

**"PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI BERBAHAN
SYNTHETIC FIBER TERHADAP KARAKTERISTIK
MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL POROUS"**

TUGAS AKHIR

**Disusun untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Menyelesaikan
Program Sarjana S-1 Teknik Sipil**



Disusun Oleh :

ISWAHYUDI

NIM 21.21.016

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI BERBAHAN SYNTHETIC FIBER
TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL
POROUS**

Disusun Oleh:

ISWAHYUDI

21.21.016

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk diujikan

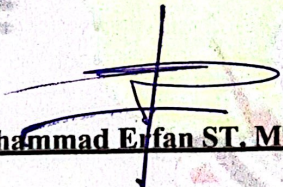
Pada tanggal 12 Agustus.2025

Menyetujui,

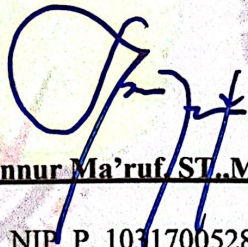
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Mohammad Erfan ST. MT.

NIP. P. 1031500508

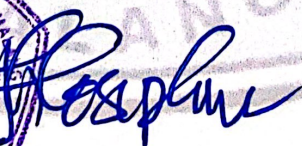

Annur Ma'ruf ST..MT.

NIP. P. 1031700528

Mengetahui,

Revisi Program Studi Teknik Sipil S-1




Dr. Yosimson P. Manaha. ST., MT.

NIP. P. 1030300383

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI BERBAHAN SYNTHETIC FIBER TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL POROUS

Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir
Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal, 12 Agustus 2025 Dan Diterima Untuk
Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1.

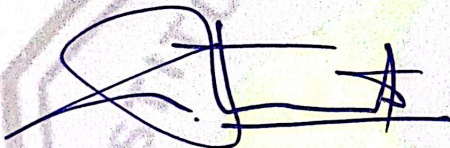
Disusun Oleh:

ISWAHYUDI
NIM 21.21.016

Dosen Penguji :

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Ir. Eding Iskak Imananto, MT

NIP. 196605061993031004



Vega Aditama, ST., MT, IPM

NIP. P. 4031900559

Disahkan Oleh:

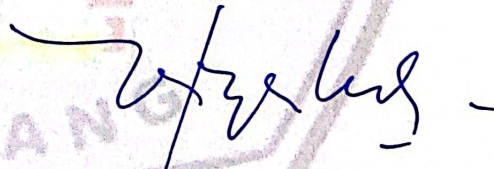
Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1

Sekretaris Program Studi Teknik
Sipil S-1



Dr. Yosimson P. Manaha, ST., M.T.

NIP. P. 1030300383



Nenny Rodstrianawaty, ST., MT.

NIP. P. 1031700533

LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Iswahyudi

Nim : 2121016

Progam Studi : Teknik Sipil S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul :

“PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI BERBAHAN SYNTHETIC FIBER TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL POROUS”

Adalah sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, didalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademiknya disuatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut serta diproses sesuai dengan peraturan perundang undangan yang berlaku (UU. No.20 tahun 2003, Pasal 25 ayat 2). Demikian surat pernyataan ini saya buat tulus dengan sebenar-benarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Malang, 25 Agustus 2025

Yang membuat Pernyataan



Iswahyudi

2121016

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, atas limpahan rahmat, taufik, hidayah, serta inayah-Nya, sehingga penulis diberikan kesehatan, kekuatan, dan kesempatan untuk menyelesaikan karya sederhana ini, maka dengan kerendahan hati kupersembahkan karya ini kepada:

