

**KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY*
POLYETHYLENE (LDPE) DAN CANGKANG
KERANG KIJING SEBAGAI *FILLER***

TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Sebagian dari Syarat-syarat
Yang Diperlukan untuk Memperoleh
Ijazah Sarjana Teknik

Oleh :

FAJRI MUNANDA
NIM: 1803120024



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH - BANDA ACEH
2023

LEMBAR PENGESAHAN



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

LEMBAR PENGESAHAN FAKULTAS

Tugas Akhir dengan judul “Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkang Kerang Kijing Sebagai *Filler*”, disusun oleh:

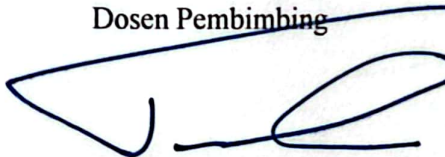
Nama Mahasiswa : Fajri Munanda
NIM : 1803120024
Program Studi : Teknik Sipil

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari syarat-syarat yang diperlukan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh, telah lulus pada tanggal 28 Agustus 2023.

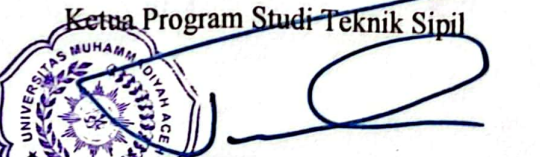
Banda Aceh, 28 Agustus 2023

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing


Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc,
IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

Ketua Program Studi Teknik Sipil


Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc,
IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

Menyetujui/Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh


Prof. Dr. Ir. Hafnidar A. Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE
NIDN. 0104037002

LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan
Penambahan Limbah Plastik *Low Density*
Polyethylene (LDPE) dan Cangkang
Kerang Kijing Sebagai *Filler*

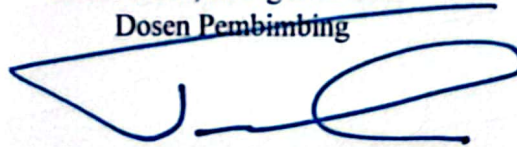
Disusun oleh

Nama Mahasiswa : Fajri Munanda
NIM : 1803120024
Program Studi : Teknik Sipil

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata-1 (S-1) di Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.

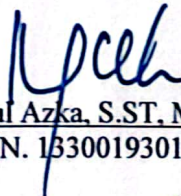
Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji untuk disahkan.

Banda Aceh, 28 Agustus 2023
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

Dosen Penguji I



Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP
NIDN. 1330019301

Dosen Penguji II



Ir. Wahyuni, MT, IPM
NIDN. 0106116802



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng
NIDN. 1327108201

PERYATAAN



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fajri Munanda

Nim : 1803120024

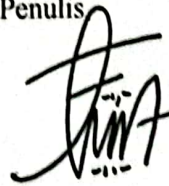
Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Di dalam tugas akhir saya tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari tugas akhir/skripsi, tesis, disertasi, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan.
2. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri.
3. Apabila ternyata terdapat dalam tugas akhir saya bagian-bagian yang memenuhi unsur penjiplakan, maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebagian atau seluruhnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Bathoh, 28 Agustus 2023

Penulis



Fajri Munanda
1803120024

KATA PENGANTAR



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT yang telah melimpahkan karunia-NYA sehingga penulis tugas akhir ini dapat diselesaikan pada waktunya.

Tugas akhir ini berjudul ” Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkang Kerang Kijing Sebagai *Filler*” ditulis dalam rangka melengkapi dan memenuhi salah satu syarat yang diperlukan untuk menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Sarjana Teknik sipil pada Universitas Muhammadiyah Aceh.

Dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis telah memperoleh bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak terutama pembimbing. Untuk itu penulis menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Bapak Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng sebagai pembimbing.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Prof. Dr. Ir. Hafnidar A.Rani, ST, MM, IPU, ASEAN Eng, ACPE.
2. Ketua Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng dan Ibu Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh Cut Nawalul Azka, S.ST, MT. IPP.
3. Tenaga Pengajar pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh.
4. Ibu Penguji Cut Nawalul Azka, S.ST, MT. IPP dan Ibu Ir. Wahyuni, MT, IPM yang telah memberikan banyak masukan untuk perbaikan tulisan ini.
5. Ketua Laboratorium Jalan Raya Universitas Muhammadiyah Aceh Bapak Rifki Hidayat, ST, MT, IPM yang sudah banyak memberi masukan dan arahan selama proses penelitian.

6. Ibu, Ayah, tercinta yang selalu berdoa dan memberikan dukungan untuk keberhasilan penulis.
7. Rekan-rekan di Laboratorium dan sahabat-sahabat seperjuangan yang telah memberikan dukungan, semangat, dan bantuan tenaga, dalam membantu proses penelitian hingga selesainya penulisan ini.

Akhir kata penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan dari semua pihak yang telah membantu baik secara materil maupun doa kepada penulis. Akhir kata penulis mohon maaf dan terimakasih yang sebesar-besarnya. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak yang membutuhkan, Aamiin.

Bathoh, 28 Agustus 2023

Penulis



Fajri Munanda
1803120024

**KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS DENGAN
PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK *LOW DENSITY*
POLYETHYLENE (LDPE) DAN CANGKANG
KERANG KIJING SEBAGAI *FILLER***

Oleh:

Fajri Munanda
1803120024

Pembimbing

Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng

ABSTRAK

Aspal porus merupakan campuran aspal yang memiliki rongga udara yang besar yang membuat aspal porus memiliki nilai stabilitas yang rendah. Untuk meningkatkan nilai stabilitas diperlukan bahan tambah lain yang memiliki potensi seperti limbah *Low density Polyethylene* (LDPE) dan limbah cangkang kerang kijing. LDPE memiliki kekuatan yang tinggi dan kaku sehingga dapat memperkuat ikatan antar agregat dan Abu Cangkang Kerang Kijing (CKK), dimana perilaku untuk mengikat dikarenakan kandungan silika sehingga dapat menambah kekuatan terhadap campuran aspal porus. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui seberapa besar pengaruh aspal terhadap nilai karakteristik Marshall pada penggunaan limbah LDPE pada campuran aspal porus dan karakteristik campuran aspal porus dengan pemanfaatan limbah CKK sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran aspal porus. Metode yang digunakan yaitu *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) Tahun 2004. Pada penelitian ini dibuat beberapa variasi kadar aspal untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yaitu 4,5%, 5,0%, 5,5%, dan 6,0%. AAPA menyebutkan penentuan KAO mensyaratkan 3 (tiga) parameter yaitu CL, VIM dan AFD. Setelah dilakukan penelitian didapatkan nilai KAO sebesar 5,60, selanjutnya membuat benda uji dari nilai KAO dengan variasi substitusi CKK 0%, 50% dan 100% dari berat total *filler* dan variasi LDPE sebesar 2%, 4% dan 6% terhadap berat total aspal. Berdasarkan nilai KAO tersebut, campuran aspal porus untuk setiap variasi CKK dan LDPE yang memenuhi spesifikasi AAPA adalah pada variasi 50% CKK : 50% AB dengan kadar LDPE 2%, dengan nilai AFD ($0,09\% < 0,3\%$), nilai CL ($26,18\% < 35\%$), nilai VIM ($19,74\% \geq 18-25\%$), dan nilai stabilitas ($1234,78 \text{ kg} \geq 500 \text{ kg}$). Dari analisis data menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) *two-factor with replication* nilai AFD, CL, Stabilitas, signifikan dan H_0 ditolak sedangkan nilai VIM tidak signifikan dan H_0 diterima. Dapat disimpulkan Limbah LDPE dan Limbah CKK dapat digunakan sebagai bahan substitusi pada campuran aspal porus.

Kata Kunci: *Analysis Of Variance* , Aspal Porus, Cangkang Kerang Kijing, *Low Density Polyethylene*

**CHARACTERISTICS OF PORUS ASPHALT MIXTURES
WITH LOW DENSITY POLYETHYLENE PLASTIC
WASTE ADDITION (LDPE) AND MUSSEL
SHELLS AS FILLER**

Written by:

Fajri Munanda
1803120024

Supervisor

Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM, ASEAN Eng

ABSTRACT

Porous asphalt is an asphalt mixture that has large air cavities causing porous asphalt having a low stability value. To increase the stability value, other additional materials that have potential are needed, such as Low Density Polyethylene (LDPE) waste and mussel shell waste. LDPE has high strength and stiffness resulting bond strengthen between aggregate and Mussel Shell Ash (CKK), where the binding character is due to silica content to give strength to the porous asphalt mixture. The aim of the research was to find out how much asphalt influence on Marshall characteristic value of the use of LDPE waste in porous asphalt mixtures and the characteristics of porous asphalt mixtures by using CKK waste as an alternative substitute for filler in porous asphalt mixtures. The method used was Australian Asphalt Pavement Association (AAPA) in 2004. In this research several variations of asphalt content were made to determine the Optimum Asphalt Content (KAO), namely 4.5%, 5.0%, 5.5% and 6.0 %. AAPA states that determining KAO requires 3 (three) parameters, namely CL, VIM and AFD. After conducting research, we obtained KAO value of 5.60, then made test objects from KAO value with CKK substitution variations of 0%, 50% and 100% of the total filler weight and LDPE variations of 2%, 4% and 6% of the total asphalt weight. Based on KAO value, the porous asphalt mixture for each CKK and LDPE variation that meets AAPA specifications is a variation of 50% CKK: 50% AB with 2% LDPE content, with an AFD value of ($0.09\% < 0.3\%$), CL ($26.18\% < 35\%$), VIM value ($19.74\% \geq 18-25\%$), and stability value ($1234.78 \text{ kg} \geq 500 \text{ kg}$). From data analysis using two-factor Analysis of Variance (ANOVA) with replication, AFD, CL, Stability values were significant and H_0 was rejected, while VIM value was not significant and H_0 was accepted. It can be concluded that LDPE waste and CKK waste can be used as substitute materials for porous asphalt mixtures.

Keywords: Analysis of Variance, Porous Asphalt, Mussel Shells, Low Density Polyethylene

Abstrak ini telah diterjemahkan oleh Prodi Teknik Sipil UNMUHA
pada Tanggal 18 September 2023



DAFTAR ISI



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGESAHAN FAKULTAS	i
PENGESAHAN PROGRAM STUDI.....	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
 BAB II TINJAUAN KEPUSTAKAAN.....	 4
2.1 Perkerasan Jalan.....	4
2.2 Aspal	4
2.3 Aspal Modifikasi	5
2.4 Aspal Porus	6
2.5 Agregrat	7
2.6 Gradasi Agregat	10
2.7 Plastik Low Density Poliyethylene (LDPE)	11
2.8 Bahan Pengisi (Filler)	12
2.9 Cangkang Kerang Kijing	13
2.10 Parameter <i>Marshall</i>	14
2.10.1 Berat Volume (<i>Density</i>)	14
2.10.2 Stabilitas	14
2.10.3 Kelelehan Plastis (<i>Flow</i>)	15
2.10.4 <i>Marshall Quotient</i> (MQ)	15

2.11	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	16
2.11.1	<i>Cantabro Loss</i> (CL)	16
2.11.2	<i>Asphalt Flow Down</i> (AFD)	17
2.11.3	<i>Void In Mix</i> (VIM)	17
2.11.4	<i>Permeabilitas</i>	18
2.12	<i>Analisis Of Variance</i> (ANOVA)	18
2.13	<i>Penelitian Terdahulu</i>	19
BAB II	METODOLOGI PENELITIAN	21
3.1	Pengumpulan Data	21
3.2	Bahan dan Alat Penelitian	21
3.3	Lokasi Penelitian dan Material yang digunakan	22
3.4	Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat	23
3.5	Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal	24
3.6	Bahan Pengisi (<i>Filler</i>).....	25
3.7	Persiapan Cangkang Kerang Kijing (CKK)	26
3.8	Persiapan Campuran Limbah <i>Low Density</i> <i>Polyethylene</i> (HDPE).....	26
3.9	Analisi Data	27
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Pemeriksaan Sifat Fisis Aspal	28
4.2	Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat	29
4.3	Pemeriksaan Gradasi	30
4.4	Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO).....	32
4.4.1	Pengujian <i>Marshall</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i>	32
4.4.2	Pengujian <i>Cantabro Loss</i> , <i>Void in mix</i> , <i>Asphal flow down</i>	33
4.5	Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Aspal Dengan Substitusi LDPE	36
4.6	Pengujian Asphalt flow down dengan Substitusi	

Filler dan Aspal	37
4.7 Pengujian Marshall dengan Substitusi Filler dan LDPE	38
4.7.1 Pengujian <i>Density</i> dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	39
4.7.2 Pengujian Stabilitas <i>Marshall</i> dengan Substitusi Filler dan LDPE	40
4.7.3 Pengujian <i>Void In Mix</i> (VIM) dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	42
4.7.4 Pengujian Kelelehan (<i>Flow</i>) dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	44
4.7.5 Pengujian <i>Marshall Qoutient</i> (MQ) dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	45
4.8 Pengujian <i>Cantabro Loss</i> (CL) dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	47
4.9 Pengujian <i>Permeabilitas</i> dengan Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	49
4.10 Campuran Terbaik	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR KEPUSTAKAAN	54

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Persyaratan Sifat-sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70	5
Tabel 2.2 Persyaratan Aspal Modifikasi	6
Tabel 2.3 Ketentuan Campuran Aspal Porus	7
Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar	8
Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus	9
Tabel 2.6 Karakteristik Bahan Agregat Kasar	9
Tabel 2.7 Karakteristik Bahan Agregat Halus	9
Tabel 2.8 Perbandingan Antar Gradasi	10
Tabel 2.9 Gradasi Agregat Campuran Aspal Porus	11
Tabel 2.10 Persyaratan <i>Filler</i>	12
Tabel 2.11 Spesifikasi Penentuan KAO	16
Tabel 2.12 Kontrol Hasil Yang didapatkan	19
Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu	19
Tabel 3.1 Jumlah Rencana Benda Uji	22
Tabel 3.2 Gradasi Bahan Pengisi	25
Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal	29
Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat	30
Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Rencana	31
Tabel 4.4 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i>	33
Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss, Void In Mix dan Asphalt Plow Down</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i>	33
Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal Dengan Substitusi Limbah LDPE	36
Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Asphalt Plow Down</i> Dengan Substitusi CKK dan LDPE	37
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Pengujian Density Dengan Substitusi CKK dan LDPE	39

Tabel 4.9	Rekapitulasi Hasil Pengujian Stabilitas Dengan Substitusi CKK dan LDPE	41
Tabel 4.10	Rekapitulasi Nilai VIM dengan Substitusi CKK dan LDPE	43
Tabel 4.11	Rekapitulasi Nilai <i>Flow</i> Dengan Substitusi CKK dan LDPE	44
Tabel 4.12	Rekapitulasi Nilai <i>Marshall Qountient</i> Dengan Substitusi CKK dan LDPE	46
Tabel 4.13	Rekapitulasi Nilai Cantabro Loss dengan Substitusi CKK dan LDPE	48
Tabel 4.14	Rekapitulasi Hasil Permeabilitas dengan Substitusi CKK dan LDPE	49
Tabel 4.15	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal Dengan Substitusi Limbah LDPE 2%	51
Tabel 4.16	Rekapitulasi Nilai Terbaik Setiap Pengujian	51

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 2.1	Perbandingan Aspal Porus Dengan Aspal Biasa	7
Gambar 2.2	Cangkang Kerang Kijing	13
Gambar 3.1	CKK sebelum dan Sesudah Dihaluskan	26
Gambar 3.2	Limbah Plastik <i>Low Density Polyethylene</i>	27
Gambar 4.1	Hasil Pemeriksaan Gradasi	31
Gambar 4.2	Penentuan KAO Pada Nilai <i>Cantabro Loss</i>	34
Gambar 4.3	Penentuan KAO Pada Nilai <i>Void In Mix</i>	34
Gambar 4.4	Penentuan KAO Pada Nilai <i>Asphalt Flow Down</i>	35
Gambar 4.5	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai AFD	38
Gambar 4.6	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Density</i>	40
Gambar 4.7	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai Stabilitas....	42
Gambar 4.8	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Void In Mix</i> (VIM)	43
Gambar 4.9	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Flow</i>	45
Gambar 4.10	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Marshal Qoutient</i> (MQ)	46
Gambar 4.11	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Cantabro Loss</i> (CL)	48
Gambar 4.12	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Nilai <i>Permeabilitas</i>	50

DAFTAR LAMPIRAN GAMBAR

LAMPIRAN A	Halaman
Tabel A.3.1	Bagan Alir Penelitian 56
Tabel A.3.2	Peta Provinsi Aceh 57
Tabel A.3.3	Peta Lokasi Penelitian 58
Tabel A.3.4	Peta Lokasi Pengambilan Cangkang Kerang Kijing 58
Tabel A.3.5	Peta Lokasi Pengambilan Agregat 59
Tabel A.4.1	Alat-alat Yang Digunakan 59
Tabel A.4.2	Alat-alat Yang Digunakan 60
Tabel A.4.3	Alat- alat Yang Digunakan 61
Tabel A.4.4	Bahan-bahan Yang Digunakan 62
Tabel A.4.5	Proses Penghalusan Cangkang Kerang Kijing 63
Tabel A.4.6	Proses penghalusan Limbah LDPE 64
Tabel A.4.7	Pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal 64
Tabel A.4.8	Pengujian Sifat-sifat Fisis Agregat 65
Tabel A.4.9	Proses Persiapan Agregat dan Aspal 65
Tabel A.4.10	Proses Pembuatan Benda Uji 66
Tabel A.4.11	Proses Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> 67
Tabel A.4.12	Proses Pengujian <i>Marshall Test</i> 68
Tabel A.4.13	Proses Pengujian <i>Marshall Test</i> 69
Tabel A.4.14	Proses Pengujian <i>Cantabro Loss</i> 70
Tabel A.4.15	Proses Pengujian <i>Cantabro Loss</i> 71
Tabel A.4.16	Proses Pengujian <i>Permeabilitas</i> 72
Tabel A.4.17	Proses Pengujian <i>Permeabilitas</i> 73
Tabel A.4.18	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Parameter <i>Marsahall</i> 74
Tabel A.4.19	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Parameter <i>Marsahall</i> 75
Tabel A.4.20	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada Parameter <i>Asphalt Flow Down</i> 75

Tabel A.4.21	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada	
	Parameter <i>Cantabro Loss</i>	75
Tabel A.4.22	Pengaruh Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE Pada	
	Parameter <i>Permeabilitas</i>	76

DAFTAR LAMPIRAN TABEL

LAMPIRAN B	Halaman
Tabel B.2.1 Klasifikasi Jenis Plastik	77
Tabel B.2.2 Angka Koreksi Benda Uji	78
Tabel B.4.1 Komposisi Benda Uji KAO	79
Tabel B.4.2 Komposisi Benda Uji Substitusi <i>Filler</i> 100% AB : 0% CKK dan Substitusi Aspal 2%, 4%, dan 6%	80
Tabel B.4.3 Komposisi Benda Uji Substitusi <i>Filler</i> 50% AB : 50% CKK dan Substitusi Aspal 2%, 4%, dan 6%	81
Tabel B.4.4 Komposisi Benda Uji Substitusi <i>Filler</i> 0% AB : 100% CKK dan Substitusi Aspal 2%, 4%, dan 6%	82

DAFTAR LAMPIRAN PERHITUNGAN

LAMPIRAN C	Halaman
Tabel C.4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Tanpa Substitusi LDPE ...	83
Tabel C.4.2 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Tanpa Substitusi LDPE	83
Tabel C.4.3 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Tanpa Substitusi LDPE	84
Tabel C.4.4 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Tanpa Substitusi LDPE	84
Tabel C.4.5 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis aspal	84
Tabel C.4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	85
Tabel C.4.7 Hasil Pengujian Kepipihan Agregat	85
Tabel C.4.8 Hasil Pengujian Kelonjongan Agregat	85
Tabel C.4.9 Hasil Pengujian <i>Impact</i> Agregat	86
Tabel C.4.10 Hasil Pengujian Keausan Agregat	86
Tabel C.4.11 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Agregat	86
Tabel C.4.12 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> Dan LDPE	87
Tabel C.4.13 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marsahal</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	88
Tabel C.4.14 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	88
Tabel C.4.15 Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	89
Tabel C.4.16 Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	90
Tabel C.4.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> , <i>Void In Mix Asphalt Flow Down</i> Tanpa Substitusi <i>Filler</i> dan LDPE	91
Tabel C.4.18 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Dengan Substitusi LDPE	91

Tabel C.4.19	Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Dengan Substitusi LDPE.....	92
Tabel C.4.20	Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Dengan Substitusi LDPE	93
Tabel C.4.21	Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Dengan Substitusi LDPE	93
Tabel C.4.22	Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dengan Substitusi LDPE	94
Tabel C.4.23	Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dengan Substitusi LDPE	95
Tabel C.4.24	Rekapitulasi Hasil Pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal Dengan Substitusi LDPE	95
Tabel C.4.25	Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> dengan Substitusi <i>Filler</i> 0% CKK : 100% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	96
Tabel C.4.26	Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> dengan Substitusi <i>Filler</i> 50% CKK : 50% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	97
Tabel C.4.27	Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i> dengan Substitusi <i>Filler</i> 100% CKK : 0% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	98
Tabel C.4.28	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 0% CKK : 100% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	99
Tabel C.4.29	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 50% CKK : 50% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	100
Tabel C.4.30	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 100% CKK : 0% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%	101
Tabel C.4.31	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Asphalt Flow Down</i>	

	Substitusi CKK dan LDPE	102
Tabel C.4.32	Rekapitulasi Hasil Stabilitas dengan Substitusi CKK dan HDPE	102
Tabel C.4.33	Rekapitulasi Hasil VIM dengan Substitusi CKK dan HDPE	102
Tabel C.4.34	Rekapitulasi Hasil <i>Flow</i> dengan Substitusi CKK Dan HDPE	103
Tabel C.4.35	Rekapitulasi Hasil <i>Marshall Qoutient</i> dengan Substitusi CKK dan HDPE	103
Tabel C.4.36	Rekapitulasi Hasil <i>Cantabro Loss</i> dengan Substitusi CKK dan HDPE	103
Tabel C.4.37	Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 0% CKK : 100% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	104
Tabel C.4.38	Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 50% CKK : 50% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	105
Tabel C.4.39	Hasil Pengujian <i>Cantabro Loss</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 100% CKK : 0% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	106
Tabel C.4.40	Hasil Pengujian <i>Permeabilitas</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 0% CKK : 100% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	107
Tabel C.4.41	Hasil Pengujian <i>Permeabilitas</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 50% CKK : 50% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	108
Tabel C.4.42	Hasil Pengujian <i>Permeabilitas</i> Dengan Substitusi <i>Filler</i> 100% CKK : 0% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%	109
Tabel C.4.43	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>permeabilitas</i> Substitusi CKK dan LDPE	110

Tabel C.4.44	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai Asphalt</i>	
	<i>Flow Down</i>	110
Tabel C.4.45	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai Density</i>	111
Tabel C.4.46	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai Stabilitas</i>	113
Tabel C.4.47	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai</i>	
	<i>Void In Mix</i>	114
Tabel C.4.48	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai Flow</i>	115
Tabel C.4.49	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai</i>	
	<i>Marshall Qoutient</i>	117
Tabel C.4.50	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai</i>	
	<i>Cantabro loss</i>	118
Tabel C.4.51	<i>Analysis of Variance Terhadap Nilai</i>	
	<i>Permeabilitas</i>	119

BAB I



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BAB I

PENDAHULUAN

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang bertujuan untuk meningkatkan proses perkembangan perekonomian masyarakat setempat. Di Indonesia memiliki iklim tropis hal ini yang menyebabkan Jalan di Indonesia sering terjadi kerusakan umumnya disebabkan oleh genangan air yang berasal dari curah hujan yang tinggi, Untuk mengatasi permasalahan tersebut bisa dengan menggunakan salah satu tipe perkerasan lapisan permukaan yaitu aspal porus. Aspal porus sangat terkait dengan perilaku dan sifat-sifat campuran beraspal yang menggunakan gradasi agregat dengan jumlah fraksi kasar terbanyak terhadap berat total campuran, sehingga struktur yang dihasilkan berongga. Rongga yang ada tersebut memberikan kemampuan mengalirkan air dengan baik untuk arah vertikal maupun horizontal sehingga akan menjaga lapisan permukaan tetap kering. Campuran beraspal porus ini umumnya mempunyai stabilitas yang rendah dan sangat tergantung dari mutu aspal sebagai bahan pengikat agregat, sehingga di perlukan aspal mutu tinggi yang merupakan aspal hasil modifikasi.

