

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen yang dilaksanakan di laboratorium. Campuran aspal dirancang dengan memanfaatkan limbah abu daun bambu sebagai bahan substitusi sebagian filler, dengan variasi komposisi tertentu, serta menggunakan aspal cair sebagai bahan pengikat. Seluruh tahapan pengujian dilakukan berdasarkan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Pada tahap awal, dilakukan pengujian terhadap karakteristik material yang akan digunakan dalam campuran aspal. Selanjutnya, dilakukan pembuatan benda uji berbentuk briket. Setelah benda uji selesai dibuat, dilakukan pengujian Marshall untuk mengetahui nilai stabilitas, serta parameter volumetrik yang meliputi Void in Mineral Aggregate (VMA) dan Void in Mix (VIM). Hasil pengujian ini diharapkan dapat menentukan susunan material serta persentase komposisi yang sesuai untuk campuran aspal HRS-Base.

3.2 Sumber Data dan Data Penelitian

3.2.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Teknik Sipil Fakultas sains dan teknik Universitas Bojonegoro.

3.2.2 Subjek penelitian

Subjek penelitian ini merupakan campuran aspal Hot Rolled Sheet (HRS-Base) yang dimodifikasi dengan filler abu daun bambu. Penelitian difokuskan pada pengaruh penggunaan abu daun bambu sebagai bahan pengganti sebagian filler konvensional (semen/abu batu) terhadap karakteristik Marshall campuran aspal HRS-Base. Campuran aspal yang diteliti dibuat melalui metode eksperimental di laboratorium, dengan variasi kadar filler abu daun bambu tertentu. Subjek penelitian ini dipilih untuk mengevaluasi potensi abu daun bambu sebagai material alternatif ramah lingkungan dalam campuran aspal HRS-Base serta untuk mengetahui kelayakannya ditinjau dari parameter Marshall sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

3.2.3 Data penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental di laboratorium. Secara umum, variabel penelitian diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol. Variabel bebas adalah faktor yang

dimanipulasi atau diatur oleh peneliti untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lainnya. Dalam penelitian ini, variabel bebas adalah persentase filler abu daun bambu yang ditambahkan pada campuran aspal HRS-Base. Variasi yang digunakan adalah 0%, 5%, 7.5%, dan 10% (Palinoan et al., 2023). Variabel ini dipilih karena diduga dapat memengaruhi sifat mekanik campuran aspal yang diuji. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah karakteristik Marshall dari campuran aspal HRS-Base yang meliputi:

1. Stabilitas (kg) yaitu kemampuan campuran menahan beban maksimum.
2. Void in Mix (VIM, %) yaitu persentase rongga udara dalam campuran padat.
3. Void in Mineral Aggregate (VMA, %) yaitu persentase volume rongga antar butir agregat.
4. Void Filled with Bitumen (VFB, %) yaitu persentase rongga mineral (VMA) yang terisi aspal.
5. Marshall Quotient (MQ, kg/mm) yaitu rasio stabilitas terhadap flow.

Karakteristik Marshall tersebut diukur dengan menggunakan alat uji Marshall sesuai standar SNI 06-2489-1991.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, digunakan untuk observasi / eksperimen laboratorium Dimana akan dilakukan dalam beberapa tahapan , antara lain :

3.3.1 Persiapan Bahan dan Alat

Berikut adalah material – material yang dipersiapkan dalam penelitian ini

- a. Agregat kasar baru
- b. Agregat halus baru
- c. Aspal penetrasi 60/70

Sedangkan untuk alat-alat yang digunakan baik dalam proses pembuatan benda uji dan alat untuk melakukan tes, antara lain :

- a. Satu Set Saringan (*Siever*)

Dengan menggunakan alat ini, agregat dipisahkan berdasarkan gradasinya.

- b. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

Menggunakan alat dalam pemeriksaan aspal adalah alat uji *Penestrasi* ,titik lembek,dan alat uji berat jenis (piknometer dan timbangan)

c. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Alat pengering (oven), timbangan timbang, dan alat uji berat jenis merupakan beberapa alat uji yang digunakan untuk memeriksa agregat.,

d. Alat karakteristik Campuran

Alat Uji Atribut Campuran Satu Set alat metode Marshall digunakan sebagai alat uji,yang meliputi