1. Nabi Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam, sebagai contoh dan inspirasi hidup saya dalam setiap pikiran, ucapan, dan perbuatan.
2. Kedua orang tua saya tercinta, khususnya **Ayahanda (alm.)** yang telah mendahului, semoga Allah SWT melapangkan kuburnya dan menempatkannya di tempat terbaik di sisi-Nya. Serta Ibunda tersayang, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, dan pengorbanan tanpa henti dalam setiap langkah hidupku.
3. Nenek saya tersayang, sumber semangat dan doa tulus yang senantiasa menyertai saya.
4. Saudara kandung saya, yang selalu memberi dukungan, kebersamaan, dan motivasi dalam perjalanan hidupku
5. Kepada sosok istimewa yang saya kagumi dan cintai, meski tanpa saya sebutkan namanya, kehadirannya telah memberi semangat, dan warna, hingga karya ini dapat terselesaikan.
6. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Komisariat Madani Korkom Nasional ITN Malang, yang telah menjadi wadah berharga tempat saya belajar arti kebersamaan, menempa diri dalam nilai-nilai perjuangan, pengabdian, kepemimpinan, serta semangat persaudaraan yang akan selalu menjadi bekal dalam perjalanan hidup saya
7. Teman-teman penelitian aspal, yang dengan kebersamaan, tenaga, dan semangatnya turut membantu terselesaikannya penelitian ini.
8. Serta semua pihak yang telah memberikan doa, dukungan, dan bantuan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Karya ini hanyalah langkah kecil, namun semoga dapat memberi arti, menjadi kebanggaan, dan menghadirkan manfaat bagi siapa pun yang membacanya

“Yakinkan dengan iman. Usahakan dengan ilmu. Sampaikan dengan amal”

YAKUSA

ABSTRAK

"PENGARUH PENAMBAHAN SERAT TALI BERBAHAN SYNTHETIC FIBER TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL POROUS"

Oleh: Iswahyudi (21.21.016) Pembimbing I: Mohammad Erfan, ST.,MT. Pembimbing II: Annur Ma'ruf, ST., MT. Progam Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan serat tali berbahan synthetic fiber terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal porous. Aspal porous dikenal memiliki keunggulan dalam kemampuan drainase yang baik, namun kelemahannya terletak pada kekuatan struktural yang relatif rendah akibat tingginya rongga udara dalam campuran. Untuk mengatasi kelemahan ini, dilakukan inovasi dengan menambahkan serat sintetis ke dalam campuran, yang diharapkan mampu meningkatkan stabilitas serta kinerja mekanis tanpa mengurangi sifat drainase aspal porous.

Dalam penelitian ini, kadar aspal optimum (KAO) ditetapkan berdasarkan hasil penelitian sebelumnya sebagai acuan utama. Campuran aspal porous kemudian dibuat dengan variasi kadar serat tali tamar sebesar 0%, 0,10%, 0,20%, 0,25%, 0,30%, 0,35%, dan 0,40%. Pengujian dilakukan menggunakan metode Marshall untuk mengukur parameter stabilitas, flow, VIM (Void in Mix), VMA (Void in Mineral Aggregate), VFA (Void Filled with Asphalt), Marshall Quotient, dan density, serta uji permeabilitas metode constant head untuk menilai kemampuan drainase.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serat tali pada kadar tertentu memberikan peningkatan signifikan pada nilai stabilitas Marshall dan memperbaiki parameter lain seperti VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient, dengan tetap mempertahankan kemampuan drainase campuran. Peningkatan ini disebabkan oleh peran serat dalam mengikat agregat dan aspal sehingga mengurangi pergeseran partikel dan memperkuat struktur campuran. Kadar optimum serat tali tamar yang memberikan performa terbaik ditentukan melalui analisis hasil pengujian dan uji statistik, yang menunjukkan titik keseimbangan antara kekuatan mekanis dan kemampuan drainase.

Kata Kunci : porous, serat synthetic fiber, karakteristik Marshall, permeabilitas, Kadar Aspal Optimum.

ABSTRACT

“ THE EFFECT OF ADDING SYNTHETIC FIBER ROPE ON THE MARSHALL CHARACTERISTICS OF POROUS ASPHALT MIXTURES”

Oleh: Iswahyudi (21.21.016) Pembimbing I: Mohammad Erfan, ST.,MT. Pembimbing II: Annur Ma'ruf, ST., MT. Progam Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

This study aims to analyze the effect of adding synthetic fiber rope on the Marshall characteristics of porous asphalt mixtures. Porous asphalt is known for its excellent drainage capability; however, its main drawback lies in the relatively low structural strength due to the high air void content. To overcome this limitation, innovation was made by incorporating synthetic fibers into the mixture, which is expected to enhance stability and mechanical performance without reducing the drainage capacity of porous asphalt.

