UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL DAN POROSITAS PADA CAMPURAN BERASPAL PORUS SEBAGAI PERKERASAN RAMAH LINGKUNGAN

PROYEK AKHIR

Oleh:

MUHAMMAD GORBIE TRIATMAN TURNIP

NIM. 14/361588/SV/05861

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR SIPIL

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL SEKOLAH VOKASI

UNIVERSITAS GADJAH MADA

YOGYAKARTA

2021

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah
Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LEMBAR PERSYARATAN

NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL DAN POROSITAS PADA CAMPURAN BERASPAL PORUS SEBAGAI PERKERASAN RAMAH LINGKUNGAN

PROYEK AKHIR

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada program Studi D-IV Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil
Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada

Oleh:

MUHAMMAD GORBIE TRIATMAN TURNIP
NIM. 14/361588/SV/05861

PROGRAM STUDI D-IV TEKNIK PENGELOLAAN DAN PEMELIHARAAN INFRASTRUKTUR SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
YOGYAKARTA
2021

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LEMBAR PENGESAHAN

NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL DAN POROSITAS PADA CAMPURAN BERASPAL PORUS SEBAGAI PERKERASAN RAMAH LINGKUNGAN

Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Muhammad Gorbie Triatman Turnip

No. Mahasiswa :14/361588/SV/05861

Proyek akhir telah dipertahankan dalam ujian pendadaran/siding dan disahkan di depan Tim Penguji pada tanggal 19 Januari 2021 serta diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada jenjang Diploma IV Program Studi D-IV Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.

Yogyakarta , 19 Januari 2021

Susunan tim penguji, pembimbing dan ketua program studi

Ketua tim penguji
Suwardo, S.T., M.T., Ph.D. :
NIP. 197101251997021001

Sekretaris tim penguji (Dosen pembimbing)
Ir. Heru Budi Utomo, MT. :
NIP. 196111151987031002

Penguji 1
Nursyamsu Hidayat, ST., MT., Ph.D. :
NIP. 196111151987031002

Ketua Program Studi
Dr. Eng. Iman Haryanto, S.T., M.T. :
NIP. 197309261998031002

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

UNIVERSITAS GADJAH MADA
SEKOLAH VOKASI
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Jl. Yacaranda, Sekip Unit IV Catur Tunggal, Depok Sleman, Yogyakarta 55281
Telp. (0274) 545193 | Fax. (0274) 545193 | Laman : tekniksipil.sv.ugm.ac.id
E-mail : tekniksipil-sv@ugm.ac.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : 193/UN1/SV.2/DTS/DI/2021

Ketua Departemen Teknik Sipil Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	:	Muhammad Gorbie Triatman Turnip
NIM	:	14/361588/SV/05861
Program Studi	:	Sarjana Terapan Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil
Departemen	:	Departemen Teknik Sipil SV UGM
Judul Karya Akhir	:	Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
Tanggal Ujian	:	19 Januari 2021
Pembimbing	:	Ir. Heru Budi Utomo, MT
Ketua Penguji	:	Suwardo, ST., MT., Ph.D.
Penguji	:	Nursyamsu Hidayat, ST., MT., Ph.D.

Telah mengunggah Naskah Proyek Akhir yang telah direvisi ke portal Departemen Teknik Sipil Sekolah Vokasi UGM pada tanggal 1 Februari 2021.

Surat Keterangan ini dibuat dan berlaku pada masa tanggap darurat covid 19 dan dapat dipergunakan sebagai pengganti tanda terima buku Proyek Akhir sebagai syarat yudisium atau wisuda pada program Diploma IV Sekolah Vokasi UGM.

Demikian surat keterangan ini dikeluarkan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 16 Februari 2021
Ketua Departemen Teknik Sipil
Sekolah Vokasi UGM,

Dr. Ir. Sindu Nuranto, MS.
NIP. 196206131989031002

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Gorbie Triatman Turnip

NIM : 14/361588/SV/05861

Program Studi : D-IV Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Sekolah Vokasi

Jenis Karya : Proyek Akhir

Dengan ini menyatakan :

1. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni (IPTEKS), saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Gadjah Mada hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*None-esclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah Proyek Akhir saya yang berjudul : "Nilai Karakteristik Marshall dan Porositas pada Campuran Beraspal Porus untuk Perkerasan Ramah Lingkungan."
   Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Gadjah Mada berhak menyimpan, menyalin ke media/format lain, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasi Proyek Akhir saya untuk kepentingan akademik selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
2. Saya menyetujui Proyek Akhir ini menjadi milik UGM dan ditempatkan di perpustakaan Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada yang bersifat:

   ☐ Rahasia

   ☑ Tidak Rahasia

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

.

Dibuat di : Yogyakarta
Pada tanggal : 19 Januari 2021

Pembimbing Proyek Akhir	Mahasiswa
Ir. Heru Budi Utomo, MT.	Muhammad Gorbie Triatman Turnip
NIP. 196111151987031002	NIM.14/361588/SV/05861

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jl. Yacaranda Sekip Unit IV 55281 Yogyakarta 0274 545193

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	:Muhammad Gorbie Triatman Turnip
NIM	:14/361588/SV/05861
Tahun terdaftar	:2014
Program Studi	:D-IV TPPIS
Fakultas/Sekolah	:Vokasi

Menyatakan bahwa dalam dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Proyek Akhir/~~Tesis/Disertasi~~* ini tidak terdapat bagian dari karya ilmiah lain yang telah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di suatu lembaga Pendidikan Tinggi, dan juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang/lembaga lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam dokumen ini dan disebutkan secara lengkap dalam daftar pustaka.

Dengan demikian saya menyatakan bahwa dokumen ilmiah ini bebas dari unsur-unsur plagiasi dan apabila dokumen ilmiah Tugas Akhir/Skripsi/Proyek Akhir/Tesis/Disertasi* ini di kemudian hari terbukti merupakan plagiasi dari hasil karya penulis lain dan/atau dengan sengaja mengajukan karya atau pendapat yang merupakan hasil karya penulis lain, maka penulis bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 5 Februari 2021



Muhammad Gorbie Triatman Turnip
NIM. 14/361588/SV/05861

*Pilih salah satu yang sesuai

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
SEKOLAH VOKASI
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Jl. Yacaranda Sekip Unit IV 55281 Yogyakarta 0274 545193

SURAT PERNYATAAN KEBENARAN DOKUMEN

Nama	: Muhammad Gorbie Triatman Turnip
Tempat Tanggal Lahir	: Sidamanik, 22 Februari 1996
NIM	: 14/361588/SV/05861
Program Studi	: D-IV TPPIS
Alamat	: Pogung Rejo, RT/RW 051/020 SInduadi, Mlati, Sleman, Yogyakarta
No Hp/WA	: 0899 5423 205

Bersama ini saya menyatakan bahwa dokumen yang saua unggah/sertakan dalam berkas Yudisium/SKL adalah benar dan asli. Apabila dikemudian hari ditemukan dokumen yang tidak benar, maka saya menerima keputusan panitia membatalkan **KELULUSAN**

Atas perhatiannya diucapkan terima kasih

Yogyakarta, 5 Februari 2021



Muhammad Gorbie Triatman Turnip
NIM. 14/361588/SV/05861

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

فَإِذَا فَرَغْتَ فَانْصَبْ

Maka apabila kamu telah selesai (dari sesuatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, (Q.S Al-Insyrah:7)

"CHOOSE NOT TO FALL"
-Daniel Illabaca

"Kamu tidak lebih baik daripada orang yang menurutmu lebih buruk"

Poyek Akhir ini Penulis Persembahkan Kepada :

- Almamater Kebanggaan Universitas Gadjah Mada
- Keluargaku Tercinta
- Seluruh sahabat terepik
- Pembac

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga Proyek Akhir berjudul "Nilai Karakteristik Marshall Dan Pororsitas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan" ini dapat diselesaikan.

Proyek Akhir ditulis guna memenuhi salah satu persyaratan lulus dalam menempuh pendidikan di Program Studi D-IV Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil Sekolah Vokasi UGM untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) pada jenjang Diploma IV.

Pada penyusunan Proyek Akhir, banyak didapatkan bantuan dari berbagai pihak yang berupa moril maupun materiil. Untuk itu melalui kesempatan ini diucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Orang tua saya yang saya cintai Dr Kaiman Turnip dan Ratnawati
2. Dr-Ing. Ir. Agus Maryono selaku Dekan Sekolah Vokasi, atas kepemimpinan dan dukungan yang diberikan kepada saya.
3. Dr. Ir. Sindu Nuranto, M.S. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil atas kepemimpinan dan dukungan yang diberikan kepada saya.
4. Dr. Eng. Iman Haryanto, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Diploma IV Teknik Pengelolaan dan Pemeliharaan Infrastruktur Sipil atas kepemimpinan dan dukungan yang diberikan kepada saya.
5. Ir. Heru Budi Utomo, MT. selaku dosen pembimbing yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk membimbing dan memberikan masukan-masukan selama penyusunan proyek akhir.
6. Suwardo, S.T., M.T., Ph.D. sebagai dosen penguji yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan masukan-masukan selama penyusunan proyek akhir.
7. Nursyamsu Hidayat, ST., MT., Ph.D. sebagai dosen penguji yang telah berkenan meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan masukan-masukan selama penyusunan proyek akhir.
8. Anan, Jeni, Supi, Yahya, Krisna, Raka, Ulin, Warid, Hanif, Panji, Zulkan, Awang, Andreas, Samsul, Ibnu, Detourn Coffee Bar, PT. Ventor, Sedtmen Parkour dan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Bliht Coffee yang telah membantu tanpa pamrih sehingga penyusunan proyek akhir ini berjalan dengan durasi yang cukup.

Disadari bahwa Proyek Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik sangat diharapkan sebagai masukan demi kesempurnaan Proyek Akhir ini.

Diharapkan semoga Proyek Akhir ini bermanfaat bagi para mahasiswa, institusi terkait dan pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 19 Januari 2021

Penyusun



Muhammad Gorbie Triatman Turnip

NIM. 14/361500/SV/05861

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

MUHAMMAD GORBIE TRIATMAN TURNIP, 2021, *Nilai Karakteristik Marshall dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan.* (dibimbing oleh Ir. Heru Budi Utomo, MT)

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting dalam menunjang berbagai kegiatan sosial dan perekonomian. Tujuan pembangunan jalan raya diantaranya adalah menyelenggarakan terwujudnya lalu lintas yang aman, cepat dan nyaman. Keamanan jalan merupakan hal yang sangat penting untuk mengurangi resiko kecelakaan. Banjir merupakan hal yang biasa di Indonesia, masalah genangan air yang melanda perkotaan menunjukkan bahwa volume air yang masuk ke dalam saluran air melebihi kapasitas normal dari drainase sehingga menyebabkan kerusakan pada perkerasan aspal, untuk mengurangi resiko kerusakan maka diperlukan sistem drainase untuk mengontrolnya.

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh nilai prsentase aspal yang memenuhi Kadar Aspal Optimum dan nilai permeabilitas. Perencanaan gradasi aspal berporus menggunakan material lokal dengan metode pemampatan kering. Perhitungan digunakan dengan 4 macam perentase aspal, terdiri dari 4,5%, - 7,5%. Agregat menggunakan 2 jenis persentase kadar agregat 15,22%-15,56%; 45,41%-46,67%; 13,35%-13,73% dan 19,07%-19,25%; 42,20%-42,50%; 9,76%-9,85% dan persentase *filler* semuanya terdiri dari 3%-4%.

Hasil pengujian didapatkan Kadar Aspal Optimum pada campuran aspal berporus dengan nilai agregat lolos ayakan 12,7-9,5: 19,07%; 9,5-4,75: 19,07%; 4,75-2,8: 42,20%; 2,8-0,5: 9,76%; *filler*: 3,32%; aspal: 6,57%, dengan berat total seluruh campuran 1278,50gr.. Hasil pengujian permeabilitas menunjukan bahwa semua sampel dapat meloloskan air. Waktu paling cepat yaitu sampel 1 dengan waktu 18 detik pada tekanan 0,9 kg/cm^2 dan 12 detik pada tekanan 1,8 kg/cm^2, waktu paling lama yaitu sampel 6 dengan waktu 31 detik pada tekanan 0,9 kg/cm^2 dan 17 detik pada tekanan 1,8 kg/cm^2.

Kata kunci: Aspal berporus, perkerasan jalan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

MUHAMMAD GORBIE TRIATMAN TURNIP, 2021, *Marshall Characteristic Value And Poprosity In Spinning Asphalt Mixed As Environmental Friendly Hardware.* (supervised by Ir. Heru Budi Utomo, MT)

Roads are a very important transportation infrastructure to support various social and economic activities. The purpose of road construction is to create safe, fast and comfortable traffic. Safety road is very important to reduce the risk of accidents. Floods are common thing in Indonesia, the problem of puddle that hit cities shows that the volume of water entering the waterways exceeds the normal capacity of drainage causing damage to the asphalt pavement, to reduce the risk of damage a drainage system is needed to control it.

This study aims to obtain asphalt prsentation values that meet the optimum asphalt content and permeability values. Planning of porous asphalt gradations using local materials with the dry compression method. The calculation is used with 4 different percentages of the asphalt review, consisting of 4,5%, -7,5%, then the aggregate uses 2 types of aggregate content percentage 15,22%-15,56%; 45,41%-46,67%; 13,35%-13,73% and 19,07%-19,25%; 42,20%-42,50%; 9,76%-9,85% and the percentage of fillers all consisted of 3%-4%.

The test results obtained the optimal asphalt content in the porous asphalt mixture with the aggregate value passing the sieve 12.7-9.5: 19.07%; 9,5-4,75: 19,07%; 4,75-2,8: 42,20%; 2.8-0.5: 9.76%; filler: 3.32%; asphalt: 6.57%, with a total weight of the whole mixture 1278.50 gr. The permeability test results showed that all samples could pass water. The fastest time is sample 1 with a time of 18 seconds at a pressure of 0.9 kg / cm^2 and 12 seconds at a pressure of 1.8 kg / cm^2, the longest time is sample 6 with a time of 31 seconds at a pressure of 0.9 kg / cm^2 and 17 seconds on pressure 1.8 kg / cm^2.