Aspal modifikasi yang dibuat dengan mencampur aspal keras dengan suatu bahan tambah, penambahan ini dimaksudkan untuk memperbaiki sifat-sifat fisis aspal. Salah satu alternatif penanggulangannya adalah dengan cara pemanfaatan bahan-bahan lain yang dapat dijadikan sebagai bahan tambah diantaranya adalah dengan penambahan limbah plastik (*Low Density Polyethylene/LDPE*) sebagai bahan substitusi aspal dan Cangkang Kerang Kijing (CKK) sebagai bahan substitusi *filler* pada campuran aspal porus.

Limbah LDPE adalah jenis plastik yang sering digunakan untuk kantong makanan beku, botol remas, dan bungkus plastik. LDPE juga memiliki kekuatan yang tinggi dan kaku sehingga dapat memperkuat ikatan antar agregat. Sedangkan bahan limbah Cangkang Kerang Kijing (CKK) adalah material limbah yang sulit terurai didalam tanah, Kerang kijing ini dimanfaatkan oleh masyarakat untuk dikonsumsi dagingnya, sedangkan cangkangnya dibuang dan belum

dimanfaatkan secara optimal sehingga menjadi tumpukan limbah.

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah yang diambil adalah melihat nilai karakteristik *marshall* pada penggunaan limbah LDPE dan pengaruh campuran aspal porus akibat substitusi dengan *filler* CKK pada campuran aspal porus yang masih memenuhi nilai parameter aspal porus dan bagaimana pengaruh campuran aspal porus akibat substitusi dengan *filler* CKK. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk melihat seberapa besar pengaruh aspal terhadap nilai karakteristik *Marshall* pada penggunaan limbah LDPE pada campuran aspal porus dan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal porus dengan pemanfaatan limbah CKK sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran aspal dan Manfaat yang akan didapatkan yaitu sebagai salah satu upaya untuk pengurangan limbah LDPE dengan pemanfaatan pada campuran aspal dan pemanfaatan limbah CKK sebagai alternatif pengganti *filler* pada campuran aspal.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), penelitian dilakukan di laboratorium Transportasi Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Aceh. Material yang digunakan adalah agregat kasar, agregat halus, aspal penetrasi 60/70, limbah kantong plastik (LDPE) dan CKK. Agregat diperoleh dari mesin pemecah batu (*stone crusher*) PT. Ayu Lestari Gampong Lampanah Kecamatan Indrapuri Kabupaten Aceh Besar. Gradasi yang digunakan adalah gradasi aspal porus (gradasi terbuka) dengan jumlah tumbukan 2 x 50 tumbukan (50 tumbukan pada tiap permukaan benda uji).

Sebelum dilakukan penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) terlebih dahulu dilakukan pengujian sifat-sifat fisis aspal terhadap substitusi aspal menggunakan LDPE dengan variasi 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal. Selanjutnya untuk penentuan KAO menggunakan variasi kadar aspal yaitu 4,50%, 5,00%, 5,50%, dan 6,00% berdasarkan panduan AAPA tahun 2004, dengan variasi 3 (tiga) benda uji setiap pengujian, dimana pengujiannya adalah *Asphalt Flow Down*, *Marshall*, *Void In Mix*, dan *Cantabro Loss*. Nilai KAO selanjutnya dibuat benda uji dengan variasi substitusi LDPE 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal serta penggunaan CKK 0%, 50%, dan 100% dari total *filler*, dimana

filler yang digunakan adalah Abu Batu (AB), setiap pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss*, *Asphalt Flow Down*, dan *Permeabilitas*.

Berdasarkan hasil pengujian kadar aspal optimum didapatkan nilai KAO sebesar 5,60%. Dari hasil kadar aspal tersebut kemudian dilakukan pengujian *Marshall*, *Cantabro Loss*, *Asphalt Flow Down*, dan *Permeabilitas* pada variasi pencampuran LDPE sebesar 0%, 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal dan substitusi *filler* perbandingan 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, dan 100% CKK : 0% AB.

Dari hasil pengujian didapatkan campuran terbaik pada campuran LDPE 2% dan perbandingan *filler* 50 CKK : 50 AB dengan nilai *Asphalt Flow Down* 0,09%, nilai *Density* 2,01 gr/cm³, nilai Stabilitas 1180,01 kg, *Void In Mix* 19,74%, nilai *Flow* 3,60%, nilai *Marshall Qountient* 344,30 kg/mm, nilai *Cantabro Loss* 26,18%, dan nilai *Permeabilitas* 0,18 cm/dtk.

Dengan kata lain penggunaan limbah LDPE sebanyak 2% terhadap Berat Aspal, dan Penggunaan Abu Cangkang Kerang Kijing sebanyak 50% terhadap Berat *Filler* pada campuran Aspal Porus.

BAB II



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

Pada bab ini diuraikan berbagai teori dan rumus-rumus yang dikutip dari berbagai literature. Teori tersebut berupa persyaratan-persyaratan mengenai sifat-sifat fisis bahan dan material perkerasan jalan serta berupa keterangan singkat yang disertai cara perhitungan.

2.1 Perkerasan Jalan

Crhistiady (2011) menjelaskan perkerasan jalan adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan agregat dan aspal atau semen (*Portland Cement*) sebagai bahan pengikatnya sehingga lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke tanah dasar secara aman.

2.2 Aspal

Sukirman (2016) mengemukakan aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah.

Aspal berdasarkan jenisnya dapat dibedakan atas aspal emulsi, aspal cair, dan aspal semen. Aspal semen (aspal keras) banyak tipe, ditentukan berdasarkan nilai penetrasinya seperti aspal penetrasi 40/50, aspal penetrasi 60/70, aspal penetrasi 85/100, aspal penetrasi 120/150 dan aspal penetrasi 200/300. Pada penelitian ini aspal yang digunakan adalah aspal yang tersedia di laboratorium yaitu aspal penetrasi 60/70. Pada perkerasan jalan aspal berfungsi sebagai :

1. Bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat dan antara aspal itu sendiri;
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Persyaratan sifat-sifat fisis Aspal Penetrasi 60/70 yang digunakan untuk campuran aspal dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Sifat-sifat Fisis Aspal Penetrasi 60/70

No.	Sifat-sifat Fisis Aspal	Syarat
1.	Berat jenis (25°C)	$\geq 1,0$
2.	Penetrasi (25°C; 5 detik; 0,1 mm; 100gr)	60-70
3.	Daktilitas (25°C; 5 cm/detik)	≥ 100
4.	Titik lembek; °C	≥ 48 °C
5.	Kelarutan dalam Trichlor Etylen; % berat	≥ 90
6.	Penurunan berat (dengan TFOT); % berat	$\leq 0,8$
7.	Penetrasi setelah penurunan berat; % asli	≥ 54
8.	Daktilitas setelah penurunan berat; % asli	≥ 100

Sumber: *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1990)

2.3 Aspal Modifikasi

Menurut Prastanto, dkk (2015) Aspal modifikasi adalah aspal yang dididcampurkan dengan bahan bahan tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan fungsi dari aspal itu sendiri ataupun bertujuan untuk meminimalisir penggunaan aspal dikarenakan bahan baku aspal yang semakin menipis, Aspal polimer (plastomer dan elastomer) adalah aspal keras yang dimodifikasi dengan polimer. Aspal polimer terdiri atas 2 jenis, yaitu aspal plastomer dan elastomer.

Aspal modifikasi tersebut memiliki spesifikasi yang berbeda dengan aspal pada umumnya dikarenakan nilai spesifikasi yang didapatkan pasti berkurang dari hasil spesipikasi aspal pada umumnya, maka diberikan toleransi pada spesifikasi-spesifikasi tertentu yang tidak mengurangi fungsi dan kekuatan aspal itu sendiri. Berikut adalah spesifikasi aspal modifikasi berdasarkan Bina Marga (2012).

Tabel 2.2 Persyaratan Aspal Modifikasi

No	Sifat-sifat Fisis Aspal	Metode	Syarat
1.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
2.	Penetrasi 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	≥ 50
3.	Daktilitas 25°C (cm)	SNI 06-2432-1991	≥ 100
4.	Titik lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 54

Sumber: Bina Marga 2010 revisi 2 (2012)

2.4 Aspal Porus

Aspal porus dikenal sebagai campuran *open-graded friction crouse* (OGFCs), selain itu terdapat nama lain yang digunakan untuk aspal porus, seperti *Drain Asphalt* di Perancis, *Whispering Asphalt* di Jerman, dan *Popcorn Mix* di Amerika Serikat. Menurut Setyawan dan Sanusi (2008), campuran aspal porus merupakan generasi baru dalam perkerasan lentur, yang membolehkan air meresap kedalam lapisan atas *wearing course* secara vertikal dan horizontal. Lapisan ini menggunakan gradasi terbuka *open graded* yang dihamparkan diatas lapisan aspal yang kedap air.

Penggunaan aspal porus memiliki keuntungan dan kerugian. Pada umumnya keuntungan menggunakan aspal porus adalah mengurangi kebisingan, mengurangi genangan air pada permukaan jalan ketika hujan, mengurangi efek silau, meningkatkan keselamatan berkendara di jalan sehingga meminimalisir intensitas kecelakaan yang tinggi. Sedangkan permasalahan yang sering ditemui pada campuran beraspal porus (*porous asphalt*) yaitu: kegagalan terhadap fungsi drainase (aliran air), pelepasan yang terjadi pada butir agregat (*aggregate scattering loss*) dan daya tahan terhadap deformasi plastis.

Berikut ini adalah gambaran perbandingan antara aspal porus dengan aspal non porus yang dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Perbandingan Aspal Porus dengan aspal biasa

Sumber : <https://images.app.goo.gl/QgX5y4QUtvZzhcV4A> (2017)

Aspal porus memiliki beberapa ketentuan pencampuran berdasarkan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) 2004, berikut adalah Tabel ketentuan campuran aspal porus :

Tabel 2.3 Ketentuan Campuran Aspal Porus

No.	Kriteria Perencanaan	Nilai
1.	Koefisien permeabilitas (cm/s)	0,1 - 0,5
2.	Kadar rongga dalam campuran (VIM %)	18 - 25
3.	Stabilitas Marshall (kg)	≥ 500
4.	(Flow) Kelelehan marshall (mm)	2 - 6
5.	Marshall Question (Kg/mm)	≤ 400
6.	Jumlah tumbukan perbidang	50

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 2004)

2.5 Agregat

Widhianto dkk (2013) mendefinisikan bahwa Agregat adalah kumpulan yang terdiri dari berbagai batuan (batu belah, batu pecah, kerikil, batu kali, pasir) ataupun mineral dari hasil buatan atau kejadian alam. Agregat dipakai dengan

suatu campuran bahan/media pengikat untuk menghasilkan suatu adukan material pembentuk beton.

Mutu dan sifat agregat merupakan salah satu paktor penentu kemampuan perkerasan jalan dalam memikul beban lalu lintas. Agregat yang berasal dari satu sumber pun dapat beragam kualitasnya, sehingga perlu diperiksa kualitasnya. Kualitas butir agregat yang diaplikasikan untuk material pada perkerasan jalan ditentukan oleh beberapa faktor berikut : gradasi, ketahanan agregat, ukuran, kebersihan, kekerasan, bentuk butiran agregat, bentuk permukaan agregat, permeabilitas agregat serta *density* dan daya ikat terhadap aspal.

Tabel 2.4 sampai dengan Tabel 2.7 adalah ketentuan dan karakteristik bahan campuran agregat dapat dalam campuran aspal berdasarkan spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 :

Tabel 2.4 Ketentuan agregat kasar

Pengujian			Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12%
		Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin los angeles	Campuran AC modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619:2012	90/95
Partikel pipih dan lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI C117:2012 ASTM	Maks. 2%

Sumber : Bina Marga (2018)

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan No.200	SNI AST C 117:2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga (2018)

Tabel 2.6 Karakteristik Bahan Agregat Kasar

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Syarat
Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	SNI 1969 – 2016	-	≥ 2.5
Berat Jenis SSD	SNI 1969 2016	-	≥ 2.5
Berat Jenis Semu	SNI 1969 2016	%	≥ 2.5
Penyerapan Air	SNI 1969 2016	%	≤ 3.0
Keausan Agregat	SNI 2417 – 2008	%	≥ 40
Analisa Saringan	SNI ASTM C136 : 2012	-	-

Sumber : Bina Marga (2018)

Tabel 2.7 Karakteristik Bahan Agregat Halus

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Syarat
Berat Jenis Curah (<i>Bulk</i>)	SNI 1970 : 2016	-	≥ 2.5
Berat Jenis SSD	SNI 1970 : 2016	-	≥ 2.5
Berat Jenis Semu	SNI 1970 : 2016	%	≥ 2.5
Penyerapan Air	SNI 1970 : 2016	%	≤ 3.0
Analisis Saringan	SNI ASTM C136 : 2012	-	-

Sumber : Bina Marga (2018)

2.6 Gradasi Agregat

Gradasi agregat merupakan distribusi dari variasi ukuran butir agregat (Supriyono, 2017). Gradasi agregat sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai *Void in Mix* (VIM) dan menentukan *workabilitas* (kelecekan) yang memudahkan pekerjaan serta stabilitas campuran. Agregat pada pekerjaan aspal beton, umumnya memiliki syarat-syarat terhadap sifatnya, antara lain: Gradasi butir agregat, tahan abrasi, kekekalan, permukaan yang bersih, pergesekan internal dan sifat permukaan atau tekstur agregat, sedangkan jika dilihat dari pengelompokan agregat akan lebih terlihat berdasarkan jenis agregat yaitu: agregat kasar, halus atau *filler*.

Menurut Sukirman (2016), gradasi dapat dibedakan menjadi tiga yaitu, gradasi senjang, gradasi terbuka, dan gradasi baik yang memiliki beberapa sifat yang berbeda antara satu dengan yang lainnya. Untuk perbandingan antar gradasi dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Perbandingan Antar Gradasi.

No.	Gradasi Seragam	Gradasi Baik	Gradasi Jelek
1.	Kontak antar butir	Kontak antar butir baik	Kontak antar butir jelek
2.	Kepadatan bervariasi tergantung dari segregasi yang terjadi	Seragam dan kepadatan tinggi	Seragam tetapi kepadatan jelek
3.	Stabilitas dalam keadaan terbatas (confident) tinggi	Stabilitas tinggi	Stabilitas sedang
4.	Stabilitas dalam keadaan rendah	Kuat menahan deformasi	Stabilitas sangat rendah pada keadaan basah
5.	Sukar untuk dipadatkan	Sukar sampai sedang usah untuk memadatkan	Mudah dipadatkan
6.	Mudah diresapi air	Tingkat permeabilitas cukup	Tingkat permeabilitas rendah
7.	Tidak dipengaruhi kadar air	Pengaruh variasi kadar air cukup	Kurang dipengaruhi oleh bervariasinya kadar air

Sumber : Sukirman (2016)

Berikut ini adalah Persyaratan gradasi agregat aspal porus berdasarkan sesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 2004).

Tabel 2.9 Gradasi agregat campuran aspal porus

No.	Ukuran Ayakan (mm)	% Berat yang Lolos	
		Ag. Maks. 10 mm	Ag. Maks. 14 mm
1.	19,0		100
2.	13,2	100	85 – 100
3.	9,5	85 – 100	45 – 70
4.	4,75	20 – 45	10 – 25
5.	2,36	10 – 20	7 – 15
6.	1,18	6 – 14	6 – 12
7.	0,600	5 – 10	5 – 10
8.	0,300	4 – 8	4 – 8
9.	0,150	3 – 7	3 – 7
10.	0,075	2 – 5	2 – 5
11.	Total	100	100
12.	Kadar Aspal	5,0 – 6,5	4,5 - 6,0

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 2004)

2.7 Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Low Density Polyethylene (LDPE) adalah termoplastik, yaitu jenis plastik yang bisa diolah lewat pemanasan dan pendinginan. Plastik ini terbuat dari minyak bumi yang telah diproduksi sejak tahun 1933. Karakteristiknya relatif tipis, lentur, jernih, dan ringan sehingga mudah dijadikan beragam material atau produk. Plastik jenis LDPE banyak di temui dalam bentuk kantong makanan beku, botol remas (kecap, saus) bungkus plastik. Untuk melihat klasifikasi jenis-jenis plastik menurut *The Society Of Plastic Industry* (SPI) tahun 1988, dapat dilihat pada Lampiran B Tabel 2.1

2.8 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi merupakan fraksi butir pengisi non plastis dengan ukuran butiran halus dengan proporsi 85% lewat saringan No. 200 yang digunakan untuk memperoleh suatu susunan yang rapat (gradasi rapat). Bahan pengisi (*filler*) ini berupa abu batu, kapur padam, *Portland sement* (PC), debu domite, abu terbang, debu tanur. Syarat yang harus dipenuhi sebagai bahan pengisi (*filler*) yaitu:

- Bahan pengisi tidak memiliki kandungan zat organik lainnya.
- Bebas gumpalan dan jika dilakukan pengayakan basah harus lolos saringan No.200 tidak dibawah 75% dan beratnya lebih baik lolos saringan No. 200 tidak dibawah 85%.
- Mempunyai sifat netral atau basah.
- Tersusun atas butiran rapat (bergradasi rapat).
- Merupakan partikel butir halus yang sudah tidak bisa dipecahkan lagi.

Jumlah bahan pengisi (*filler*) sangat berpengaruh terhadap sifat campuran. Jika bahan pengisi (*filler*) kurang, akan menghasilkan rongga udara yang lebih besar. Hal ini mengakibatkan campuran kurang kedap air dan udara, sehingga aspal akan sangat berpotensi terhadap oksidasi dan keawetan campuran mengurang. Dan sebaliknya, jika bahan pengisi (*filler*) terlalu banyak akan menghasilkan rongga udara kecil serta daya resap air (permeabilitas) menjadi rendah akibat luas permukaan bertambah sehingga membutuhkan jumlah aspal lebih. maka banyaknya bahan pengisi (*filler*) dalam campuran harus sesuai sehingga memberikan pengaruh yang optimal terhadap sifat campuran. Pada penelitian ini menggunakan Cangkang Kerang Kijing (CKK) dengan substitusi sebagai *filler*. Untuk melihat persyaratan *filler* berdasarkan Bina Marga (2018) dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Persyaratan *Filler*

Jenis Pemeriksaan	Metode Pengujian	Persyaratan
Lolos saringan No. 200 (0.075 mm)	SNI ASTM C136:2012	Min. 75%
Berat Jenis	SNI 03-2531-1991	3,0 – 3,2

Sumber : Bina Marga (2018)

2.9 Cangkang Kerang Kijing

Kerang kijing (*pilsbryoconcha exilis*) adalah kerang yang hidup disungai, mengendap didasar sungai yang berpasir dan bersuhu dingin (Ridho, 2016). Daging kerang kijing dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh masyarakat, sedangkan cangkang kerang kijing hanya merupakan limbah yang belum termanfaatkan.

Veranita,dkk (2018) menjelaskan Cangkang kijing merupakan makanan khusus yang disuguhkan oleh banyak warung mie dan rumah makan di wilayah tersebut, sedangkan cangkang kijing itu sendiri menjadi sampah yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Ketersediaan cangkang kijing ini yang berasal dari sampah rumah tangga menjadi inspirasi penulis untuk melakukan penelitian tentang penggunaan cangkang kijing yang dapat dijadikan agregat halus. cangkang kijing ini memiliki kandungan kapur yang bisa memperbaiki nilai daya dukung pada suatu campuran. Cangkang kijing mengandung kapur 67,072%, alumina 1,622% dan silika 8,252%.

Kandungan ini dapat meningkatkan nilai daya dukung pada suatu campuran Cangkang lokal juga menghasilkan kandungan CaO (Calsium Oksida) yang tinggi (55,1%), CaO mempunyai manfaat sebagai bahan perekat dalam campuran aspal (Esentia, 2014)



Gambar 2.2 Cangkang Kerang Kijing

Sumber : <https://bukabukumu.com/kerajinan-dari-kulit-kerang/> (2020)

2.10 Parameter *Marshall*

Sukirman (2003) menyatakan bahwa metode campuran yang paling banyak digunakan di Indonesia saat ini adalah metode rancangan campuran berdasarkan pengujian empiris yaitu dengan menggunakan alat marshall, uji marshall merupakan tahapan penting dalam penentuan karakteristik campuran beraspal.

2.11.2 Berat Volume (*Density*)

Berat volume merupakan perbandingan antara berat kering benda uji dengan berat air pada volumenya. (Bukhari, dkk, 2007) menyebutkan *density* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = c/f \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$$q = \text{density (kg/cm}^3\text{)}$$

$$c = \text{berat kering (gr)}$$

$$f = \text{volume benda uji (cm}^3\text{)(d-e)}$$

$$d = \text{berat dalam kering keadaan jenuh permukaan (gr)}$$

$$e = \text{berat dalam air (gr)}$$

2.11.3 Stabilitas

Sukirman (2016) berpendapat bahwa stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang alur atau *blending*. Menurut Bukhari, dkk (2007) hasil pembacaan dial alat Marshall, nilai stabilitas harus dikalikan dengan kalibrasi alat dan factor koreksi benda uji sehingga besar stabilitas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$S = p \times q \times r \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

$$S = \text{stabilitas (kg)}$$

$$p = \text{kalibrasi alat Marshall}$$

q = pembacaan dial stabilitas

r = koreksi benda uji

Australian Asphalt Pavement Association (AAPA, 2004) mensyaratkan campuran aspal porus memiliki stabilitas minimum 500 kg. Untuk Tabel koreksi benda uji dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B 2.2.

2.11.4 Kelelehan Plastis (*flow*)

Kelelehan plastis merupakan kondisi dimana suatu campuran mengalami perubahan bentuk yg berdampak dengan adanya beban sampai taraf keruntuhan dinyatakan dalam mm/0,01. Nilai *flow* dipengaruhi oleh persentase aspal, kekentalan (*viskositas*), butiran agregat, *temperature* dan jumlah pemadatan. Semakin besar nilai kelelehan plastis, maka campuran akan semakin elastis. Dan sebaliknya jika nilai kelelehan plastis kecil, maka campuran tersebut sangat cenderung pada keretakan.

Australian Asphalt Pavement Association (AAPA, 2004) memberikan ketentuan syarat pada campuran aspal porus harus memiliki nilai kelelehan plastis sebesar 2 – 6 mm.

2.11.5 *Marshall Quotient* (MQ)

Bukhari dkk, (2007) menyatakan bahwa MQ disebutkan juga hasil bagi *Marshall*, merupakan hasil bagi antara stabilitas *Marshall* dengan nilai *Flow*. Nilai stabilitas *Marshall* dan *Flow* yang tinggi menunjukkan campuran aspal beton yang kaku, sehingga bila menerima beban maka akan mudah retak. Nilai MQ dapat diperoleh dengan persamaan :

$$MQ = S/Flow \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

MQ = nilai *marshall quotient* (kg/mm)

S = nilai stabilitas marshall (kg)

Flow = pembacaan dial *flow* (mm)

Australian Asphalt Pavement Association (AAPA, 2004) mensyaratkan campuran aspal porus memiliki *Marshall Quotient* 400 kg/mm.

2.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah kadar aspal yang menghasilkan campuran terbaik. Pemakaian kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan perkerasan jalan mudah runtuh, sedangkan apabila kadar aspal terlalu banyak akan menghasilkan aspal meleleh keluar (*bleeding*). Pengertian optimum disini identik dengan kompromi, dimana tidak mungkin menentukan satu kadar aspal yang memberikan hasil terbaik untuk masing-masing persyaratan.

Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) pada penelitian ini dengan metode *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 2004) yang hanya mensyaratkan tiga parameter yaitu : nilai ketahanan terhadap pelepasan butir/abrasi (*cantabro loss*), nilai aliran aspal ke bawah (*asphalt flow down*). Serta penentuan kadar rongga di dalam campuran (*void in mix*). Nilai spesifikasi penentuan KAO metode AAPA tahun 2004 dapat dilihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Spesifikasi Penentuan KAO

No.	Spesifikasi	Tahun 2004
1.	<i>Cantabro loss</i> (CL) (%)	< 35
2.	<i>Asphalt flow down</i> (AFD) (%)	< 0,3
3.	Kadar rongga dalam campuran (VIM) (%)	18 - 25

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA), 2004

2.11.1 *Cantabro Loss* (CL)

Diana (2004) menjelaskan pengujian penelitian pada benda uji yang digunakan merupakan benda uji standar *Marshall*. Benda uji tersebut terlebih dahulu dipadatkan sebanyak 50 tumbukan pada masing-masing sisi, yakni sisi atas dan bawah. Benda uji tersebut kemudian diletakkan dalam drum mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak 300 kali tanpa memasukkan bola baja dan benda uji yang digunakan harus berumur 7 hari.

Ketahanan benda uji campuran aspal porus terhadap pelepasan butir dapat dihitung dengan persamaan:

$$CL = (P1-P2)/P2 \times 100\% \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$CL = \text{Abrasion Loss (\%)}$

$p1 = \text{berat awal benda uji (gr)}$

$p2 = \text{berat akhir benda uji (gr)}$

Australian Aspalth Pavement Association (AAPA, 2004) menyebutkan campuran aspal porus memiliki nilai abrasion loss < 35 %.

2.11.2 *Asphalt Flow Down* (AFD)

Pengujian *asphalt flow down* untuk mengetahui kadar aspal maksimum yang dapat tercampur homogen dengan agregat tanpa terjadinya pemisahan aspal (AAPA, 2004). Hal ini penting dilakukan agar selama pengangkutan dari AMP kelokasi penghamparan ± 1 jam tidak terjadi pemisahan aspal. Akibat kadar rongga yang ditargetkan tidak tercapai, sehingga kemampuan drainasenya tidak efektif. Besarnya *asphalt flow down* dapat dihitung dengan persamaan :

$$AFD = (m1-m2) / (m2-m1) \times 100\% \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$AFD = \text{Asphalt flow down (\%)}$

$m1 = \text{berat cetakan berupa nampan (gr)}$

$m2 = \text{berat cetakan beserta campuran beraspal (gr)}$

$m3 = \text{berat cetakan beserta campuran beraspal yang melekat pada alumunium foil (gr).}$

Australian Aspalth Pavement Association (AAPA, 2004) menyebutkan campuran aspal porus memiliki *abrasion loss* < 0.3 %.

2.11.3 *Void In Mix* (VIM)

Persentase rongga dalam campuran (*void in mix*), merupakan perbandingan antara volume rongga dengan volume benda uji yang dinyatakan dalam persen. (Bukhari,dkk, 2007).

Berikut ini adalah rumus perhitungan rongga dalam campuran :

$$n = 100 - 100 (g/h) \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

$$h = 100/(\% \text{ Agregat/Bj Agregat})+(\% \text{ Aspal/Bj Aspal})\dots\dots\dots(2.7)$$

n = persen rongga (%)

g = berat volume atau *density* (gr/cm³)

h = berat jenis teoritis

Australian Aspalth Pavement Association (AAPA, 2004) mensyaratkan nilai VIM berkisar 18 - 25 %.

2.11.4 *Permeabilitas*

Permeabilitas merupakan kemampuan suatu media untuk meresap suatu cairan secara bebas. Permeabilitas campuran aspal porus merupakan kemampuan campuran untuk meloloskan air yang ada pada permukaan ke bawah (Widhianto, dkk, 2010). Nilai permeabilitas aspal porus di pengaruhi oleh kadar rongga di dalam campuran

Widhianto, dkk (2010) mengutip dari *Internasional perspective* menyebutkan nilai permeabilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$K = 2.3 [d/t] \log [(5+d)/d] \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana:

K = nilai permeabilitas (cm/det);

D = tebal benda uji (cm);

T = waktu pengaliran air (detik)

2.12 *Analysis Of Variance (ANOVA)*

Analisis ragam atau *analysis of variance* (ANOVA) adalah suatu metode untuk menguraikan keragaman total data menjadi komponen-komponen yang mengukur berbagai sumber keragaman. suatu metode analisis statistika yang termasuk ke dalam cabang statistika inferensi. Penyebaran data hasil pemeriksaan data di ukur dengan menggunakan koefisien ragam sampel (*coefficient of varian*) menggunakan *Microsoft excel*. *Single factor* digunakan untuk mengetahui hasil pengujian laboratorium dengan tingkat kepercayaan 95% (α 0,05).

$$F = \frac{S_b^2}{S_w^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Sb = Variansi antar pengulangan

Sw = Variansi antar replikasi

Tabel 2.12 Kontrol Hasil Yang didapatkan

Jika	Maka
F Data > F crit	Signifikan dan Ho ditolak
P -Value < 0,05	Signifikan dan Ho ditolak
F Data < F Crit	Tidak signifikan dan Ho diterima
P -Value > 0,05	Tidak signifikan dan Ho diterima

Sumber : Tamalkhani Syammaun, dkk (2019)

2.13 Penelitian Terdahulu

Berikut ini adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan dengan pemanfaatan limbah LDPE pada substitusi pada campuran aspal porus:

Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu (1/2)

No.	Nama dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Tamalkhani Syammaun, Firmansyah Rachman, Rifki Hidayat (2019)	<i>Characteristic of Coconut-Shell Ash as Filler and LDPE Plastic Waste as Substitution Materials of Porus Asphalt Mixtures</i>	AAPA,2004	Semua spesimen dalam penelitian ini memenuhi persyaratan kriteria AFD dan CL berdasarkan spesifikasi AAPA (2004). Terbukti dengan bertambahnya persentase kandungan LDPE pada campuran nilai AFD akan semakin menurun.

Tabel 2.13 Penelitian Terdahulu (2/2)

2.	S Gusti, M.Tumpu, H Parung, I Marzuki (2021)	Karakteristik Marshall Aspal Berpori dengan Campuran Plastik LDPE	REAM 2018	Dari hasil pengujian marshall penggunaan limbah plastik LDPE sebagai bahan tambah memenuhi karakteristik marshall kecuali Marshall Qoetient (MQ) dan Voids Filled With Bitumen (VFB)
3.	T Syammaun, Meillyta, R Yati (2020)	Pengaruh abu tempurung kelapa sebagai filler dan botol plastik sebagai pengganti campuran aspal porus	AAPA, 2004	Penambahan PET ke dalam campuran menurunkan AFD, namun mengalami peningkatan pada variasi PET 6%. Nilai VIM tertinggi adalah pada penambahan PET 4%. Kedua, bertambahnya variasi penambahan PET menyebabkan nilai CL semakin besar, dengan kata lain ketahanan campuran terhadap pelepasan granul semakin kecil. Ketiga, untuk kandungan PET tertentu, permeabilitas campuran berpori meningkat dengan meningkatnya jumlah PET. Keempat, karena kandungan PET + 50% CA meningkat ke dalam campuran aspal berpori, Stabilitas Marshall juga meningkat.

BAB III



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BAB III

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menjabarkan secara sistematis berkenaan dengan rancangan penelitian, objek dan lokasi penelitian, metode pengumpulan data, serta pengolahan dan analisis data. Adapun bagan alir penelitian dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.3.1.

3.1 Pengumpulan Data

Pada penelitian ini data yang diperlukan untuk kegiatan meliputi data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh sebagai pendukung utama dalam suatu laporan. Data ini berupa pengujian Marshall, *cantabro loss*, *asphalt flow down*, *void in mix* dan penentuan KAO berdasarkan metode AAPA. Sedangkan data sekunder yang dibutuhkan adalah Peta Provinsi Aceh, lokasi penelitian, dan tempat pengambilan material yang dapat dilihat pada Lampiran A.3.2. sampai dengan A.3.5.

3.2 Bahan dan peralatan

Bahan dan peralatan yang di gunakan pada penelitian ini adalah:

1. Agregat digunakan untuk bahan campuran aspal porus dengan gradasi terbuka.
2. Limbah LDPE di gunakan sebagai bahan substitusi aspal penetrasi 60/70 sebesar 2%, 4%, dan 6% terhadap berat total aspal.
3. Cangkang Kerang Kijing (CKK) di gunakan untuk bahan substitusi *filler* sebesar 50% dan 100%.
4. Aspal penetrasi 60/70.
5. Peralatan penelitian yang digunakan adalah peralatan untuk pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal, sifat-sifat fisis agregat, pengujian *cantabro loss*, *asphalt flow down*, *void in mix* (VIM) dan permeabilitas.

3.3 Lokasi Penelitian dan Material yang digunakan

Penelitian ini dilakukan pada Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Aceh. Pengujian ini menggunakan material agregat kasar dan agregat halus yang berasal dari PT. Ayu Lestari. Kecamatan. Indrapuri, Kabupaten. Aceh Besar, dan *filler* menggunakan cangkang Kerang Kijing (CKK) yang diambil dari rumah makan yang berada di Meulaboh, Aceh Barat, serta aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70 yang disediakan di Laboratorium Jalan Raya Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Batoh-Aceh dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5,0%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Pengujian ini dilakukan dengan menambahkan variasi limbah cangkang Kerang Kijing (CKK) sebanyak 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, 100% CKK : 0% AB, sebagai substitusi *filler* pada aspal porus. Penambahan cangkang Kerang Kijing (CKK) dilakukan setelah mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) yang mengacu pada Spesifikasi Metode *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) Tahun 2004.

Tabel 3.1 Jumlah Rencana Benda Uji

LDPE (%)	<i>Filler</i>		AFD	Pengujian Marshall	<i>Cantabro Loss</i>	<i>Permeabilitas</i>
	CKK (%)	AB (%)				
0	0	100	3	3	3	3
	50	50	3	3	3	3
	100	0	3	3	3	3
2	0	100	3	3	3	3
	50	50	3	3	3	3
	100	0	3	3	3	3
4	0	100	3	3	3	3
	50	50	3	3	3	3
	100	0	3	3	3	3
6	0	100	3	3	3	3
	50	50	3	3	3	3
	100	0	3	3	3	3
Jumlah			36	36	36	36
Total			144			

3.4 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan (*Specific gravity and absorption check*).

Benda uji pada pengujian berat jenis agregat adalah yang tertahan di saringan No. 4 mm benda uji kemudian dicuci untuk menghilangkan debu dan bahan lain yang melekat pada permukaannya. Selanjutnya dikeringkan dalam oven dengan suhu 110 °C sampai berat tetap, kemudian didinginkan pada suhu ruang 1 sampai 3 jam kemudian ditimbang beratnya (Bk) dengan ketelitian 0,3 gr, benda uji tersebut dilap dengan kain meresap sampai selaput air pada permukaan menghilang (kondisi *saturated surface dry*) dan ditimbang Berat Jenisnya (Bj).

2. Pemeriksaan berat isi agregat (*Aggregate density check*).

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan berat agregat dengan volume wadah yang berpedoman pada ketentuan AASHTO T-1993. Peralatan yang digunakan yaitu wadah baja silinder dengan diameter 149,6 mm, tinggi 175 mm dengan tebal dasar pemadat 5,08 mm, tongkat pemadat berdiameter 15 mm dengan panjang 60 cm serta timbangan dengan ketelitian 0,1%. Agregat yang digunakan lolos saringan 13,5 mm dan tertahan saringan 1,35 mm dengan suhu 110°C sehingga mencapai berat tetap. Penusukan dilakukan sebanyak 3 (tiga) lapis, setiap lapisan ditusuk 25 kali dengan tongkat pemadat.

3. Pemeriksaan indeks kepipihan dan kelonjongan agregat (*Aggregate slack and elongation index check*).

Pemeriksaan ini bertujuan untuk menentukan persentase berat butiran yang pipih dan lonjong dibandingkan terhadap berat total. Pemeriksaan ini berpedoman pada AAHTO T-1993. Peralatan yang digunakan untuk mengukur indeks kepipihan adalah alat *flakiness gauge*, sedangkan untuk indeks kelonjongan adalah alat *elongation gauge*.

4. Pemeriksaan tumbukan (*Impact check*).

Bertujuan untuk mengetahui kekuatan agregat dalam menahan tumbukan dengan menggunakan alat *impact* berpedoman pada AASHTO T-1993. Agregat yang digunakan lolos saringan 1/2" (12,7 mm) tertahan saringan 3/8" (9,25 mm) dengan suhu yang dikeringkan 110 °C. pada pemeriksaan ini ditumbuk sebanyak 25 kali setiap lapisnya. Pada lapisan terakhir, permukaan dipadatkan lalu ditimbang kemudian penumbukkan dilakukan sebanyak 15 kali dengan tinggi jatuh 15,5" (41 mm).

3.5 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70. Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pemeriksaan berat jenis aspal (*Asphalt specific gravity check*).

Berat jenis aspal adalah perbandingan antara berat jenis aspal dengan air suling yang sama pada suhu tertentu.

2. Pemeriksaan penetrasi (*Penetration check*).

Pemeriksaan penetrasi bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal pada suhu 25°C. Penggunaan aspal untuk campuran perkerasan pada daerah panas mempunyai penetrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan daerah dingin.

3. Pemeriksaan titik lembek (*Softening point check*).

Pemeriksaan titik lembek aspal adalah temperature pada saat aspal mulai menjadi lunak dan dapat menyelimuti agregat pada proses pencampuran. Aspal dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperature dan lebih baik untuk bahan pengikat aspal.

4. Pemeriksaan daktilitas (*Ductility check*).

Pemeriksaan daktilitas bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri umumnya dilakukan pada suhu ruang.

3.6 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Cangkang Kerang Kijing (CKK) dengan Abu Batu (AB) yang lolos saringan No. 200 (0,074 mm), dengan persentase 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, 0% CKK : 100% AB. Gradasi Bahan Pengisi (*Filler*) dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Gradasi Bahan Pengisi (*Filler*)

Ukuran Ayakan (inch)	Ukuran Ayakan (mm)	% Lolos Saringan
No.30	0,6	100
No.50	0,3	95-100
No.200	0,075	75-100

Sumber : *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)*, 2004

3.7 Persiapan Cangkang Kerang Kijing (CKK)

Cangkang kerang kijing didapat dari rumah makan yang berada di kota Meulaboh, kabupaten Aceh Barat, Provinsi Aceh. Tahap pengolahan cangkang kerang kijing yang sudah diambil dari lokasi pertama dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran yang menempel, selanjutnya cangkang kerang kijing dijemur pada terik matahari sampai kering pada suhu udara terbuka, selanjutnya cangkang kerang kijing yang sudah kering lalu dihaluskan menggunakan mesin Cantabro Loss (CL) sdan diputar kurang lebih 2500 kali putaran, kemudian setelah dihancurkan dengan mesin cantabro loss lalu cangkang kerang kijing diayak menggunakan saringan No.200 (0,075 mm), setelah di ayak kemudian cangkang kerang kijing yang sudah lolos saringan No.200 lalu dimasukkan kedalam oven pada suhu 300°C selama 3 jam, kemudian abu cangkang kerang kijing siap untuk di gunakan untuk campuran aspal porus.

Berikut adalah gambar perbandingan cangkang kerang kijing sebelum dan sesudah dihaluskan menggunakan mesin cantabro loss.



3.8 Persiapan Campuran Limbah *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Pada campuran antara aspal dengan agregat menggunakan penambahan limbah LDPE yaitu dengan varian 2%, 4%, dan 6%. Pemilihan LDPE yang di dapat dari limbah (barang bekas) rumah tangga atau sejenisnya dilakukan secara acak berdasarkan kondisi barang dan kebersihannya. Agar memudahkan dalam proses pencampuran dengan aspal, maka limbah plastik LDPE terlebih dahulu harus dipotong dengan menggunakan gunting atau alat lainnya sampai limbah plastik LDPE tersebut mudah untuk di campurkan dengan aspal, pada penelitian ini ukuran potongan limbah plastik LDPE saat diayak lolos saringan No 4 (5 mm) dan tertahan di saringan No 16 (1,18 mm), selanjutnya limbah LDPE yang sudah diayak lalu di timbang dengan berat persentase yang sudah di tentukan kemudian baru dicampurkan kedalam aspal yang dimana aspal tersebut telah dipanaskan menggunakan open dengan suhu 150°C kemudian baru dicampur limbah LDPE dengan aspal sampai seluruh limbah LDPE tersebut larut atau tercampur merata dengan aspal. Berikut ini adalah contoh limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang didapatkan dari limbah rumah tangga yang telah dilakukan proses pemotongan hingga lolos saringan No 4 dan tertahan di saringan No 16.



3.9 Analisi Data

Data dianalisis berdasarkan hasil penelitian, analisis data dilakukan setelah pengolahan data selesai. Setelah melakukan pengujian terhadap aspal, agregat, Abu Cangkang Kerang Kijing (CKK) *Low Density Polyethylene* (LDPE) maka didapat hasil penelitian. Penjabaran data hasil pemeriksaan data yang diukur dengan menggunakan koefisien ragam sampel (*coeficient of varian*) untuk melihat pengaruh penggunaan CKK dan LDPE terhadap campuran aspal porus dilakukan dengan *analysis of varian* (ANOVA) menggunakan *Microsoft excel. Two way factor* digunakan untuk mengetahui hasil pengujian laboratorium dengan tingkat kepercayaan 95% (α 0,05). Pengujian dilakukan dengan 3 (tiga) dugaan (hipotesis) yaitu:

1. Penambahan Cangkang Kerang Kijing (CKK) tidak berpengaruh pada campuran aspal porus;
2. Penambahan *Low Density Polyethylene* (LDPE) tidak berpengaruh pada campuran aspal porus;
3. Penambahan Cangkang Kerang Kijing (CKK) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) tidak berpengaruh pada campuran aspal porus.

BAB IV



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini diuraikan hasil penelitian pengujian, pengolahan data dan dengan pembahasan yang didasarkan pada hasil penelitian dilaboratorium sesuai dengan metodologi penelitian dengan teori-teori dan rumus yang dikemukakan dalam tinjauan pustaka.

Hasil penelitian yang disajikan adalah hasil analisis karakteristik abu Cangkang Kerang Kijing (CKK) sebagai *filler* dan substitusi Limbah *Low Density Poliyethylene* (LDPE) pada campuran aspal porus yang meliputi hasil pengujian *Marshall*, pengujian *Cantabro Loss* (CL), pengujian *Void In Mix* (VIM) dan pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD) dengan substitusi *filler* dan substitusi LDPE serta tanpa substitusi dengan kadar aspal 5,60% yang diperoleh dari nilai KAO, namun disamping itu disajikan pula data hasil pemeriksaan sifat – sifat fisis aspal dan sifat - sifat fisis agregat.

4.1 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Aspal

Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal dilakukan pada jenis aspal Pen 60/70 yang disediakan di Laboratorium yang digunakan sebagai bahan pengikat pada penelitian ini. Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal meliputi pemeriksaan berat jenis, penetrasi, daktilitas dan titik lembek. Pengujian sifat-sifat fisis aspal ini mengikuti spesifikasi berdasarkan *American Association of State Highway and Transportaion Officials* (AASHTO, 1990).

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, hasil pengujian menunjukkan bahwa aspal yang ada di laboratorium masih memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi *American Association of State Highway and Transportaion Officials* (AASHTO, 1990) dan bisa digunakan untuk penelitian yang lebih lanjut. Untuk melihat hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal yang sudah dilakukan dapat dilihat pada lampiran C Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.4.

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal pen 60/70 yang telah dilakukan pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Hasil	
		Aspal Pen. 60/70	Syarat Aspal Pen. 60/70
1	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,03	≥ 1,0
2	Penetrasi (mm)	64,50	60 -70
3	Daktilitas (cm)	119,00	≥ 100
4	Titik Lembek (°C)	50,00	≥48

4.2 Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang berasal dari PT Ayu Lestasi yang beralamat di Kecamatan Indrapuri, Kabupaten Aceh Besar. Kemudian dilakukan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dilaboratorium. pengujian yang dilakukan berupa pengujian berat jenis, penyerapan, kepipihan, kelonjongan, impact, dan keausan, dengan mengikuti spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2018.

Setelah dilakukannya pengujian sifat-sifat fisis agregat di laboratorium maka mendapatkan hasil yang menunjukkan bahwasanya agregat yang di ambil dari PT. Ayu Lestari tersebut dapat digunakan untuk bahan campuran aspal karena memenuhi persyaratan spesifikasi-spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Bina Marga tahun 2018. Untuk melihat data hasil pengujian sifat-sifat fisis agregat yang telah dilakukan dapat dilihat pada lampiran C Tabel C.4.6 Sampai dengan Tabel C.4.10.

Berikut adalah rekapitulasi hasil pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat yang didapatkan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan dilaboratorium, dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-Sifat Fisis Agregat

No.	Pengujian	Standar	Hasil	Persyaratan
1.	Berat Jenis	SNI03-1969-2016	2,738	Min. 2,5 gr/cm ³
2.	Penyerapan	SNI03-1969-2016	1,739	Maks. 3 %
3.	Kepipihan	ASTM D-4791 Perbandingan 1:5	9,83	Maks. 10%
4.	Kelonjongan	ASTM D-4791 Perbandingan 1:5	9,63	Maks. 10%
5.	<i>Impact</i>	SNI 2417-2008	6,48	Maks. 30%
6.	Keausan	SNI 2417-2008	16,44	Maks. 40%

4.3 Pemeriksaan Gradasi

Pemeriksaan gradasi agregat dilakukan dengan menggunakan analisa saringan. Karna Agregat yang diambil dari lapangan tidak bisa digunakan langsung dalam campuran karena tidak memenuhi spesifikasi gradasi yang disyaratkan. Oleh karena itu, harus dilakukan penyesuaian gradasi terlebih dahulu yang bertujuan agar agregat tersebut memenuhi syarat spesifikasi yang telah ditetapkan.

Gradasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah gradasi terbuka (open graded) dengan agregat maksimal 14 mm berdasarkan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004 untuk campuran aspal porus. Gradasi rencana tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung komposisi campuran agregat dari masing-masing ukuran saringan termasuk komposisi *filler* dan proporsi kadar aspal pada penelitian yang dilakukan.

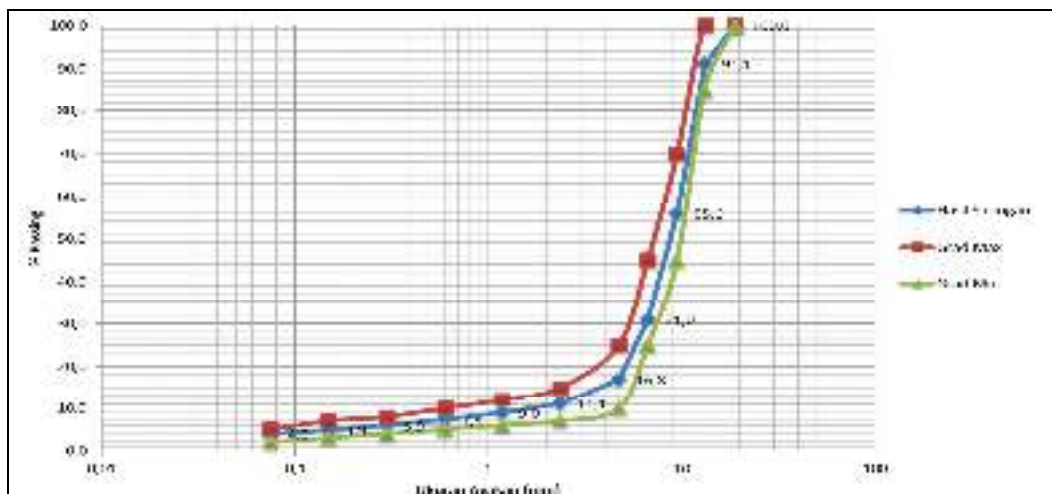
Hasil gradasi rencana yang didapatkan setelah melakukan pengujian di laboratorium maka didapatkan hasil yang memenuhi spesifikasi yang sudah ditentukan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004, maka selanjutnya komposisi gradasi agregat dapat digunakan untuk penelitian yang lebih lanjut.