In this research, the optimum asphalt content (OAC) was determined based on previous studies as the main reference. Porous asphalt mixtures were prepared with fiber rope variations of 0%, 0.10%, 0.20%, 0.25%, 0.30%, 0.35%, and 0.40%. The Marshall method was used to evaluate parameters such as stability, flow, voids in mix (VIM), voids in mineral aggregate (VMA), voids filled with asphalt (VFA), Marshall Quotient (MQ), and density. In addition, permeability was tested using the constant head method to assess drainage performance.

The results showed that the addition of fiber rope at certain levels significantly increased the Marshall stability value and improved other parameters, including VIM, VMA, VFA, MQ, and density, while maintaining adequate drainage capacity. The improvement is attributed to the presence of fibers that bound aggregates and asphalt more effectively, thereby reducing particle displacement and strengthening the mixture structure. The optimum fiber rope content that provided the best performance was determined through statistical testing of t and F values, confirming that fiber addition plays a significant role in balancing mechanical strength and drainage capability in porous asphalt mixtures.

Keywords: porous, synthetic fiber rope, Marshall characteristics, Permeability, optimum asphalt content

KATA PENGANTAR

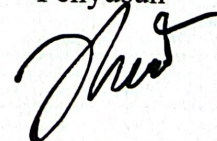
Dengan mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Pengaruh Penambahan Serat Tali Berbahan Synthetic Fiber Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Porous*” disusun untuk memenuhi persyaratan gelar Strata 1 (S-1) Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini, penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT.**, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
2. Bapak **Mohammad Erfan, ST., MT.** selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak **Annur Ma'ruf, ST., MT** selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
4. Bapak **Vega Aditama, ST., MT., IPM**, selaku Kepala Studio Teknik Sipil S-1 ITN Malang.
5. Seluruh Staf dan jajarannya Program Studi Teknik Sipil ITN Malang yang telah membantu dalam administrasi penulisan Tugas Akhir ini.
6. Orang Tua yang selalu mendukung dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman – teman yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat kekurangan dan kesalahan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran, petunjuk, bimbingan, dan kritik yang konstruktif demi perbaikan dimasa mendatang.

Malang, 25 Agustus 2025

Penyusun



Iswahyudi

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR NOTASI.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	4
1.7 Hipotesis Penelitian.....	5
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Hasil Studi Terdahulu.....	6
2.2 Aspal Porous.....	10
2.2.1 Keunggulan dan kekurangan.....	11
2.3 Komponen Material dalam Aspal Porous.....	12
2.3.1 Agregat.....	12
2.3.2 Aspal (Bitumen).....	14
2.3.3 Tali Berbahan synthetic fiber	18
2.4 Gradasi Aspal Porous	21
2.5 Menentukan kadar Aspal Optimum.....	23
2.5.1 Desain Campuran aspal Porous (Mix Desain)	25
2.6 Menentukan volumetric campuran Beraspal	27
2.6.1 Penggunaan Aspal Porous.....	28

2.7	Pengujian Aspal Porous.....	29
2.7.1	Uji Marshall	29
2.7.2	Uji Permeabilitas.....	30
2.8	Variabel penelitian.....	34
2.9	Regresi Polynomial	35
2.10	Uji hipotesis.....	36
2.10.1	Uji t (t-test).....	36
2.10.2	Uji F (ANOVA Satu Arah)	37
BAB III	METODE PENELITIAN	39
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	39
3.2	Variabel Penelitian	39
3.2.1	Variabel Bebas	39
3.2.2	Variabel Terikat	39
3.3	Rancangan Benda Uji.....	40
3.4	Material dan Peralatan.....	41
3.4.1	Material	41
3.4.2	Peralatan.....	41
3.4.3	Pengujian Material	42
3.5	Metode Pembuatan Campuran (Mix Desain)	43
3.5.1	Gradasi Agregat	43
3.5.2	Penambahan Serat Tali synthetic Fiber.....	44
3.5.3	Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	45
3.5.4	Prosedur Pembuatan Benda Uji	45
3.6	Prosedur Pengujian.....	47
3.6.1	Pengujian Marshall Standar	47
3.6.2	Pengujian Permeabilitas (Constant head).....	48
3.7	Analisis Data dengan Regresi Polinomial	50
3.8	Uji Statistik Menggunakan Minitab	50
3.9	Diagram Alir Penelitian.....	51
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Pemeriksaan Mutu Bahan.....	53
4.2	Pengujian Agregat	53
4.2.1	Pengujian Analisa Saringan Agregat 0 – 5	54
4.2.2	Hasil Berat Jenis dan Penyerapan Agregat (SNI 1969 – 2016)	57