Keyword : porous asphalt, pavement

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
LEMBAR PERSYARATAN ii
LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR HAK CIPTA DAN STATUS v
MOTTO DAN PERSEMBAHAN vi
PRAKATA vii
INTISARI ix
ABSTRACT x
DAFTAR ISI x
DAFTAR TABEL xiv
DAFTAR GAMBAR xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 3
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Hasil Yang Diharapkan 4
BAB II TINJAUAN PUSATAKA DAN LANDASAN TEORI 5
2.1 Aspal Porus 6
2.2 Agregat 7
2.3 Filler 10
2.4 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Aspal Porus 11
2.5 Standar Perkerasan jalan 11
2.6 Klasifikasi Berdasarkan Beban Muatan Sumbu 13
2.7 Jenis / Tipe Perkerasan 14

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.8 Perkerasan Lentur 14

2.8.1 Jenis dan fungsi lapisan perkerasan 14
2.8.2 Lapisan Tanah Dasar (Subgrade) 14
2.8.3 Lapisan Pondasi Bagian Bawah (Subbase Course) 15
2.8.4 Lapis Pondasi Atas (Base Course) 16
2.8.5 Lapisan Permukaan (Surface Course) 16
2.9 Alat Paenelitian 17
2.9.1 Uji Marshall 17
2.9.2 Uji Permeabilitas 18
2.9.3 Densitas Spesimen 19

BAB III METODE PENELITIAN 20
3.1 Bahan Yang Digunakan 20
3.2 Alat 21
3.3 Cara Penelitian 25
3.3.1 Gradasi Agregat 1 25
3.3.2 Gradasi Agregat 2 27
3.3.3 Tahap pembuatan benda uji 28
3.3.4 Tahap Prosedur Pelaksanaan 29
3.3.5 Pengujian Bahan Dasar 29
3.3.6 Lokasi Penelitian 30
3.3.7 Waktu Penelitian 30
3.3.8 Pelaksanaan Pembuatan Sampel Aspal Berporus 30
3.3.7 Flow Chart 30

3.4 Analisis Hasil 31
3.4.3 Bahan yang digunakan 31
3.4.4 Pengujian Marshall 32
3.4.5 Uji Permeabilitas 33
3.4.6 Sistem Pengujian 34

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN 36
4.1 Hasil Penelitian 36

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.1.1 Hasil Pengujian Marshall 36
4.1.2 Hasil Pengujian Permeabilitas 48
4.1.3 Hasil Pengujian Densitas Spesimen 49
4.1.4 Proportioning Mix Design 51
4.2 Pembahasan 53
4.2.1 Hasil Pengujian Marshall 53
4.2.2 Hasil Pengujian Permeabilitas 54
4.2.3 Hasil Pengujian Densitas Spesimen 55
4.2.4 Hasil Proportioning Mix Design 55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 57
5.1 Kesimpulan 57
5.2 Saran 58
DAFTAR PUSTAKA 59

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Proporsi Kombinasi Agregat 10
Tabel 4.1 Nilai Marshall Sampel 1 42
Tabel 4.2 Nilai Marshall Sampel 2 43
Tabel 4.3 Nilai Marshall Sampel 3 43
Tabel 4.4 Nilai Marshall Sampel 4 44
Tabel 4.5 Nilai Marshall Sampel 5 44
Tabel 4.6 Nilai Marshall Sampel 6 45
Tabel 4.7 Tabel Pengujian Permeabilitas 48
Tabel 4.8 Proporsional Mix Design Sampel 1-4 51
Tabel 4.9 Proporsional Mix Design Sampel 5-6 51
Tabel 4.10 Kadar Aspal Optimum Sampel 1-4 53
Tabel 4.11 Kadar Aspal Optimum Sampel 5-6 53

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem drainase aspal porus 5
Gambar 2.2 Diagram Pendekatan Fisik MPK 8
Gambar 3.1 Wajan 21
Gambar 3.2 Kompor 21
Gambar 3.3 Spatula 21
Gambar 3.4 Wadah 22
Gambar 3.5 Penumbuk Manual 22
Gambar 3.6 Timbangan Digital 22
Gambar 3.7 Set Saringan 23
Gambar 3.8 Oven 23
Gambar 3.9 Cetakan 23
Gambar 3.10 Pengeluar 24
Gambar 3.11 Alat Uji Marshall 24
Gambar 3.12 Alat Uji Permeabilitas 24
Gambar Grafik 4.1 Hubungan Kadar Aspal dan VMA 45
Gambar Grafik 4.2 Hubungan Kadar Aspal dan VIM 46
Gambar Grafik 4.3 Hubungan Kadar Aspal dan FLOW 46
Gambar Grafik 4.4 Hubungan Kadar Aspal dan VFA 47
Gambar Grafik 4.5 Hubungan Kadar Aspal dan MQ 47
Gambar Grafik 4.6 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas 48

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan raya merupakan prasarana transportasi yang sangat penting untuk mempermudah berbagai kegiatan masyarakat termasuk perekonomian. Tujuan pembangunan jalan raya untuk mewujudkan keamanan lalulintas yang nyaman dan juga cepat. Prasarana jalan raya memerlukan perhatian khusus dalam pelaksanaannya. Banjir merupakan kalimat yang popular di Indonesia, mengingat banjir terjadi disetiap kota setiap musim hujan datang. Banjir selalu berulang setiap tahunnya namun sampai sekarang masih belum ada penyelesaian untuk masalah ini

Genangan air yang terjadi diatas permukaan jalan mengakibatkan kerusakan konstruksi perkerasan jalan. Kerusakan dan kerugian besar terjadi karena hal ini, tidak hanya pengguna kendaraan bermotor yang menanggung kerugiannya tapi kenaraan tidak bermotor juga menanggung dampaknya. Sistem drainase masih belum maksimal dalam pembuatannya karena volume air yang masuk melebihi kapasitas normal dari drainase sehingga membuat genangan air diatas permukaan jalan. Faktor lain adalah intensitas hujan yang turun didaerah tersebut meningkat dan tidak adanya daerah resapan air hujan atau pohon untuk menahan air hujan agar tidak langsung tumpah semuanya ke drainase.

Perkerasan jalan akan memiliki umur yang lebih jika penanganan sistem drainase dilakukan optimal. Rehabilitas jalan tidak selalu dipicu oleh kerusakan langsung akibat beban kendaraan yang melintas tapi juga bisa diakibatkan konstruksi pondasi atau perataan tanah timbunan yang tidak maksimal.Kawasan tropis memiliki intensitas hujan yang tinggi banyak kasus perkerasan jalan yang awalnya bagus saat musim kemarau lalu ketika masuk musim hujan konstruksi perkerasan jalan mengalami kerusakan berat. Perencanaan rehabilitasi perencana harus menyelidiki apakah diperlukan perbaikan sistem drainase untuk mengoreksi penurunan kinerja perkerasan. Perencana harus memahami konsep

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

kerusakan atau percepatan kerusakan perkerasan akibat air sebelum melakukan penanganan lebih lanjut.

Aspal porus adalah desain campuran aspal yang memiliki nilai lebih tinggi pada porositasnya dibandingkan perkerasan konvensional, sifat porus ini didapatkan dengan presentase agregat kasar dengan jumlah yang lebih banyak sehingga menimbulkan rongga/pori pada perkerasan jalan. Sistem perkerasan aspal porus memiliki sistem drainase ganda yaitu pada permukaan jalan itu sendiri dan pori-pori yang dimiliki lapisan itu sendiri, kemudian dialirkan ke bagian tepi saluran jalan lalu masuk ke saluran drainase.

Generasi baru dalam perkerasan lentur membolehkan aspal dapat meresapkan air kedalam perkerasan secara bebas. Aspal porus dapat membantu mewujudkan perkerasan ramah lingkungan karena penggunaan aspalnya tidak sebanyak perkerasan konvensional lain sehingga kebutuhan minyak yang semakin terbatas juga dapat dihemat. Permasalahan yang biasa dijumpai pada campuran aspal porus ini adalah penyumbatan rongga oleh debu dan sampah dedaunan sehingga dapat mengurangi fungsi dari pori-porinya dan juga nilai stabilitas yang rendah karena nilai kerapatannya tidak seperti perkerasan jalan konvensional lainnya.

Aspal porus diharapkan dapat menjawab keresahan konstuksi perkerasan jalan di Indonesia setiap tahun memiliki masalah yang sama yaitu kerusakan akibat genangan ait saat musim hujan karena sistem drainase yang belum optimal dalam pelaksanaannya. Genangan air secara langsung dapat dialirkan ke drainase dapat meminimalisir kerusakan konstruksi jalan akibat adanya air yang menggenang dan masuk ke dalam celah aspal konvensional karena tidak dapat mengalirkan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Terjadinya genangan tersebut dikarenakan volume air di permukaan jalan melebihi dari kapasitas drainasi yang ada, hal tersebut dapat diupayakan pembuatan perkerasan jalan dengan campuran beraspal porus.
2. Bagaimana cara membuat campuran beraspal porus dan komposisi.
3. Bagaimana pengujian di lapangan untuk mendapatkan nilai porositas dari campuran beraspal.

1.3 Batasan Masalah

Berikut ini akan disebutkan Batasan masalah yang akan dilakukan untuk penelitian.

1. Pengujian komposisi presentasi aspal untuk material kadar aspal optimum dalam waktu penyerapan air.
2. Desain aspal untuk kelas pembebanan kecil.
3. Campuran aspal berporus ini hanya untuk percobaan pengujian kekuatan mix desain aspal berporus dengan bahan yang tersedia di laboratorium.

1.4 Tujuan

Tujuan penelitian.

1. Mendapatkan persentase aspal yang memenuhi SNI-06-2489-1991 dari 6 sampel.
2. Mendapatkan nilai pengujian permeabilitas.
3. Mendapatkan nilai pengujian density.
4. Menentukan kadar aspal optimum dari 6 sampel.
5. Mengetahui metode pembuatan campuran beraspal porus.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Hasil pengujian nilai pada campuran beraspal porus pada penyerapan air.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. Pengembangan serta rekomendasi metode penyerapan genangan air pada bahu jalan untuk meminimalisir terjadinya retakan dan kerusakan jalan aspal yang diakibatkan oleh genangan air.
3. Mendapatkan hasil pengujian campuran beraspal porus.
4. Rekomendasi metode penyerapan air pada jalan untuk meminimalisir terjadinya retakan dan kerusakan yang diakibatkan oleh genangan air.

1.6 Hasil Yang Diharapkan

Penelitian pengelolaan drainase dapat lebih diutamakan lagi mengingat sifat aspal sendiri adalah minyak yang ketika terdapat genangan air diatasnya akan memicu air tersebut untuk masuk sela-sela aspal yang mengakibatkan retakan dan kerusakan.

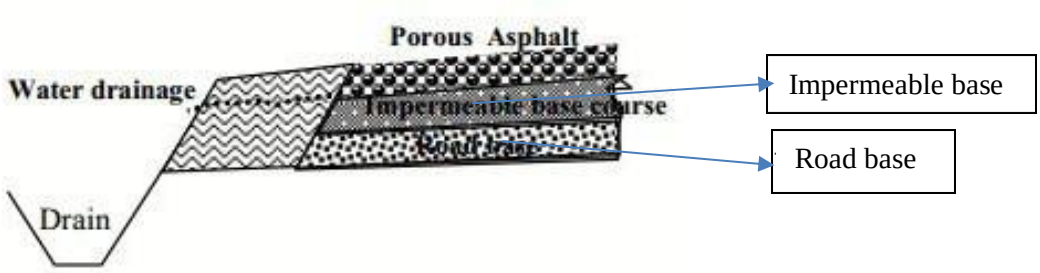
Genangan dapat dikurangi pada bahu jalan, sehingga air bisa langsung dialirkan ke saluran darainase dan diserapkan ke tanah sebagai persediaan air tanah, sehingga air hujan tidak menggenangi bahu jalan.

Campuran aspal porus dapat menghemat penggunaan aspal sebagai bahan baku utama pembuatan jalan karena jumlah campuran aspalnya tidak sebanyak campuran aspal konstruksi jalan konvensional pada umumnya.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB II
TINJAUAN PUSATAKA DAN LANDASAN TEORI

Campuran aspal porus menggunakan gradasi yang dominan oleh gradasi agregat kasar untuk dapat menghasilkan struktur yang lebih terbuka (open), sehingga dapat dialiri air (permeable). Fraksi agregat halus yang ditambahkan hanya untuk mendapatkan rongga agregat kering yang cukup untuk mempertahanan satu komposisi agregat yang paling stabil. Gradasi yang dipilih adalah gradasi yang menghasilkan suatu komposisi agregat yang paling stabil. Gradasi yang digunakan adalah gradasi yang menghasilkan stabilitas dan permeabilitas tinggi (Hamzah 1996).



Gambar 2.1 Sistem drainase aspal porus

Sumber : (Djumari, Sarwono, 2009)

Nilai kadar aspal optimum dari aspal porus menggunakan agregat gravel yaitu 2,95%. Kadar aspal optimum untuk aspal porus menggunakan agregat krikil yaitu 4,65%. Lebih tinggi menggunakan agregat krikil karena banyak menyerap aspal dengan nilai absorbsi sebesar 3,60%, sedangkan agregat gravel nilai absorbsinya sebesar 3,07%. Nilai porositas campuran aspal porus menggunakan agregat gravel sebesar 26,52%. Aspal porus menggunakan agregat kerikil memiliki nilai porositas sebesar 22,31%. Nilai porositasnya lebih tinggi menggunakan gradasi BVR (*Blackwater Valley Rounte*) dari penelitian Agustina (2006) sebesar 30,91%. Nilai permeabilitas aspal porus menggunakan agregat gravel yaitu vertikal 1,25cm/dt dan horizontal 0,92 cm/dt, sedangkan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

yang menggunakan agregat kerikil diperoleh dari nilai permeabilitas verikal 1,43 cm/dt dan horizontal 1,10 cm/dt. Nilainya lebih tinggi dibandingkan dengan yang menggunakan gradasi BVR (*Blackwater Valley Rounte*) dari penelitian Agustina (2006) yang memiliki nilai permeabilitas vertika 0,40 cm/dt dan horizontal 0,43 cm/dt (Sri Widhiastuti, 2013).

2.1 Aspal Porus

Peningkatan jumlah proporsi pada agregat kasar lalu mengurangi proporsi agregat halus dapat meningkatkan nilai pori-pori atau rongga dalam campuran aspal. Nilai Stabilitas Marshall campuran aspal porus akan lebih rendah dari nilai stabilitas marshall pada aspal yang menggunakan kepadatan gradasi lebih rapat, namun nilai dapat meningkat apabila menggunakan kepadatan gradasi terbuka lalu fraksi halusnya lebih diperbanyak (Cabrera et al., 1996).

Aspal porus yaitu jenis campuran aspal dengan jenis agregat tertentu yang didesain dan setelah dipadatkan dapat memiliki pori-pori udara berkisar sebanyak 20,00%. (Khalid & Jimenes, 1994).

Desain Aspal Porus dibuat untuk meningkatkan besar koefisien nilai gesek pada permukaan perkerasan (Kandhall & Mallick, 2001).

Aspal Porus yaitu jenis perkerasan jalan didesain untuk memperoleh nilai pori yang tinggi yaitu 28-32% dengan tetap menjaga kadar aspal campuran sehingga tidak menimbulkan *floating* maupun *bleeding*. Penelitian Aspal Porus ini menggunakan *filler* sebanyak 4,00% yaitu terdiri dari *hydrated lime* sebanyak 2,00% dan *ordinary portland cement* sebanyak 2,00%. Bahan untuk mengikat aspal semen penetrasi 60/70 dengan kadar aspal 4,50%, menunjukkan hasil abrasi campuran (catatan: pengujian abrasi tanpa bola baja) sebesar 5,00%, dan porositas sebesar 22,50%.

Aspal porus yaitu aspal dengan campuran yang sedang dikembangkan ditunjukkan sebagai konstruksi *wearing course*. Gradasi terbuka (open graded) yang didominasi oleh agregat kasar, sehingga menghasilkan rongga yang cukup besar. Dengan banyaknya rongga yang terbentuk maka stabilitas dari campuran aspal porus lebih rendah dibanding perkerasan konvensional. Untuk

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

meningkatkan stabilitas dari campuran aspal porus maka digunakan zat aditif Wetfix-Be yang berfungsi meningkatkan daya lekat antar agregat. Aspal porus sudah banyak digunakan di banyak negara, antara lain Australia, California dan British. Dengan semakin berkurangnya lahan resapan di Indonesia dan begitu banyaknya manfaat aspal porus, melatar belakangi penulis mengadakan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan permeabilitas dan karakteristik marshall berdasarkan standar Australia, California dan British serta untuk mengetahui pengaruh penambahan Wetfix-Be terhadap karakteristik marshall (Fenny dkk, 2010).