Hasil gradasi rencana yang sudah dilakukan pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Gradasi Rencana

Ukuran saringan		% Berat yang lolos		% Berat yang tertahan	
(inci)	(mm)	Spesifikasi	Gradasi rencana	Tertahan	Kumulatif
3/4"	19	100	100,0	0,0	0,0
1/2"	12,5	85 – 100	91,1	8,9	8,9
3/8"	9,5	45 – 70	55,6	35,5	44,4
No.1/4	6,7	25 – 45	31,0	24,7	69,1
No.4	4,75	10 – 25	16,8	14,1	83,2
No.8	2,36	7 – 15	11,1	5,8	89,0
No.16	1,18	6 – 12	9,0	2,1	91,1
No.30	0,6	5 – 10	7,4	1,6	92,7
No.50	0,3	4 – 8	5,9	1,5	94,2
No.100	0,15	3 – 7	4,9	1,0	95,2
No.200	0,075	2 – 5	4,0	0,9	96,0
PAN				4,0	100

Berikut ini adalah gambar hasil pemeriksaan gradasi yang didapatkan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan.



Gambar 4.1 : Hasil pemeriksaan gradasi

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengujian dilaboratorium menunjukkan bahwa angregat memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan berdasarkan ketentuan AAPA tahun 2004, selanjutnya gradasi rencana tersebut dapat digunakan untuk menghitung komposisi campuran agregat dari masing-masing ukuran saringan termasuk komposisi *filler* dan proporsi kadar aspal.

4.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah hasil gradasi rencana didapatkan selanjutnya dapat dihitung komposisi campuran agregat dari masing-masing ukuran saringan dengan variasi kadar aspal 4,50%, 5,00%, 5,50% dan 6,00%. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) bertujuan untuk melihat kadar aspal yang terbaik untuk digunakan sebagai bahan pengikat dalam campuran aspal porus, dalam penentuan KAO dilakukan beberapa pengujian yang berupa : Pengujian *Marshall*, pengujian *Cantabro Loss* (CL), *Void in mix* (VIM) dan *Asphalt flow down* (AFD) yang dimana hasil yang didapatkan dari pengujian tersebut menunjukkan kadar aspal optimum yang terbaik, Untuk melihat komposisi campuran untuk penentuan nilai KAO dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.2.3.

4.4.1 Pengujian *Marshall* Tanpa Substitusi *Filler*

Hasil pengujian *Marshall* tanpa substitusi *filler* menghasilkan parameter-parameter *Marshall* meliputi *Density*, Stabilitas, *Flow*, VIM dan *Marshall Quotient*, dengan mengacu pada ketentuan spesifikasi-spesifikasi berdasarkan AAPA tahun 2004. Analisis pengujian *Marshall* yang dilakukan dengan variasi kadar aspal sebesar 4,50%, 5,00%, 5,50% dan 6,00% menggunakan gradasi terbuka, Untuk lebih jelasnya hasil pengujian keseluruhan parameter-parameter *marshall* untuk kadar aspal tanpa substitusi *filler* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.11.

Untuk melihat rekapitulasi nilai-nilai hasil pengujian *Marshall* tanpa substitusi *filler* dan LDPE yang sudah dilakukan dilaboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* Tanpa Substitusi *Filler*

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)				Spesifikasi AAPA (2004)
		4,50 %	5,00 %	5,50 %	6,00 %	
1	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,05	2,05	2,09	2,04	≥ 2
2	VIM (%)	22,65	21,81	19,84	16,76	18 - 25
3	Stabilitas (kg)	466,65	536,13	609,31	588,16	≥ 500
4	<i>Flow</i> (mm) (%)	3,23	3,30	4,13	4,37	2 – 6
5	MQ (kg/mm)	146,06	165,84	145,21	147,07	≤ 400

4.4.2 Pengujian *Cantabro Loss*, *Void in mix* dan *Asphalt flow down*

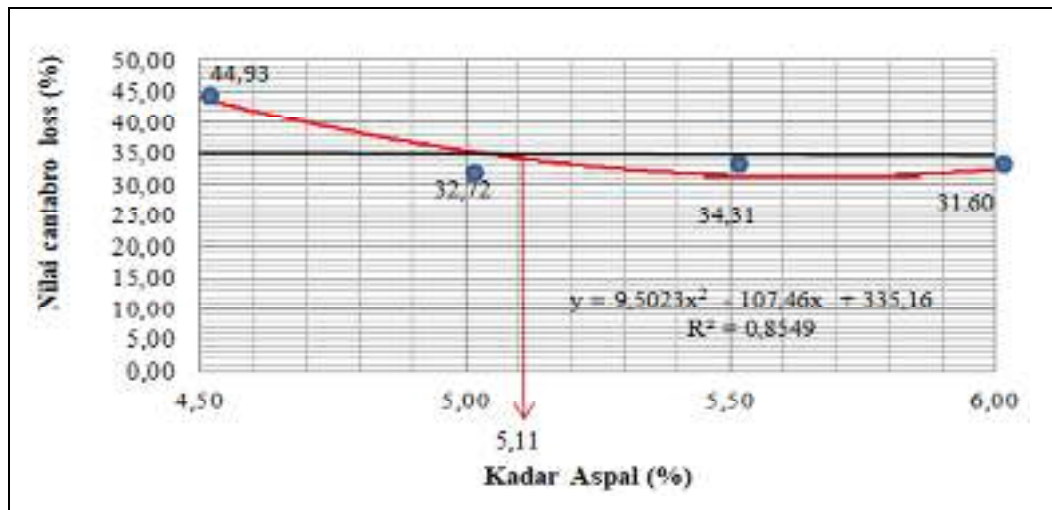
Hasil pengujian *Cantabro Loss*, *Void In Mix* dan *Asphalt Flow Down* tanpa menggunakan substitusi *filler* untuk mendapatkan nilai KAO mendapatkan nilai *Cantabro Loss* yang terendah sebesar 31,60% pada kadar aspal 6,00% sedangkan nilai tertinggi sebesar 44,93% pada kadar aspal 4,50%. Untuk nilai *Void in mix* terendah didapatkan sebesar 16,76% pada kadar aspal 6,00% dan nilai yang tertinggi 22,65% pada kadar aspal 4,50%. Sedangkan untuk nilai *Asphalt flow down* didapatkan nilai terendah sebesar 0,09% pada kadar aspal 4,50% dan yang tertinggi 0,15% pada kadar aspal 6,0%. Untuk hasil pengujian *Cantabro Loss*, *Void in mix*, dan *Asphalt Flow Down* tanpa substitusi *filler* dapat dilihat di Lampiran C Tabel C.4.12, Tabel C 4.14 dan Tabel C 4.15.

Rekapitulasi hasil pengujian *Cantabro Loss*, *Void In Mix*, dan *Asphalt Flow Down* dengan variasi kadar aspal 4,50 %, 5,00% 5,50% dan 6,00% dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Cantabro Loss*, *Void in mix* , dan *Asphalt Flow Down* Tanpa Substitusi *Filler*

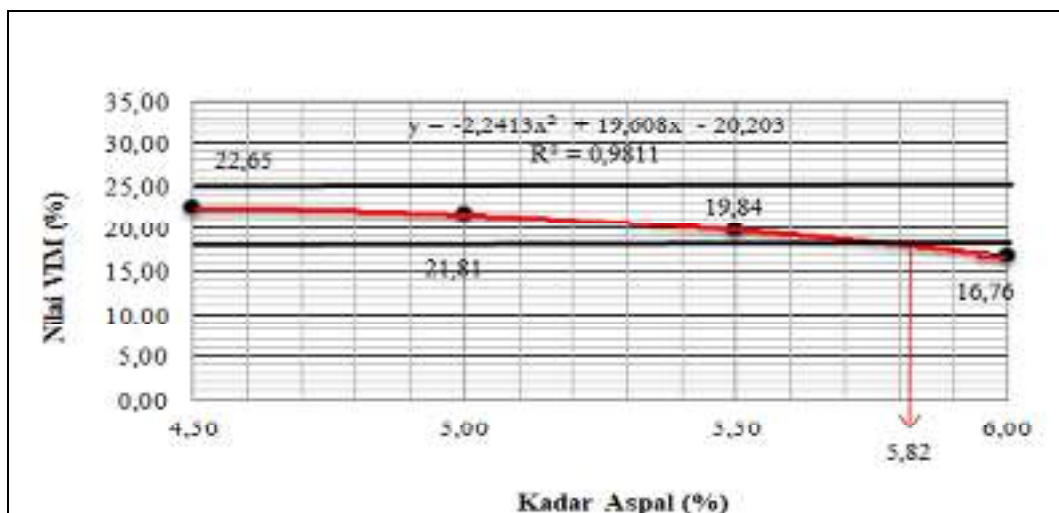
No	Karakteristik	Kadar Aspal (%)				Persyaratan (%)
		4,50	5,00	5,50	6,00	
1	<i>Cantabro Loss</i> (%)	44,93	32,72	34,31	31,60	≤ 35
2	<i>Void In Mix</i> (%)	22,65	21,81	19,84	18,87	18 – 2
3	<i>Asphalt Flow Down</i> (%)	0,09	0,11	0,13	0,15	≤ 0,3

Hasil Pengujian *Cantabro Loss* (CL), *Void In Mix* (VIM), dan *Asphalt Flow Down* (AFD) selanjutnya digambarkan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dengan berdasarkan nilai yang telah disyaratkan. Untuk lebih jelas hasil penentuan KAO dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 : Penentuan KAO pada nilai *Cantabro Loss* (CL)

Untuk mendapatkan nilai KAO maka nilai pengujian *Cantabro Loss* yang didapatkan dari hasil pengujian dimasukkan kedalam grafik diatas dan yang diamati pada persenan 35% untuk menghasilkan kadar aspal minimum. Kadar aspal maksimum yang didapatkan pada pengujian di laboratorium jalan raya terdapat pada kadar aspal 5,11%.



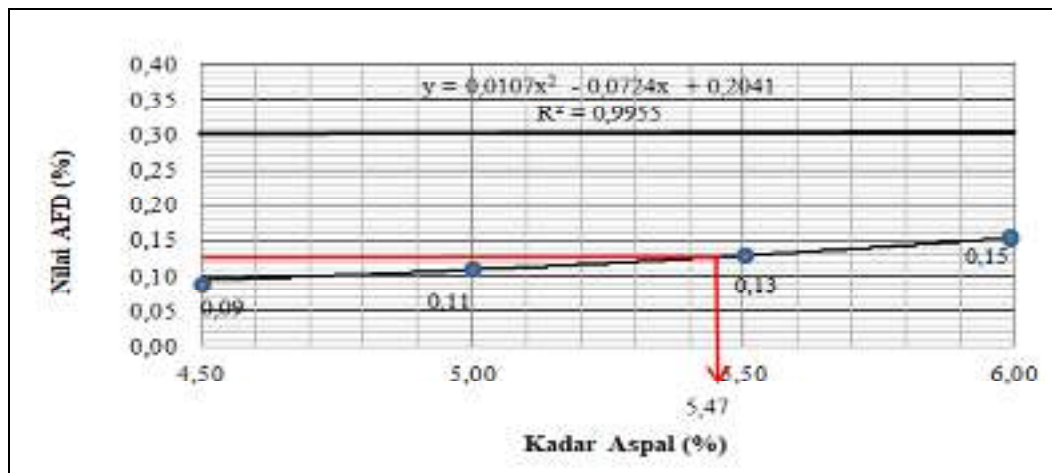
Gambar 4.3 : Penentuan KAO pada nilai *Void in mix* (VIM)

Untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) maka nilai pengujian *Void In Mix* yang didapatkan dari hasil pengujian dimasukkan kedalam grafik diatas dan dan diamati pada nilai 18% untuk menghasilkan kadar aspal minimum, kadar aspal minimum yang dihasilkan terdapat pada kadar aspal 5,82%. Setelah didapatkan nilai kadar aspal maksimum dan minimum kemudian hasil kadar aspal sementara yang diperoleh dari rata-rata kadar aspal Maksimal dan kadar aspal Minimal.

Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari kadar aspal optimum sementara yang selanjutnya hasil tersebut di jumlahkan dengan nilai grafik pengujian *Asphalt Flow Down*.

$$\text{Kadar Aspal Sementara} = \frac{\text{Kadar Aspal Maks} + \text{Kadar Aspal Min}}{2}$$

$$\text{Kadar Aspal Sementara} = \frac{5,11 + 5,82}{2} = 5,47$$



Gambar 4.4 : Penentuan KAO pada nilai *Asphalt Flow Down* (AFD)

Setelah nilai kadar aspal sementara didapatkan kemudian hasilnya dijumlahkan dengan kadar aspal sementara untuk menghasilkan kadar aspal optimum (KAO). Nilai dari grafik diatas adalah 0,13 %.

Penentuan kadar aspal optimum :

$$\text{KAO} = 5,47 + 0,13 = 5,60 \%$$

Nilai KAO digunakan untuk pembuatan benda uji dengan substitusi LDPE pada aspal dan CKK pada *filler*.

4.5 Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal dengan Substitusi LDPE

Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal dengan menggunakan substitusi Limbah *Low Density Polyethylene* (LDPE) yang dilakukan dilaboratorium, aspal yang dilakukan pengujian adalah jenis aspal pen 60/70 yang disediakan di Laboratorium yang digunakan sebagai bahan pengikat pada penelitian, sedangkan limbah LDPE diambil dari limbah rumah tangga yang sudah dilakukan proses penghalusan (dipotong/dicincang) sehingga lolos saringan No. 4. Substitusi limbah LDPE yang dilakukan adalah dengan variasi 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal, Pemeriksaan sifat-sifat fisis aspal meliputi pemeriksaan berat jenis, penetrasi, daktilitas dan titik lembek.

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan maka hasil pengujian menunjukkan bahwa substitusi aspal menggunakan limbah LDPE masih memenuhi persyaratan berdasarkan spesifikasi *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) tahun 1990, untuk melihat hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal dapat dilihat pada lampiran B Tabel 4.17 sampai dengan Tabel 4.20.

Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian sifat-sifat fisis aspal dengan substitusi limbah LDPE yang telah dilakukan pengujian di laboratorium dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi Hasil pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal dengan Substitusi Limbah LDPE

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Hasil			
		Substitusi Aspal			Syarat Aspal Modifikasi
		2%	4%	6%	
1	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,03	1,03	1,02	≥ 1,0
2	Penetrasi (mm)	65,00	61,00	58,00	≥ 50
3	Daktilitas (cm)	100,50	93,50	90,00	≥ 100
4	Titik Lembek (°C)	56,50	54,00	53,00	≥ 54

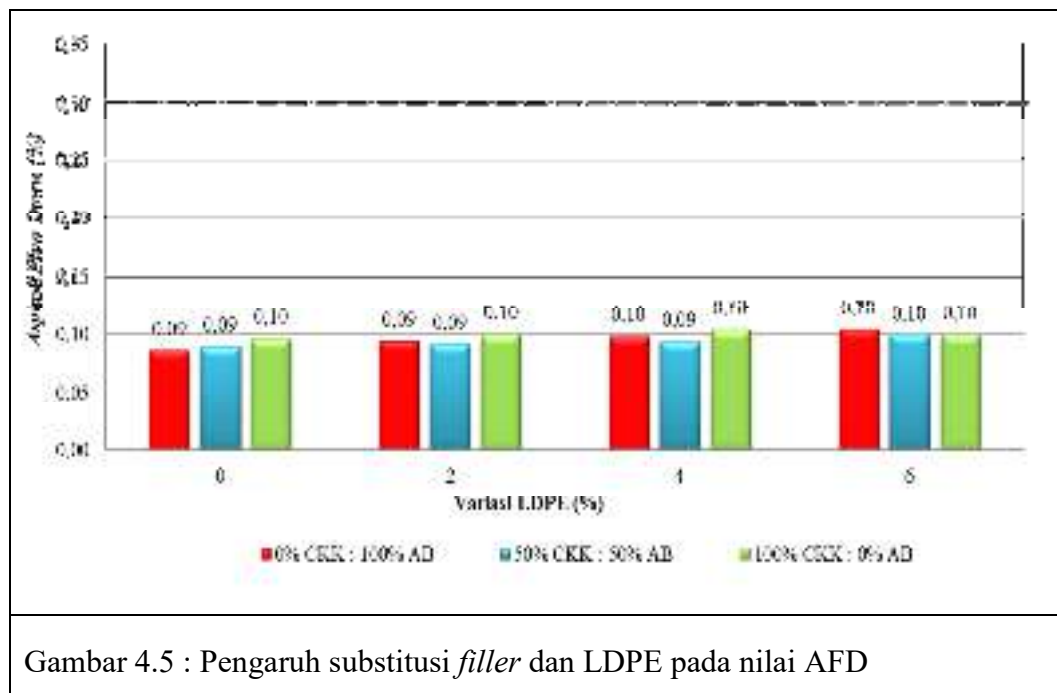
4.6 Pengujian *Asphalt Flow Down* dengan Substitusi *Filler* dan Aspal

Pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD) diperlukan untuk mengetahui persentase pencampuran yang homogen dengan agregat tanpa adanya pemisahan aspal. Yang berpedoman pada persyaratan spesifikasi *Australian Aspalth Pavement Association* (AAPA) Tahun 2004 yang dimana nilai spesifikasi tersebut adalah $< 0,30\%$. pengujian *Asphalt Flow Down* yang dilakukan dengan kadar aspal optimum 5,6% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%. menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan spesifikasi berdasarkan AAPA Tahun 2004. Untuk lebih jelas hasil pengujian keseluruhan *Asphalt Flow Down* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.22 sampai dengan Tabel C.4.24. Tabel 4.13 menunjukkan hasil rekapitulasi pengujian *Asphalt Flow Down* pada campuran aspal porus dan pengaruh substitusi *filler* CKK dengan LDPE.

Tabel 4.7 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Asphalt Flow Down</i> (0% CKK : 100% AB)	0,09	0,09	0,10	0,10	$\leq 0,30$
2	<i>Asphalt Flow Down</i> (50% CKK : 50% AB)	0,09	0,09	0,09	0,10	
3	<i>Asphalt Flow Down</i> (100% CKK : 0% AB)	0,10	0,10	0,10	0,10	

Nilai pengujian menunjukkan bahwa semua nilai *asphalt flow down* pada pengujian ini masih memenuhi persyaratan spesifikasi *Australian Aspalth Pavement Association* (AAPA 2004) yang mensyaratkan bahwa nilai *asphalt flow down* $< 0.30\%$. Dari Tabel 4.13 nilai *Asphalt Flow Down* diperoleh 0,09% - 0,10%. Rekapitulasi hasil pengujian *Asphalt Flow Down* kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE dapat dilihat pada Gambar 4.4.5



Berdasarkan Gambar 4.5 menunjukkan bahwa nilai *Asphalt Flow Down* cenderung stabil hal ini disebabkan oleh aspal yang telah dicampurkan dengan LDPE masih memiliki daya ikatan antar agregat masih kuat. Sedangkan seiring bertambahnya variasi CKK dalam campuran aspal porus mengalami peningkatan hal ini terjadi karena CKK tercampur secara rata dalam campuran aspal porus sehingga semakin mudah aspal untuk melalui celah pada keranjang.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *Asphalt Flow Down* signifikan dan H_0 ditolak. Dimana nilai $F_{data} = 11,6060 > F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 0,0003 < 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai AFD dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.41

4.7 Pengujian *Marshall* dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Hasil pengujian *Marshall* dengan substitusi *filler* dan LDPE menghasilkan parameter-parameter *Marshall* meliputi: *Density*, Stabilitas, *Flow*, VIM dan *Marshall Quotient*. Dari analisis hasil pengujian *Marshall* dengan KAO 5,60% digunakan untuk membuat benda uji dengan substitusi *filler* 0% CKK : 100% AB,

50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB serta substitusi LDPE sebesar 2%, 4% dan 6%. Komposisi campuran substitusi *filler* dan LDPE dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.4.4 sampai dengan Tabel B.4.6. Hasil pengujian keseluruhan parameter *Marshall* dengan substitusi *filler* dan LDPE dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.22 sampai dengan Tabel C 4.24. dan gambar hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.4.2-A. sampai dengan Gambar A.4.22.

4.7.1 Pengujian *Density* dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Hasil pengujian *density* untuk KAO 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB terhadap berat total *filler*, dan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6% terhadap berat total aspal. Untuk lebih jelas hasil pengujian keseluruhan *density* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.22 sampai dengan Tabel C.24.

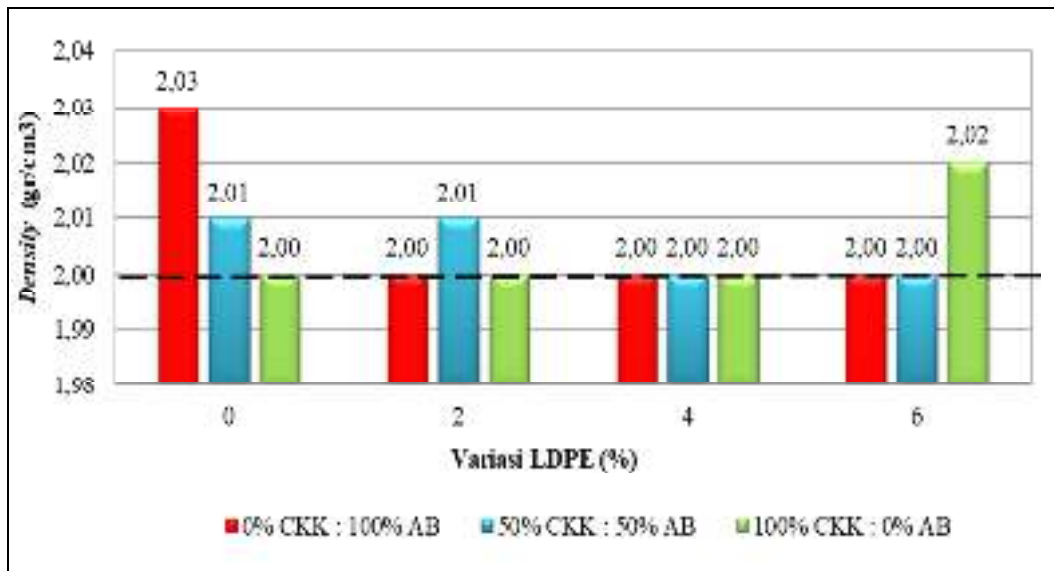
Berikut ini adalah Rekapitulasi hasil *density* pada campuran aspal porus terhadap pengaruh substitusi *filler* dengan limbah LDPE.

Tabel 4.8 Rekapitulasi hasil pengujian *Density* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (gram/cm ³)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Density</i> (0% CKK : 100% AB)	2,03	2,00	2,00	2,00	≥ 2
2	<i>Density</i> (50% CKK : 50% AB)	2,01	2,01	2,00	2,00	
3	<i>Density</i> (100% CKK : 0% AB)	2,00	2,00	2,00	2,02	

Nilai *Densitiy* (kepadatan) dibutuhkan untuk mengetahui tingkat kerapatan dari campuran setelah dipadatkan. Campuran yang mempunyai nilai kepadatan yang lebih besar mampu untuk menahan beban yang lebih besar dibandingkan dengan campuran yang mempunyai nilai kepadatan yang lebih rendah. Dari tabel diatas nilai *Densitiy* dalam campuran aspal porus diperoleh 2,00 gr/cm³ - 2,02 gr/cm³. *Densitiy* (kepadatan) merupakan perbandingan antara berat kering benda

uji dengan berat dalam air pada volume yang sama. Semakin tinggi masa jenis suatu benda, maka semakin besar masa setiap volumennya. Rekapitulasi hasil nilai *Density* kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan CKK seperti pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 : Pengaruh substitusi *filler* dan LDPE pada nilai *Density*

Berdasarkan Gambar 4.6 menunjukkan bahwa nilai *Density* stabil seiring dengan bertambahnya kadar LDPE hal ini disebabkan oleh LDPE yang mampu mengikat antara agregat dalam campuran aspal porus. Seiring dengan bertambahnya CKK dengan variasi LDPE 2%, 4% dan 6%, masih mampu mengisi rongga-rongga serta volume dalam campuran dan proses pemadatan yang dilakukan sama pada setiap variasi campuran.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *Density* tidak signifikansi dan H_0 diterima. Dimana nilai $F_{data} = 0,6511 < F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk nilai $P\text{-value} = 0,5304 > 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *Density* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.42

4.7.2 Pengujian Stabilitas *Marshall* dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Stabilitas merupakan kemampuan dari perkerasan jalan untuk menerima beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk yang tetap, seperti

gelombang, alur ataupun *bleeding*. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai Stabilitas *Marshall* dengan persentase 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, dan 100% CKK : 0% AB memenuhi persyaratan spesifikasi *Australian Aspalth Pavement Association* (AAPA) tahun 2004 yang mensyaratkan bahwa nilai Stabilitas Marshall pada campuran aspal porus adalah Min. 500 Kg.

