

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini secara umum merupakan pengujian laboratorium yang bertujuan untuk mengkaji kelayakan serbuk ban sebagai bahan tambahan dalam aspal porus.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian, pemeriksaan dan pengujian karakteristik marshall campuran aspal porus akan dilaksanakan di Laboratorium Transportasi dan Laboratorium Bahan Konstruksi ITN Malang, Kampus 1, Jl Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang.

3.3 Metode Penelitian

Pada tahap awal penelitian, kegiatan dilakukan di laboratorium Institut Teknologi Nasional Malang, di mana data dikumpulkan dan bahan aspal serta kualitas agregat yang akan digunakan dalam percobaan campuran diperiksa. Setelah itu, dilakukan pembuatan campuran dengan variasi kadar agregat yang berbeda.

Penelitian yang dilakukan ini merupakan jenis penelitian kuantitatif, yang didasarkan pada pengalaman empiris dengan mengumpulkan data dalam bentuk angka yang dapat dihitung dan bersifat numerik. Dalam penelitian kuantitatif, metode pengumpulan data, analisis data, serta hasil analisis akan disajikan dalam bentuk angka. Oleh karena itu, data yang digunakan adalah data kuantitatif yang berupa angka atau data yang dapat dihitung, kemudian diinterpretasikan untuk kemudian diambil keputusan dan kesimpulan. Sebagai acuan, penelitian ini menggunakan spesifikasi standar yang tercantum dalam Spesifikasi Umum 2018 untuk pekerjaan konstruksi Jalan dan Jembatan.

3.3.1 Pengumpulan Data

Studi penelitian ini terbagi menjadi dua bagian yaitu :

1. Studi pustaka, bertujuan untuk menyusun penelitian dengan mempelajari berbagai teori yang ada.

2. Studi Eksperimen Bertujuan untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi yang dibutuhkan, yang dilakukan di laboratorium. Informasi yang terkumpul kemudian dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan akhir. Adapun prosedur penelitian yaitu :
 - a. Menyediakan alat dan bahan penelitian.
 - b. Pemeriksaan bahan material penelitian yang akan digunakan.
 - c. Merencanakan contoh campuran aspal porus.
 - d. Merencanakan contoh campuran dengan pembuatan benda uji.
 - e. Uji marshall dan permeabilitas pada sampel.
 - f. Analisa data.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan benda uji dengan menggunakan agregat alam tanpa penambahan serbuk ban untuk mencari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) berdasarkan parameter pengujian karakteristik marshall dan permeabilitas kemudian pembuatan benda uji dengan penambahan kadar serbuk ban 0%, 1%, 3%, 6% dan 9% pada KAO dengan parameter pengujian karakteristik marshall setelah itu dilakukan analisis data.

3.4 Bahan dan Peralatan Penelitian

a. Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan material-material yang didapatkan dari beberapa tempat yaitu :

1. Agregat, didapatkan dari AMP PT. Sriwijaya 87, Kabupaten Malang, Jawa Timur.
2. Aspal, didapatkan dari AMP PT. Sriwijaya 87, Kabupaten Malang, Jawa Timur.
3. Serbuk Ban, didapatkan dari CV. Krakatau Media, Kabupaten Malang, Jawa Timur.

b. Peralatan Penelitian

Alat-alat yang digunakan antara lain :