Aspal porus sangat berketerkaitan dengan perilaku serta sifat dari campuran beraspal yang menggunakan gradasi agregat dengan jumlah nilai fraksi kasar diatas 85% terhadap berat total campuran, sehingga mendapatkan struktur yang dihasilkan lebih terbuka dan berongga. Rongga yang berada didalam campuran perkerasan aspal diharapkan dapat meningkatkan kemampuan mengalirkan air dari permukaan jalan baik secara arah vertikal maupun horizontal. Sifat dari agregat merupakan yang terpenting dalam memberikan pengaruh pada campuran perkerasan aspal porus antara lain gradasi atau pembagian ukuran agregat.

2.2 Agregat

Agregat dibagi menjadi tiga macam sesuai dengan gradasinya, yaitu: ukuran butir agrega yang hampir sama yaitu Gradasi Seragam (*uniform gradation*); agregat dengan ukuran butir secara proporsional dari besar ke kecil Gradasi Baik (*well gradation*) dan Gradasi Senjang (*gap gradation*) adalah gradasi yang pada bagian tertentu dihilangkan sebagian. Gradasi aspal porus pada umumnya termasuk jenis gradasi baik.

Metode pemampatan kering (MPK), *Dry Penetration Method*, dikembangkan untuk mencari komposisi campuran agregat agar didapatkan kepadatan maksimum (maximum density) pada saat tercapai porositas minimum, sesuai kondisi target. Target porositaskepadatan diperoleh dengan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

cara mencampurkan fraksi kasar, agregat A, B dan C, dan dihasilkan campuran fraksi kasar (CFK).

Campuran A,B dan C dengan porositas minimum tersebut dianggap sebagai komposisi agregat yang paling stabil dengan kekuatan dan ketahanan yang cukup untuk menahan deformasi. Target porositas diperoleh dengan mencampurkan CFK dengan agregat D sehingga diperoleh campuran porositas minimum (CPM). Target densitas-maksimum porositas-minimum didapatkan dengan mencampur CPM dengan E (*filler*). Penggambaran konsep ini seperti disajikan dalam Gambar 2.1 Diagram Pendekatan Fisik MPK dibawah ini.

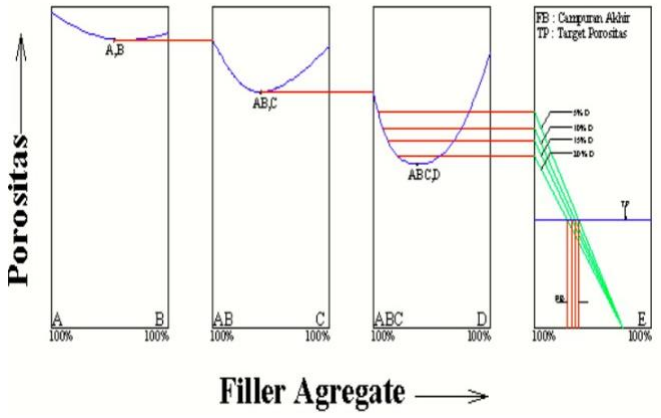


Diagram Pendekatan Fisik MPK

Gambar 2.2 Diagram Pendekatan Fisik MPK

Sumber : (Djumari, Sarwono 2009).

Densitas maksimum dicari menggunakan MPK. Pemadatan dilakukan melalui empat tahapan percobaan dengan menggetarkan mould benda uji menggunakan vibrator compaction sampai dicapai volume minimum (catatan: tinggi campuran dalam mould tetap dalam tiga kali pengukuran ulang). Agregat percobaan menggunakan nominal agregat yang lazim dijumpai dipasaran, yaitu agregat A(9,50 s/d 12,70 mm); B(4,75 s/d 9,50 mm); C (2,80 s/d 4,75 mm) dan D(0,50 s/d 2,80 mm) serta *filler*. Pentahapan disajikan sebagai berikut.

1. Mencampur agregat A&B dalam 4 kombinasi menggunakan MPK didapat campuran A&B densitas maksimum (ABdm),

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. Selanjutnya mencampur (ABdm) ditambah agregat C dalam 5 kombinasi sehingga didapat ABCdm,
3. Untuk mendapatkan densitas MPK diupayakan dengan mencampur ABCdm+D ditambah dengan *filler* sebesar 4% dari berat aggregat. Proporsi dari aggregat disajikan dalam Tabel 2.1.
4. Dengan MPK akan didapatkan densitas maksimum sebagai dasar penyusunan gradasi rancangan. Selanjutnya untuk validasi campuran dilakukan menggunakan metode Marshall dan parameter *Unconfined Comperssive Strength Test*, dan Cantabrian Test. Nilai densitas, berat jenis (*Specific Gravity*) dan porositas dihitung menggunakan persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3) sebagai berikut.

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h} \qquad (2.1)$$

dengan:

D : densitas (gr/cm^3),

Ma : berat sampel diudara (gr),

d : diameter sampel (cm),

h : tinggi sampel(cm)

$$SG = \frac{100}{\frac{\%Wag}{SGag} + \frac{\%Wa}{SGa} + \frac{\%Wf}{SGf}} \qquad (2.2)$$

dengan:

SG = specific gravity campuran,

%Wag = persen berat agregat (%),

% Wa = persen berat aspal (%),

% Wf = persen berat *filler* (%),

SGag = Specific Gravity agregat (gr/cm^3),

SGa = Specific Gravity aspal (gr/cm^3),

SGf = Specific Gravity *filler* (gr/cm^3).

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Hasil densitas D dan berat jenis SG, digunakan untuk menghitung porositas (P) dengan menggunakan persamaan (2.3) :

$$P = [1 - \frac{D}{DG}] \qquad (2.3)$$

Berikut tabel 2.1 dibawah ini adalah acuan untuk membuat proporsi kombinasi agregat dalam penelitian ini.

Tabel 2.1 Proporsi Kombinasi Agregat

Trial 1 campuran A & B	A20B80		A30B70		A40B60		A50B50	
Aggregat A (12,7 s/d 9,5mm)	20%		30%		40%		50%	
Aggregat B (9,5 s/d 4,75mm)	80%		70%		60%		50%	
Trial 2 campuran AB & C	AB40C60	AB50C50		AB60C40		AB70C30		AB480C 20
Aggregat AB	40%	50%		60%		70%		80%
Aggregat C (4,75 s/d 2,8mm	60%	50%		40%		30%		20%
Trial 3	ABC95D5		ABC90D10		ABC85D15		ABC80D20	
Aggregat ABC	95%	91,20%	90%	86,40%	85%	81,60%	80%	76,80%
Aggregat D (2,8 s/d 0,5mm)	5%	4,80%	10%	9,60%	15%	14,40%	20%	19,20%
Filler (<0,075mm)	0%	4%	0%	4%	0%	4%	0%	4%

Sumber : (Djumari, Sarwono 2009).

2.3 Filler

Filler yaitu agregat lolos saringan no. 200, bersifat non plastis, *filler* memiliki sifat mendukung agregat kasar bersamaan dengan agregat halus dan binder. *Filler* sendiri dapat memperluas bidang kotak yang ditimbulkan butiran, sehingga mengakibatkan tahanan terhadap gaya geser bertambah. Hal ini dapat menambah stabilitas campuran aspal porus terhadap geser.

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2.4 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan Aspal Porus

a. Kelebihan Penggunaan Aspal Porus (Kraemer, 1997).
   1) Meningkatkan keselamatan berkendara dijalan;
   2) Mengurangi kebisingan suara kendaraan bermotor;
   3) Mengurangi efek silau yang ditimbulkan pada jalan yang permukaannya basah;
   4) Mengurangi efek percikan dan semprot apabila kendaraan melintas permukaan perkerasan yang basah;
   5) Mengurangi efek *aquaplaning* apabila permukaan perkerasan basah;
   6) Mengurangi biaya drainase karena perkerasan porus akan mengalirkan air ke permukaan tanah tanpa perlu saluran drainase;
   7) Mengurangi *rolling resistance*;
   8) Fleksibilitas tanpa *fatigue* atau *rutting.*

b. Kelemahan Penggunaan Aspal Porus (Falderika, 2014).
   1) Stabilitas rendah;
   2) Menyebabkan resiko pumping oleh lalulintas;
   3) Kemungkinan terjadi pelapukan tinggi;
   4) Kemungkinan terjadi bahaya desintegrasi perkerasan karena kurangnya *interlocking*;
   5) Bahaya penguraian perkerasan;
   6) Mempunyai durabilitas yang rendah sehingga umur layanan dari perkerasan tersebut berkisar 7 hingga 10 tahun;
   7) Membutuhkan biaya yang mahal.

2.5 Standar Perkerasan jalan

Jenis Campuran Beraspal

Jenis campuran dan ketebalan lapisan harus seperti yang ditentukan pada Gambar Rencana (Djumari,. dkk 2009).

a. Lapis Tipis Aspal Pasir (*Sand Sheet*, SS) Kelas A dan B

   Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) yang selanjutnya disebut SS, terdiri dari dua jenis campuran, SS-A dan SS B. Pemilihan SS-A dan SS-B

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

tergantung pada tebal nominal minimum. *Sand Sheet* biasanya memerlukan penambahan *filler* agar memenuhi kebutuhan sifat-sifat yang disyaratkan (Djumari dkk,. 2009).

b. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet*, HRS)

HRS yang bisa disebut dengan Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston), memiliki dua jenis campuran, HRS Lapis Aus (HRS *Wearing Course*, HRS-WC) dan HRS Pondasi (HRS-Base). Ukuran agregat campuran masing-masing adalah sebesar 19mm. HRS-WC. Campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan sehingga mendapatkan hasil yang memuaskan. Dua kunci utama adalah sebagai berikut.

1. Gradasi yang benar-benar senjang.
   Agar diperoleh gradasi yang benar – benar senjang, maka selalu dilakukan pencampuran pasir halus dengan agregat pecah mesin.
2. Sisa rongga udara pada kepadatan membal (*refusal density*) harus memenuhi ketentuan yang ditunjukkan dalam Spesifikasi ini.

(Djumari dkk,. 2009).

c. Lapis Aspal Beton (Asphalt *Concrete*, AC)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari tiga jenis campuran, AC Lapis Aus (AC-WC), AC Lapis Antara (AC-*Binder Course*, AC BC) dan AC Lapis Pondasi (AC-*Base*) dan ukuran maksimum agregat masing - masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. Campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi menggunakan Aspal Multigrade atau Aspal Alam masing-masing disebut sebagai AC-BC *Modified*, AC-*Base Modified* dan AC-WC *Modified* (Djumari dkk,. 2009).

d. Toleransi tebal untuk tiap lapisan campuran Beraspal :

1. Latasir tidak kurang dari 2,0 mm,
2. Lataston Lapis Aus tidak kurang dari 3,0 mm
3. Lataston Lapis Pondasi tidak kurang dari 3,0 mm
4. Laston Lapis Aus tidak kurang dari 3,0 mm

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah
Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5. Laston Lapis Antara tidak kurang dari 4,0 mm
6. Laston Lapis Pondasi tidak kurang dari 5,0 mm

(Djumari dkk,. 2009).

2.6 Klasifikasi Berdasarkan Beban Muatan Sumbu

Untuk keperluan pengaturan penggunaan dan memenuhi kebutuhan pengangkutan, jalan dibagi dalam beberapa kelas yang didasarkan pada kebutuhan transportasi, pemilihan moda secara tepat dengan mempertimbangkan keunggulan karakteristik masing-masing moda, perkembangan teknologi kendaraan bermotor, muatan sumbu terberat kendaraan bermotor serta konstruksi jalan. Pengelompokkan jalan menurut muatan sumbu yang disebut juga kelas jalan, terdiri dari 6 kelompok berikut ini (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

a) **Jalan Kelas I**, adalah jalan arteri yang dapat dilintasi oleh kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, serta muatan sumbu terberat yang diizinkan lebih besar dari 10 ton, yang saat ini masih belum digunakan di Indonesia, namun sudah mulai dikembangkan diberbagai negara maju seperti di Prancis telah mencapai muatan sumbu terberat sebesar 13 ton (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).
b) **Jalan Kelas II**, adalah jalan arteri yang dapat dilintasi oleh kendaraan bermotor termasuk juga untuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 10 ton, jalan kelas ini merupakan jalan yang cocok untuk angkutan seperti peti kemas (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).
c) **Jalan Kelas III A**, adalah jalan arteri atau kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

d) **Jalan Kelas III B**, yaitu jalan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

e) **Jalan Kelas III C**, yaitu jalan lokal dan jalan lingkungan yang dapat dilalui kendaraan bermotor termasuk muatan dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 milimeter, dan muatan sumbu terberat yang diizinkan 8 ton (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.7 Jenis / Tipe Perkerasan

a. *Rigid pavement* (perkerasan kaku).
b. *Flexible pavement* (perkerasan lentur).
c. *Composite pavement* (gabungan rigid dan *flexible pavement*).

(Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.8 Perkerasan Lentur

2.8.1 Jenis dan fungsi lapisan perkerasan

Fungsi lapisan perkerasan jalan adalah untuk menyebarkan beban lalu lintas yang ada diatasnya disebarkan menerus sampai ke tanah dasar hingga pondasi (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.8.2 Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Berfungsi sebagai meletakkan lapis perkerasan juga dapat mendukung konstruksi perkerasan jalan diatasnya yaitu lapisan tanah dasar. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas setebal 30cm yang bertempat dilapisan paling atas, tanah dasar memiliki spesifikasi tertentu

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

sesuai dengan fungsinya yaitu dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR) (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

Tanah asli juga dapat dijadikan lapisan tanah dasar jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan dari tempat lain yang didatangkan atau tanah yang distabilisasi dan lain lain.

Berikut ini adalah perbedaan dari lapis tanaha dasar.

a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.
b. Lapisan tanah dasar, tanah urugan.
c. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Keawetan serta kekuatan pada konstruksi perkerasan jalan bergantung dengan sifat tanag dan juga pada daya dukung tanah tersebut, masalah umum yang menyangkut tentang tanah dasar pada perkerasan jalan adalah sebagai berikut ini.

a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
b. Sifat menyusut atau mengembang tanah akibat dari berubahnya kandungan air.
c. Daya dukung tanah tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan misalnya kepadatan yang kurang baik.

Sumber: (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.8.3 Lapisan Pondasi Bagian Bawah (*Subbase Course*)

Lapis perkerasan yang posisinya berada dibawah lapisan lapisan tanah dasar dan lapisan pondasi atas.

Fungsi lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut..

a. Konstruksi untuk menyebarkan beban dari roda ke as roda lalu disebar ke tanah dasar.
b. Lapis untuk peresapan air tanah agar tidak berkumpul dipondasi.
c. Lapis pencegah partikel halus tanah dari bawah untuk mencegah agar tidak naik ke lapis pondasi atas.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

d. Pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan daya dukung tanah masih lemah, maka dibutuhkan lapisan pelindung lapisan tanah dasar untuk menahan dari beban roda-roda alat berat.
e. Lapis pelindung dari pengaruh cuaca terutama hujan untuk melindungi lapis tanah dasar.

Sumber: (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.8.4 Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Pondasi bagian atas yang letaknya berada pada diantara pondasi lapis bawah dan lapis permukaan.

Berikut ini fungsi lapis pondasi bagian atas.

a. Untuk menahan beban dari roda yang mengakibatkan gaya lintang lalu dapat menyebar kebawahnya.
b. Bantalan terhadap lapis permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Dalam penentuan bahan lapis pondasi ini perlu dipertimbangkan beberapa hal antara lain, kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan.

Sumber: (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.8.5 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan yang langsung bersentuhan dengan beban kendaraan melalu roda.