Hasil nilai Stabilitas untuk kadar aspal optimum 5,6% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%. Untuk lebih jelas hasil keseluruhan nilai Stabilitas dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.22 sampai dengan Tabel C.4.24.

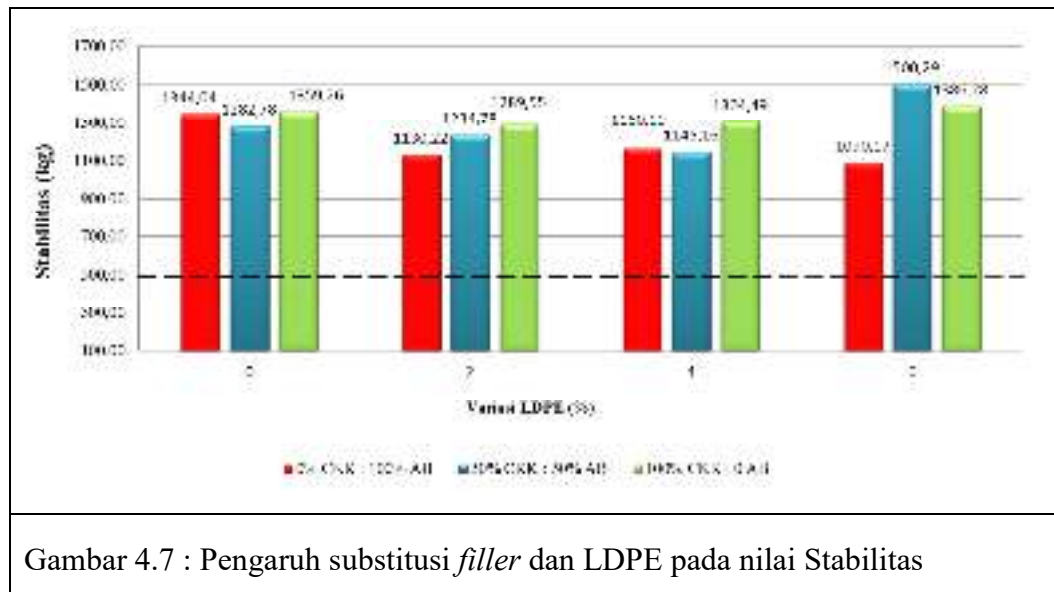
Berikut ini adalah Rekapitulasi hasil Stabilitas pada campuran aspal porus terhadap pengaruh substitusi *filler* dengan LDPE.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Hasil Pengujian Stabilitas dengan Substitusi CKK dan HDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (kg)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	Stabilitas 0% CKK:100% AB	1344,04	1130,22	1160,10	1090,17	≥ 500
2	Stabilitas 50% CKK:50% AB	1282,78	1234,78	1145,16	1500,29	
3	Stabilitas 100% CKK:0% AB	1359,26	1289,55	1304,49	1386,28	

Dari Tabel 4.8 nilai Stabilitas dalam campuran aspal porus diperoleh nilai Stabilitas terendah adalah 1090,17 kg dan nilai Stabilitas tertinggi adalah 1500,29 kg, dimana nilai stabilitas keseluruhan sesuai dengan persyaratan yang sudah ditentukan oleh AAPA Tahun 2004 yaitu ≥ 500 kg.

Hasil rekapitulasi nilai Stabilitas kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE yang dimana grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 : Pengaruh substitusi *filler* dan LDPE pada nilai Stabilitas

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai Stabilitas meningkat seiring dengan bertambahnya kadar CKK dan LDPE, hal ini bisa terjadi karena aspal dan LDPE memiliki sifat yang sama yaitu termoplastik maka semakin banyak kadar LDPE justru membuat campuran aspal semakin mengental. Sedangkan seiring bertambahnya variasi CKK dalam campuran aspal porus mengalami nilai stabilitas meningkat. hal ini dikarenakan *filler* CKK juga berfungsi sebagai pengikat antara agregat dan mengisi rongga-rongga kosong..

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai stabilitas signifikasi dan H_0 ditolak. Dimana nilai $F_{data} = 9,4297 > F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 0,0009 \leq 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai stabilitas dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.43.

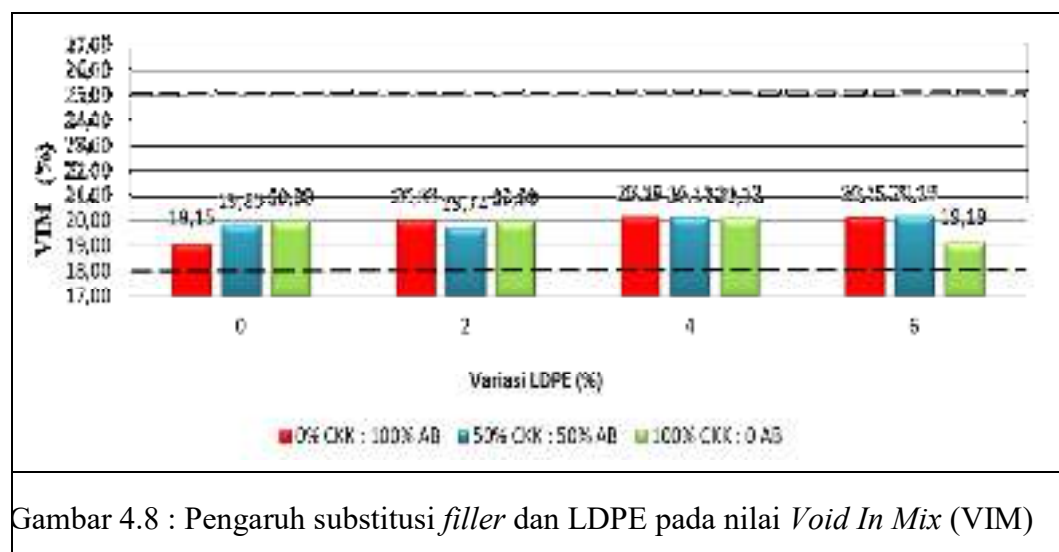
4.7.3 Pengujian *Void In Mix* (VIM) dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Hasil Pengujian *Void In Mix* untuk kadar aspal optimum 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%, Untuk hasil pengujian keseluruhan *Void In Mix* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.22 sampai dengan Tabel C 4.24. Berikut adalah rekapitulasi hasil pengujian *Void In Mix* pengaruh substitusi CKK dengan LDPE dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Nilai VIM dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Void In Mix</i> (0% CKK : 100% AB)	19,15	20,03	20,19	20,15	18 – 25
2	<i>Void In Mix</i> (50% CKK : 50% AB)	19,85	19,74	20,12	20,19	
3	<i>Void In Mix</i> (100% CKK : 0% AB)	19,98	19,98	20,12	19,19	

Dari Tabel 4.9. nilai *Void In Mix* diperoleh 19,19 % - 20,19 %. Nilai *Void In Mix* yang terlalu tinggi mengakibatkan berkurangnya keawetan perkerasan. Nilai *Void In Mix* yang terlalu rendah mengakibatkan terjadinya *bleeding* pada lapis keras. Gambar 4.8 menunjukkan rekapitulasi hasil pengujian *Void In Mix* yang dibuat dalam bentuk grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE.



Berdasarkan Gambar 4.8 menunjukkan bahwa nilai *Void In Mix* meningkat seiring bertambahnya kadar LDPE. Seiring dengan bertambahnya *filler* CKK mempengaruhi nilai *Void In Mix* menjadi semakin meningkat kecuali pada persentase 100% CKK : 0% AB dengan persentase 6% LDPE yang menunjukkan nilai semakin berkurang dalam campuran aspal porus, hal ini dikarenakan *filler* CKK kurang mengisi campuran sehingga bertambahnya rongga antar agregat. Nilai *Void In Mix* terendah diperoleh 19,19 % sedangkan yang tertinggi adalah 20,19%.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *Void In Mix* tidak signifikan dan H_0 diterima. Dimana nilai $F_{data} = 0,6511 < F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 0,5304 \geq 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *Void In Mix* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.44.

4.7.4 Pengujian Kelelehan (*Flow*) dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

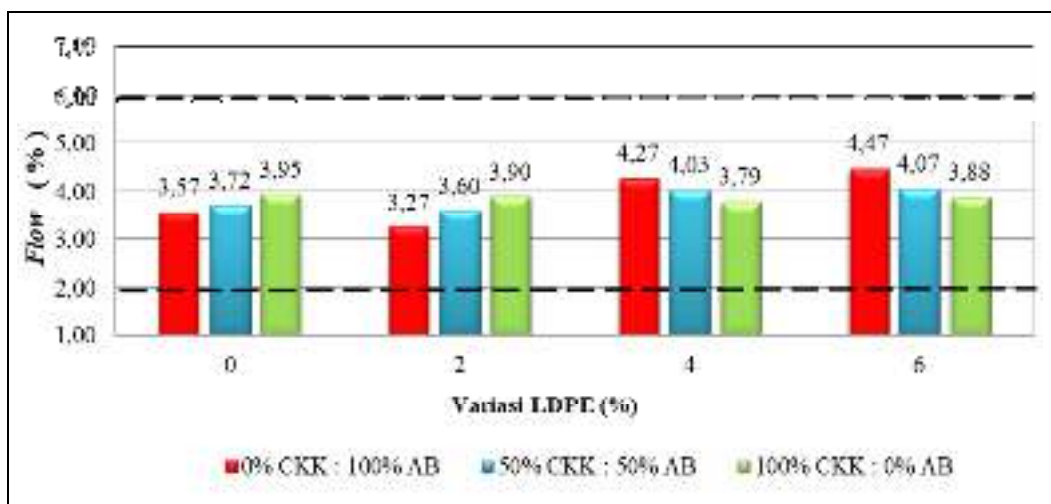
Hasil nilai *Flow* untuk kadar aspal optimum 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%. Untuk lebih jelas hasil keseluruhan nilai *flow* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.22 sampai dengan Tabel C 4.24. Berikut ini adalah Rekapitulasi hasil nilai *flow* pada campuran aspal porus dan pengaruh substitusi *filler* CKK dengan LDPE dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.11 Rekapitulasi Nilai *Flow* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Flow</i> (0% CKK : 100% AB)	3,57	3,27	4,27	4,47	2 - 6
2	<i>Flow</i> (50% CKK : 50% AB)	3,72	3,60	4,03	4,07	
3	<i>Flow</i> (100% CKK : 0% AB)	3,95	3,90	3,79	3,88	

Nilai kelelehan yang terlalu tinggi mengindikasikan campuran yang bersifat plastis dan lebih mampu mengikuti deformasi akibat beban, sedangkan jika nilai kelelehan terlalu rendah mengisyaratkan campuran tersebut memiliki rongga tak terisi aspal yang lebih tinggi dari kondisi normal, atau kandungan aspal yang terlalu rendah sehingga berpotensi retak dini dan durabilitas rendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua nilai *flow* memenuhi spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004 yang mensyaratkan bahwa nilai *flow* pada campuran aspal porus adalah sebesar 2 - 6%.

Dari Tabel 4.10 nilai flow dalam campuran aspal porus diperoleh 3,27 % - 4,47%, dimana nilai *flow* keseluruhan sesuai dengan persyaratan yaitu 2 – 6 %. Nilai *flow* menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapisan perkerasan akibat beban yang diterimanya. Nilai *flow* kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 : Pengaruh substitusi *filler* dan LDPE pada *flow*

Berdasarkan Gambar 4.9 menunjukkan bahwa nilai *flow* meningkat seiring dengan bertambahnya kadar LDPE, hal ini disebabkan oleh campuran aspal dan LDPE mengental. Sedangkan seiring bertambahnya variasi CKK dalam campuran aspal porus terjadi penurunan, hal ini terjadi karena CKK kurang mengisi rongga antar agregat.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *flow* tidak signifikan dan H_0 diterima. Dimana nilai $F_{data} = 0,1373 < F_{critical} = 3,4028$. Untuk nilai $P\text{-value} = 0,8724 > 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *flow* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.44.

4.7.5 Pengujian *Marshall Qoutient* (MQ) dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

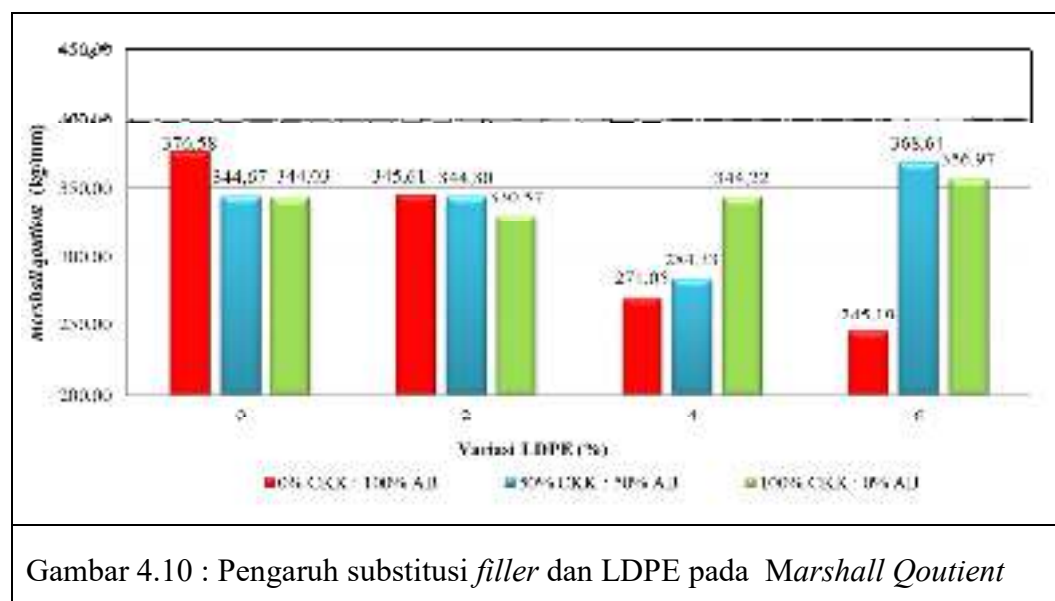
Nilai *Marshall Qoutient* untuk kadar aspal optimum 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%. Untuk lebih jelas hasil keseluruhan nilai *Marshall Qoutient* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel

C.4.22 sampai dengan Tabel C 4.24. Rekapitulasi nilai *Marshall Qoutient* dengan pengaruh substitusi *filler* (CKK) dengan LDPE dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Nilai *Marshall Qoutient* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (Kg/mm)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>marshall qoutient</i> (0% CKK : 100% AB)	376,58	345,61	271,05	245,19	≤ 400
2	<i>marshall qoutient</i> (50% CKK : 50% AB)	344,67	344,30	284,33	368,64	
3	<i>marshall qoutient</i> (100% CKK : 0% AB)	344,03	330,57	344,22	356,97	

Dari Tabel 4.11 nilai *Marshall Qoutient* dalam campuran aspal porus diperoleh 245,19 kg/mm – 368,61 kg/mm dimana nilai *Marshall Qoutient* memenuhi persyaratan yaitu maks. 400 kg/mm. Nilai *Marshall Qoutient* digunakan sebagai pendekatan terhadap kekakuan campuran. Semakin tinggi nilainya maka campuran kaku dan mudah timbul retak, sedangkan semakin rendah nilainya maka perkerasan mudah mengalami deformasi. Hasil *Marshall Qoutient* kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Berdasarkan Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai *Marshall Qoutient* menurun seiring dengan bertambahnya kadar LDPE dan bertambahnya variasi CKK dalam campuran aspal porus, kecuali pada persentase 100% CKK : 0% AB dengan 4% LDPE, hal ini disebabkan oleh sifat dari LDPE tersebut yang kaku atau kurang elastis.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *marshall qoutient* signifikasi dan H_0 ditolak. Dimana nilai $F_{data} = 9,6747 > F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 0,0008 < 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *Marshall Qoutient* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.45.

4.8 Pengujian *Cantabro Loss (CL)* dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Pengujian *Cantabro Loss (CL)* bertujuan untuk mengetahui kekuatan campuran dengan pengujian menggunakan alat *Loss Angeles* dimana parameternya berupa besarnya kehilangan berat campuran terhadap benturan yang dimana persyaratan berdasarkan spesifikasi *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA, 2004) yang mensyaratkan bahwa nilai *cantabro loss* $< 35 \%$

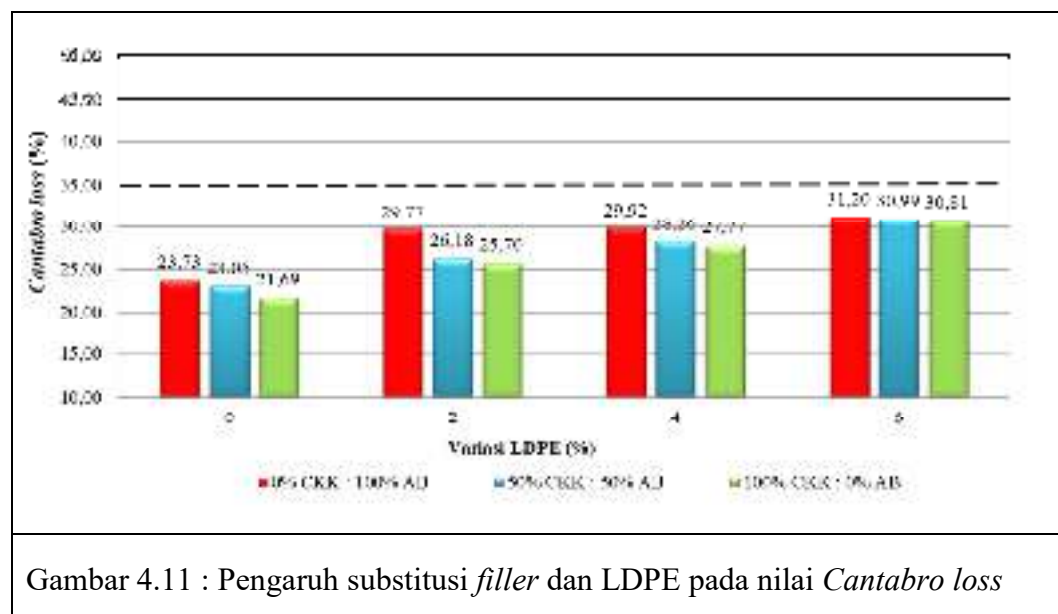
Berdasarkan kadar aspal terbaik dengan gradasi yang sama dibuat 3 (tiga) buah benda uji dengan komposisi campuran aspal terbaik untuk pengujian *Cantabro Loss (CL)*. Hasil pengujian *Cantabro Loss* setelah dilakukan pengujian di laboratorium dengan kadar aspal optimum 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE dengan variasi 2%, 4% dan 6% menunjukkan hasil yang memenuhi persyaratan spesifikasi berdasarkan *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004, untuk lebih jelas hasil pengujian keseluruhan *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.4.24.

Berikut ini adalah hasil rekapitulasi nilai pengujian *Cantabro Loss* pada campuran aspal porus dengan substitusi *filler* CKK dan LDPE pada aspal maka dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi nilai *Cantabro Loss* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Cantabro Loss</i> (0% CKK : 100% AB)	23,73	29,77	29,92	31,20	≤ 35
2	<i>Cantabro Loss</i> (50% CKK : 50% AB)	23,05	26,18	28,26	30,99	
3	<i>Cantabro Loss</i> (100% CKK : 0% AB)	21,69	25,70	27,77	30,81	

Dari Tabel 4.12 nilai *Cantabro loss* (CL) diperoleh sebesar 21,69 % - 31,20%. *Cantabro loss* (CL) menunjukkan ketahanan campuran terhadap pelepasan butir, semakin tinggi nilai CL maka ketahanan terhadap pelepasan butir semakin kecil dan begitu juga sebaliknya. Hasil pengujian *Cantabro loss* (CL) kemudian diplot pada grafik hubungan substitusi *filler* dengan LDPE dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *Cantabro Loss* (CL) dengan persentase 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, dan 100% CKK : 0% AB memenuhi persyaratan spesifikasi AAPA tahun 2004 yang mensyaratkan bahwa nilai *cantabro loss* < 35 %.

Berdasarkan Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai *Cantabro loss* semakin meningkat dengan bertambahnya kadar LDPE, hal ini disebabkan karena pengaruh LDPE yang kaku pada saat pencampuran yang mengakibatkan serat kurang mengikat agregat sehingga dapat mengurangi daya ikat antar agregat. Sedangkan seiring bertambahnya variasi CKK dalam campuran aspal porus terjadi peningkatan, hal ini disebabkan oleh CKK mampu mengisi rongga yang ada pada campuran aspal porus yang menyebabkan daya ikat meningkat.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *Cantabro loss* signifikansi dan H_0 ditolak. Dimana nilai $F_{data} = 156,4007 > F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 1,7141 > 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *Cantabro Loss* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.46.

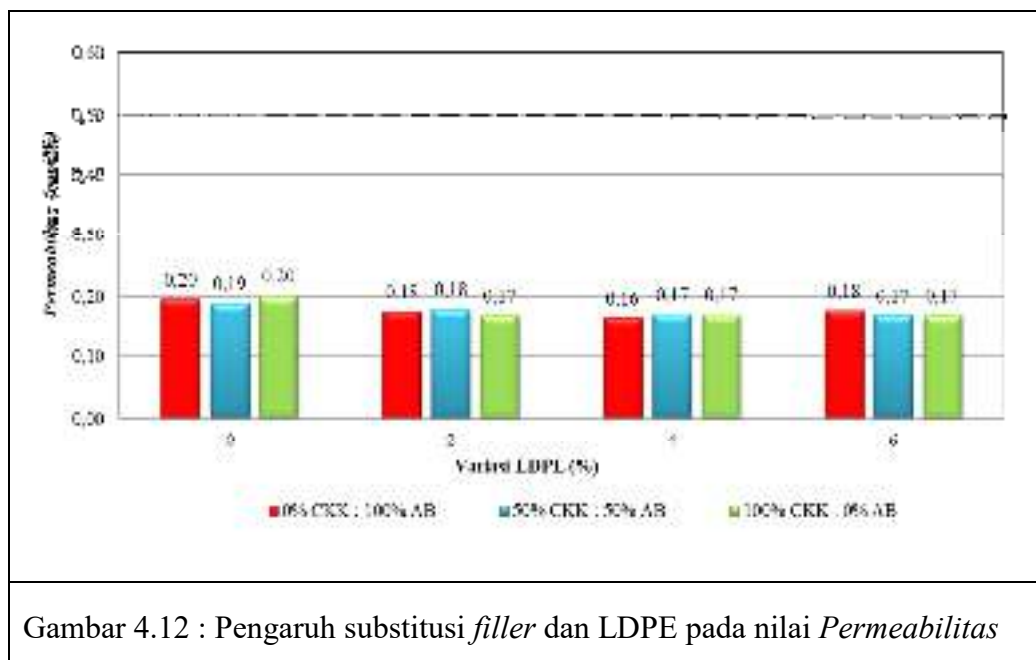
4.9 Pengujian *Permeabilitas* dengan Substitusi *Filler* dan LDPE

Hasil pengujian *permeabilitas* untuk kadar aspal optimum 5,60% pada campuran aspal porus dengan variasi *filler* 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB dan 100% CKK : 0% AB dengan substitusi LDPE 2%, 4% dan 6%. Untuk lebih jelas hasil pengujian keseluruhan *permeabilitas* dapat dilihat pada Lampiran B Tabel B.4.27-C.4.29. Rekapitulasi nilai *permeabilitas* pada campuran aspal porus dan pengaruh substitusi *filler* cangkang kerang kijing (CKK) dengan LDPE dapat dilihat pada Tabel 4.14

Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil *permeabilitas* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (cm/dtk)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Permeabilitas</i> (0% CKK : 100% AB)	0.20	0.18	0.16	0.18	Maks. 0.50
2	<i>Permeabilitas</i> (50% CKK : 50% AB)	0.19	0.18	0.17	0.17	
3	<i>Permeabilitas</i> (100% CKK : 0% AB)	0.20	0.17	0.17	0.17	

Pengujian *permeabilitas* persentase 0% CKK : 100% AB, 50% CKK : 50% AB, dan 100% CKK : 0% AB menunjukkan bahwa semakin besar persen penambahan LDPE nilai koefisien *permeabilitas* cenderung semakin menurun. Nilai hasil pengujian *permeabilitas* diperlihatkan pada gambar 4.12.