4.2.3	Pengujian Keausan Agregat Normal dengan Menggunakan Alat Abrasi Los Angeles (SNI 2417 – 2008).....	60
4.2.4	Hasil Pengujian Material Agregat Normal Lolos Ayakan No. 200 (SNI ASTM C117 – 2012).....	64
4.2.5	Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir – Butir Mudah Pecah dalam Agregat Normal (SNI 4141 – 2015)	68
4.2.6	Pengujian Setara Pasir Untuk Menguji Agregat Halus yang Mengandung Bahan Plastis (SNI 03 – 4428 – 1997).....	69
4.2.7	Hasil Pengujian Agregat Normal	71
4.3	Filler	72
4.4	Hasil Pengujian Aspal	72
4.4.1	Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 2456 : 2011).....	72
4.4.2	Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar (SNI 2433:2011)	74
4.4.3	Pengujian Titik Lembek (SNI 2434:2011).....	76
4.4.4	Pengujian Daktilitas Aspal (SNI 2432:2011).....	78
4.4.5	Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras (SNI 2441:2011)	80
4.4.6	Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal (SNI 06 - 2440 - 1991).....	82
4.4.7	Hasil Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	84
4.5	Perencanaan Komposisi Campuran.....	85
4.5.1	Perhitungan Persentase Agregat dengan Metode Grafis.....	85
4.5.2	Perhitungan Presentase Agregat dengan Metode Analisis.....	88
4.6	Kombinasi Campuran Normal Untuk Variasi Aspal Porous.....	89
4.7	Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Aspal Porus	93
4.8	Pengujian Marshall Test Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal	94
4.9	Kadar Aspal Optimum (KAO) Aspal Porus.....	96
4.10	Pengujian Marshall Test Untuk Aspal Porus Dengan Tambahan Serat Tampar.....	103
4.11	Analisis Interval Kepercayaan Campuran Aspal Porus dengan penambahan Serat.....	105
4.12	Hasil pengujian Marshall pada campuran Aspal porus dengan Penambahan serat tali	114
4.12.1	Stabilitas.....	114
4.12.2	Flow.....	115
4.12.3	Void In Mix (VIM)	116

4.12.4	Void in Mineral Aggregate (VMA)	117
4.12.5	Voids Filled with Asphalt (VFA).....	119
4.12.6	Marshall Quotient (MQ)	120
4.12.7	Berat Isi (Density)	121
4.13	Keterkaitan Parameter Marshall pada Penambahan Serat Tali	123
4.14	Perhitungan Kadar Serat Tali Tampak Optimum Pada Campuran Aspal Porus.....	125
4.15	Langkah-Langkah Pengujian Marshall.....	127
4.16	Pengujian Permeabilitas Aspal Porus dengan Modifikasi serat tali tampak	132
4.17	Langkah-Langkah Pengujian Permeabilitas Metode Constant Head ...	133
4.18	Rekapitulasi Hasil Uji Berdasarkan Parameter	138
4.19	Pengujian Hipotesis F- Value.....	139
4.19.1	Stabilitas.....	140
4.19.2	Flow.....	140
4.19.3	Void In Mix (VIM)	141
4.19.4	Void in Mineral Aggregate (VMA)	142
4.19.5	Voids Filled with Asphalt (VFA).....	142
4.19.6	Marshall Quotient (MQ)	143
4.19.7	Berat Isi (Density)	144
4.19.8	Permeabilitas	144
4.20	Pengujian Hipotesis T- Value.....	145
4.20.1	Stabilitas.....	145
4.20.2	Flow.....	146
4.20.3	VIM (Void in Mix).....	147
4.20.4	VMA (Void in Mineral Aggregate)	148
4.20.5	VFA (Voids Filled with Asphalt).....	149
4.20.6	MQ (Marshall Quotient)	150
4.20.7	Density (Berat isi)	151
4.20.8	Permeabilitas	152
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		153
5.1	Kesimpulan.....	153
5.2	Saran	154
DAFTAR PUSTAKA		156
LAMPIRAN.....		159