Berikut ini fungsi lapisan permukaan.

a. Menahan secara langsung akibat dari beban roda kendaraan.
b. Menahan gesekan dari rem kendaraan (lapis aus).
c. Mencegah air hujan dari atas ditak meresap ke lapisan bawah yang dapat mengakibatkan lapisan bawah melemah.
d. Lapisan yang dapat menyebarkan beban kepada lapisan bawah sehingga dapat dipikul bersamaan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Dapat juga dipasang satu lapis penutup / lapis aus (*wearing course*) diatas lapis permukaan. Fungsinya adalah sebagai lapisan pelindung bagi lapis permukaan untuk mencegah terjadinya rembesan air dan untuk memberi kekesatan (*skid resistance*) permukaan jalan. Lapis aus tidsak diperuntukkan untuk memikul beban (Kementrian Pekerjaan Umum. 2017).

2.9 Alat Paenelitian

2.9.1 Uji Marshall

Pengujian ini dilaksanakan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai karakteristik campuran, mementukan stabilitas atau ketahanan dari campuran aspal, VFA (kadar rongga terisi aspal), VIM (rongga terhadap campuran), MQ dan VMA (kadar rongga dalam agregat) terhadap ketahanan plastis (flow), ditentukan menggunakan SNI-06-2489-1991, dengan persamaan sebagai berikut.

a. Volume aspal terhadap benda uji (i)

I = (2.4)

b. Volume agregat terhadap benda uji (jeff)

$$\text{jeff} = \frac{(100-b)xg}{Bj.Agr.Eff}\% \quad (2.5)$$

c. Volume agregat terhadap benda uji (jcur)

$$\text{jcur} = \frac{(100-b)xg}{Bj.Agr.Bulk}\% \quad (2.6)$$

d. Kadar rongga dalam campuran (k)

$$K = 100 - i - j \quad (2.7)$$

e. Kadar rongga dalam agregat (VMA) (I)

$$L = 100 - jcur \quad (2.8)$$

f. Kadar rongga terisi aspal (VFA) (m)

$$M = 100x\,\frac{VMA - VIM}{VMA}\% \quad (2.9)$$

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

g. % rongga terhadap campuran (VIM) (n)

$$N = \left(100x \frac{(h-g)}{h} \right)\% \quad (2.10)$$

f. Marshall Quotient (s) = p/r (2.11)

2.9.2 Uji Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampun media yang poros atau berongga untuk mengalirkan *fluid*a. Setiap material dengan ruang kosong disebut poros, dan apabila ruang kosong tersebut saling terhubungkan maka ia akan memiliki sifat permeabilitas. Maka batuan, beton, tanah, dan banyak material lain dapat merupakan material poros dan permeabel. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula. (Bowles, JE 1986).

Uji Permeabilitas ini bertujuan untuk menghitung seberapa cepat aspal dapat meloloskan aliran air melalui pori-pori sehingga mendapatkan waktu aliran dari setiap sampel.

Nilai porositas dihitung menggunakan rumus densitas yang menunjukkan kepadatan campuran, rumusnya telah ditunjukkan pada persamaan (2.1), (2.2) dan (2.3)

*Water Permeability Test***,** Tipe dari tes permeabilitas ini yaitu *falling head water permeability test.* Permeabilitas vertikal dan permeabilitas horizontal dapat dihitung dengan rumus (2.12) :

$$k = 2{,}3\frac{aL}{At} \times \left[\log\left(\frac{h_1}{h_2} \right) \right] \quad (2.12)$$

dimana,

k = Koefisien permeabilitas air (cm/s),

a = Luas potongan melintang tabung (cm2)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

L = Tebal spesimen (cm),

A = Luas potongan specimen (cm2)

t = Waktu yang dibutuhkan untuk mengalirkan air dari h1 ke h2 (s)

h1 = Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)

h2 = Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)

2.9.3 Densitas Spesimen

Densitas adalah nilai berat volume untuk menunjukkan nilai kepadatan campuran aspal yang mempengaruhi temperature, komposisi dab energi pemadat.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan Yang Digunakan

Bahan-bahan yang dibutuhkan dalam pembuatan produk benda uji campuran aspal berporus adalah sebagai berikut ini.

1. Aspal Minyak

   Menggunakan aspal minyak penetrasi 60/70 dari PT. Pertamina, aspal yang digunakan disini adalah aspal minyak dengan berat 4-7 gr atau 4,50% - 7,00%.

2. Agregat kasar

   Menggunakan 2 jenis agregat yaitu agregat yang lolos ayakan 12,7 mm tertahan di ayakan 9,5 mm dan agregat yang lolos ayakan 9,5 mm lalu tertahan di ayakan 4,75 mm.

3. Agregat halus

   Agregat halus menggunakan 2 jenis yaitu agregat lolos ayakan 4,75 mm tertahan di ayakan 2,8 mm dan agregat lolos ayakan 2,8 mm tertahan di ayakan 0,5 mm.

4. *Filler*

   Filler adalah agregat lolos ayakan no.200 menggunakan sekitar 4% dari total volume material pengujian yang berasal dari semen Portlant Komposit C-C.

   Sumber (Modul Perkerasan Jalan)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.2 Alat

Alat yang digunakan dari laboratorium untuk penelitian adalah sebagai berikut.

1. Wajan



Gambar 3.1 Wajan

2. Kompor



Gambar 3.2 Kompor

3. Spatula



Gambar 3.3 Spatula

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4. Wadah/Bekesting



Gambar 3.4 Wadah

5. Penumbuk Manual



Gambar 3.5 Penumbuk Manual

6. Timbangan Digital



Gambar 3.6 Timbangan Digital

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

7. Satu Set Saringan



Gambar 3.7 Set Saringan

8. Oven



Gambar 3.8 Oven

9. Cetakan benda uji



Gambar 3.9 Cetakan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10. Alat Pengeluar Benda Uji



Gambar 3.10 Pengeluar Benda Uji

11. Alat Uji Marsahll



Gambar 3.11 Alat Uji Marshall

12. Alat Uji Permeabilitas

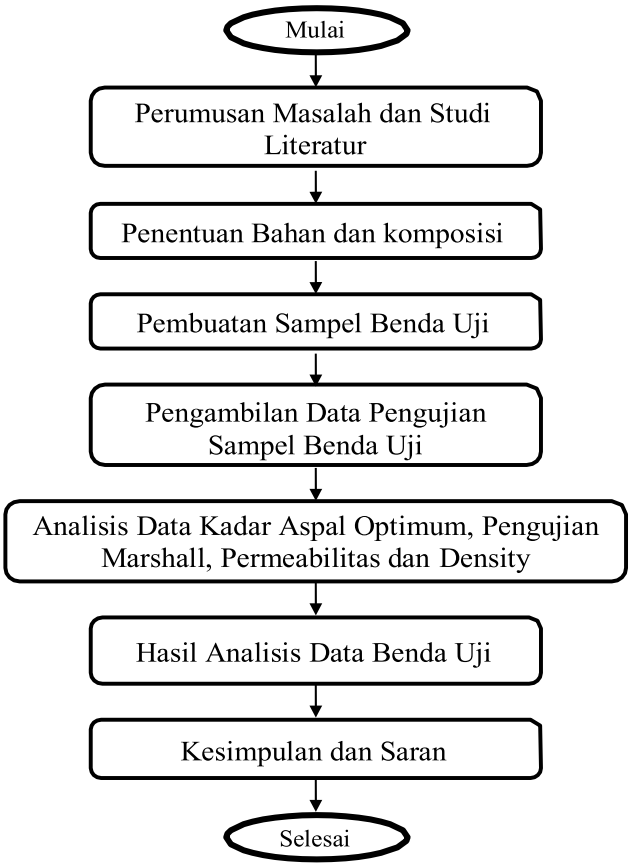


Gambar 3.12 Alat Uji Permeabilitas

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah
Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3 Cara Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengkajian dari beberapa sumber sehingga menemukan komposisi untuk membuat campuran beraspal porus, agregat.



Penelitian ini dikelompokkan menjadi 2 spesifikasi presentasi gradasi agregat yaitu sampel 1-4 dan sampel 5, 6. Berikut adalah perhitungannya.

3.3.1 Gradasi Agregat spesifikasi 1

1. Sampel 1 (total berat 1155,59 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 15,56% = 179,78 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 15,56% = 179,78 gr
      c) (4,75-2,8 mm) 46,67% = 539,34 gr
      d) (2,8-0,5 mm) 13,73% = 158,63 gr
   b. Komposisi *filler*

      Menggunakan komposisi sebanyak 44,06 gr atau 3,81% dari total volume cetakan benda uji.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

c. Komposisi aspal

Menggunakan aspal minyak sebanyak 54 gr atau 4,67% dari total volume cetakan.

2. Sampel 2 (total berat 1156,57 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 15,39% = 177,98 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 15,39% = 177,98 gr
      c) (4,75-2,8 mm) 46,17% = 533,95 gr
      d) (2,8-0,5 mm) 13,58% = 157,04 gr
   b. Komposisi *filler*

   Menggunakan komposisi 43,62 gr atau 3,77% dari total volume cetakan benda uji
   g. Komposisi aspal

   Menggunakan aspal minyak sebanyak 66 gr atau 5,71% dari total volume cetakan.
3. Sampel 3 (total berat 1199,73 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 15,22% = 176,03 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 15,22% = 176,03 gr
      c) (4,75-2,8 mm) 45,66% = 528,08 gr
      d) (2,8-0,5 mm) 13,43%.= 155,32 gr
   b. Komposisi *filler*

   Menggunakan komposisi 43,14 gr atau sebanyak 3,73% dari total volume cetakan benda uji

   c. Komposisi aspal

   Menggunakan aspal minyak sebanyak 78 gr atau 6,74% dari total volume cetakan.
4. Sampel 4 (total berat 1157,21 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 15,14% = 175,15 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 15,14% = 175,15 gr

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

c) (4,75-2,8 mm) 45,41% = 525,44 gr
d) (2,8-0,5 mm) 13,35% = 154,54 gr

b. Komposisi *filler*

Menggunakan komposisi 42,93 gr atau sebanyak 3,71% dari total volume cetakan benda uji

c. Komposisi aspal

Menggunakan aspal minyak sebanyak 84 gr atau 7,26% dari total volume cetakan.

3.3.2 Gradasi Agregat spesifikasi 2

1. Sampel 5 (total berat 1266,71 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 19,25% = 243,84 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 19,25% = 243,84 gr
      c) (4,75-2,8 mm) 42,59% = 539,52 gr
      d) (2,8-0,5 mm) 9,85% = 124,80 gr
   b. Komposisi *filler*

   Menggunakan komposisi 42,71 gr atau sebanyak 3,37% dari total volume cetakan benda uji

   c. Komposisi aspal

   Menggunakan aspal minyak sebanyak 72 gr atau 5,68% dari total volume cetakan.
2. Sampel 6 (total berat 1278,50 gr)
   a. Komposisi agregat (gradasi)
      a) (12,7-9,5 mm) 19,07% = 243,84 gr
      b) (9,5-4,75 mm) 19,07% = 243,84 gr
      c) (4,75-2,8 mm) 42,20% = 539,52 gr
      d) (2,8-0,5 mm) 9,76% = 124,80 gr
   d. Komposisi *filler*

   Menggunakan komposisi 42,50 gr atau sebanyak 3,32% dari total volume cetakan benda uji

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

e. Komposisi aspal

Menggunakan aspal minyak sebanyak 84 gr atau 6,57% dari total volume cetakan.

3.3.3 Tahap pembuatan benda uji

1. Agregat dikeringkan minimum selama 4 jam pada suhu 105-110^{o}C, mengeluarkan alat pengering (oven) dan tunggu hingga beratnya tetap.
2. Agregat dipishakan sesuai fraksinya dengan cara pengayakan.
3. Menyiapkan bahan agregat untuk benda uji.
4. Pencampuran agregat yang sesuai dengan kebutuhan gradasi.
5. Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji
6. Memanaskan agregat diatas panic dengan suhu 28^{o}C untuk aspal padat dan 14^{o}C untuk aspal cair.
7. Menuangkan aspal ke dalam agregat yang sudah dipanaskan dengan keadaan aspal sudah mencapai kekentalan yang dibutuhkan, lalu aduk dengan cepat, dengan tetap mempertahankan masih dalam rentang suhu pemadatan, sampai semua agregat tertutup dengan aspal.
8. Meletakkan cetakan diatas pemadat dengan ditahan pemegang cetakan
9. Meletakkan selembar kertas penghisap atau kertas saring yang dipotong menurut ukuran cetakan.
10. Memasukkan campuran yang telah dicampur tadi kedalam cetakan lalu menusuk sebanyak 15x keliling pinggiran dan 10x dibagian tengah.
11. Menyiapkan alat pemadat dan melakukan pemadatan dengan menumbuk specimen dengan jumlah tumbukan sebanyak 35,50 atau 75 yang disesuaikan dengan jenis lalulintas yang direncanakan.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12. Tumbukan dilakukan dengan tinggi jatuh 457,2 mm dan selama pemadatan harus diperhatikan agar kedudukan sumbu palu pemadat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
13. Melepas plat alas leher sambungan dari cetakan, kemudian membalikkan cetakan dengan bendauji didalamnya lalu pasang kembali plat alas leher sambung pada cetakan yang dibalik. Melakukan penumbukan lagi dengan jumlah yang sama.
14. Melepaskan keeping alas dan mendinginkan sampai diperkirakan tidak terjadi perubahan bentuk jika benda uji dikeluarkan dari mold. Untuk mempercepat proses pendinginan dapat menggunakan kipas angina. Proses pendinginan biasa dilakukan sekitar 2-3 jam.
15. Mengeluarkan benda uji atau spesimen pada permukaan yang rata dan dibiarkan sampai benar-benar dingin. Sebaiknya dibiarkan pada suhu ruangan selama 24 jam.

Sumber (Buku Modul Prerkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. 2015).

3.3.4 Tahap Prosedur Pelaksanaan

1. Mulai
2. Melakukan kajian pustaka
3. Mempersiapkan alat dan bahan
4. Pengujian material dan agregat
5. Melakukan mix desain
6. Menyesuaikan proporsi bahan yang telah di desain
7. Melakukan pencampuran bahan dan memasukkan pada cetakan
8. Membuka cetakan dan melakukan pengujian sampel
9. Analisis pengujian data benda uji
10. Selesai

Sumber (Buku Modul Prerkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. 2015).

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.5 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Perkerasan Jalan Departemen Teknik Sipil SV Universitas Gadjah Mada dan Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.

3.3.6 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai tanggal 31 Juli 2019 melakukan perumusan masalah, studi literatur dan penentuan bahan, lalu pengujian dilaksanakan pada tanggal 12 September 2019 dan di selesaikan pada 19 Januari 2021.

3.3.7 Pelaksanaan Pembuatan Sampel Aspal Berporus

Berikut ini adalah hal yang perlu dilakukan sebelum pengujian specimen benda uji marshall.

1. Benda uji bersih dari kotoran organik, kertas, minyak dan lainnya.
2. Diberikan tanda atau nomor pada benda uji agar tidak tertukar.
3. Mengukur semua benda uji dengan jangka sorong.