Nilai grafik diatas menunjukkan kecepatan pengaliran air sangat dipengaruhi oleh banyaknya rongga menerus yang ada dalam campuran. Nilai *Permeabilitas* ini disebabkan oleh terbentuknya rongga menerus didalam campuran yang menyebabkan pengaliran air dari permukaan secara vertikal ke bawah menjadi lebih cepat. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan aliran air ke bawah tidak terlalu cepat maupun lambat. Dengan kata lain Campuran Aspal porus yang dibuat berfungsi untuk mengurangi genangan Air yang ada diatasnya. Hasil pengujian *permeabilitas* keseluruhan masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan oleh AAPA tahun 2004 dimana nilai *Permeabilitas* maksimal 0.5 cm/dtk.

Dari analisis data diperoleh bahwa substitusi CKK dan LDPE pada nilai *permeabilitas* tidak signifikansi dan H_0 diterima. Dimana nilai $F_{data} = 0,0193 < F_{critical} = 3,4028$. Sedangkan untuk $P\text{-value} = 0,9809 > 0,05$. Untuk lebih jelasnya hasil *Analysis of Variance* terhadap nilai *permeabilitas* dapat dilihat pada Lampiran C Tabel C.4.47.

4.10 Campuran Terbaik

Campuran terbaik pada setiap Substitusi *filler* dan LDPE terdapat pada Campuran *filler* 50 CKK : 50 AB, dan campuran LDPE pada 2%, dimana disetiap pengujian yang dilakukan semua memenuhi spesifikasi yang ditentukan dan mendapatkan nilai terbaik dari semua campuran. Hal ini menunjukkan bahwa dengan campuran tersebut *filler* bisa disubstitusikan dengan Cangkang Kerang Kijing (CKK), dan Aspal bisa diSubstitusikan dengan *Low Density Polyethylene* (LDPE). Tabel 4.15 menunjukkan rekapitulasi nilai Pengujian sifat – sifat fisis aspal dengan substitusi 2% LDPE, dan Tabel 4.16 menunjukkan Hasil Pengujian *Asphalt flow Down*, *Marshall*, *Cantabro Loss*, dan *Permeabilitas*.

Tabel 4.15 Rekapitulasi hasil pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal dengan Substitusi Limbah LDPE 2%

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Substitusi LDPE 2%	Syarat Aspal Modifikasi
1	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,03	≥ 1,0
2	Penetrasi (mm)	65,00	≥ 50
3	Daktilitas (cm)	100,50	≥ 100
4	Titik Lembek (°C)	56,50	≥ 54

Tabel 4.16 Rekapitulasi Nilai Campuran Terbaik Setiap Pengujian

No	Karakteristik (50% CKK : 50% AB)	Substitusi LDPE 2%	Spesifikasi	Satuan
1	<i>Asphalt Flow Down</i>	0,09	≤ 0,30	%
2	Stabilitas	1234,78	≥ 500	kg
3	<i>Void In Mix</i>	19,74	18 - 25	%
4	<i>Flow</i>	3,60	2 - 6	%
5	<i>Marshall Qoutient</i>	344,30	≤ 400	Kg/mm
6	<i>Cantabro Loss</i>	26,18	≤ 35	%
7	<i>Permeabilitas</i>	0.18	≤ 0.50	cm/dtk

BAB V



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran terkait dengan pengaruh nilai karakteristik pada penggunaan limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkang Kerang Kijing sebagai *filler*.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis karakteristik abu cangkang kerang kijing (CKK) sebagai *filler* dan substitusi limbah plastik *low density polyethylene* (LDPE) pada campuran aspal porus dapat diambil kesimpulan:

1. Berdasarkan evaluasi parameter menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association* (AAPA) tahun 2004 yang meliputi pengujian *Void In Mix* (VIM), *Cantabro Loss* (CL), dan *Asphalt Flow Down* (AFD) diperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) campuran aspal porus yaitu berada pada nilai 5,6%.
2. Pada pengujian *Void In Mix* (VIM) semua persentase memenuhi persyaratan standar AAPA tahun 2004 dengan batasan nilai 18-25%. Namun pada persentase LDPE 6% nilai VIM menurun seiring bertambahnya variasi Abu Cangkang Kerang Kijing (CKK) namun masih memenuhi spesifikasi yang ditentukan.
3. Pada pengujian *Cantabro Loss* (CL) menunjukkan semua persentase memenuhi persyaratan standar AAPA (2004) dengan nilai maksimal 35% kehancuran, dari hasil pengujian yang sudah dilakukan seiring bertambahnya kadar LDPE menunjukkan nilai semakin meningkat dengan kata lain daya ikat dari aspal tersebut semakin kurang diakibatkan dari LDPE tersebut yang kurang mengikat. Akan tetapi dengan bertambahnya variasi CKK menunjukkan nilai semakin menurun yang artinya CKK tersebut mengisi rongga-rongga yang ada.

4. Pada pengujian *Asphalt Flow Down (AFD)* semua persentase memenuhi persyaratan standar AAPA tahun 2004 dengan nilai maksimal 0,3% , dari hasil pengujian menunjukkan bahwa seiring bertambahnya variasi LDPE dan CKK menunjukkan nilai *Asphalt Flow Down* semakin meningkat.
5. Dari analisis data menggunakan *Analysis of Varian (ANOVA) two-factor with replication* maka diperoleh bahwa setiap penambahan variasi CKK dan LDPE pada nilai *Density*, Stabilitas, *Marshall Qoutient (MQ)*, *Cantabro Loss (CL)*, dan *Asphalt Flow Down (AFD)* signifikan dan H_0 ditolak sedangkan nilai *VIM*, *flow* dan *Permeabilitas*, tidak signifikan dan H_0 diterima.
6. Dari hasil pengujian penggunaan Limbah LDPE terbaik terdapat pada persentase 2% terhadap berat aspal, sedangkan persentase untuk CKK terdapat pada 50% terhadap berat *filler*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian diatas diberikan beberapa saran untuk mempermudah peneliti selanjutnya:

1. Sebagai perbandingan pada penelitian ini menggunakan metode *Australian Asphalt Pavement Association (AAPA)* tahun 2004, maka untuk peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode *Road Engineering Association Of Malaysia (REAM)* tahun 2008.
2. Untuk peneliti selanjutnya disarankan limbah LDPE sebelum digunakan sebagai campuran pada aspal porus terlebih dahulu limbah LDPE tersebut diproses sampai menjadi cair supaya memudahkan proses pencampuran.
3. Hasil Persentase optimum campuran CKK pada penelitian ini diperoleh 50% CKK : 50% AB, disarankan untuk penelitian selanjutnya melakukan dengan perbandingan CKK yang lebih besar dari pada Abu Batu (AB).
4. Pada Saat melakukan pemadatan benda uji disarankan untuk melakukan variasi suhu, dengan tujuan apabila pengaplikasian dilapangan nilai kepadatan tetap didapatkan walaupun suhu di lapangan tidak beraturan.

DAFTAR KEPUSTAKAAN



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

DAFTAR KEPUSTAKAAN

- American Association of State Highway and Transport Officials (AASHTO,1993)*
- Australian Asphalt Pavement Association, (2004), National porous Asphalt Specification.*
- Bina Marga, (2018). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Jalan dan Jembatan (General Specifications of Bina Marga 2018 for Road Works and Bridges).
- Bukhari, Saleh, M. Isya, M, (2007), Rekayasa Bahan dan Tebal Perkerasan Jalan Raya, Bidang Studi Teknik Transportasi Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala.
- Crhistiady, (2011). Perkerasan Lentur Jalan Raya.
- Esentia. A, (2014) Pengaruh Penggantian Sebahagian *Filler* Semen dengan Kombinasi 40% Serbuk Batu Bata dan 60% Abu Cangkang Lokan Pada Campuran
- Ridho, R (2017), Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Kijing (*Pilsbryoconcha exilis*) dalam Meningkatkan Perekonomian Warga Desa Bulupayung-Kesugihan, Cilacap, Jawa Tengah
- Setyawan, Ary dan Sanusi, (2008), Observasi Properties Aspal Porus Berbagai Gradasi dengan Material Lokal, MEDIA Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.
- S Gusti, M.Tumpu, H Parung, I Marzuki (2021), Karakteristik Marshall Aspal Berpori dengan Campuran Plastik LDPE
- Sukirman, S. (2016). Beton Aspal Campuran Panas (3rd ed.). Itenas.
- Supriyono, (2017). Evaluasi Gradasi Agregat Pada Campuran AC-WC Menggunakan teori fracta, Jurnal Departemen Teknik Sipil. Indonesia.
- Syammaun T, Meillyta, R Yati (2020). *Effect of coconut-shell ash as filler and plastic bottle as substitution of porous asphalt mixture*
- Syammaun. T, Rachman. F, Hidayat R, (2019). *Characteristic of Coconut-Shell Ash as Filler and LDPE Plastic Waste as Substitution Materials of Porus Asphalt Mixtures. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-3S3.*

Veranita, Chaira, (2018) Pengaruh Pemberian *Filler* Abu Cangkang Lokan Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran Aspal Beton

Widhianto, B., setyawan, A., & Sarwono, D. (2013). Desain Aspal Porus Dengan Gradasi Seragam Sebagai Bahan Konstruksi Jalan Yang Ramah Lingkungan. E-Jurnal Matriks Teknik Sipil/ Juni 2013/ 165.

LAMPIRAN A



TUGAS AKHIR

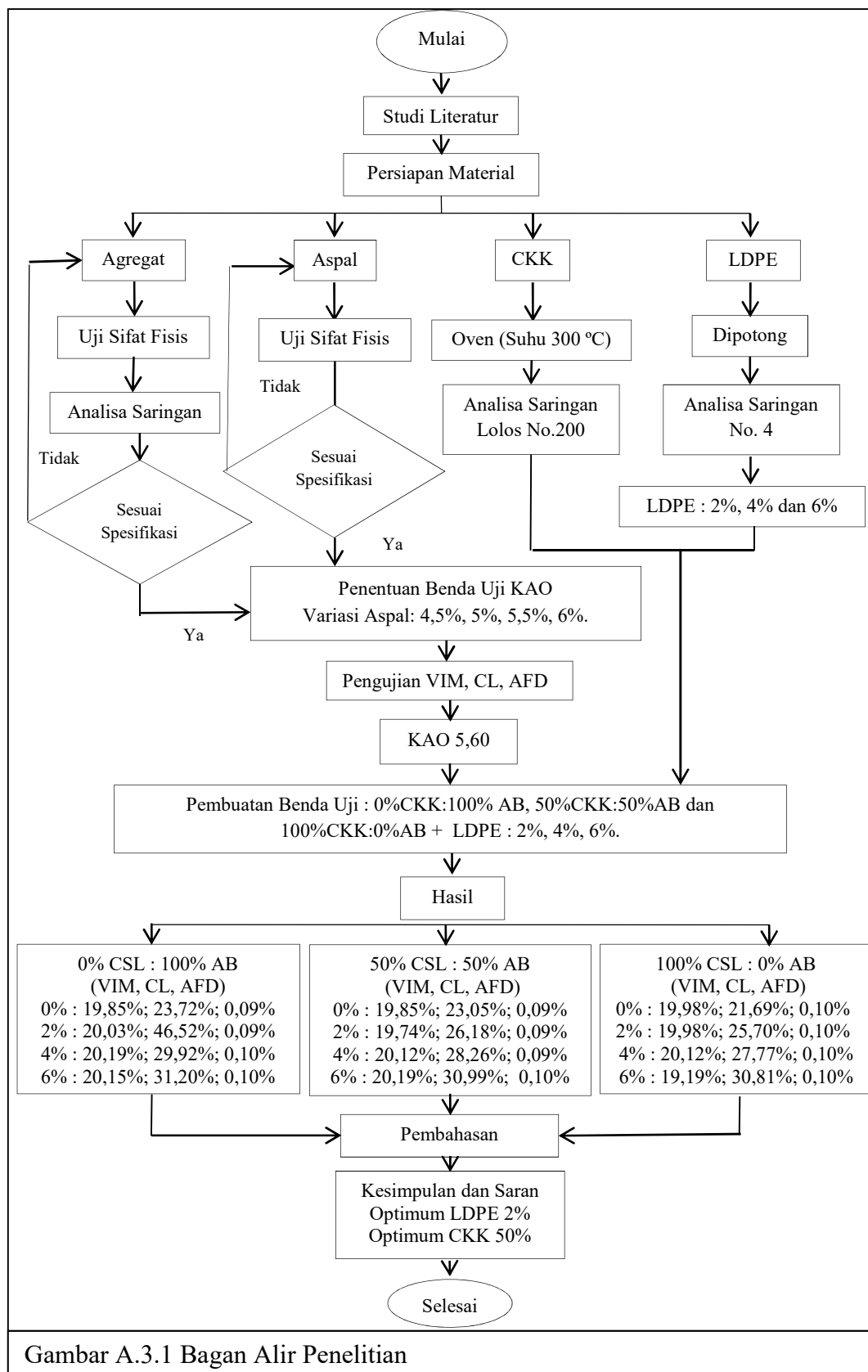
Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

LAMPIRAN A



Gambar A.3.1 Bagan Alir Penelitian



Gambar A.3.2 : Peta Provinsi Aceh

Sumber : <https://aceh.bpk.go.id/peta-wilayah/> (2019)



Gambar A.3.3 : Peta Lokasi Penelitian

Sumber : <https://earth.google.com/> (2023)



Gambar A.3.4 : Peta Pengambilan Cangkang Kerang Kijing

Sumber : <https://earth.google.com/> (2023)



Gambar A.3.5 : Peta Lokasi Pengambilan Agregat

Sumber : <https://earth.google.com/> (2023)



Flakiness Gauge



Elongation Gauge

Gambar A.4.1 : Alat-alat yang digunakan

Sumber : 22 Desember 2022



Sieve Analysis



Softening Ball



Penetrometer



Marshall Test



Impact



Extruder

Gambar A.4.2 : Alat- alat yang digunakan

Sumber : 22 Desember 2022



Oven suhu 300°



Los Angeles



Daktilitas



Timbangan Air



Water Bath



Permeabilitas

Gambar A.4.3 : Alat- alat yang digunakan

Sumber : 22 Desember 2022



Aspal pen 60/70



Agregat



Limbah LDPE
Sebelum Dihaluskan



Limbah Cangkang Kerang Kijing
Sebelum dihaluskan



Limbah LDPE
Lolos Saringan No 4



Limbah Cangkang Kerang Kijing
Lolos Saringan No. 200

Gambar A.4.4 : Bahan - bahan yang digunakan
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Pencucian



2. Penjemuran



3. Penghancuran



4. Pengumpulan Setelah dihancurkan



5. Pengayakan Lolos Saringan No 200



6. Pengovenan suhu 300°

Gambar A.4.5 : Proses Penghalusan Cangkang Kerang Kijing
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Pemotongan Limbah LDPE



2. Pengayakan Losos Saringan No.4

Gambar A.4.6 : Proses Penghalusan Limbah LDPE

Sumber : Pengamatan Langsung



1. Berat Jenis Aspal



2. Penetrasi



3. Daktilitas



4. Titik Lembek

Gambar A.4.7 : Pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal

Sumber : Pengamatan Langsung



1. Pengujian Kepipihan



2. Kelonjongan

Gambar A.4.8 : Pengujian Sifat-sifat Fisis Agregat
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Penimbangan Agregat



2. Penimbangan Aspal



3. Penimbangan LDPE



4. Penimbangan Cangkang Kerang Kijing

Gambar A.4.9 : Proses Persiapan Agregat dan Aspal
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Panaskan Wajan



2. Panaskan Agregat



3. Tambahkan *Filler*



4. Tambahkan LDPE



5. Tambahkan Aspal



6. Aduk Hingga Merata

Gambar A.4.10 : Proses Pembuatan Benda Uji
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Siapkan Nampan dan keranjang



2. Timbang Nampan



3. Masak Benda Uji



4. Masukkan Benda Uji dalam keranjang dan Timbang



5. Pengovenan suhu 160° selama 30 Menit



6. Penimbangan Aspal Yang lengket pada Nampan

Gambar A.4.11 : Proses pengujian *Asphalt Flow Down*
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Masak Benda Uji



2. Benda Uji dimasukkan dalam Mold



3. Diamkan hingga suhu 90°



4. Pemadatan Benda Uji



5. Benda Uji didiamkan selama 1x24 jam



6. Benda Uji dikeluarkan dari Mold

Gambar A.4.12 : Proses pengujian *Marshall Test*

Sumber : Pengamatan Langsung



7. Timbang Benda Uji



8. Timbang Benda Uji Dalam Air



9. Timbang SSD



10. Rendam Benda Uji Dalam Water Bath selama 5 Menit



11. Diamkan benda uji selama 5 menit



12. Benda Uji dites menggunakan Mesin *Marshall Test*

Gambar A.4.13 : Proses pengujian *Marhall Test*

Sumber : Pengamatan Langsung



1. Masak Benda Uji



2. Benda Uji dimasukkan dalam Mold



3. Diamkan sampai suhu 90°



4. Pemadatan Benda Uji



5. Diamkan benda uji selama 1x24 jam



6. Benda Uji dikeluarkan dari Mold

Gambar A.4.14 : Proses pengujian *Cantabro Loss*

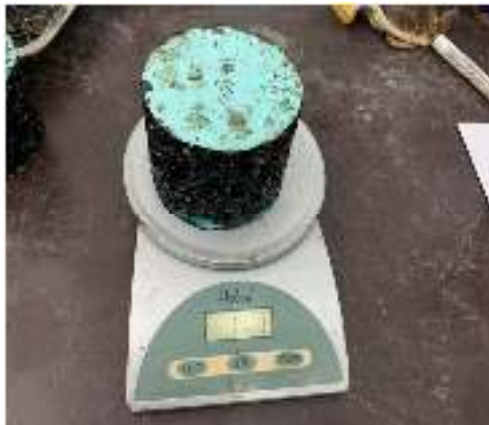
Sumber : Pengamatan Langsung



7. Diamkan Benda Uji Selama 2x24 jam dengan suhu 22°



8. Diamkan Benda Uji Selama 5x24 jam dengan suhu terbuka



9. Timbang Benda Uji sebelum di Uji



10. Masukkan Benda Uji kedalam Mesin *Los Angeles*



11. Putar Mesin *Los Angeles* sebanyak 300x Putaran



12. Timbang Benda Uji setelah Di Tes

Gambar A.4.15 : Proses pengujian *Cantabro Loss*
Sumber : Pengamatan Langsung



1. Masak Benda Uji



2. Benda Uji dimasukkan dalam Mold



3. Diamkan sampai suhu 90°



4. Pemadatan Benda Uji



5. Diamkan benda uji selama 1x24 jam



6. Benda Uji dikeluarkan dari Mold

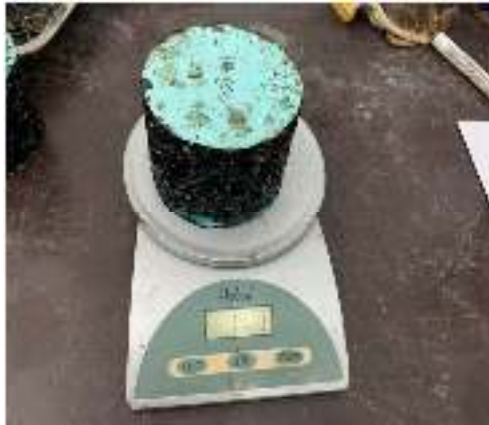
Gambar A.4.16 : Proses pengujian *Permeabilitas*
Sumber : Pengamatan Langsung