1. Saringan atau ayakan 11/2, 1, 3/4, 1/2, 3/8, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100, No.200 dan pan.

2. Sekop digunakan sebagai alat mengambil sampel material di laboratorium maupun pada saat pengambilan material.
3. Goni dan pan sebagai tempat atau wadah tempat material.
4. Timbangan kapasitas 20 kg dengan ketelitian 0,5 gr dan timbangan kapasitas 3000 gr dengan ketelitian 0,1 gram.
5. Shieve shaker berfungsi sebagai alat mempermudah pengayakan material.
6. Sendok pengaduk dan spatula.
7. Thermometer sebagai alat pengukur suhu aspal dan juga material.
8. Piknometer dengan kapasitas 500 ml, untuk pemeriksaan berat jenis penyerapan agregat kasar dan halus.
9. Cetakan mold berbentuk silinder yang berdiameter 101,6 mm (4 in) dan tinggi 76,2 (3in), beserta *jack hammer* marshall.
10. Dongkrak hidrolik berfungsi sebagai alat untuk mengeluarkan benda uji marshall dari mold.
11. Cat dan spidol untuk menandai benda uji.
12. Pemanas air (*Water bath*) dengan kedalaman 152,4 mm (6 inc) yang dilengkapi dengan pengatur temperatur air $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$.
13. Oven pengering material.
14. Alat uji permeabilitas.
15. Alat uji Marhall test dilengkapi dengan penekan kepala penekan (*Breaking Head*), cincing penguji (*Proving Ring*) dan arloji (*dial*) dengan kalibrasi.

3.5 Metode Penelitian Material Aspal

1. Pengujian Penetrasi (SNI 2456 : 2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana penetrasi bitumen yang keras atau lembek (padat atau semi-padat) dengan cara memasukkan jarum berukuran tertentu, menggunakan beban dan waktu tertentu, ke dalam bitumen pada suhu yang sudah ditentukan.

2. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433 : 2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua produk minyak bumi, kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang memiliki titik nyala oven cup di bawah 79°C. Titik nyala adalah suhu ketika muncul nyala singkat pada permukaan aspal, sementara titik bakar adalah suhu ketika nyala terlihat terus-menerus selama minimal 5 detik pada titik tersebut di atas permukaan aspal.

3. Pengujian Titik Lembek (SNI 2434, 2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek dari aspal dan ter yang berada dalam rentang suhu antara 30°C hingga 200°C. Titik lembek merujuk pada suhu di mana bola baja dengan berat tertentu menekan dan menurunkan aspal yang berada dalam cincin dengan ukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar di bawah cincin pada ketinggian tertentu, akibat pemanasan dengan kecepatan tertentu.

4. Pengujian Daktilitas (SNI 2432, 2011)

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur jarak maksimum yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum terputus, pada suhu dan kecepatan tarik yang ditentukan.

5. Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras (SNI 2441, 2011)

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis bitumen keras menggunakan piknometer. Berat jenis bitumen adalah perbandingan antara berat bitumen dengan berat air suling yang memiliki volume sama pada suhu tertentu.

6. Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal (SNI 06-2440, 1991)

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan penurunan berat minyak dan aspal melalui pemanasan pada ketebalan tertentu, yang dinyatakan dalam persentase dari berat semula.

3.6 Metode Pengujian Material Agregat

Proses pengujian bahan material agregat melibatkan berbagai metode dan teknik untuk mengukur kualitas serta ketahanannya. Pengujian ini sangat penting untuk memastikan bahwa agregat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan oleh Bina Marga 2018. Adapun pengujian material agregat terdiri dari beberapa tahap, yaitu:

1. Pengujian Berat Isi Agregat (AASHTO T-19-74) (ASTM C-29-71).
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan berat isi agregat halus, kasar atau campuran. Berat isi adalah perbandingan antara berat dan isi.
2. Pengujian Analisa Saringan Halus Dan Kasar (SNI ASTM C136 : 2012).
Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (Gradasi) agregat halus dan agregat kasar dengan menggunakan saringan.
3. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat halus (SNI 1970 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry/SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan (absorpsi) dari agregat halus.
4. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 1969 : 2008)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*saturated surface dry/SSD*), berat jenis semu (*apparent*), dan penyerapan (absorpsi) dari agregat kasar.
5. Pengujian Keausan Agregat Dengan Alat Abrasi Los Angeles (SNI 2417:2008)
Pengujian ini adalah untuk menentukan ketahanan agregat kasar yang lebih kecil dari 37,5 mm (1 ½“) terhadap keausan menggunakan alat Los Angeles.
6. Pengujian Material Lolos Ayakan No.200 (SNI ASTM C117 : 2012)
Pengujian ini bertujuan untuk menentukan jumlah bahan yang lolos saringan 75 µm (No. 200) dalam agregat mineral melalui proses pencucian. Butiran lempung dan butiran agregat lainnya yang terlepas oleh air pencuci, serta bahan-bahan lain yang larut dalam air, akan terpisah dari agregat selama pengujian.
7. Pengujian Setara Pasir Untuk Menguji Agregat Halus Yang Mengandung Bahan Plastis (SNI 03-44828-1997)

Pengujian setara pasir adalah metode untuk mengukur kualitas agregat halus (seperti pasir) dengan menentukan rasio antara bagian agregat bersih terhadap bagian yang mengandung lumpur atau debu.