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Keunggulan Aspal Porous dibandingkan dengan perkerasan jalan konvensional	11
Gambar 2. 2 Contoh Hubungan antara Viskositas dan Temperatur	17
Gambar 2. 3 Grafik Perbandingan Nilai Indirect Tensile Strength (ITS) dan Persentase Drain-down Aspal pada Campuran dengan dan tanpa Serat	20
Gambar 2. 4 Spesifikasi Gradasi Aspal Porous Standar Australia Untuk Ukuran Maks. 10 mm	22
Gambar 2. 5 Contoh cara penentuan KAO metode Marshall	24
Gambar 2. 6 Konstruksi Aspal Porous Pada Lapangan Parkir di Hackesin, Delaware	28
Gambar 2. 7 Konstruksi Aspal Porous Pada Jalan Perumahan di Macon, Georgia	29
Gambar 2. 8 Sistem Drainase Aspal Porus	29
Gambar 2. 9 Alat Uji Marshall	30
Gambar 2. 10 Constant Head permeameter	31
Gambar 2. 11 Skema Percobaan Falling Head	33
Gambar 3. 1 serat tali synthetic fiber	44
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	52
Gambar 4.1 Diagonal Komposisi Campuran Agregat Normal Aspal Porus	87
Gambar 4.2 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat Aspal Porus	89
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kadar aspal dan flow Aspal Porus	97
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM Aspal Porus	97
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA Aspal Porus	98
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFA Aspal Porus	99
Gambar 4. 7 Grafik hubungan antara kadar aspal dan MQ Aspal Porus	100
Gambar 4. 8 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum Aspal Porus	102
Gambar 4. 9 Interval Kepercayaan 95% Nilai Stabilitas Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	105
Gambar 4. 10 Interval Kepercayaan 95% Nilai Flow Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	107
Gambar 4. 11 Interval Kepercayaan 95% Nilai VIM Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	108
Gambar 4. 12 Interval Kepercayaan 95% Nilai VMA Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	109
Gambar 4. 13 Interval Kepercayaan 95% Nilai VFA Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	110
Gambar 4. 14 Interval Kepercayaan 95% Nilai MQ Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	111
Gambar 4. 15 Interval Kepercayaan 95% Nilai Density Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation	112

