam beton aspal panas, Agregat kasar diayak menurut fraksi yang dikehendaki yaitu lolos saringan 2 cm.



Gambar 22. Agregat kasar

3. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan adalah hasil pecahan kecil/tumbukan (pasir) yang memenuhi syarat agregat halus dan diayak menurut fraksi yang dikehendaki untuk campuran beton aspal panas. Agregat halus dalam pengujian ini diambil dari Kali Progo.



Gambar 23. Agregat halus

4. Getah Pohon Pinus (Gondorukem)

Getah pohon pinus yang digunakan pada pengujian ini dibeli dari toko Bahan dan Alat- alat Kimia “Jaya Mulyo Kimia”, Imogiri, Bantul, Yogyakarta.



Gambar 24. Gondorukem

5. Abu batu bara (Fly Ash)

Abu batu bara (Fly Ash) yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Madukismo, Bantul Yogyakarta.



Gambar 25. Abu Terbang Batu Bara (Fly Ash)

6. *Kerosine*

Kerosine adalah bahan *hidrokarbon* yang dapat melarutkan aspal.

Karena sifatnya dapat melarutkan aspal maka *kerosine* digunakan untuk membersihkan peralatan yang bersingungan dengan aspal secara langsung.

Kerosine yang digunakan merupakan kerosine produk dari Pertamina.



Gambar 26. *Kerosine*

7. Oli

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



Gambar 27. Pelumas (Oli)

8. 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 28. Kertas *Kalkir*

F. Tahap-tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilaksanakan pada penelitian ini, meliputi persiapan alat dan bahan, pemeriksaan terhadap agregat kasar, agregat halus dan *filler*, pengujian KAO, serta pengujian *Marshall* :

1. Persiapan Alat dan Bahan

Alat yang digunakan ialah menggunakan alat yang dimiliki oleh Laboratorium Bahan Bangunan Jurusan Pendidikan Teknik Sipil dan Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta, sedangkan untuk bahan agregat kasar dari Gunung Merapi yang di beli dari penambangan di Kalasan, Sleman, Yogyakarta dan agregat halus merupakan agregat Kali Progo. Selanjutnya untuk dibeli dari toko Bahan dan Alat- alat Kimia “Jaya Mulyo Kimia”, Imogiri, Bantul, Yogyakarta. *Filler* abu batu bara di ambil dari madukismo, Bantul, Yogyakarta. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini merupakan aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70.

2. Pemeriksaan Karakteristik Aspal

Pengujian aspal meliputi pengujian penetrasi, pengujian titik lembek, pengujian titik nyala dan bakar, serta pengujian berat jenis aspal. Pengujian ini dilakukan sesuai dengan ketentuan SNI.

Tabel 7. Spesifikasi pengujian bahan aspal AC 60/70

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Max	
1.	Penetrasi (25°, 5 detik)	SNI 06-2456-1991	60	79	0,1 mm
2.	Titik Lembek	SNI 06-2434-1991	48	58	°C
3.	Titik Nyala	SNI 06-2433-1991	200	-	°C

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Max	
4.	Titik bakar	SNI 06-2433-1991	-	-	°C
5.	Berat Jenis	PA 0307 76	1	-	gr/cc

3. Pengujian Agergat 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 batu bara.

a. Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat kasar meliputi pengujian Analisa saringan, berat jenis dan penyerapan air. Acuan yang digunakan dalam pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 8. Acuan pengujian agregat kasar.

Tabel 8. Acuan pengujian agregat kasar.

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks	
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-	-	-
2.	Berat Jenis	SNI 03-1969-1990	2,5	-	gr/cc
3.	Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	-	3	%

4. Pengujian agregat halus

Pengujian agregat halus meliputi pengujian berat jenis dan penyerapan air. Pada Tabel 9. dapat dilihat mengenai acuan yang digunakan dalam pengujian agregat halus.

Tabel 9. Acuan pengujian agregat halus

No.	Jenis Pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min	Maks.	
1.	Berat Jenis	SNI 03-1970-1990	2,5	-	gr/cc
2.	Penyerapan air	SNI 03-1970-1990	-	3	%

5. Pengujian filler

Pengujian filler meliputi pengujian berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu. Untuk acuan yang digunakan dalam pengujian berat jenis dan penyerapan filler menggunakan AASHTO T-89-81 yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 10. Acuan pengujian filler

No.	Jenis pengujian	Acuan	Persyaratan		Satuan
			Min.	Maks.	
1.	Material yang lolos saringan No. 200	SK SNI M-02-1994-03	70	-	%
2.	Berat Jenis	AASHTO T-89-81	-	-	gr/cc

6. Pembuatan Benda Uji

Langkah-langkah pembuatan benda uji pada penelitian ini sesuai dengan posedur SNI 2489-1991 atau AASHTO T245-90 adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan semua bahan benda uji seperti aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan tambah Gondorukem yang sudah tersusun rapi dalam bungkus plastik sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan.
- b. Menyiapkan semua peralatan pembuatan benda uji yang dibutuhkan di laboratorium.
- c. Dalam penelitian ini terdapat 12 benda uji dengan presentase *filler* berbeda-beda yaitu 0%, 5%, 10%, 15%. Dengan perlakuan masing-masing dibuat 3 benda uji.
- d. Memanaskan aspal dan bahan tambah Gondorukem sampai suhu aspal mencapai $105\pm5^{\circ}\text{C}$ sebelum dicampur dengan agregat.
- e. Memanaskan agregat beserta *filler* sambal diaduk-aduk sampai suhu mencapai 100°C .
- f. Setelah semua bahan mencapai suhu yang sudah ditentukan, kemudian dilakukan pencampuran antara aspal dan agregat. Semua bahan diaduk-aduk sampai tercampur secara merata. Suhu maksimal pencampuran bahan ditetapkan sekitar 160°C .
- g. Menyiapkan cetakan benda uji (mould) lengkap dengan alas cetakan hingga mencapai suhu 110°C , lalu mengolesi cetakan dengan oli terlebih dahulu, langkah selanjutnya memberi kertas *kalkir* di bagian dasar cetakan atau diatas alas cetakan.
- h. Memasukkan semua bahan yang sudah dicampur pada suhu maksimal pencampuran ke dalam cetakan sembari ditusuk-tusuk

dengan spatula yang sudah dipanaskan sebelumnya. Penusukan dengan alat spatula ini dilakukan dengan prosedur menusuk bagian pinggir sebanyak 15 kali dan bagian tengah sebanyak 10 kali.

- i. Langkah selanjutnya dilakukan penumbukkan benda uji dengan alat penumbuk sebanyak 2×75 kali.
- j. Setelah dilakukan penumbukkan, benda uji dikeluarkan dari cetakan menggunakan alat pengeluar benda uji.
- k. Memberi kode pengenal pada benda uji sesuai dengan kebutuhan agar tidak tertukar-tukar dengan benda uji yang lain.
- l. Benda uji kemudian didiamkan hingga mengeras, kemudian benda uji ditimbang untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering.

7. Pengujian dengan Alat *Marshall*

Dalam pengujian dengan alat *marshall* dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Benda uji diukur diameter dan tebal sebelum pengujian.
- b. Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan diberi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- c. Meletakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan. Selanjutnya meletakkan bagian atas kepala penekan dan kemudian meletakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat ditengah alat pembebanan.
- d. Menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin pengujian.

Selanjutnya diatur kedudukan jarum arloji penekan.

- e. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm per menit, kemudian dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun.
- f. Setelah pengujian selesai, benda uji dikeluarkan dari alat marshall.
- g. Benda uji lalu diukur diameter dan tebal setelah pengujian.