3.7 Benda Uji

Pengumpulan benda uji dilakukan dengan cara membuat sampel berbentuk silinder dengan diameter 10,16 cm dan tinggi 6,35 cm. Benda uji ini dibuat melalui proses pemanasan, pengadukan, dan pemadatan antara campuran agregat dan aspal. Adapun langkah-langkah dalam pembuatan benda uji adalah sebagai berikut :

1. Peneliti harus menyiapkan agregat yang akan digunakan terlebih dahulu. Setelah siap, agregat akan dimasukkan ke dalam oven untuk dikeringkan pada suhu 105°C hingga 110°C. Setelah proses pengeringan selesai, agregat akan disaring menggunakan saringan yang telah disiapkan. Setelah melalui tahap tersebut, selanjutnya dilakukan pengujian terhadap benda uji agregat, yang meliputi uji impact, abrasi Los Angeles, berat isi, berat jenis halus, angularitas, dan flakiness.
2. Menimbang agregat sesuai dengan persentase agregat campuran yang telah dihitung, kemudian benda uji akan dibuat sebanyak 3 buah untuk setiap variasi kadar aspal yang telah ditentukan.
3. Memanaskan agregat menggunakan wajan di atas kompor pemanas hingga mencapai suhu 155°C, sementara aspal dipanaskan hingga mencapai suhu sekitar 145°C.
4. Kemudian, campurkan agregat panas dengan aspal dan aduk secara merata di atas kompor panas yang memiliki suhu sekitar 155°C.
5. Setelah campuran agregat dan aspal tercampur rata, masukkan campuran panas tersebut ke dalam cetakan (mold) yang alasnya telah dipasang kertas saringan yang sudah dioleskan dengan Vaseline. Dalam proses memasukkan campuran ke dalam mold, campuran dimasukkan dalam tiga lapis. Setiap lapis dipadatkan dengan menusukkan spatula sebanyak 15 kali di bagian pinggir dan 10 kali di bagian tengah.

6. Tutup bagian atas dengan kertas saringan lagi yang sudah dioleskan Vaseline
7. Lakukan pemadatan menggunakan alat *Marshall manual compactor* sebanyak 50 kali tumbukan pada sisi bagian atas dan 50 kali tumbukan pada sisi bagian bawah.
8. Benda uji didiamkan terlebih dahulu selama sekitar +15 menit agar suhunya turun. Setelah itu, benda uji dikeluarkan dari mold atau cetakan dan diberi kode atau tanda, seperti tipe-ex, untuk mempermudah dalam mengenali benda uji tersebut.
9. Benda uji dibersihkan dari kotoran yang menempel lalu didiamkan 24 jam
10. Setelah 24 jam maka benda uji dapat dilakukan pengujian permeabilitas dan marshall.

3.8 Pengujian Karakteristik Aspal Porus

1. Pengujian Marshall

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Berikut adalah beberapa tahapan dalam pengujian Marshall:

- Rendamlah benda uji dalam *water bath* selama 30 – 40 menit dengan temperatur tetap $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ untuk benda uji.
- Keluarkan benda uji dari penangas air dan letakkan dalam bagian bawah alat penekan uji Marshall
- Pasang bagian atas alat penekan uji Marshall di atas benda uji dan letakkan seluruhnya dalam mesin uji Marshall
- Pasang arloji pengukur pelelehan pada posisi yang tepat di atas salah satu batang penuntun dan atur jarum penunjuk sehingga menunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang dengan kuat pada bagian atas kepala penekan.
- Sebelum pembebanan diberikan, kepala penekan beserta benda uji dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji
- Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol

- Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 in) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum yang dicapai.
- Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

2. Pengujian Permeabilitas

Fungsi pengujian permeabilitas adalah untuk mengukur kemampuan suatu material, seperti campuran aspal berpori, dalam mengalirkan air atau cairan lainnya melalui pori-porinya. Pengujian ini penting untuk menilai ketahanan material terhadap kelembaban dan kemampuannya dalam drainase, serta memastikan kualitas perkerasan jalan agar tidak mudah rusak akibat penyerapan air. Berikut adalah beberapa tahapan dalam pengujian permeabilitas :

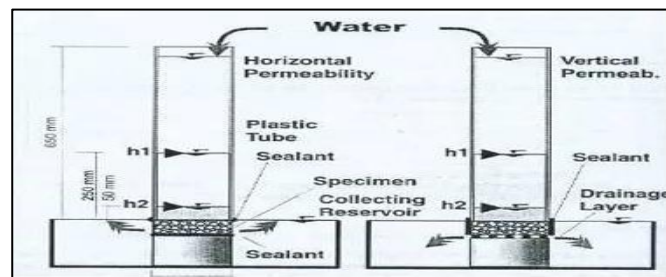
a. Alat dan bahan :

- Silinder permeabilitas (tabung uji dengan tempat sampel tanah).
- Pipa manometer (tabung kapiler bening bergradasi).
- Sumber air bersih (air de-aerasi disarankan untuk hasil lebih akurat).
- Stopwatch.
- Termometer (untuk mengukur suhu air, karena viskositas air tergantung suhu).
- Timbangan, pisau potong, dan alat bantu lainnya.
- Sampel dalam kondisi jenuh.

b. Pengujian sampel

- Tempatkan sampel tanah jenuh ke dalam tabung uji dan pastikan tidak ada rongga udara.
- Pasang filter di bagian atas dan bawah sampel untuk mencegah erosi partikel.
- Sambungkan tabung kapiler ke bagian atas tabung uji.
- Pastikan sambungan kedap air.

- Isi tabung dengan air secara perlahan untuk menghindari pembentukan gelembung udara.
- Biarkan air mengalir dari atas ke bawah hingga seluruh sistem jenuh dan stabil.
- Ukur dan catat ketinggian awal air (h_1) di tabung kapiler.
- Mulai stopwatch dan biarkan air turun secara alami melewati sampel tanah.
- Catat waktu yang diperlukan hingga air mencapai ketinggian akhir (h_2).
- Ulangi beberapa kali untuk keandalan data.



Gambar 3.2 Skema Pengujian Permeabilitas

(Sumber: Danang Pasckaryono Dwiharjo, 2010)

3. Uji Hipotesis

Uji hipotesis atau uji ANOVA yaitu bertujuan untuk membandingkan nilai yang didapat dari hasil P-value. Dari uji anova tersebut yang akan menentukan H_0 dan H_a akan diterima atau ditolak. Parameter untuk uji hipotesis meliputi nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, marshall quotient (MQ) dan permeabilitas. Pengujian hipotesis ANOVA dianalisis menggunakan software Minitab versi 22. Adapun kriteria penetapan penerimaan dan penolakan hipotesis adalah sebagai berikut:

1. H_0 diterima jika nilai P-value $> 0,05$
2. H_a diterima jika nilai P-value $< 0,05$

Tabel 3.1 Rencana Campuran Benda Uji

Pengujian	Variasi kadar aspal (%)					Jumlah sampel
	Pb - 1	Pb - 0,5	Pb	Pb + 0,5	Pb + 1	
Penentuan KAO	3	3	3	3	3	15
Uji Permeabilitas	3	3	3	3	3	15
Pengujian	Variasi campuran serbuk ban					Jumlah sampel
	0%	1%	3%	6%	9%	
Pengujian Karakteristik Marshal	3	3	3	3	3	15
Uji Permeabilitas	3	3	3	3	3	15

3.9 Bagan Alir Penelitian