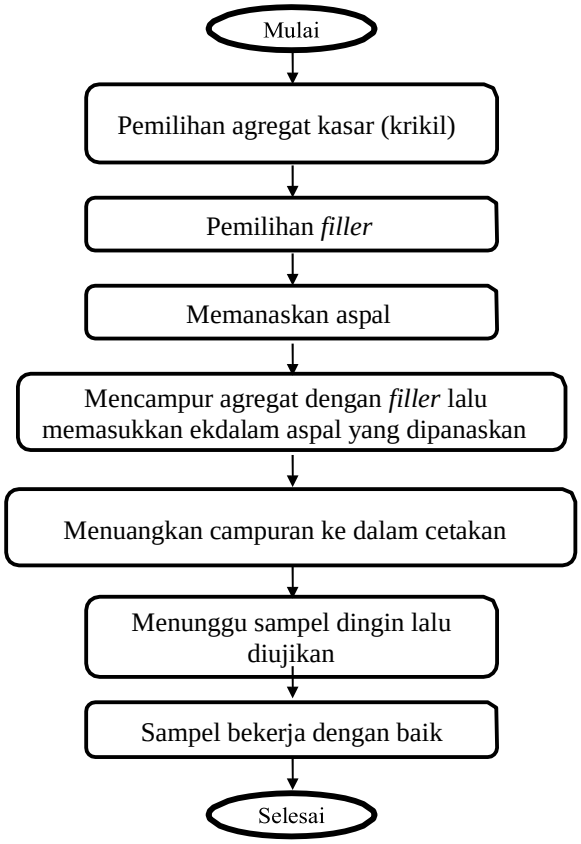
Sumber (Buku Modul Prerkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. 2015).

3.3.7 Flow Chart

1. Mulai
2. Pemilihan agregat kasar (krikil)
3. Pemilihan *filler*
4. Memanaskan aspal
5. Mencampur agregat kasar dengan *filler*
6. Memasukkan campuran agregat kasar dan *filler* kedalam cetakan
7. Menuangkan aspal ke dalam cetakan
8. Menunggu sampel dingin
9. Pengujian sampel
10. Sampel bekerja dengan baik

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah
Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11. Selesai



3.4 Analisis Hasil

3.4.3 Bahan yang digunakan

1. Agregat

   Agregat yang digunakan yaitu berasal dari 4 macam gradasi yaitu gradasi 12,7-9,5 mm; 9,5-4,75 mm; 4,75-2,8 mm; dan 2,8-0,5 mm.

2. Aspal

   Aspal yang digunakan disini adalah aspal minyak dengan berat 4-8 gr.

3. *Filler*

   Filler adalah agregat lolos ayakan no.200 menggunakan sekitar 3% -9% dari total volume material pengujian.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.4.4 Pengujian Marshall

SNI-06-2489-1991: Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Masrhall

a. Tebal benda uji (t) = mm
b. Kadar aspal terhadap agregat (a) = %
c. Kadar aspal terhadap campuran (b) = %
d. Berat jenis semua agregat = gr
e. Berat kering benda uji (c) = gr
f. Berat benda uji SSD (d) = gr
g. Berat benda uji dalam air (e) = gr
h. Volume benda uji (f) = m^2
i. Berat volume benda uji (g) = gr/cc
j. Berat jenis max. teoritis (h) = gr/cc
k. Berat jenis aspal = gr/cc
l. Berat jenis agregat efektif = gr
m. Berat jenis agregat curah = gr
n. Volume aspal terhadap benda uji (i) = %

   Untuk menghitung volume aspal terhadap benda uji menggunakan persamaan (2.4)

o. Volume agregat terhadap benda uji (jeff) = %

   Untuk menghitung volume agregat (jeff) menggunakan persamaan (2.5)

p. Volume agregat terhadap benda uji (jcur) = %

   Untuk menghitung volume agregat (jcur) menggunakan persamaan (2.6)

q. Kadar rongga dalam campuran (k) = %

   Untuk mengitung kadar rongga dalam campuran (k) menggunakan persamaan (2.7)

r. Kadar rongga dalam agregat (VMA) (I) = %

   Untuk menghitung kadar rongga dalam agregat menggunakan persamaan (2.8)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

s. Kadar rongga terisi aspal (VFA) (m) = %

Untuk menghitung kadar rongga terisi aspal (VFA) menggunakan persamaan (2.9)

t. Kadar rongga terhadap campuran (VIM) (n) = %

Untuk menghitung kadasr rongga terhadap campuran (VIM) menggunakan persamaan (2.10)

u. Pembacaan arloji stabilitas (o) = kg

v. Proving ring (p) = kg

w. Stabilitas (q) = kg

x. Flow (r) = mm

y. Marshall Quotient (s) = kg

Menghitung Marshall Quoetient (s) menggunakan persamaan (2.11) Sumber (Buku Modul Prerkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada. 2015).

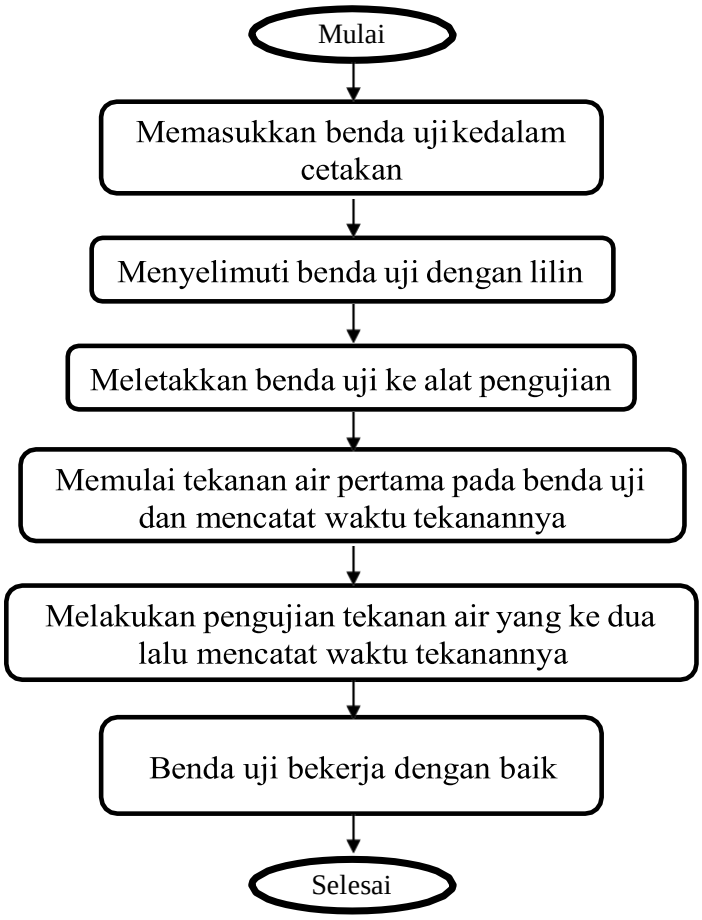
3.4.5 Uji Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampun media yang poros atau berongga untuk mengalirkan *fluid*a. Setiap material dengan ruang kosong disebut poros, dan apabila ruang kosong tersebut saling terhubungkan maka ia akan memiliki sifat permeabilitas. Maka batuan, beton, tanah, dan banyak material lain dapat merupakan material poros dan permeabel. Material dengan ruang kosong yang lebih besar biasanya mempunyai angka pori yang lebih besar pula. (Bowles, JE 1986).

Aspal berpori yang diaplikasikan ke perkerasan jalan pada dasarnya merupakan salah satu ide yang cocok diimplementasikan untuk mencegah dan mengelola banjir di perkotaan maupun di desa. Dalam menentukan konduktivitas hidrolik system aspal berpori telah banyak diusulkan. Penguji ini dilakukan dengan maksud meneliti seberapa cepat aspal porous dalam meloloskan air. Mengingat keunggulan aspal porous adalah bahan aspal yang mampu menyerap air, uji Infiltrasi mutlak dilakukan. Dalam prakteknya, sampel akan di kurung dalam cetakan dan

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah
Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

dilapisi dengan lembaran karet tipis dan dikencangkan dengan klem selang untuk meminimalkan aliran di sepanjang sisi cetakan yang akan mempengaruhi pengukuran konduktivitas hidrolik.



Pada pengujian permeabilitas ini dilakukan untuk menunjukkan seberapa cepat benda uji dapat meloloskan air dengan cara 2 kali pengujian tekanan untuk mendapatkan berapa waktu yang dibutuhkan air untuk lolos dari aspal.

3.4.6 Sistem Pengujian

Pengujian ini menggunakan 6 sampel campuran beraspal porus yang masing-masing sampel langsung pengujian permeabilitas dan marshall. Pada pengujian ini pertama dilakukan pengujian permeabilitas terlebih dahulu untuk mendapatkan nilai seberapa cepat air dapat mengalir

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

melalui rongga setelah itu melakukan pengujian marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum.

Catatan: Sampel nomor 5 hanya melalui pengujian marshall karena ukuran sampel tidak muat untuk masuk ke alat uji.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB IV
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan penelitian pengujian bahan dan benda uji telah sesuai pada standar dan tata kerja pengujian ASTM dan SNI. Waktu pelaksanaan pengujian disesuiakan dengan jadwal penelitian dan penggunaan Laboratorium Perkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil UGM Yogyakarta.

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Pengujian Marshall

Pengujian Marshall akan didapatkan data-data karakteristik Marshall yaitu stabilitas, flow, dan MQ. Sebelum pengujian Marshall dilakukan analisis volumetrik benda uji seperti density, VMA, VIM, dan VFA. Pada pengujian Marshall Alat uji Marshall analog banyak digunakan di laboraturium-laboraturium di Indonesia. Alat uji analog dalam pengoprasian dan pembacaan dial nilai stabilitas dan flow hasil pengujian, masih menggunakan cara manual dari penglihatan manusia dan dibantu dengan alat perekam video. Kekurangan dari alat uji analog ini yaitu kemungkinan terjadi adanya kesalahan yang diakibatkan oleh faktor manusia seperti kondisi psikologis, kelelahan, dan kelalaian dari operator, yang dapat mempengaruhi tingkat akurasi data yang dihasilkan. Hasil pengujian ini diambil dari hitungan yang paling mendekati.

Pengujian Marshall ini bertujuan untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) yang mendekati sesuai dengan SNI-06-2489-1991, Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Marshall.

Berikut ini adalah hasil pengujian marshall.

1. Sampel 1 dengan komposisi aspal 4,5%
   a. Tebal benda uji (t) = 73 mm
   b. Kadar aspal terhadap agregat (a) = 4,92 %
   c. Kadar aspal terhadap campuran (b) = 4,52 %
   d. Berat jenis semua agregat = 5,41 gr

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

e.	Berat kering benda uji (c)	= 1125,4 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1151,7 gr
g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 595,2 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 556,5 m^2
i.	Berat volume benda uji (g)	= 2,02 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,15 gr/cc
k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr
	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr
m.	i	= 8,81 %
n.	jeff	= 52,53 %
o.	jcur	= 55,52 %
p.	k	= 38,66
q.	VMA	= 44,48 %
r.	VFA	= 27,04 %
s.	VIM	= 32,45 %
t.	Pembacaan arloji stabilitas (o)	= 387,04 kg
u.	Proving ring (p)	= 456,71 kg
v.	Stabilitas (q)	= 480,68 kg
w.	Flow (r)	= 5,5 mm
x.	Marshall Quotient (MQ)	= 87,40 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

2. Sampel 2 dengan komposisi aspal 5%

a.	Tebal benda uji (t)	= 74 mm
b.	Kadar aspal terhadap agregat (a)	= 6,05 %
c.	Kadar aspal terhadap campuran (b)	= 5,5 %
d.	Berat jenis semua agregat	= 5,41 gr
e.	Berat kering benda uji (c)	= 1157,9 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1184,3 gr

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 606,5 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 606,6 m2
i.	Berat volume benda uji (g)	= 1,91 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,43 gr/cc
k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr
	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr
m.	i	= 10,11 %
n.	jeff	= 49,07 %
o.	jcur	= 51,86 %
p.	k	= 40,82
q.	VMA	= 48,14 %
r.	VFA	= 25,31 %
s.	VIM	= 35,96 %
t.	Pembacaan arloji stabilitas (o)	= 501,5 kg
u.	Proving ring (p)	= 591,7 kg
v.	Stabilitas (q)	= 622,8 kg
w.	Flow (r)	= 6,8 mm
x.	Marshall Quotient (MQ)	= 91,59 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

3. Sampel 3 dengan komposisi aspal 6,5%

a.	Tebal benda uji (t)	= 71,93 mm
b.	Kadar aspal terhadap agregat (a)	= 7,23 %
c.	Kadar aspal terhadap campuran (b)	= 6,5 %
d.	Berat jenis semua agregat	= 5,41 gr
e.	Berat kering benda uji (c)	= 1135,8 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1159,1 gr
g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 604,4 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 601,4 m^2

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

i.	Berat volume benda uji (g)	= 1,89 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,72 gr/cc
k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr
	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr
m.	i	= 11,83 %
n.	jeff	= 48,04 %
o.	jcur	= 50,77 %
p.	k	= 40,14
q.	VMA	= 49,23 %
r.	VFA	= 20,43 %
s.	VIM	= 39,18 %
t.	Pembacaan arloji stabilitas (o)	= 697,3 kg
u.	Proving ring (p)	= 822,9 kg
v.	Stabilitas (q)	= 866,11 kg
w.	Flow (r)	= 5,5 mm
x.	Marshall Quotient (MQ)	= 157,4 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

4. Sampel 4 dengan komposisi aspal 7%

a.	Tebal benda uji (t)	= 69,35 mm
b.	Kadar aspal terhadap agregat (a)	= 7,83 %
c.	Kadar aspal terhadap campuran (b)	= 7 %
d.	Berat jenis semua agregat	= 5,41 gr
e.	Berat kering benda uji (c)	= 1112,6 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1128,3 gr
g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 586,6 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 565,1 m2
i.	Berat volume benda uji (g)	= 1,97 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,86 gr/cc

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr
	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr
m.	i	= 13,28 %
n.	jeff	= 49,82 %
o.	jcur	= 52,65 %
p.	k	= 36,91
q.	VMA	= 47,35 %
r.	VFA	= 14,12 %
s.	VIM	= 40,67 %
t.	Pembacaan arloji stabilitas (o)	= 719,8 kg
u.	Proving ring (p)	= 849,3 kg
v.	Stabilitas (q)	= 893,9 kg
w.	Flow (r)	= 5 mm
x.	Marshall Quotient (MQ)	= 178,7 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

5. Sampel 5 dengan komposisi aspal 5,5%

a.	Tebal benda uji (t)	= 80,97 mm
b.	Kadar aspal terhadap agregat (a)	= 6 %
c.	Kadar aspal terhadap campuran (b)	= 5,5 %
d.	Berat jenis semua agregat	= 6,18 gr
e.	Berat kering benda uji (c)	= 1193 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1239,5 gr
g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 642,6 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 661,7 m2
i.	Berat volume benda uji (g)	= 1,80 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,50 gr/cc
k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr
m.	i	= 9,52 %
n.	jeff	= 45,43 %
o.	jcur	= 49,00 %
p.	k	= 45,05
q.	VMA	= 51,00 %
r.	VFA	= 27,82 %
s.	VIM	= 36,81 %
t.	Pembacaan arloji stabilitas (o)	= 767 kg
u.	Proving ring (p)	= 905,06 kg
v.	Stabilitas (q)	= 952,58 kg
w.	Flow (r)	= 5,5 mm
x.	Marshall Quotient (MQ)	= 173,20 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

6. Sampel 6 dengan komposisi aspal 5%

a.	Tebal benda uji (t)	= 78,6 mm
b.	Kadar aspal terhadap agregat (a)	= 6 %
c.	Kadar aspal terhadap campuran (b)	= 5 %
d.	Berat jenis semua agregat	= 6,18 gr
e.	Berat kering benda uji (c)	= 1112,6 gr
f.	Berat benda uji SSD (d)	= 1128,3 gr
g.	Berat benda uji dalam air (e)	= 586,6 gr
h.	Volume benda uji (f)	= 565,1 m2
i.	Berat volume benda uji (g)	= 1,97 gr/cc
j.	Berat jenis max. teoritis (h)	= 5,86 gr/cc
k.	Berat jenis aspal	= 1,038 gr/cc
l.	Berat jenis agregat efektif	= 3,68 gr
	Berat jenis agregat curah	= 2,84 gr
	Berat jenis agregat bulk	= 3,48 gr

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

m. i = 13,28 %
n. jeff = 49,82 %
o. jcur = 52,65 %
p. k = 36,91
q. VMA = 47,35 %
r. VFA = 14,12 %
s. VIM = 40,67 %
t. Pembacaan arloji stabilitas (o) = 719,8 kg
u. Proving ring (p) = 849,3 kg
v. Stabilitas (q) = 893,9 kg
w. Flow (r) = 5 mm
x. Marshall Quotient (MQ) = 178,7 kg

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

Hasil kadar aspal optimum didapatkan menggunakan SNI-06-2489--1991: Pengujian Campurran Beraspal Dengan Alatt Marshall yang dapat dilihat di tabel berikut.