Gambar 4. 16 Interval Kepercayaan 95% Nilai Permeabilitas Aspal Porus Menggunakan Pooled Standard Deviation.....	113
Gambar 4.17 Grafik hubungan antara kadar aspal dan Stabilitas Aspal Porus .	114
Gambar 4.18 Grafik hubungan antara kadar aspal dan Flow Aspal Porus.....	115
Gambar 4.19 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VIM Aspal Porous	116
Gambar 4.20 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VMA Aspal Porous.....	117
Gambar 4.21 Grafik hubungan antara kadar aspal dan VFA Aspal Porus	119
Gambar 4.22 Grafik hubungan antara kadar aspal dan MQ Aspal Porus.....	120
Gambar 4.23 Grafik hubungan antara kadar aspal dan Density Aspal Porus....	121
Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Stabilitas dan Flow	124
Gambar 4.25 Penimbangan agregat dan serat dengan timbangan digital.....	127
Gambar 4.26 Pemanas agregat dalam wajan	127
Gambar 4.27 Proses pencampuran Aspal di wadah tahan panas.....	128
Gambar 4.28 proses pencampuran Aspal dengan serat tali	128
Gambar 4.29 proses pemindahan campuran ke cetakan.....	129
Gambar 4.30 Pemadatan menggunakan alat pemukul Marshall	129
Gambar 4.31 Proses pengeluaran benda uji dari cetakan	130
Gambar 4.32 Pengukuran tinggi dan diameter sampel.....	130
Gambar 4.33 Proses penimbangan kering, SSD, dan dalam air	131
Gambar 4.34 Sampel di dalam waterbath.....	131
Gambar 4.35 Proses pengujian di mesin Marshall	132
Gambar 4.36 Proses perendaman sampel dalam wadah air bersih.....	133
Gambar 4.37 Tampilan alat uji sebelum digunakan	133
Gambar 4.38 Tampilan alat uji sebelum digunakan	134
Gambar 4.39 Tampilan alat uji sebelum digunakan	134
Gambar 4.40 Pengukuran head air menggunakan mistar	135
Gambar 4.41 Air mengalir dan ditampung di bawah alat uji	135
Gambar 4.42 Pemindahan air dari penampung ke gelas ukur.	136
Gambar 4.43 Grafik hubungan antara kadar aspal dan Permeabilitas Aspal Porus	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Hasil Penelitian Terdahulu	8
Tabel 2. 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus.....	13
Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Kasar	14
Tabel 2. 4 Ketentuan Agregat Halus	14
Tabel 2. 5 Persyaratan Aspal Keras Penetrasi 60/70.....	15
Tabel 2. 6 Ketentuan Viskositas dan Temperatur Aspal untuk Pencampuran dan Pemadatan	17
Tabel 2. 7 Ketentuan Untuk Aspal Keras.....	18
Tabel 2. 8 Presentase Penggunaan Serat	19
Tabel 2. 9 Gradasi Aspal Porous Standar Australia	21
Tabel 2. 10 Gradasi Agregat Porous Berdasarkan AAPA 2004.....	26
Tabel 3. 1 jumlah Benda Uji.....	40
Tabel 3. 2 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porous standar AAPA 2004	44
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat 0 - 5.....	55
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat 5 – 10	55
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Analisa Saringan Agregat 10 – 10	56
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus 0 – 5	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 5 – 10....	59
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar 10 -10....	60
Tabel 4.7 Hasil pengujian agregat Normal dengan menggunakan alat Abrasi Los Angeles (100 Putaran).....	62
Tabel 4.8 Hasil pengujian agregat Normal dengan menggunakan alat Abrasi Los Angeles (500 Putaran).....	63
Tabel 4.9 Hasil Pengujian Material Agregat Normal Lolos Ayakan No.200 Agregat 10/10.....	65
Tabel 4.10 Hasil Pengujian Material Agregat Normal Lolos Ayakan No.200 Agregat 5/10.....	66
Tabel 4.11 Hasil Pengujian Material Agregat Normal Lolos Ayakan No.200 Agregat 0/5.....	67
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir mudah pecah dalam agregat Normal 0/5.....	69
Tabel 4.13 Hasil Setara Pasir Agregat Halus 0 – 5	70
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Material Agregat Normal.....	71
Tabel 4.15 Pengujian bahan – bahan Bitumen Sebelum Kehilangan (SNI 2456 :2011)	73
Tabel 4.16 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan (SNI 2456 : 2011)	74
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Titik Ntala dan Titik Bakar Aspal.....	75
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Titik Lembek.....	77
Tabel 4.19 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat.....	78
Tabel 4.20 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Sesudah Kehilangan Berat	79