- 1) Kepala press yang bengkok,cincin uji dengan Batasan 22,2 KN (5000 lbs), dan rangkaian probe *Flowemeter* membentuk mesin press Marshall.
- 2) Alat pembentuk benda uji berbentuk bulat berlubang dengan ukuran 4 inci (10,16 cm) dan tinggi inci (7,5 cm)
- 3) Pemadat tepogram Marshall untuk menghemat kombinasi beberapa kali per sisi (atas dan bawah)
- 4) Ejector untuk membuang benda uji setelah dipadatkan
- 5) Bak siram (water shower) yang di lengkapi pengatur suhu.
- 6) Wajan pencampuran, kompor pemanas,teremometer , sendok pengaduk, sarung tangan penahan panas , kain lap, timbangan ,ember untuk merendam, jangka sorong, dan alat penanda x untuk menandai benda merupakan contoh peralatan penunjang.

Berikut adalah beberapa alat beserta gambar yang akan digunakan dalam penelitian,antara lain:

1. Satu Set Saringan (*Slewer*)

Dengan menggunakan alat ini, agregat dipisahkan menurut gradasinya

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

2. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

Alat uji Penetrasi dan alat uji titik lembe merupakan alat yang digunakan dalam Pemeriksaan aspal



Gambar 3. 1 Penetrasi



Gambar 3. 3 Softening Point



Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



3. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

Alat pengering (oven), timbangan dan alat uji berat jenis merupakan beberapa alat



uji yang digunakan untuk memeriksa agregat.

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Gambar 3. 4 Oven

Gambar 3. 5 Timbangan



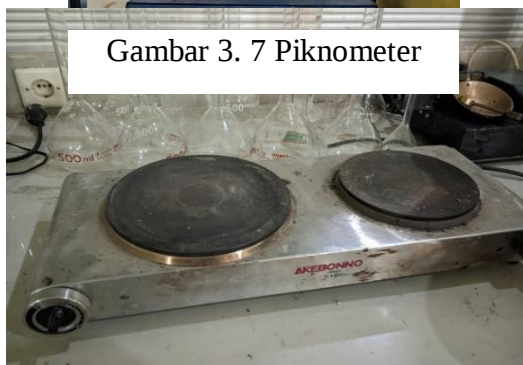
Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

4. Alat Karakteristik campuran

Alat tes laston merupakan kumpulan alat metode Marshall yang meliputi :



Gambar 3. 7 Piknometer

- a) Alat Press Marshall dengan rangkaian pengukur Flowmeter dan kepala press melengkung serta ring uji dengan kapasitas 22,KN (5000 lbs)

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



- b) Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi inchi(7,5 cm).

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

- c) Pemadat otomatis Marshall 50x alat yang digunakan untuk memadatkan campuran (atas dan bawah)



Gambar 3. 10 Manual Comactor

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

- d) Ejector untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan



Sumber Pengujian peneliti di Lab Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

e) Bak perendam (water bath) yang dilengkapi pengatur suhu



Gambar 3. 11 Ejector

Gambar 3. 12 Water Bath

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

f) Contoh alat penunjang antara lain penggorengan, kompor pemanas, thermometer, sendok pengaduk, sarung tangan tahan panas, lap, jangka sorong, dan pinset



Gambar 3. 14 Penggorengan Pencampur

Sumber Pengujian peneliti di Lab Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 13 Kompor Pemanas

Sumber: Pengujian peneliti di Lab. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 16 Sendok Pengaduk

Sumber Pengujian peneliti di Lab Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 15 Sarung Tangan Anti Panas

Sumber: Pengujian peneliti di Lab.Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 17 Jangka Sorong

Sumber: Pengujian peneliti di Lab.Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 18 Termogun

Sumber: Pengujian peneliti di Lab.Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro



Gambar 3. 19 Pencapit type x

Sumber: Pengujian peneliti di Lab.Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bojonegoro

3.3.2 Pengujian Bahan

Pengujian bahan ini dimaksudkan agar mengetahui apakah bahan yang di gunakan sudah sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan

a. Aspal Minyak Penetrasi

Aspal dilakukan pengujian Penetrasi dan titik lunak. Standar pengujian sebagaimana dinyatakan pada Tabel 4 di bawah

Tabel 3. 1 Standar pengujian Aspal

No	Jenis pengujian	Standar Uji
1.	Penetrasi	SNI ASTM D5
2.	Titik Lembek	SNI ASTM D36

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6.

b. Agregat Kasar , Agregat Halus, dan Filler

Pada kombinasi dengan struktur derajat yang mengikuti detail yang ada, total diharapkan sebagai pengisi. Uji saringan, berat jenis, dan asimilasi udara digunakan untuk menentukan kekasaran total dan kehalusan total, dan beton digunakan sebagai bahan pengisi, dan filler yang digunakan adalah semen.