Tabel 4.1 Nilai Marshall Sampel 1

Karakteristik Marshall	Syarat	Nilai	Keterangan
stabilitas	>800 kg	480,68 kg	Tidak memenuhi syarat
VFA	>65%	27,04%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	32,45%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	5,5 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	87,40kg/mm	Tidak memenuhi syarat
VMA	>16%	44,48%	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.1 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 4 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai Stabilitas, VFA, VIM dan MQ.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.2 Nilai Marshall Sampel 2

Karakteristik Marshall	Syarat	Nilai	Keterangan
stabilitas	>800kg	622,84 kg	Tidak memenuhi syarat
VFA	>65%	25,31%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	35,96%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	6,8 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	91,59 kg/mm	Tidak memenuhi syarat
VMA	>16%	48,14%	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.2 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 4 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai Stabilitas, VFA, VIM dan MQ.

Tabel 4.3 Nilai Marshall Sampel 3

Karakteristik Marshall	Syarat	Nilai	Keterangan
stabilitas	>800kg	866,11 kg	Memenuhi syarat
VFA	>65%	20,43%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	39,18%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	5,5 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	157,47 kg/mm	Tidak memenuhi syarat
VMA	>16%	49,23	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.3 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 3 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai VFA, VIM dan MQ.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.4 Nilai Marshall Sampel 4

Karakteristik Marshall	Syarat	Nilai	Keterangan
stabilitas	>800kg	893,96 kg	Memenuhi syarat
VFA	>65%	14,12%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	40,67%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	5 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	178,79 kg/mm	Tidak memenuhi syarat
VMA	>16%	47,35%	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.4 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 3 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai VFA, VIM dan MQ.

Tabel 4.5 Nilai Marshall Sampel 5

Karakteristik Marshall	Sayarat	Nilai	Keterangan
stabilitas	>800kg	952,58 kg	Memenuhi syarat
VFA	>65%	27,71%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	36,88%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	5,5 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	173,20 kg/mm	Tidak memenuhi syarat
VMA	>16%	51,01	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.5 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 3 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai VFA, VIM dan MQ.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel 4.6 Nilai Marshall Sampel 6

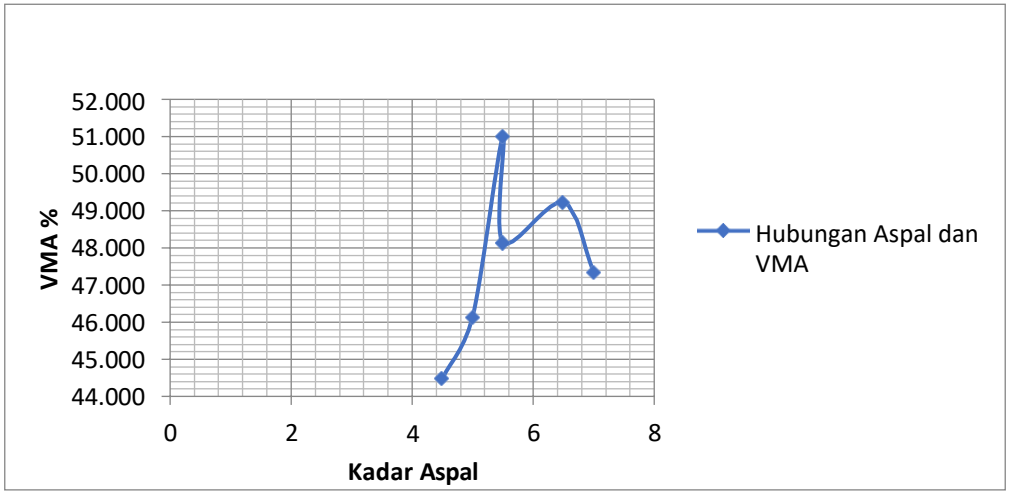
Karakteristik Marshall	Syarat	Nilai	Keterangan
Stabilitas	>800kg	1802,57 kg	Memenuhi syarat
VFA	>65%	36,24%	Tidak memenuhi syarat
VIM	3-5%	29,41%	Tidak memenuhi syarat
FLOW	>2mm	5,7 mm	Memenuhi syarat
MQ	>200kg/mm	316,24 kg/mm	Memenuhi syarat
VMA	>16%	46,14%	Memenuhi syarat

Menurut tabel 4.6 diatas dari 6 poin pengujian terdapat 2 poin pengujian yang tidak memenuhi syarat pengujian Marshall yaitu nilai VFA dan VIM.

Dari hasil data tabel pengujian diatas maka dapat disimpulkan bahwa sampel 6 dapat memenuhi syarat pengujian marshall jika nilai VFA dan VIM diabaikan, untuk itu perlu adanya perbaikan dalam komposisi agregat kasar dan halus pada penelitian campuran aspal berporus ini.

Dibawah ini adalah graffik hubungan kadar aspal dengan VMA, FLOW, VIM, VFA, MQ, dan Stabilitas untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO).

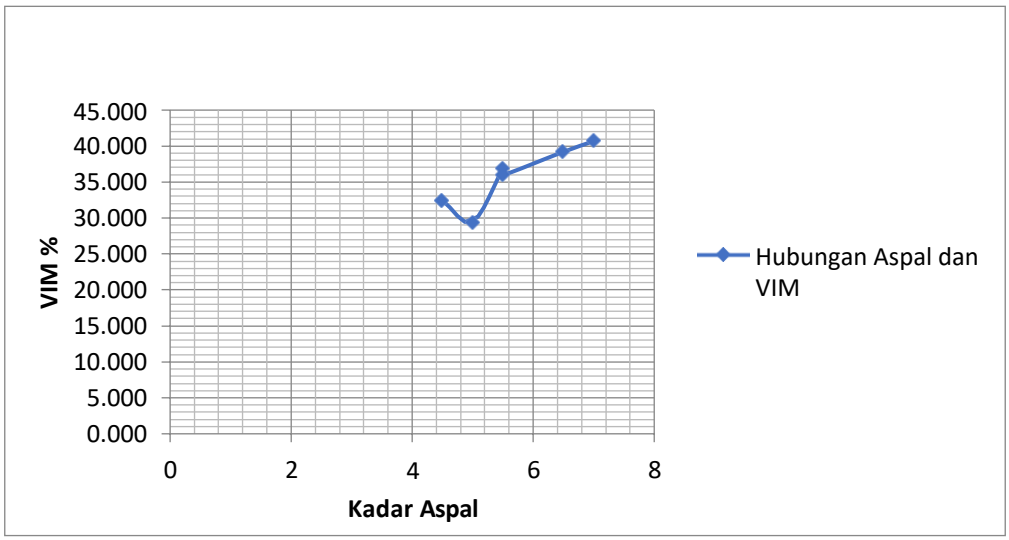
Gambar Grafik 4.1 Hubungan Kadar Aspal dan VMA



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

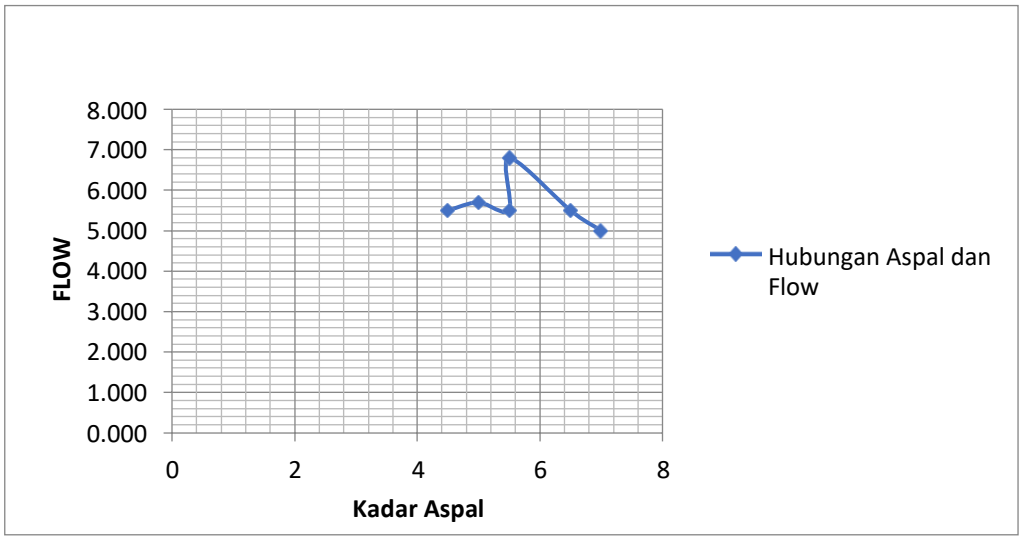
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar Grafik 4.2 Hubungan Kadar Aspal dan VIM



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

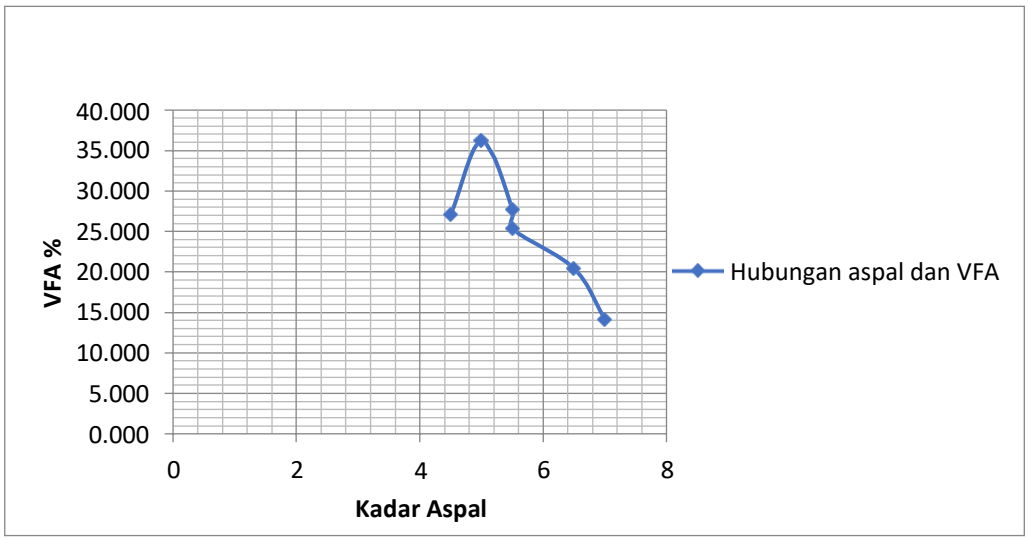
Gambar Grafik 4.3 Hubungan Kadar Aspal dan FLOW



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

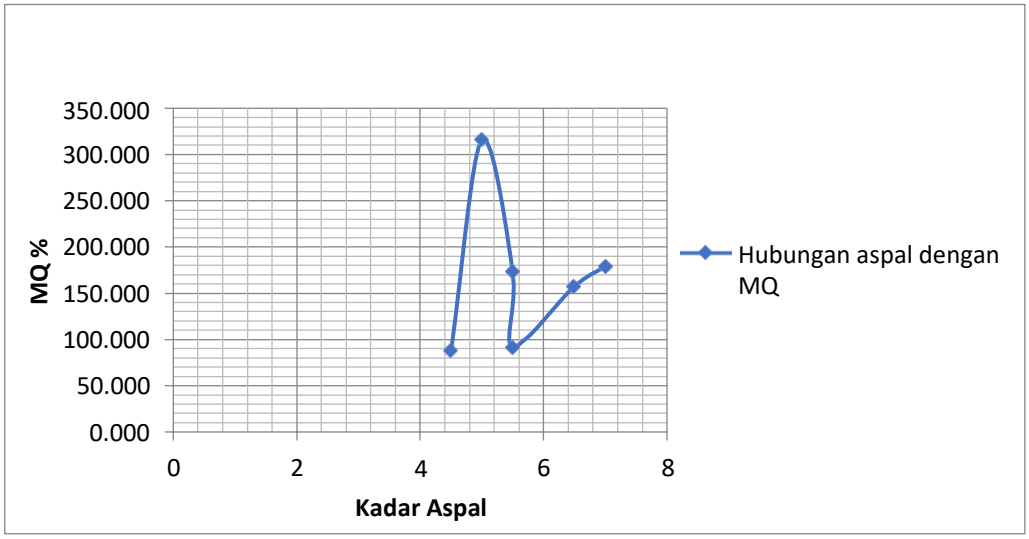
UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar Grafik 4.4 Hubungan Kadar Aspal dan VFA



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

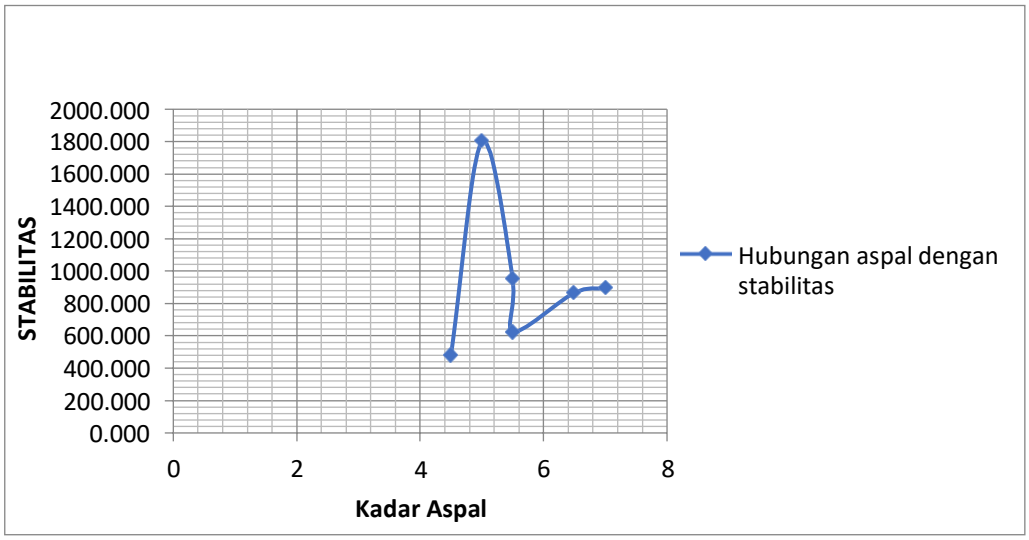
Gambar Grafik 4.5 Hubungan Kadar Aspal dan MQ



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar Grafik 4.6 Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas



Sumber (Data Hasil Perhitungan)

4.1.2 Hasil Pengujian Permeabilitas

Pengujian Permeabilitas dilakukan untuk menghitung seberapa cepat waktu aspal dapat meloloskan air. Berikut adalah hasil pengujian Permeabilitas.