Tabel 4. 21 Hasil Pengujian Berat Jenis Bitumen Keras.....	81
Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal.....	83
Tabel 4.23 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	84
Tabel 4. 24 Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal Porous.....	86
Tabel 4.25 Gradasi Agregat Gabungan Aspal Porus.....	88
Tabel 4.26 Perencanaan Komposisi Campuran Aspal Porus	92
Tabel 4.27 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal 4% Aspal Porus	93
Tabel 4.28 Hasil Pengujian Test Marshall Mencari Kadar Aspal Optimum Aspal Porus.....	94
Tabel 4. 29 Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas aspal Porous.....	96
Tabel 4. 30 Grafik hubungan antara kadar aspal dan Density Aspal Porus	101
Tabel 4. 31 Hasil Pengujian Test Marshall Untuk Aspal Porus Dengan Bahan Tambahan Serat tali tampar	103
Tabel 4.32 Perhitungan kadar serat Optimum pada campuran aspal porus	125
Tabel 4.33 Hasil Pengujian Permeabilitas Pada Setiap Kadar serat tali tampar	136
Tabel 4.34 Rekapitan Perbandingan Hasil Parameter Pengujian KAO dan Campuran Sera Pada Aspal Porus.....	139
Tabel 4.35 Hasil Uji F terhadap Nilai Stabilitas	140
Tabel 4.36 Hasil Uji F terhadap Nilai Flow	140
Tabel 4.37 Hasil Uji F terhadap Nilai VIM.....	141
Tabel 4.38 Hasil Uji F terhadap Nilai VMA	142
Tabel 4.39 Hasil Uji F terhadap Nilai VFA	142
Tabel 4.40 Hasil Uji F terhadap Nilai MQ.....	143
Tabel 4.41 Hasil Uji F terhadap Nilai Density	144
Tabel 4. 42 Hasil Uji F terhadap Nilai Permeabilitas.....	144
Tabel 4. 43 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter Stabilitas	145
Tabel 4. 44 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter Flow	146
Tabel 4. 45 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter VIM	147
Tabel 4. 46 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter VMA	148
Tabel 4. 47 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter VFA	149
Tabel 4. 48 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter MQ.....	150
Tabel 4. 49 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter Density.....	151
Tabel 4. 50 Hasil Uji t Metode Dunnett terhadap Parameter Permeabilitas	152

DAFTAR NOTASI

A	Berat benda uji semula (gr); Skala pembacaan lumpur; Massa piknometer dan penutup
a	Luas potongan spesimen (cm ²)
Ba	Berat benda uji di dalam air (gr)
B	Berat piknometer berisi air (gr); Berat benda uji tertahan saringan No.12 dan No.4 (gr); Massa contoh awal sebelum dicuci (gr); Skala pembacaan pasir; Massa piknometer dan penutup berisi air
Bk	Berat benda uji kering oven (gr)
Bj	Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)
Bt	Berat piknometer berisi benda uji dalam air (gr)
C	Massa contoh akhir tertahan saringan No.200 (gr); Massa piknometer, penutup dan benda uji; Berat benda uji (gr)
D	Massa piknometer, penutup, benda uji dan air
Dk	Derajat kebebasan (3 - 1)
F	Volume benda uji
h ₁	Tinggi batas air paling atas pada tabung (cm)
h ₂	Tinggi batas air paling bawah pada tabung (cm)
J	Jumlah dari data pengamatan
K	Koefisien permeabilitas air (cm/detik)
k	Variasi perlakuan
L	Tebal benda uji (cm)
n	Banyak pengamatan
P	Persentil; Gumpalan lempung dan butiran mudah pecah dalam agregat
R	Berat benda uji kering oven yang tertahan pada masing-masing ukuran saringan setelah penyaringan basah (gr)
S	Standar Deviasi
t	Waktu aliran dari h ₁ ke h ₂ (detik)

$t_{0,975}$	Nilai pada persentil 0.975
W	Berat benda uji (gr)
$X/\bar{x}$	Nilai rata-rata
Y	Data hasil pengamatan
Source	Menunjukkan sumber variasi dalam data (Factor atau Error).
DF	Derajat kebebasan untuk masing-masing sumber variasi.
Adj SS	<i>Adjusted Sum of Squares</i> , menunjukkan variasi yang dijelaskan oleh setiap sumber.
Adj MS	<i>Adjusted Mean Squares</i> , merupakan nilai rata-rata dari <i>Adjusted Sum of Squares</i> .
F-Value	Rasio dari <i>Mean Squares</i> antara perlakuan dan galat, digunakan untuk menentukan signifikansi.
P-Value	Nilai probabilitas yang menunjukkan seberapa besar kemungkinan hasil yang diamati terjadi jika hipotesis nol benar.
Factor	Sumber variasi yang diujikan (perlakuan)
Error	Variasi yang tidak dapat dijelaskan oleh faktor perlakuan
Total	Jumlah keseluruhan variasi dalam data