Tabel 3. 2 Standart Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1.	Analisa saringan	SNI ASTM C136
2.	Berat jenis (Berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 1970-2016
3.	Berat jenis (Berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 1970-2016

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 Divisi 6.

3.3.3 Abrasi Agregat

Abrasi yang disebut dengan keausan agregat disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada saat proses konstruksijalan (pengisian , penghamparan, pemadatan). penanganan beban lalu lintas, dan proses kimia. Faktor lainnya antara lain pengaruh kelembapan, panas berlebih dan perubahan suhu harian hingga kehancuran atau memecahkan agregat, dalam hal ini agregat kasar. asil analisis gradasi menunjukkan bahwa perbedaan persentase lolos ayakan terhadap Job Mix Formula (JMF) yaitu pada ayakan 3/8” sebesar $-1,07\%$, ayakan No. 4 sebesar $+3,83\%$, ayakan No. 8 sebesar $+3,78\%$, ayakan No. 16 sebesar $+1,19\%$, dan ayakan No. 100 sebesar $+0,67\%$, seluruhnya masih berada dalam batas toleransi yang diizinkan oleh spesifikasi, sehingga agregat dinyatakan memenuhi persyaratan teknis untuk digunakan pada campuran beraspal panas. (Jenderal & Marga, 2020)

3.3.4 Perencanaan campuran Dengan Metode Marshall

Metode perancangan campuran beraspal Marshall yang dikembangkan oleh Bruce Marshall telah mengalami standarisasi dan penyempurnaan oleh lembaga internasional, seperti ASTM dan AASHTO, melalui berbagai ketentuan pengujian, di antaranya ASTM D1559-76 dan AASHTO T-245-90. Metode ini digunakan untuk mengevaluasi karakteristik campuran aspal dengan mempertimbangkan tingkat kekakuan dan kelunakan campuran, stabilitas terhadap beban, serta karakteristik volumetrik seperti ketebalan lapisan dan rongga udara yang terbentuk, sehingga dapat diperoleh campuran beraspal yang kuat, stabil, dan memenuhi persyaratan teknis.

3.3.5 Tahap Dalam Merencanakan campuran

Perencanaan campuran aspal dilakukan melalui beberapa tahapan yang disesuaikan dengan kebutuhan dan spesifikasi yang ditetapkan. Tahap awal dimulai dengan penentuan perkiraan kadar aspal optimum (Pb), kemudian nilai Pb tersebut

dibulatkan ke kelipatan terdekat sebesar 0,5%. Selanjutnya, berdasarkan hasil pengujian berat jenis agregat kasar dan agregat halus, ditentukan nilai berat jenis maksimum campuran (BJ maks) setelah kadar aspal diperoleh. Proses pencampuran dilakukan dengan memanaskan agregat dan aspal pada suhu sekitar 155 °C sesuai gradasi yang direncanakan, menggunakan agregat baru serta bahan pengisi berupa abu daun bambu sebagai substitusi filler dalam campuran agregat total. Benda uji yang telah dicampur kemudian diuji menggunakan metode Marshall untuk memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Setelah nilai KAO ditetapkan, dilakukan pembuatan benda uji tambahan dengan variasi kadar abu daun bambu sebagai bahan substitusi filler. Pemadatan benda uji dilakukan menggunakan Marshall Compactor terprogram sesuai jumlah tumbukan standar, kemudian benda uji didiamkan hingga mengeras sebelum dikeluarkan dari cetakan untuk pengujian selanjutnya.

3.3.6 Pembuatan dan Pengujian Benda Uji dengan Alat Marshall

Berikut ini Pembuatan dan pengujian benda uji dengan alat marshall memerlukan beberapa langkah, antara lain sebagai berikut:

- 1) Bahan ditimbang sesuai dengan komposisi campuran yang telah ditentukan. Untuk setiap variasi kadar aspal, dibuat tiga buah benda uji.
- 2) Aspal dipanaskan hingga mencapai tingkat kekentalan yang sesuai, kemudian dicampurkan dengan agregat menggunakan alat pencampur (mixer). Proses pencampuran dilakukan pada suhu tinggi dan diaduk hingga merata untuk menjamin keseragaman suhu serta distribusi aspal pada seluruh komponen campuran. Suhu pencampuran agregat dan aspal ditetapkan sebesar 150°C.
- 3) Untuk mencegah penurunan suhu campuran secara cepat, cetakan benda uji dipersiapkan terlebih dahulu sebelum proses pemadatan. Benda uji memiliki tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm, serta dibuat dalam bentuk silinder.
- 4) Proses pemadatan dilakukan menggunakan Marshall Automatic Compactor dengan jumlah tumbukan sebanyak 50 kali pada sisi atas dan 50 kali pada sisi bawah cetakan.
- 5) Setelah pemadatan selesai, benda uji dibiarkan mendingin hingga mencapai suhu ruang.
- 6) Untuk menentukan berat kering benda uji, sampel dibersihkan dari kotoran atau sisa material yang menempel. Selanjutnya, tinggi benda uji diukur menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm pada empat sisi yang berbeda, kemudian dirata-ratakan.

- 7) Benda uji kemudian direndam di dalam air selama 16–24 jam hingga mencapai kondisi jenuh.
- 8) Setelah perendaman, benda uji ditimbang dalam keadaan terendam air untuk memperoleh berat benda uji dalam air.
- 9) Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman, kemudian dikeringkan permukaannya menggunakan kain lap hingga mencapai kondisi Saturated Surface Dry (SSD). Setelah itu, benda uji ditimbang untuk memperoleh berat SSD, selanjutnya dilakukan pengujian menggunakan Alat Marshall.

Menggunakan Alat Marshall untuk pengujian sesuai dengan SNI 06-2489-1991, pengujian ini dilakukan untuk memastikan ketahanan atau kestabilan campuran aspal terhadap perkembangan pelunakan. Berikut langkah-langkah percobaan dengan alat Marshall:

1. Benda uji direndam di dalam penangas air dengan suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit sebelum dilakukan pengujian.
2. Untuk mempermudah pelepasan benda uji setelah pengujian, permukaan bagian dalam kepala penekan dibersihkan dan diberi pelumas.
3. Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman, kemudian ditempatkan secara tepat di tengah bagian bawah kepala penekan. Selanjutnya, bagian atas kepala penekan dipasang melalui batang pemandu dan diposisikan sedemikian rupa sehingga sumbu benda uji sejajar dan terpusat terhadap sistem pembebanan. Pada salah satu batang pemandu terdapatudukan untuk menopang alat ukur kelelahan (flow meter).
4. Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh bagian bawah cincin uji, kemudian dial pembebanan dan dial kelelahan disetel pada posisi nol.
5. Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan konstan sebesar 51 mm (2 inci) per menit. Nilai Stabilitas Marshall diperoleh pada saat jarum dial pembebanan berhenti bergerak naik dan mulai bergerak turun, sedangkan nilai kelelahan dibaca secara bersamaan.
6. Setelah pengujian selesai, kepala penekan dilepaskan, bagian atasnya dibuka, dan benda uji dikeluarkan dari alat uji.

Marshall berpegang pada RSNI M-01-2003 dalam penataan campuran aspal dengan ukuran total maksimal 25 mm (1 inchi). Sedangkan strategi Marshall yang telah

dimodifikasi sesuai dengan RSNI M-06-2004 digunakan untuk ukuran butir terbesar lebih besar dari 25 mm (1 inchi).

3.3.7 Melakukan Analisa Terhadap Hasil Pengujian

Pengujian Marshall selesai, selanjutnya dilakukan penyelidikan terhadap informasi yang diperoleh. Nilai Densitas, Stabilitas, Aliran, VMA, VFA, VIM Marshall, dan VIM diperoleh dari hasil pengujian. Setelah itu, batasan spesifikasi setiap parameter persyaratan campuran ditampilkan dalam grafik, dan ditentukan kisaran kadar aspal yang memenuhi persyaratan. Biasanya rencana substansi aspal berada di dekat titik tengah kisaran yang memenuhi semua kebutuhan

3.3.8 Menganalisa Perhitungan Karakteristik Marshall

Tes Marshall dilakukan dengan menganalisis informasi yang diperoleh. Tujuan pengujian adalah untuk memperoleh nilai Marshall yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas campuran untuk setiap variasi bahan Lateks pada benda uji, terutama yang memiliki konsentrasi tinggi. Marshall terus melihat data yang didapatnya. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai Marshall yang kemudian digunakan untuk menentukan sifat-sifat campuran setiap jenis bahan plastik benda uji, yaitu benda uji dengan kadar 0%, 5 %, 7,5 %, atau 10. %

3.4 Bagan Alur Penelitian