Tabel 4.7 Tabel Pengujian Permeabilitas

No.	Benda Uji	Kode	Tekanan	
			(1) 0,9 kg/cm^2	(2) 1,8 kg/cm^2
			Waktu (menit/detik)	Waktu (menit/detik)
1	1	-	0' 18"	0' 12"
2	2	-	0' 22"	0' 12"
3	3	-	0' 27"	0' 16"
4	4	-	0' 26"	0' 15"
6	6	-	0' 31"	0' 17"

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Menurut tabel 4.7 hasil uji permeabilitas diatas dapat disimpulkan bahwa sampel aspal paling cepat meloloskan air adalah sampel nomor 1 dengan kadar aspal 4,67% dilanjutkan dengan sampel nomor 2 dengan kadar aspal 5,71%, sampel nomor 3 dengan kadar aspal 6,74%, sampel nomor 4 dengan kadar aspal 7,26%, dan sampel nomor 6 dengan kadar aspal 6,57%. Sampel nomor 5 tidak dapat diujikan karena ukuran sampel tidak cukup untuk dimasukkan kedalam mesin uji permeabilitas.

Pengujian permeabilitas dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan perkerasan aspal porus untuk mengalirkan air. Pengujian dilakukan pada benda uji *Wheel Tracking* untuk mengetahui permeabilitas masing-masing benda uji tersebut. Benda uji direndam terlebih dahulu supaya jenuh sebelum pengujian, kemudian diukur waktu yang diperlukan oleh air setinggi 5 cm di atas benda uji untuk meresap ke bawah. Koefisien permeabilitas dapat diketahui dari persamaan berikut.

$$K = 2{,}3 \times \left(\frac{H}{T}\right) \times \log\left(\frac{(H + 5\,cm)}{H}\right) \qquad (4.1)$$

dengan:

K = Koefisien Permeabilitas (cm/detik)

H = Tebal Benda Uji (cm)

T = Waktu yang diperlukan untuk meresap (detik).

Nilai K berkisar antara 0,187 cm/detik–0,844 cm/detik (Insering dkk., 1990)

4.1.3 Hasil Pengujian Densitas Spesimen

1. Sampel 1

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,185 gr/cm^2

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

2. Sampel 2

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,191 gr/cm^2

3. Sampel 3

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,192 gr/cm^2

4. Sampel 4

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,197 gr/cm^2

5. Sampel 5

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,180 gr/cm^2

6. Sampel 6

$$D = \frac{4Ma}{\pi d^2 h}$$

= 0,201 gr/cm^2

Berdasarkan hasil Pengujian Densitas Spesimen diatas diketahui bahwa nilai *densitas* akan mengalami peningkatan seiring meningkatnya kadar aspal pada setiap sampel.

Sampel 1 dengan kadar aspal 4,50% sebeesar 0,185 gr/cm^2, sampel 2 dengan kadar aspal 5,50% mengalami peningkatan sebesar 0,006 gr/cm^2, sampel 3 dengan kadar aspal 6,50% mengalami peningkatan 0,001 gr/cm^2, sampel 4 dengan kadar aspal 7,00% mengalami peningkatan 0,005 gr/cm^2,

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

pada sampel 5 mengalami penurunan dengan kadar aspal 5,50% dengan nilai penurunan *densitas* 0,017 gr/cm^2, dan mengalami kenaikan pada sampel 6 dengan kadar aspal 7,00% mengalami peningkatan 0,021 gr/cm^2.

4.1.4 Proportioning Mix Design

Perencanaan Mix Design pada penelitian ini menggunakan Metode pemampatan kering (MPK), *Dry Penetration Method,* dikembangkan untuk mencari komposisi campuran agregat agar didapatkan kepadatan maksimum (maximum density) pada saat tercapai porositas minimum, sesuai kondisi target. Target porositas kepadatan diperoleh dengan cara mencampurkan fraksi kasar, Perhitungan digunakan dengan 4 macam persentase tinjauan aspal, terdiri dari 4,5%, - 7,5%, lalu agregat menggunakan 2 jenis persentase kadar agregat yaitu presentase pertama 15,22%-15,56%; 45,41%-46,67%; 13,35%-13,73% dan presentase kedua 19,07%-19,25%; 42,20%-42,50%; 9,76%-9,85% dan persentase *filler* semuanya terdiri dari 3%-4%. Detail perhitungan secara sistematis ditampilkan dengan tabel sebagai berikut.

a. Presentase Komposisi Campuran Pertama

Tabel 4.8 Proporsional Mix Design sampel 1-4

No	Kriteria	Berat Campuran		Persentase
sampel 1	12,7-9,5	179,78	gr	15,56%
	9,5-4,75	179,78	gr	15,56%
	4,75-2,8	539,34	gr	46,67%
	2,8-0,5	158,63	gr	13,73%
	filler	44,06	gr	3,81%
	aspal	54,00	gr	4,67%
	Total	1155,59	gr	100,00%
sampel 2	12,7-9,5	177,98	gr	15,39%
	9,5-4,75	177,98	gr	15,39%
	4,75-2,8	533,95	gr	46,17%
	2,8-0,5	157,04	gr	13,58%

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Lanjutan tabel 4.8

No	Kriteria	Berat Campuran		Persentase
Sampel 2	*filler*	43,62	gr	3,77%
	aspal	66,00	gr	5,71%
	Total	1156,57	gr	100,00%
sampel 3	12,7-9,5	176,03	gr	15,22%
	9,5-4,75	176,03	gr	15,22%
	4,75-2,8	528,08	gr	45,66%
	2,8-0,5	155,32	gr	13,43%
	filler	43,14	gr	3,73%
	aspal	78,00	gr	6,74%
	Total	1156,60	gr	100,00%
sampel 4	12,7-9,5	175,15	gr	15,14%
	9,5-4,75	175,15	gr	15,14%
	4,75-2,8	525,44	gr	45,41%
	2,8-0,5	154,54	gr	13,35%
	filler	42,93	gr	3,71%
	aspal	84,00	gr	7,26%
	Total	1157,21	gr	100,00%

b. Presentase Komposisi Campuran Kedua

Tabel 4.9 Prporsional Mix Design sampel 5 dsn 6

No	kriteria	berat campuran		persentase
sampel 5	12,7-9,5	243,84	gr	19,25%
	9,5-4,75	243,84	gr	19,25%
	4,75-2,8	539,52	gr	42,59%
	2,8-0,5	124,80	gr	9,85%
	filler	42,71	gr	3,37%
	aspal	72,00	gr	5,68%
	Total	1266,71	gr	100,00%
sampel 6	12,7-9,5	243,84	gr	19,07%
	9,5-4,75	243,84	gr	19,07%
	4,75-2,8	539,52	gr	42,20%
	2,8-0,5	124,80	gr	9,76%
	filler	42,50	gr	3,32%
	aspal	84,00	gr	6,57%
	Total	1278,50	gr	100,00%

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Pengujian Marshall

Hasil pengujian ini menunjukan bahwa dari 6 sampel campuran aspal berporus hanya terdapat 1 sampel saja yang dapat mendekati nilai SNI--06-2489-1991: Pengujian Caampuran Beraspal Dengann Alat Mrashall, Pengujian Marshall ini dilakukan setelah sampel melalu proses pengujian permeabilitas yaitu setelah sampel melalui pengujian pengaliran air.

Tebel 4.10 berikut ini untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) dari 6 sampel pengujian Marshall.

Tabel 4.10 Kadar Aspal Optimum Sampel 1-4

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal			
			4,67%	5,71%	6,74%	7,26%
1	VFA	≥ 65%				
2	VIM	3% - 5%				
3	MQ	≥ 200 kg/mm				
4	Stability	≥ 800 kg				
5	Flow	≥ 2 mm				
6	VMA	≥ 16%				

Tabel 4.11 Kadar Aspal Optimum Sampel 5 dan 6

No	Kriteria	Spesifikasi	Kadar Aspal	
			5,68%	6,57%
1	VFA	≥ 65%		
2	VIM	3% - 5%		
3	MQ	≥ 200 kg/mm		
4	Stability	≥ 800 kg		
5	Flow	≥ 2 mm		
6	VMA	≥ 16%		

Sumber (Data Hasil Perhitungan)

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Menurut hasil pengujian marshall pada tabel 4.10 dan 4.11 diatas, didapatkan hasil yang memenuhi Kadar Aspal Optimum menurut SNI-06-2489-1991 jika mengabaikan nilai VFA dan VIM adalah sampel nomor 6 dengan persentase aspal 6,57 % dengan nilai 1802,57 kg; VFA 36,24%; VIM 29,41%; flow 5,7%; MQ 316,24% dan VMA 46,14%

Sampel 6 adalah sampel yang nilai pengujian marshallnya mendekati SNI-06-2489-1991: Pengujian Campuran Beraspal Dengan Alat Mrashall karena nilai VFA dan VIM yang belum memenuhi yaitu nilai VFA dibawh >65 yaitu 36,24% dan nilai VIM melebihi ketentuan yaitu 29,41% sementara menurut SNI-06-2489-1991 nilai VIM seharusnya 3-5%, dapat disimpulkan menambahkan agregat halus dan kasar sebagai campuran aspal berporus untuk mendapatkan nilai VFA dan VIM yang sesuai.

4.2.2 Hasil Pengujian Permeabilitas.

Berikut ini hasil pengujian permeabilitas.

1. Sampel 1 memperoleh hasil pada tekanan 0,9 kg/cm^2 = 18 detik dan pada tekanan 1,8 kg/cm^2 = 12 detik
2. Sampel 2 memperoleh hasil pada tekanan 0,9 kg/cm^2 = 22 detik dan pada tekanan 1,8 kg/cm^2 = 12 detik
3. Sampel 3 memperoleh hasil pada tekanan 0,9 kg/cm^2 = 27 detik dan pada tekanan 1,8 kg/cm^2 = 16 detik
4. Sampel 4 memperoleh hasil pada tekanan 0,9 kg/cm^2 = 26 detik dan pada tekanana 1,8 kg/cm^2 = 15 detik
5. Sampel 6 memperoleh hasil pada tekanan 0,9 kg/cm^2 = 31 detik dan pada tekanan 1,8 kg/cm^2 = 17 detik

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

6. Sampel 5 tidak bisa diujikan karena ukuran sampel tidak muat untuk masuk kedalam alat uji permeabilitas.
7. Koefisien Permeabilitas

Tabel 4.12 Koefisien Permeabilitas

Benda uji No.	Tebal benda uji (H)	Satuan	Waktu (T)		Satuan	Koefisien tekanan 1	Koefisien tekanan 2	Satuan
			1	2				
1	7,3	cm	18	12	detik	0,2114	0,3170	cm/detik
2	7,4	cm	22	12	detik	0,1734	0,3180	cm/detik
3	7,19	cm	27	16	detik	0,1404	0,2370	cm/detik
4	6,93	cm	26	15	detik	0,1446	0,2507	cm/detik
6	7,86	cm	31	17	detik	0,1247	0,2274	cm/detik

Nilai K berkisar antara 0,187 cm/detik–0,844 cm/detik (Insering dkk., 1990)

Hasil pengujian permeabilitas ditunjukkan dari variasi kadar aspal 4,67%; 5,71; 6,74%; 7,26%; 5,68% dan 6,57% mendapatkan rata-rata nilai rembesan air 24,8 detik pada tekanan 0,9 kg/cm^2 dan 14,4 detik pada tekanan 1,8 kg/cm^2. Nilai rata-rata untuk koefisien permeabilitas sebesar 0,158 cm/detik pada tekanan 0,9 kg/cm^2 dan 0,27 cm/detik pada tekanan 1,8 kg/cm^2.

4.2.3 Hasil Pengujian Densitas Spesimen

Berikut ini hasil pengujian densitas spesimen.

1. Sampel 1 = 0,185 gr/cm^2
2. Sampel 2 = 0,191 gr/cm^2
3. Sampel 3 = 0,192 gr/cm^2
4. Sampel 4 = 0,197 gr/cm^2
5. Sampel 5 = 0,180 gr/cm^2
6. Sampel 6 = 0,201 gr/cm^2

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.4 Hasil Proportioning Mix Design

1. Sampel 1 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 179,78 gr; lolos saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 179,78 gr; lolos saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 539,34 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 158,63 gr; jumlah *filler* sebanyak 44,06 gr; dan jumlah aspal sebanyak 54 gr.

2. Sampel 2 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 177,98 gr; lolos saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 177,98 gr; lolo saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 533,95 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 157,04 gr; jumlah *filler* sebanyak 43,62 gr; dan jumlah aspal sebanyak 66 gr.

3. Sampel 3 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 176,03 gr; lolos saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 176,03 gr; lolos saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 528,08 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 155,32 gr; jumlah *filler* sebanyak 43,14 gr; dan jumlah aspal sebanyak 78 gr.

4. Sampel 4 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 175,15 gr; lolos saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 175,15 gr; lolos saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 525,44 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 154,54 gr; jumlah *filler* sebanyak 42,93 gr; dan jumlah aspal sebanyak 84 gr.
5. Sampel 5 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 243,84 gr; lolos saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 243,84 gr; lolos saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 539,52 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 124,80 gr; jumlah *filler* sebanyak 42,71 gr; dan jumlah aspal sebanyak 72 gr.

6. Sampel 6 diperoleh jumlah agregat yang dibutuhkan yaitu, lolos saringan 12,7 mm – tertahan 9,5 mm sebanyak 243,84 gr; lolos

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

saringan 9,5 mm – tertahan 4,75 mm sebanyak 243,84 gr; lolos saringan 4,75 mm – tertahan 2,8 mm sebanyak 539,52 gr; lolos saringan 2,8 mm – tertahan 0,5 mm sebanyak 124,80 gr; jumlah *filler* sebanyak 42,50 gr; dan jumlah aspal sebanyak 84 gr.

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil pengujian marshall yang nilainya dapat memenuhi syarat ketentuan SNI-06-2489-1991 adalah sampel nomor 6 jika mengabaikan nilai VIM dan VFA dengan kriteria sebagai berikut.
   a. Kadar aspal 6,57%, komposisi agregat (12,7-9,5 mm) 19,07% = 243,84 gr; (9,5-4,75 mm) 19,07% = 243,84 gr; (4,75-2,8 mm) 42,20% = 539,52 gr (2,8-0,5 mm) 9,76% = 124,80 gr dan *filler* 3,32% = 42,50gr.
   b. Nilai pengujian Marshall stabilitas 1802,57 kg; VFA 36,24%; VIM 29,41%; flow 5,7%; MQ 316,24%; VMA 46,14%
2. Hasil pengujian permeabilitas menunjukan bahwa semua sampel dapat meloloskan air. Waktu paling cepat yaitu sampel 1 dengan waktu 18 detik pada tekanan 0,9kg/cm^2 dan 12 detik pada tekanan 1,8kg/cm^2), waktu paling lama yaitu sampel 6 dengan waktu 31 detik pada tekanan 0,9kg/cm^2 dan 17 detik pada tekanan 1,8kg/cm^2). Disimpulkan bahwa semakin banyak persentase aspal yang ada di dalam campuran maka akan mempengaruhi waktu air untuk lolos dari aspal.
3. Nilai densitas kepadatan tertinggi terdapat pada campuran aspal sampel nomor 6 denga nilai 0,201 gr/cm^2, dan nilai kepadatan terendah berada pada campuran aspal sampel nomor 5 denga nilai 0,180 gr/cm^2.
4. Kadar aspal optimum didapatkan pada campuran aspal berporus sampel nomor 6 dengan nilai agregat lolos ayakan 12,7-9,5: 19,07%; 9,5-4,75: 19,07%; 4,75-2,8: 42,20%; 2,8-0,5: 9,76%; *filler*: 3,32%; aspal: 6,57%, dengan berat total seluruh campuran 1278,50gr.
5. Penelitian ini menggunakan 2 pengujian dengan sampel yang sama, sistem pengujiannya yaitu pertama melakukan permeabilitas lalu melakukan uji marshall. Hasil dari pengujian marshall menggunakan benda uji yang telah mengalami tekanan air dari pengujian permeabilitas

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2 Saran

Dari serangkaian pengujian yang telah dilakukan saran dari saya diantaranya sebagai berikut:

1. Memperbaiki komposisi campuran aspal berporus untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum yang dapat memenuhi syarat sesuai SNI-06-2489-1991.
2. Saat memanaskan aspal sebaiknya menggunakan kompor listrik agar suhu tetap stabil ketika pencampuran agregat dengan *filler*.