7. Rendam Benda Uji selama 1x24 jam



8. Bersihkan Permukaan Benda Uji



9. Benda uji didiamkan selama 5 menit sebelum dites



10. Pemasangan benda uji pada Alat *Permeabilitas*



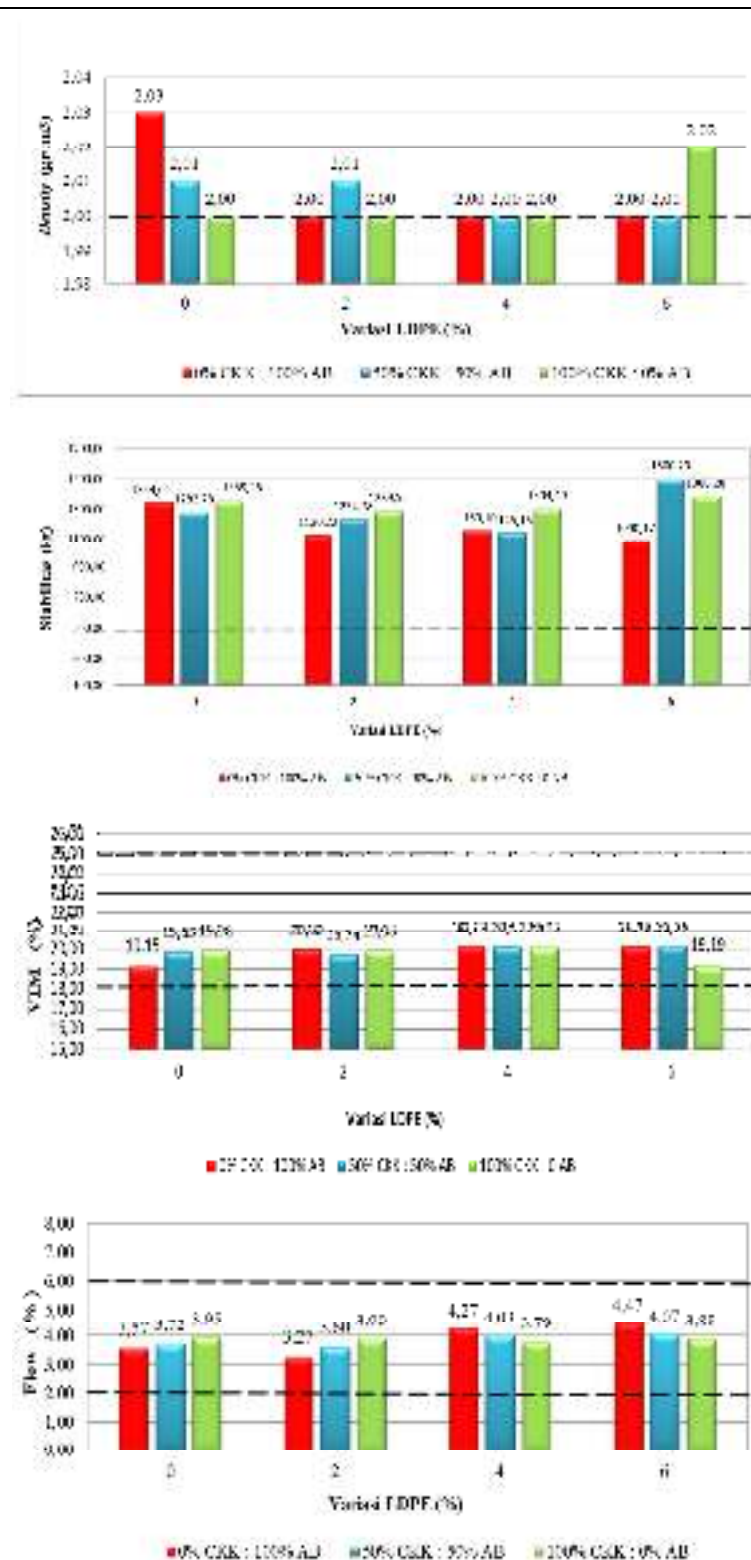
11. Mengisi Air setinggi 50 cm



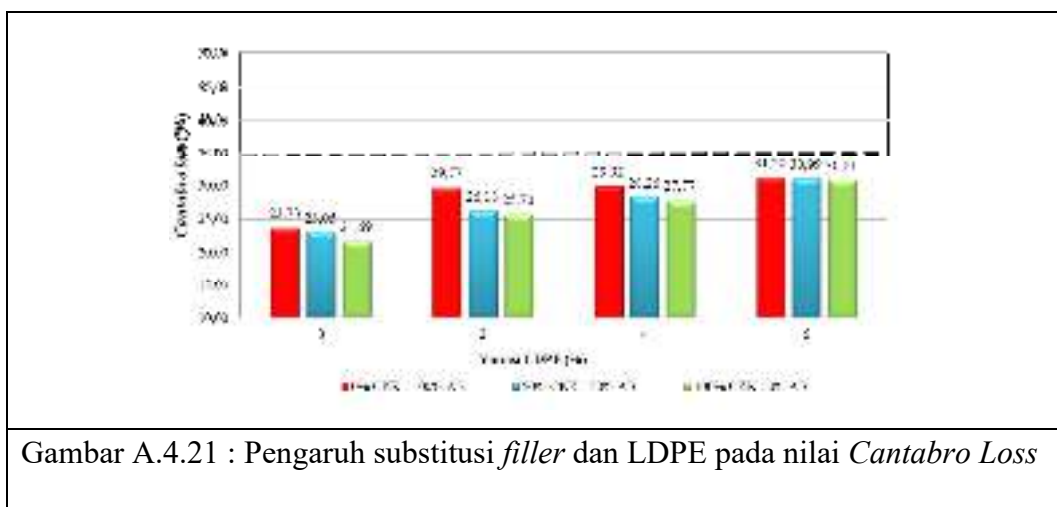
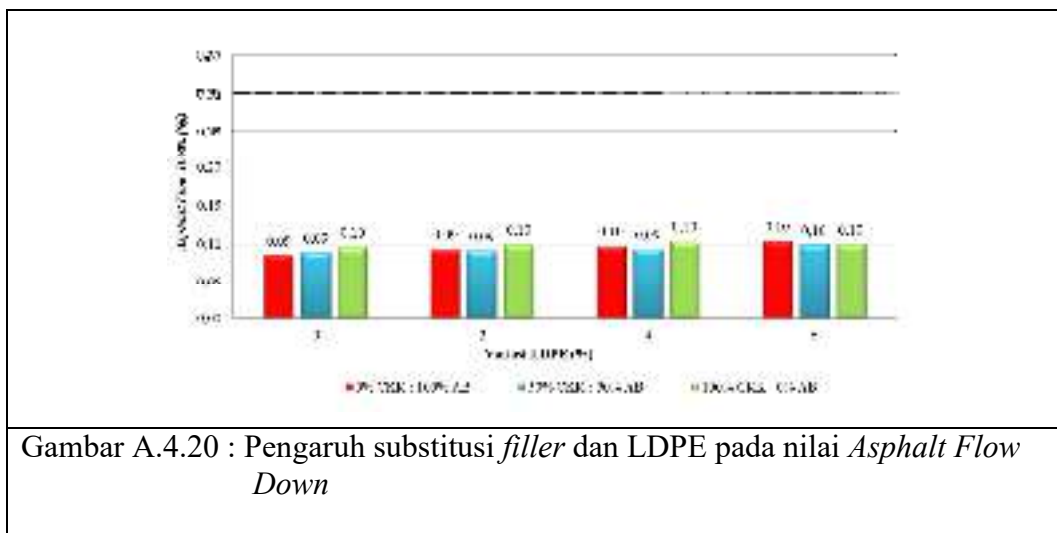
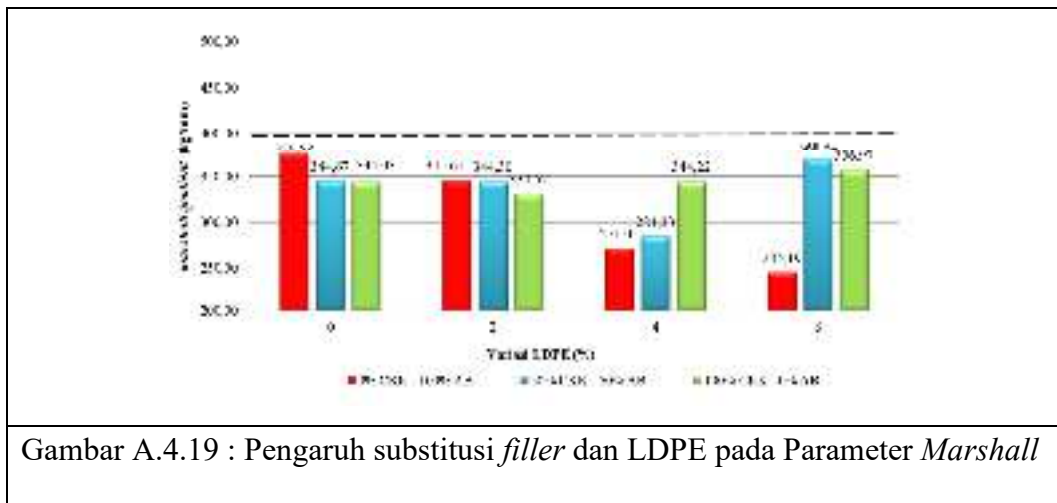
12. Mengamati kecepatan aliran Air

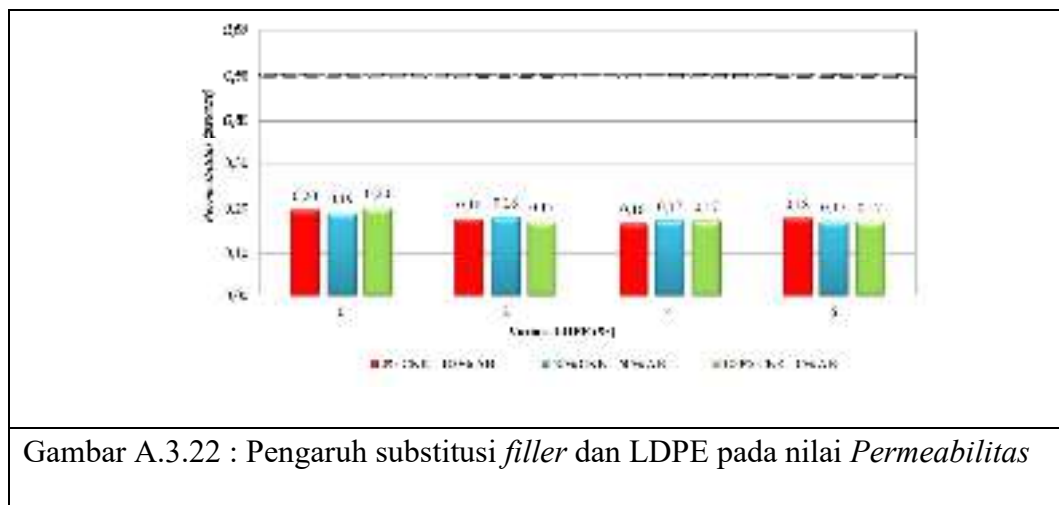
Gambar A.4.17 : Proses pengujian *Cantabro Loss*

Sumber : Pengamatan Langsung



Gambar A.4.18 : Pengaruh substitusi *filler* dan LDPE pada Parameter *Marshall*





Gambar A.3.22 : Pengaruh substitusi *filler* dan LDPE pada nilai *Permeabilitas*

LAMPIRAN B



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

LAMPIRAN B

Tabel B.2.1 Klasifikasi Jenis Plastik

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
<i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET atau PETE)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80 °C.	Botol susu cair dan juice, tutup plastik, kantong belanja dan wadah es krim.
<i>High Density Polyethylene</i> (HDPE)		Keras hingga semi fleksibel, kaku, tangguh, tahan lembab dan melunak pada suhu 75 °C.	Galon air minum, botol susu, botol sabun, botol deterjen, botol shampo, dan plastik kemasan tebal lainnya.
<i>Polyvinyl Chloride</i> (PVC)		Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80 °C.	Plastik untuk pipa air, ubin, kabel listrik, wrapping, dan mainan anak/hewan peliharaan.
<i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)		Mudah diproses, kuat, fleksible, kedap air, melunak pada suhu 70 °C.	Kantong plastik (kresek), kantong plastik sampah, tas belanja, hingga bungkus makanan.
<i>Polypropylene</i> (PP)		Keras tapi fleksible, kuat, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140 °C.	Tempat makanan /minuman, botol sirup, kotak yogurt, sedotan plastik, selotip, dan tali berbahan plastik.
<i>Polystyrene</i> (PS)		mudah dibentuk, melunak pada suhu 95 °C.	Styrofoam, tempat telur, sendok/garpu plastik,
<i>Polycarbonate</i> (OTHER)		Keras, jernih dan tahan panas	iPod cases, dan Compact Disk (CD)
<i>Melamin-Formadehid</i> (MF)	Tidak dapat didaur ulang (Termoset)	Keras, kuat, tahan terhadap pelarut, kurang tahan terhadap asam dan alkali.	Peralatan makanan: gelas, magkok, sendok dan piring.

Sumber : *The Society Of Plastic Industry* (SPI) Tahun 1988

Tabel B.2.2 Angka Koreksi Benda Uji

Isi Benda Uji (cm)	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	31,18	3,85
265-276	33,3	3,57
277-289	34,9	3,33
290-301	36,5	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
393-403	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	64,0	0,96
536-546	65,1	0,93
547-559	66,7	0,89
560-573	68,3	0,86
574-585	71,4	0,83
586-598	73,0	0,81
599-601	74,6	0,78
611-625	76,2	0,76

Sumber : *The Society Of Plastic Industry* (SPI) Tahun 1988

Tabel B.2.3 Komposisi Benda Uji KAO

Uk. Saringan	lolos %	Tertahan %	4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %
3/4' (19,0 mm)	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00
1/2' (13,2 mm)	91,1	8,9	93,4	92,9	92,4	91,9
3/8' (9,5 mm)	55,6	35,5	372,6	370,7	368,7	366,8
1/4' (6,7 mm)	31,0	24,7	259,4	258,0	256,7	255,3
No.4 (4,75 mm)	16,8	14,1	148,3	147,6	146,8	146,0
No.8 (2,36 mm)	11,1	5,8	60,4	60,1	59,8	59,5
No.16 (1,18 mm)	9,0	2,1	21,9	21,7	21,6	21,5
No.30 (0,600 mm)	7,4	1,6	16,8	16,7	16,6	16,5
No.50 (0,300 mm)	5,9	1,5	15,7	15,6	15,5	15,4
No.100 (0,150 mm)	4,9	1,0	10,8	10,8	10,7	10,7
No.200 (0,075 mm)	4,0	0,9	9,4	9,3	9,3	9,2
Total Persen Agregat		96,0	1008,6	1003,3	998,0	992,7
<i>Filler</i> (Abu Batu)		4,0	41,9	41,7	41,5	41,3
Berat Agregat + <i>Filler</i> (gr)		100,0	1050,5	1045,0	1039,5	1034,0
Berat Aspal (gr)		-	49,5	55,0	60,5	66,0
Berat Campuran (gr)		-	1100,0	1100,0	1100,0	1100,0
Berat Total = 1100 gr						

Tabel B.2.4 Komposisi Benda Uji Substitusi *Filler* 100% AB : 0% CKK dan
Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Uk. Saringan	lolos %	Tertahan %	5,60 %	5,60 %	5,60 %
3/4' (19,0 mm)	100,0	0,0	0,00	0,00	0,00
1/2' (13,2 mm)	91,1	8,90	92,3	92,3	92,3
3/8' (9,5 mm)	55,6	35,5	368,3	368,3	368,3
1/4' (6,7 mm)	31,0	24,7	256,4	256,4	256,4
No.4 (4,75 mm)	16,8	14,1	146,6	146,6	146,6
No.8 (2,36 mm)	11,1	5,8	59,7	59,7	59,7
No.16 (1,18 mm)	9,0	2,1	21,6	21,6	21,6
No.30 (0,600 mm)	7,4	1,6	16,6	16,6	16,6
No.50 (0,300 mm)	5,9	1,5	15,5	15,5	15,5
No.100 (0,150 mm)	4,9	1,0	10,7	10,7	10,7
No.200 (0,075 mm)	4,0	0,9	9,2	9,2	9,2
Total Persen Agregat Tertahan		96,0	997,0	997,0	997,0
<i>Filler</i>		4,0	41,4	41,4	41,4
<i>Filler</i> AB 100%			41,4	41,4	41,4
<i>Filler</i> CKK 0%			-	-	-
Berat Agregat + <i>Filler</i> (gr)		100,0	1038,4	1038,4	1038,4
Berat Total Aspal (gr)			61,6	61,6	61,6
Berat LDPE 2 %			1,2	-	-
Berat LDPE 4 %			-	2,5	-
Berat LDPE 6%			-	-	3,7
Berat Aspal (gr)			60,4	59,1	57,9
Berat Campuran			1100,0	1100,0	1100,0
Berat Total = 1100 gr					

Tabel B.2.5 Komposisi Benda Uji Substitusi *Filler* 50% AB : 50% CKK dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Uk. Saringan	lolos %	Tertahan %	5,60 %	5,60 %	5,60 %
3/4' (19,0 mm)	100,0	0,0	0,00	0,00	0,00
1/2' (13,2 mm)	91,1	8,90	92,3	92,3	92,3
3/8' (9,5 mm)	55,6	35,5	368,3	368,3	368,3
1/4' (6,7 mm)	31,0	24,7	256,4	256,4	256,4
No.4 (4,75 mm)	16,8	14,1	146,6	146,6	146,6
No.8 (2,36 mm)	11,1	5,8	59,7	59,7	59,7
No.16 (1,18 mm)	9,0	2,1	21,6	21,6	21,6
No.30 (0,600 mm)	7,4	1,6	16,6	16,6	16,6
No.50 (0,300 mm)	5,9	1,5	15,5	15,5	15,5
No.100 (0,150 mm)	4,9	1,0	10,7	10,7	10,7
No.200 (0,075 mm)	4,0	0,9	9,2	9,2	9,2
Total Persen Agregat Tertahan		96,0	997,0	997,0	997,0
<i>Filler</i>		4,0	41,4	41,4	41,4
<i>Filler</i> AB 50%			20,7	20,7	20,7
<i>Filler</i> CKK 50%			20,7	20,7	20,7
Berat Agregat + <i>Filler</i> (gr)		100,0	1038,4	1038,4	1038,4
Berat Total Aspal (gr)			61,6	61,6	61,6
Berat LDPE 2 %			1,2	-	-
Berat LDPE 4 %			-	2,5	-
Berat LDPE 6%			-	-	3,7
Berat Aspal (gr)			60,4	59,1	57,9
Berat Campuran			1100,0	1100,0	1100,0
Berat Total = 1100 gr					

Tabel B.2.6 Komposisi Benda Uji Substitusi *Filler* 0% AB : 100% CKK dan
Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Uk. Saringan	lolos %	Tertahan %	5,60 %	5,60 %	5,60 %
3/4' (19,0 mm)	100,0	0,0	0,00	0,00	0,00
1/2' (13,2 mm)	91,1	8,90	92,3	92,3	92,3
3/8' (9,5 mm)	55,6	35,5	368,3	368,3	368,3
1/4' (6,7 mm)	31,0	24,7	256,4	256,4	256,4
No.4 (4,75 mm)	16,8	14,1	146,6	146,6	146,6
No.8 (2,36 mm)	11,1	5,8	59,7	59,7	59,7
No.16 (1,18 mm)	9,0	2,1	21,6	21,6	21,6
No.30 (0,600 mm)	7,4	1,6	16,6	16,6	16,6
No.50 (0,300 mm)	5,9	1,5	15,5	15,5	15,5
No.100 (0,150 mm)	4,9	1,0	10,7	10,7	10,7
No.200 (0,075 mm)	4,0	0,9	9,2	9,2	9,2
Total Persen Agregat Tertahan		96,0	997,0	997,0	997,0
<i>Filler</i>		4,0	41,4	41,4	41,4
<i>Filler</i> AB 0%			-	-	-
<i>Filler</i> CKK 100%			41,4	41,4	41,4
Berat Agregat + <i>Filler</i> (gr)		100,0	1038,4	1038,4	1038,4
Berat Total Aspal (gr)			61,6	61,6	61,6
Berat LDPE 2 %			1,2	-	-
Berat LDPE 4 %			-	2,5	-
Berat LDPE 6%			-	-	3,7
Berat Aspal (gr)			60,4	59,1	57,9
Berat Campuran			1100,0	1100,0	1100,0
Berat Total = 1100 gr					

LAMPIRAN C



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

LAMPIRAN C

Tabel C.4.1 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Tanpa Substitusi LDPE

Pemeriksaan	Berat (gr)
Berat Piknometer + Aspal	61,48
Berat Piknometer Kosong	29,30
Berat Aspal (a)	32,18
Berat Piknometer + Air	79,60
Berat Piknometer Kosong	29,30
Berat Air (b)	50,30
Berat Piknometer + Aspal + Air	80,50
Berat Piknometer + Aspal	61,48
Berat Air (c)	19,02
Volume Aspal (b – c)	31,28
Berat Jenis = Berat Aspal / Volume Aspal	1,03

Tabel C.4.2 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Tanpa Substitusi LDPE

Pengujian Penetrasi Aspal				
Pengamatan Ke	I	II	III	IV
1	55	60	64	65
2	63	62	68	69
3	62	61	63	67
4	65	66	67	68
5	64	65	66	70
Rata - Rata	64,50			

Tabel C.4.3 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Tanpa Substitusi LDPE

Pengamatan Daktilitas pada 25 °, 5 cm Permenit	
Kode Benda Uji	Hasil (cm)
1	120
2	118
Rata - Rata	119

Tabel C.4.4 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Tanpa Substitusi LDPE

No	Suhu yang Diamati	Waktu		Titik Lembek	
	°C	I	II	I (°C)	II (°C)
1	5	0	0	49	51
2	10	2.48	2.48		
3	15	4.20	4.20		
4	20	5.50	5.50		
5	25	6.58	6.58		
6	30	7.44	7.44		
7	35	8.12	8.12		
8	40	11.40	11.40		
9	45	12.22	12.22		
10	50	13.20	14.11		
Rata - Rata				50	

Tabel C.4.5 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat-sifat Fisis Aspal

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Hasil	
		Aspal Pen. 60/70	Syarat Aspal Pen. 60/70
1	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,03	≥ 1,0
2	Penetrasi (mm)	64,50	60 -70
3	Daktilitas (cm)	119,00	≥ 100
4	Titik Lembek (°C)	50,00	≥48

Tabel C.4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

Uraian		Agregat
Berat benda uji kering oven (Bk)	(gr)	2978,5
Berat benda uji kering permukaan jenuh (Bj)	(gr)	3030,3
Berat benda uji dalam air (Ba)	(gr)	1942,4
Berat jenis (Bulk)	$\frac{Bk}{Bj - Ba}$	2,738
Berat jenis kering permukaan jenuh	$\frac{Bj}{Bj - Ba}$	2,785
Berat jenis semu (Apparent)	$\frac{Bk}{Bk - Ba}$	2,875
Penyerapan (Absorption)	$\frac{Bk - Bk}{Bk} \times 100\%$	1,739

Tabel C.4.7 Hasil Pengujian Kepipihan Agregat

Analisis Saringan		Berat yang Lolos (gr)	Indeks Kepipihan (%)
Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)		
W1	W2	W3	W4 = (W2/W1)*100%
13,2	797,60	76,96	9,65
9,5	271,80	26,82	9,87
6,7	534,70	53,30	9,97
Rata – Rata			9,83

Tabel C.4.8 Hasil Pengujian Kelonjongan Agregat

Analisis Saringan		Berat yang Tertahan (gr)	Indeks Kelonjongan (%)
Saringan (mm)	Berat Tertahan (gr)		
W1	W2	W3	W4 = (W2/W1)*100%
13,2	797,60	73,32	9,19
9,5	271,80	26,70	9,81
6,7	534,70	52,87	9,89
Rata – Rata			9,63

Tabel C.4.9 Hasil Pengujian *Impact* Agregat

No	Uraian	Pengujian		
		I	II	III
1	Berat benda uji + takaran (A) gram	2674,60	2693,30	2648,70
2	Berat takaran (B) gram	2054,40	2054,40	2055,40
3	Berat benda uji sebelum diuji (A-B) gram	620,20	638,90	593,30
4	Berat lolos #2,36 mm (C) gram	43,20	33,20	43,30
5	Nilai Impact = $C/(A-B) \times 100\%$	6,97%	5,20%	7,30%
Rata – Rata		6,48%		

Tabel C.4.10 Hasil Pengujian Keausan Agregat

Gradasi Pemeriksaan		Berat Sampel (gr)
Lolos	Tertahan	
19,1 mm	13,2 mm	2524,50
13,2 mm	4,75 mm	2520,90
Jumlah berat	(a)	5045,40
Berat tertahan No. 4	(b)	4215,70
Berat yang Aus (a-b)		829,70
Nilai Keausan		16,44

Tabel C.4.11 Rekapitulasi Hasil Pemeriksaan Sifat Fisis Agregat

No.	Pengujian	Standar	Hasil	Persyaratan
1.	Berat Jenis	SNI03-1969-2016	2,738	Min. 2,5 gr/cm ³
2.	Penyerapan	SNI03-1969-2016	1,739	Maks. 3 %
3.	Kepipihan	ASTM D-4791 Perbandingan 1:5	9,83	Maks. 10%
4.	Kelonjongan	ASTM D-4791 Perbandingan 1:5	9,63	Maks. 10%
5.	<i>Impact</i>	SNI 2417-2008	6,48	Maks. 30%
6.	Keausan	SNI 2417-2008	16,44	Maks. 40%