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR PUSTAKA

Alex, Stefany. dkk. (2017). *Pengujian Permeabilitas Aspal Berpori*, Penelitian Program Studi Teknik Sipil UAJ Makassar.

Ali, Nur., Tjaronge, Wihardi, Ismunandar, Irsan., Asriandy, Dwi., (2011). *Studi Karakteristik Aspal Porus Yang Menggunakan Liquid Asbuton Sebagai Bahan Pengikat Dan Agregat Kasar Gradasi Bina Marga,* Skripsi, Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Berlian., Risdianto Yogie. (2018). *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Bahan Campuran Aspal Porus,* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negri Surabaya.

Charles., Parung., Tjaronge. (2015). *Karakteristik Aspal Porus Gradasi Australia Dengan Baha Pengikat Subtitusi Parsial Liquid Asbuton*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanudin.

Direktorat Bina Marga. 1990. *Petunjuk Desain Drainase Permukaan Jalan. Departemen Pekerjaan Umum.* Jakarta.

Diklat Spesifikasi Umim Perkerasan Jalan dan Jembatan Modul 7, Spesifikasi Perkerasan Aspal, Divisi 6 Tahun 2016.

Djumari., Sarwono, Djoko. (2009). *Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal dengan Metode Pemampatan Kering,* Jurnal Media Teknik Sipil, Edisi Januari 2009, pp. 9-14.

Ferguson Bruce K., (2005), *Porus Pavement (p.cm: Integrative studies in water management and land development).* Taylor & Francis Group, 577.pp.

Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Manual Desain Perkerasan Jalan (Revisi Juni 2017).

Rais Rachman, (2010), *Permeabilitas Dan Karakteristik Kekuatan Campuran Aspal Beton Bergradasi Terbuka Dengan Bahan Tambahan Serat Selulosa,* Staf Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik UKI-Paulus Makassar.

Sumarsono., Sri, Ary. (2013). *Perbandingan Karakter Aspal Porus Menggunakan Agregate Gravel Dan Kerikil Merapi Dengan Agregate Konvensional (268M),* UNS Surakarta

Titah, Kresna Eka Madani Agung. 2013. *Evaluasi Saluran Drainase Pada Jalan Pasar I Di Kelurahan Tanjung Sari Kecamatan Medan Selayang (Studi Kasus).* [Skripsi]. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara.

Lubis, Terunajaya. 2007. *Analisa Intensitas Cutrah Hujan Maksimum Terhadap Kemampuan Drainase Perkotaan* (Studi Kasus Drainase Jalan Sisingamangaraja Kota Sibolga).

Yahya., Ary, Suryoto. Desember 2017. *Pembuatan Job Mix Formula Untuk Porus Aspal dan Campuran dari Penerapan Pada Jalan Lingkungan*. Universitas Sebelas Maret.

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

LAMPIRAN

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

a	Tebal benda uji	t	73,20	mm		
b	kadar aspal terhadap agregat	a	4,52	%	%agregat kasar	%agregat halus
c	kadar aspal terhadap campuran	b	4,50	%	32,64	63,36
d	berat jenis semua agregat		5,41	gr		
e	berat kering benda uji	c	1125,4	gr		
f	berat benda uji SSD	d	1151,7	gr		
g	berat benda uji dalam air	e	595,2	gr		
h	volume benda uji	f	556,5	m2		
i	berat volume benda uji	g	2,02	gr/cc		
j	berat jenis max. teoritis	h	4,27	gr/cc		
k	berat jenis aspal		1,038	gr/cc		
l	berat semu agregat kasar		4,41	gr/cc	2,78	
	berat semu agregat halus		3,44	gr/cc		
	berat jenis agregat efektif kasar		4,20	gr/cc	3,51	
	berat jenis agregat efektif halus		3,26	gr/cc		
	berat jenis bulk agregat kasar		3,99	gr/cc	3,33	
	berat jenis bulk agregat halus		3,08	gr/cc		
	berat jenis semen/filler				3,15	
m	volume aspal terhadap benda uji	i	8,77	%		
n	volume agregat terhadap benda uji	jeff	69,40	%		
o	volume agregat terhadap benda uji	jcur	57,98	%		
p	kadar rongga dalam campuran	k	21,84			
q	kadar rongga dalam agregat (VMA)	L	42,02			
r	kadar rongga terisi aspal (VFA)	M	47,87	%		
s	% rongga terhadap campuran (VIM)	N	21,90	%		
t	pembacaan arloji stabilitas	O	387,04	kg		
u	proving ring	p	456,71	kg		
v	stabilitas	q	480,68	kg		
w	flow	r	5,5	mm		
x	Marshall Quotient	MQ	87,40	kg		

a	Tebal benda uji	t	74,33	mm	%agregat kasar	%agregat halus
b	kadar aspal terhadap agregat	a	5,53	%	32,64	63,36
c	kadar aspal terhadap campuran	b	5,50	%		
d	berat jenis semua agregat		5,41	gr		
e	berat kering benda uji	c	1157,9	gr		
f	berat benda uji SSD	d	1184,3	gr		
g	berat benda uji dalam air	e	595,2	gr		
h	volume benda uji	f	589,1	m2		
i	berat volume benda uji	g	1,97	gr/cc		
j	berat jenis max. teoritis	h	4,60	gr/cc		
k	berat jenis aspal		1,038	gr/cc		
l	berat semu agregat kasar		4,41	gr/cc	2,78	
	berat semu agregat halus		3,44	gr/cc		
	berat jenis agregat efektif kasar		4,20	gr/cc	3,51	
	berat jenis agregat efektif halus		3,26	gr/cc		
	berat jenis bulk agregat kasar		3,99	gr/cc	3,33	
	berat jenis bulk agregat halus		3,08	gr/cc		
	berat jenis semen/filler				3,15	
m	volume aspal terhadap benda uji	i	10,41	%		
n	volume agregat terhadap benda uji	jeff	66,74	%		
o	volume agregat terhadap benda uji	jcur	55,76	%		
p	kadar rongga dalam campuran	k	22,84			
q	kadar rongga dalam agregat (VMA)	L	44,24			
r	kadar rongga terisi aspal (VFA)	M	37,77	%		
s	% rongga terhadap campuran (VIM)	N	27,53	%		
t	pembacaan arloji stabilitas	O	501,5	kg		
u	proving ring	p	591,77	kg		
v	stabilitas	q	622,84	kg		
w	flow	r	6,8	mm		
x	Marshall Quotient	MQ	91,59	kg		

UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

					%agregat kasar	%agregat halus
a	Tebal benda uji	t	71,93	mm		
b	kadar aspal terhadap agregat	a	6,54	%	32,64	63,36
c	kadar aspal terhadap campuran	b	6,50	%		
d	berat jenis semua agregat		5,41	gr		
e	berat kering benda uji	c	1135,8	gr		
f	berat benda uji SSD	d	1159,1	gr		
g	berat benda uji dalam air	e	604,4	gr		
h	volume benda uji	f	554,7	m2		
i	berat volume benda uji	g	2,05	gr/cc		
j	berat jenis max. teoritis	h	4,93	gr/cc		
k	berat jenis aspal		1,038	gr/cc		
l	berat semu agregat kasar		4,41	gr/cc	2,78	
	berat semu agregat halus		3,44	gr/cc		
	berat jenis agregat efektif kasar		4,20	gr/cc	3,51	
	berat jenis agregat efektif halus		3,26	gr/cc		
	berat jenis bulk agregat kasar		3,99	gr/cc	3,33	
	berat jenis bulk agregat halus		3,08	gr/cc		
	berat jenis semen/filler				3,15	
m	volume aspal terhadap benda uji	i	12,82	%		
n	volume agregat terhadap benda uji	jeff	68,79	%		
o	volume agregat terhadap benda uji	jcur	57,48	%		
p	kadar rongga dalam campuran	k	18,39			
q	kadar rongga dalam agregat (VMA)	L	42,52			
r	kadar rongga terisi aspal (VFA)	M	23,79	%		
s	% rongga terhadap campuran (VIM)	N	32,41	%		
t	pembacaan arloji stabilitas	O	697,38	kg		
u	proving ring	p	822,91	kg		
v	stabilitas	q	866,11	kg		
w	flow	r	5,5	mm		
x	Marshall Quotient	MQ	157,47	kg		

					%agregat kasar	%agregat halus
a	Tebal benda uji	t	69,35	mm		
b	kadar aspal terhadap agregat	a	7,04	%	32,64	63,36
c	kadar aspal terhadap campuran	b	7,00	%		
d	berat jenis semua agregat		5,41	gr		
e	berat kering benda uji	c	1112,6	gr		
f	berat benda uji SSD	d	1128,3	gr		
g	berat benda uji dalam air	e	586,6	gr		
h	volume benda uji	f	541,7	m2		
i	berat volume benda uji	g	2,05	gr/cc		
j	berat jenis max. teoritis	h	6,27	gr/cc		
k	berat jenis aspal		1,038	gr/cc		
l	berat semu agregat kasar		4,41	gr/cc	3,87	
	berat semu agregat halus		3,44	gr/cc		
	berat jenis agregat efektif kasar		4,20	gr/cc	3,68	
	berat jenis agregat efektif halus		3,26	gr/cc		
	berat jenis bulk agregat kasar		3,99	gr/cc	3,33	
	berat jenis bulk agregat halus		3,08	gr/cc		
	berat jenis semen/filler				3,15	
m	volume aspal terhadap benda uji	i	13,85	%		
n	volume agregat terhadap benda uji	jeff	49,32	%		
o	volume agregat terhadap benda uji	jcur	57,35	%		
p	kadar rongga dalam campuran	k	36,83			
q	kadar rongga dalam agregat (VMA)	L	42,65			
r	kadar rongga terisi aspal (VFA)	M	-9,82	%		
s	% rongga terhadap campuran (VIM)	N	46,84	%		
t	pembacaan arloji stabilitas	O	719,8	kg		
u	proving ring	p	849,36	kg		
v	stabilitas	q	893,96	kg		
w	flow	r	5	mm		
x	Marshall Quotient	MQ	178,79	kg		

UNIVERSITAS GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Metode pengujian campuran beraspal panas dengan alat marshall

4 Perhitungan

Untuk menghitung hasil pengujian, gunakan persamaan berikut :

1) kadar aspaltotal;
Berat aspal
---------- x 100 %
Berat total campuran

2) kepadatan (ton/m^3);
Berat benda uji

Volume benda uji

3) hitung perkiraan awal kadar aspal rencana;
Pb = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (%FF) + konstanta
dengan :
Pb = Perkiraan Kadar aspal rencana awal CA = Agregatkasar
FA = Agregat halus FF = Bahan pengisi
Konstanta = Kira-kira 0,5 – 1 untuk Laston dan 1 – 2 untuk Lataston

4) berat jenis maksimum campuran beraspal (Gmm) Gmm diuji dengan metode AASHTO T 209 – 1990

5) berat jenis efektif agregat;

$$Gse = \frac{Pmm - Pb}{\frac{Pmm}{Gmm} - \frac{Pb}{Gb}}$$

dengan :
Gse = berat jenis efektif agregat
Gmm = berat jenis maksimum campuran (metode AASHTO T 209 – 1990)
Pmm = persen berat total campuran (=100)
Pb = kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum campuran yang diuji dengan metode AASHTO T 209 – 90
Gb = berat jenis aspal

6) berat jenis maksimum campuran dengan kadar aspal campuran yang berbeda;

$$Gmm = \frac{Pmm}{}$$

Pmm = persen berat terhadap total campuran (=100)
Ps = persen agregat terhadap total campuran
Gse = berat jenis efektif agregat
Gb = berat jenis aspal
Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran

Pusliman - Balitbang PU

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1) berat jenis agregat curah;

$$Gsb = \frac{P_1 + P_2 + Pn}{\frac{P_1}{G1} + \frac{P_2}{G_2} + \frac{P_n}{n}}$$

dengan :

Gsb = berat jenis agregat curah
P_1, P_2, P_n = persentase masing-masing fraksi agregat
G_1,G_2,G_n = berat Jenis masing-masing fraksi agregat

2) penyerapan aspal;

$$P_{ba} = 100 \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} G_b$$

dengan :

Pba = penyerapan aspal
Gse = berat jenis efektif agregat
Gsb = berat jenis curah agregat Gb
= berat jenis aspal

3) kadar aspal efektif;

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba} P_s}{100}$$

dengan :
Pbe = kadar aspal efektif, persen terhadap berat total campuran
Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat total campuran
Ps = persen agregat terhadap total campuran
Pba = penyerapan aspal, persen terhadap berat agregat

4) rongga di antara mineral agregat;

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} x P_s}{G_{sb}}$$

dengan :

VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran
Gsb = berat jenis curah agregat
Gmb = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)
Ps = persen agregat terhadap berat total campuran
Pb = kadar aspal total, persen terhadap berat totalcampuran

5) rongga di dalam campuran;

$$VIM = 100 \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

dengan :

Gmb = berat jenis curah campuran padat (AASHTO T-166)
Gmm = berat jenis maksimum campuran

Pusat Litbang PU

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1) rongga terisi aspal;

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA}$$

dengan :
VFB = rongga terisi aspal, persen terhadap VMA
VMA = rongga diantara mineral agregat, persen terhadap volume total campuran VIM = rongga di dalam campuran,persen terhadap volume total campuran

2) stabilitas (kg);
Pembacaan arloji tekan dilkalikan dengan hasil kalibrasi cincin penguji serta angka korelasi beban (Tabel 2)

3) pelelehan (mm);
Dibaca pada arloji pengukur pelelehan.

Tabel 2 Rasio korelasi stabilitas

Isi benda uji (cm³)	Tebal Benda Uji (mm)	Angka koreksi
200 – 213	25,4	5,56
214 - 225	27,-0	5,00
226 - 237	28,6	4,55
238 - 250	30,2	4,17
251 - 264	31,8	3,85
265 - 276	33,3	3,57
277 - 289	34,9	3,33
290 - 301	35,5	3,03
302 - 316	38,1	2,78
317 - 328	39,7	2,50
329 - 340	41,3	2,27
341 - 353	42,9	2,08
354 - 367	44,4	1,92
368 - 379	46,0	1,79
380 - 392	47,6	1,67
393 - 405	49,2	1,56
406 - 420	50,8	1,47
421 - 431	52,4	1,39
432 - 443	54,0	1,32
444 – 456	55,6	1,25
457 – 470	57,2	1,19
471 – 482	58,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04
509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93
547 – 559	68,3	0,89
560 – 573	69,9	0,86
574 – 585	71,4	0,83
586 – 598	73,0	0,81
599 – 610	74,6	0,78
611 – 625	76,2	0,76

Balitbang PU

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Nilai Karakteristik Marshall Dan Porositas Pada Campuran Beraspal Porus Sebagai Perkerasan Ramah Lingkungan
MUHAMMAD GORBIE T T, Ir. Heru Budi Utomo, MT
Universitas Gadjah Mada, 2021 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/



Gambar memasukkan campuran ke alat uji



Gambar Lab. Perkerasan Jalan Diploma Teknik Sipil



Gambar pengujian permeabilitas