Tabel C.4.12 Hasil Pengujian *Marshall* Tanpa Substitusi *Filler* dan LDPE

Spesifikasi	=	Aspal Porus	Berat jenis bulk agregat (Gsb)	=	2,738										
Agregat	=	AMP PT. Ayu Lestari	Berat jenis efektif agregat (Gse)	=	2,809	Faktor kalibrasi alat	=	16,783							
Aspal	=	Aspal Pen. 60/70	Berat jenis aspal (Gb)	=	1,030	Faktor koreksi benda uji	=	Dari Tabel							
Nomor Benda Uji	Kadar Aspal		Tebal Benda Uji	Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan (Berat Isi) (Gmb)	BJ Campuran Maksimum (Gmm) (teoritis)	VIM	Stabilitas (Min. 500 kg)			Kelelehan	MQ
	Terhadap Campuran	Terhadap Agregat		Kering	SSD	Dalam Air					Bacaan Alat	Faktor	Setelah		
												Koreksi	Koreksi		
	(%)	(%)		(gram)	(gram)	(gram)				18 - 25		Koreksi	Koreksi		
a	b	c	d	e	f	g	h = (f - g)	i = (e / h)	j	k	l	m	n	o	p
A1	4,50	4,71	6,50	1177,90	1198,40	623,35	575,05	2,05	2,65	22,60	33,00	0,83	459,69	3,50	131,34
A2	4,50	4,71	6,50	1174,10	1191,40	620,70	570,70	2,06	2,65	22,26	34,00	0,86	473,62	2,90	163,32
A3	4,50	4,71	6,80	1173,60	1195,40	618,87	576,53	2,04	2,65	23,08	34,00	0,83	473,62	3,30	143,52
Rata-rata	4,50	4,71	6,60	1175,20	1195,07	620,97	574,09	2,05	2,65	22,65	33,67		474,68	3,23	146,06
A4	5,00	5,26	6,50	1143,23	1167,40	603,30	564,10	2,03	2,63	22,80	36,00	0,86	519,60	3,10	167,61
A5	5,00	5,26	6,60	1159,40	1177,50	613,15	564,35	2,05	2,63	21,75	37,00	0,89	552,66	3,50	157,90
A6	5,00	5,26	6,50	1169,45	1182,10	629,12	562,98	2,08	2,63	20,88	38,00	0,89	567,60	3,30	172,00
Rata-rata	5,00	5,26	6,53	1157,36	1175,67	618,52	557,14	2,05	2,63	21,81	37,00		546,62	3,30	165,84
A7	5,50	5,82	6,70	1179,30	1194,30	629,00	565,30	2,09	2,60	19,91	42,00	0,86	606,20	4,40	137,77
A8	5,50	5,82	6,80	1166,20	1184,30	631,24	553,06	2,11	2,60	19,04	41,00	0,89	612,41	3,90	157,03
A9	5,50	5,82	6,50	1176,10	1196,30	627,87	568,43	2,07	2,60	20,56	40,00	0,86	577,34	4,10	140,81
Rata-rata	5,50	5,82	6,67	1173,87	1191,63	629,37	562,26	2,09	2,60	19,84	41,00		609,31	4,13	145,21
A10	6,00	6,38	6,50	1173,10	1193,50	615,18	578,32	2,03	2,46	17,43	43,00	0,83	598,99	5,30	113,02
A11	6,00	6,38	6,60	1173,90	1192,80	617,21	575,59	2,04	2,46	16,98	40,00	0,86	577,34	3,60	160,37
A12	6,00	6,38	6,80	1138,90	1156,70	605,70	551,00	2,07	2,46	15,86	42,00	1,00	704,89	4,20	167,83
Rata-rata	6,00	6,38	6,63	1161,97	1181,00	612,70	568,30	2,04	2,46	18,87	41,67		627,07	4,37	147,07

Tabel C.4.13 Rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* Tanpa Substitusi *Filler*

No	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal (%)				Spesifikasi AAPA (2004)
		4,5 %	5,0 %	5,5 %	6,0 %	
1	<i>Density</i> (gr/cm ³)	2,05	2,05	2,09	2,04	≥ 2
2	VIM (%)	22,65	21,81	19,84	16,76	18 - 25
3	Stabilitas (kg)	468,97	546,62	598,65	627,07	≥ 500
4	<i>Flow</i> (mm) (%)	3,23	3,30	4,13	4,37	2 – 6
5	MQ (kg/mm)	146,06	165,84	145,21	147,07	≤ 400

Tabel C.4.14 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Tanpa Substitusi *Filler* dan LDPE

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji Awal	Berat Benda Uji Setelah Dites	Berat Kehilangan Benda Uji Setelah Dites	Perbandingan Benda Uji Sebelum dan Sesudah Dites	Cantabro Loss
	%	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E = C - D	E = E/C	F = E*100%
CLO1	4,50	1168,80	634,80	534,00	0,46	45,69
CLO2	4,50	1170,10	654,40	515,70	0,44	44,07
CLO3	4,50	1170,35	64320	527,15	0,45	45,04
Rata - rata						44,93
CLO4	5,00	1179,40	801,80	377,60	0,32	32,02
CLO5	5,00	1182,28	798,80	383,48	0,32	32,44
CLO6	5,00	1192,70	790,50	402,20	0,34	33,72
Rata - rata						32,72

Tabel C.4.15 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Tanpa Substitusi *Filler* dan LDPE

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji Awal	Berat Benda Uji Setelah Dites	Berat Kehilangan Benda Uji Setelah Dites	Perbandingan Benda Uji Sebelum dan Sesudah Dites	Cantabro Loss
	%	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	$E = C - D$	$E = E/C$	$F = E*100\%$
CLO7	5,50	1101,10	723,65	377,45	0,34	34,28
CLO8	5,50	1109,12	745,21	363,91	0,33	32,81
CLO9	5,50	1109,37	711,80	397,57	0,36	35,84
Rata - rata						34,31
CLO10	6,00	1138,20	788,81	349,39	0,31	30,70
CLO11	6,00	1142,30	757,55	384,75	0,34	33,68
CLO12	6,00	1125,44	783,01	342,43	0,30	30,43
Rata - rata						31,60
CLO13	5,60	1101,00	833,00	268,00	0,24	24,34
CLO14	5,60	1123,00	864,00	259,00	0,23	23,06
CLO15	5,60	1118,00	852,00	266,00	0,24	23,79
Rata - rata						23,73

Tabel C.4.16 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* Tanpa Substitusi *Filler* dan LDPE

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket + Campuran Aspal	Berat Campuran Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil + Aspal Yang Melekat Pada Aluminium Foil	Aspal Yang Merekat Pada Aluminium Foil	Nilai Asphalt Flow Down
	%	gram	gram	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E	F	G	H	$I = H / F * 100\%$
I	4,50	405,10	477,60	1534,40	1056,80	508,40	103,30	0,10
II	4,50	405,13	454,56	1540,50	1085,94	511,40	106,27	0,10
II	4,50	406,07	462,32	1588,60	1126,28	506,10	100,03	0,09
Rata - rata								0.09
I	5,00	406,60	478,50	1566,40	1087,90	515,96	109,36	0,10
II	5,00	406,50	463,30	1557,60	1094,30	520,76	114,26	0,10
II	5,00	404,12	475,46	1562,80	1087,34	528,98	124,86	0,11
Rata - rata								0.11
I	5,50	236,50	309,10	1389,50	1080,40	383,20	146,70	0,14
II	5,50	236,30	310,23	1390,70	1080,47	363,99	127,69	0,12
III	5,50	235,10	304,32	1380,40	1076,08	382,69	147,59	0,14
Rata - rata								0.13
I	6,00	403,90	490,70	1558,50	1067,80	553,80	149,90	0,14
II	6,00	405,15	493,83	1560,30	1066,47	567,37	162,22	0,15
III	6,00	403,70	488,60	1556,70	1068,10	580,98	177,28	0,17
Rata - rata								0.15

Tabel C.4.17 Rekap Hasil Pengujian *Cantabro Loss Void In Mix, Asphalt Flow Down* Tanpa Substitusi *Filler* dan LDPE

No	Karakteristik	Kadar Aspal (%)				Persyaratan (%)
		4,50	5,00	5,50	6,00	
1	<i>Cantabro Loss</i> (%)	44,93	32,72	34,31	31,60	≤ 35
2	<i>Void In Mix</i> (%)	22,65	21,81	19,84	18,87	18 – 2
3	<i>Asphalt Flow Down</i> (%)	0,09	0,11	0,13	0,15	≤ 0,3

Tabel C.4.18 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Dengan Substitusi LDPE

Pengujian Berat Jenis Aspal		
LDPE	Pemeriksaan	Berat (gr)
2%	Berat Piknometer + Aspal	61,46
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Aspal (a)	32,16
	Berat Piknometer + Air	79,61
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Air (b)	50,31
	Berat Piknometer + Aspal + Air	80,41
	Berat Piknometer + Aspal	61,46
	Berat Air (c)	18,95
	Volume Aspal (b – c)	31,36
	Berat Jenis = Berat Aspal / Volume Aspal	1,03

Tabel C.4.19 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal dengan Substitusi LDPE

Pengujian Berat Jenis Aspal		
LDPE	Pemeriksaan	Berat (gr)
4%	Berat Piknometer + Aspal	61,43
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Aspal (a)	32,13
	Berat Piknometer + Air	79,58
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Air (b)	50,28
	Berat Piknometer + Aspal + Air	80,40
	Berat Piknometer + Aspal	61,43
	Berat Air (c)	18,97
	Volume Aspal (b – c)	31,31
	Berat Jenis = Berat Aspal / Volume Aspal	1,03
6%	Berat Piknometer + Aspal	61,42
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Aspal (a)	32,12
	Berat Piknometer + Air	79,62
	Berat Piknometer Kosong	29,30
	Berat Air (b)	50,32
	Berat Piknometer + Aspal + Air	80,38
	Berat Piknometer + Aspal	61,42
	Berat Air (c)	18,96
	Volume Aspal (b – c)	31,36
	Berat Jenis = Berat Aspal / Volume Aspal	1,02

Tabel C.4.20 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal dengan Substitusi LDPE

Pengujian Penetrasi Aspal				
LDPE	Pengujian	Hasil Pengujian	Rata - rata	Spesifikasi
2 %	I	65	68	≥ 50
	II	64		
	III	66		
	IV	65		
4 %	I	60	61	≥ 50
	II	62		
	III	61		
	IV	59		
6 %	I	58	58	≥ 50
	II	57		
	III	57		
	IV	59		

Tabel C.4.21 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Dengan Substitusi LDPE

Pengujian Daktilitas				
LDPE	Pengujian	Hasil Pengujian (cm)	Rata - rata (cm)	Spesifikasi (cm)
2%	I	101	100,5	≥ 100
	II	100		
4%	I	95	93,5	≥ 100
	II	92		
6%	I	89	90	≥ 100
	II	91		

Tabel C.4.22 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dengan Substitusi LDPE

LDPE	Suhu yang Diamati	Waktu		Titik Lembek		Spesifikasi
	°C	I	II	I (°C)	II (°C)	
2 %	5	0	0	57	56	≥ 54
	10	3.20	3.20			
	15	4.58	4.58			
	20	6.33	6.33			
	25	7.55	7.55			
	30	8.09	8.09			
	35	10.12	10.12			
	40	12.33	12.33			
	45	13.45	13.45			
	50	14.22	14.22			
	55	15.01	15.01			
	60	16.29	16.00			
	Rata - rata					
	4 %	5	0	0	55	53
10		2.04	2.04			
15		4.20	4.20			
20		6.06	6.06			
25		7.45	7.45			
30		8.58	8.58			
35		10.17	10.17			
40		11.40	11.40			
45		12.47	12.47			
50		14.02	14.02			
55		15.11	14.47			
Rata - rata			54			

Tabel C.4.23 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Dengan Substitusi LDPE

LDPE	Suhu yang Diamati	Waktu		Titik Lembek		Spesifikasi
	°C	I	II	I (°C)	II (°C)	
6 %	5	0	0	53	53	≥ 54
	10	4.01	4.01			
	15	6.44	6.44			
	20	8.16	8.16			
	25	9.55	9.55			
	30	10.12	10.12			
	35	11.54	11.54			
	40	13.11	13.11			
	45	14.32	14.32			
	50	15.41	15.41			
	55	16.55	16.55			
	60	17.22	17.22			
	Rata - rata			53		

Tabel C.4.24 Rekapitulasi hasil pengujian Sifat-sifat Fisis Aspal dengan Substitusi LDPE

No	Sifat – Sifat Fisis Aspal	Hasil			
		Substitusi Aspal			Syarat Aspal Modifikasi
		2%	4%	6%	
1	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,03	1,03	1,02	≥ 1,0
2	Penetrasi (mm)	65,00	61,00	58,00	≥ 50
3	Daktilitas (cm)	100,50	93,50	90,00	≥ 100
4	Titik Lembek (°C)	56,50	54,00	53,00	≥ 54

Tabel C.4.25 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* dengan Substitusi *Filler* 0% CKK : 100% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket + Campuran Aspal	Berat Campuran Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil + Aspal Yang Melekat Pada Aluminium Foil	Aspal Yang Merekat Pada Aluminium Foil	Nilai Asphalt Flow Down
	%	gram	gram	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E	F	G	H	$I = H / F * 100\%$
LDPE 0%								
I	5,60	418,00	506,00	1596,00	1092,00	517,00	99,00	0,09
II	5,60	240,00	351,00	1449,00	1098,00	331,00	91,00	0,08
II	5,60	236,00	339,00	1435,00	1096,00	329,00	93,00	0,08
Rata - rata								0,09
LDPE 2%								
I	5,60	421,00	520,00	1613,00	1093,00	523,00	102,00	0,09
II	5,60	243,00	355,00	1461,00	1106,00	348,00	105,00	0,09
II	5,60	239,00	360,00	1463,00	1103,00	343,00	104,00	0,09
Rata - rata								0,09
LDPE 4%								
I	5,60	435,00	538,00	1623,00	1085,00	543,00	108,00	0,10
II	5,60	237,00	342,00	1444,00	1102,00	342,00	105,00	0,10
III	5,60	230,00	345,00	1358,00	1013,00	331,00	101,00	0,10
Rata - rata								0,10
LDPE 6%								
I	5,60	425,00	541,00	1637,00	1096,00	540,00	115,00	0,10
II	5,60	238,00	543,00	1445,00	1102,00	348,00	110,00	0,10
III	5,60	226,00	340,00	1366,00	1026,00	337,00	111,00	0,11
Rata - rata								0,10

Tabel C.4.26 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* dengan Substitusi *Filler* 50% CKK : 50% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket + Campuran Aspal	Berat Campuran Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil + Aspal Yang Melekat Pada Aluminium Foil	Aspal Yang Merekat Pada Aluminium Foil	Nilai Asphalt Flow Down
	%	gram	gram	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E	F	G	H	$I = H / F * 100\%$
LDPE 0%								
I	5,60	414,00	521,00	1592,00	1071,00	510,00	96,00	0,09
II	5,60	237,00	342,00	1444,00	1102,00	333,00	96,00	0,09
II	5,60	234,00	331,00	1431,00	1100,00	335,00	101,00	0,09
Rata - rata								0,09
LDPE 2%								
I	5,60	415,00	502,00	1606,00	1104,00	518,00	103,00	0,09
II	5,60	231,00	346,00	1452,00	1106,00	335,00	104,00	0,09
II	5,60	235,00	346,00	1458,00	1112,00	332,00	97,00	0,09
Rata - rata								0,09
LDPE 4%								
I	5,60	433,00	516,00	1619,00	1103,00	530,00	97,00	0,09
II	5,60	232,00	337,00	1439,00	1102,00	334,00	102,00	0,09
III	5,60	224,00	329,00	1335,00	1024,00	327,00	103,00	0,09
Rata - rata								0,09
LDPE 6%								
I	5,60	422,00	540,00	1634,00	1094,00	530,00	108,00	0,10
II	5,60	235,00	340,00	1441,00	1101,00	342,00	107,00	0,10
III	5,60	224,00	318,00	1362,00	1044,00	331,00	107,00	0,10
Rata - rata								0,10

Tabel C.4.27 Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* dengan Substitusi *Filler* 100% CKK : 0% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket	Berat Nampan + Aluminium Foil + Bucket + Campuran Aspal	Berat Campuran Aspal	Berat Nampan + Aluminium Foil + Aspal Yang Melekat Pada Aluminium Foil	Aspal Yang Merekat Pada Aluminium Foil	Nilai Asphalt Flow Down
	%	gram	gram	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E	F	G	H	$I = H / F * 100\%$
LDPE 0%								
I	5,60	411,00	515,00	1597,00	1082,00	518,00	107,00	0,10
II	5,60	233,00	346,00	1442,00	1096,00	341,00	108,00	0,10
II	5,60	238,00	335,00	1430,00	1095,00	339,00	101,00	0,09
Rata - rata								0,10
LDPE 2%								
I	5,60	419,00	503,00	1609,00	1106,00	529,00	110,00	0,10
II	5,60	231,00	349,00	1454,00	1105,00	344,00	113,00	0,10
II	5,60	136,00	147,00	1459,00	1112,00	345,00	109,00	0,10
Rata - rata								0,10
LDPE 4%								
I	5,60	436,00	518,00	1624,00	1106,00	551,00	115,00	0,10
II	5,60	233,00	340,00	1443,00	1103,00	346,00	113,00	0,10
III	5,60	225,00	318,00	1356,00	1038,00	335,00	110,00	0,10
Rata - rata								0,10
LDPE 6%								
I	5,60	419,00	532,00	1639,00	1107,00	528,00	109,00	0,10
II	5,60	228,00	335,00	1443,00	1108,00	342,00	114,00	0,10
III	5,60	221,00	327,00	1368,00	1041,00	323,00	102,00	0,10
Rata - rata								0,10

Tabel C.4.28 Hasil Pengujian *Marshall* Dengan Substitusi *Filler* 0% CKK : 100% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Spesifikasi	=	Aspal Porus	Berat jenis bulk agregat (Gsb)	=	2,738										
Agregat	=	AMP PT. Ayu Lestari	Berat jenis efektif agregat (Gse)	=	2,809	Faktor kalibrasi alat	=	16,783							
Aspal	=	Aspal Pen. 60/70	Berat jenis aspal (Gb)	=	1,030	Faktor koreksi benda uji	=	Dari Tabel							
Nomor Benda Uji	Kadar Aspal		Tebal Benda Uji	Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan (Berat Isi) (Gmb)	BJ Campuran Maksimum (Gmm) (teoritis)	VIM	Stabilitas (Min. 500 kg)			Kelelehan	MQ
	Terhadap Campuran	Terhadap Agregat		Kering	SSD	Dalam Air					Bacaan Alat	Faktor Koreksi Benda Uji	Setelah Koreksi		
										18 - 25				2 - 6	Maks. 400
	%	%		cm	gram	gram				gram	cm³			t/m³	%
a	b	c	d	e	f	g	h = (f - g)	i = (e / h)	j	k	l	m	n	o	p
LDPE 0%															
O1	5,60	5,93	6,80	1109,00	1122,00	574,00	548,00	2,02	2,51	19,22	83,00	0,89	1239,76	3,40	364,64
O2	5,60	5,93	6,80	1110,00	1114,00	562,00	552,00	2,01	2,51	19,74	90,00	0,89	1450,05	3,80	381,59
O3	5,60	5,93	6,70	1107,00	1120,000	278,00	542,00	2,04	2,51	18,48	86,00	0,93	1342,30	3,50	383,52
Rata-rata	5,60	5,93	6,77	1108,67	1118,67	571,33	547,33	2,03	2,51	19,15	86,33		1344,04	3,57	376,58
LDPE 2%															
A1	5,60	5,93	6,90	1108,00	1115,00	564,00	551,00	2,01	2,51	19,74	79,00	0,89	1180,01	3,40	347,06
A2	5,60	5,93	7,00	1102,00	1109,00	558,00	551,00	2,00	2,51	20,17	68,00	0,89	1015,71	3,10	327,65
A3	5,60	5,93	6,90	1104,00	1113,00	561,00	552,00	2,00	2,51	20,17	80,00	0,89	1194,95	3,30	362,11
Rata-rata	5,60	5,93	6,93	1104,67	1112,33	561,00	551,33	2,00	2,51	20,03	75,67		1130,22	3,27	345,61
LDPE 4%															
A10	5,60	5,93	7,00	1111,00	1116,00	560,00	556,00	2,00	2,51	20,24	70,00	0,89	1045,58	4,23	247,18
A11	5,60	5,93	6,90	1109,00	1113,00	559,00	554,00	2,00	2,51	20,10	75,00	0,89	1120,27	4,12	271,91
A12	5,60	5,93	7,00	1099,00	1114,00	564,00	550,00	2,00	2,51	20,24	88,00	0,89	1314,44	4,47	294,06
Rata-rata	5,60	5,93	6,97	1106,33	1114,33	561,00	553,33	2,00	2,51	20,19	77,67		1160,10	4,27	271,05
LDPE 6%															
A10	5,60	5,93	6,70	1101,00	1111,00	560,00	551,00	2,00	2,51	20,24	74,00	0,89	1105,33	4,50	245,63
A11	5,60	5,93	6,70	1089,00	1109,00	565,00	544,00	2,00	2,51	20,10	70,00	0,93	1092,57	4,10	266,48
A12	5,60	5,93	6,70	10,99,00	1110,00	561,00	549,00	2,00	2,51	20,10	77,00	0,83	1072,60	4,80	223,46
Rata-rata	5,60	5,93	6,70	1096,33	1110,00	562,00	548,00	2,00	2,51	20,15	73,67		1090,17	4,47	245,19

Tabel C.4.29 Hasil Pengujian Marshall Dengan Substitusi Filler 50% CKK : 50% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Spesifikasi	=	Aspal Porus	Berat jenis bulk agregat (Gsb)	=	2,738										
Agregat	=	AMP PT. Ayu Lestari	Berat jenis efektif agregat (Gse)	=	2,809	Faktor kalibrasi alat	=	16,783							
Aspal	=	Aspal Pen. 60/70	Berat jenis aspal (Gb)	=	1,030	Faktor koreksi benda uji	=	Dari Tabel							
Nomor Benda Uji	Kadar Aspal		Tebal Benda Uji	Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan (Berat Isi) (Gmb)	BJ Campuran Maksimum (Gmm) (teoritis)	VIM	Stabilitas (Min. 500 kg)			Kelelehan	MQ
	Terhadap Campuran	Terhadap Agregat		Kering	SSD	Dalam Air					Bacaan Alat	Faktor Koreksi Benda Uji	Setelah Koreksi		
										18 - 25				2 - 6	Maks. 400
	%	%		cm	gram	gram				gram	cm³			t/m³	%
a	b	c	d	e	f	g	h = (f - g)	i = (e / h)	j	k	l	m	n	o	p
LDPE 0%															
O4	5,60	5,93	7,00	1089,00	1100,00	557,00	543,00	2,01	2,51	19,95	86,00	0,93	1342,30	3,80	353,24
O5	5,60	5,93	6,90	1092,00	1107,00	564,00	543,00	2,01	2,51	19,73	84,00	0,93	1311,09	3,71	353,39
O6	5,60	5,93	6,80	1104,00	1116,00	566,00	550,00	2,01	2,51	19,88	80,00	0,89	1194,95	3,65	327,38
Rata-rata	5,60	5,93	6,90	1095,00	1107,67	562,33	545,33	2,01	2,51	19,85	83,33		1282,78	3,72	344,67
LDPE 2%															
A4	5,60	5,93	6,70	1116,00	1123,00	568,00	555,00	2,01	2,51	19,74	78,00	0,89	1165,08	3,86	301,83
A5	5,60	5,93	6,90	1119,00	1125,00	571,00	554,00	2,02	2,51	19,38	80,00	0,89	1194,95	3,50	341,41
A6	5,60	5,93	7,00	1115,00	1124,00	567,00	557,00	2,00	2,51	20,10	90,00	0,89	1344,32	3,45	389,66
Rata-rata	5,60	5,93	6,87	1116,67	1124,00	568,67	555,33	2,01	2,51	19,74	82,67		1234,78	3,60	344,30
LDPE 4%															
A13	5,60	5,93	6,70	1110,00	1117,00	563,00	554,00	2,00	2,51	20,03	20,00	0,89	1194,95	4,18	285,87
A14	5,60	5,93	6,80	1107,00	1112,00	559,00	553,00	2,00	2,51	20,10	73,00	0,89	1090,39	3,90	279,59
A15	5,60	5,93	7,00	1113,00	1118,00	561,00	557,00	2,00	2,51	20,24	77,00	0,89	1150,14	4,00	287,53
Rata-rata	5,60	5,93	6,83	1110,00	1115,67	561,00	554,67	2,00	2,51	20,12	76,67		1145,16	4,03	284,33
LDPE 6%															
A22	5,60	5,93	6,70	1106,00	1116,00	563,00	553,00	2,00	2,51	20,17	110,00	0,89	1643,06	4,20	391,20
A23	5,60	5,93	7,00	1134,00	1146,00	579,00	567,00	2,00	2,51	20,17	100,00	0,86	1443,34	4,10	352,03
A24	5,60	5,93	6,90	1121,00	1130,00	569,00	561,00	2,00	2,51	10,24	98,00	0,86	1414,47	3,90	362,68
Rata-rata	5,60	5,93	6,87	1120,33	1130,67	570,33	560,33	2,00	2,51	20,19	102,67		1500,29	4,07	368,64

Tabel C.4.30 Hasil Pengujian *Marshall* Dengan Substitusi *Filler* 100% CKK : 0% AB dan Substitusi Aspal 2%, 4% dan 6%

Spesifikasi	=	Aspal Porus	Berat jenis bulk agregat (Gsb)	=	2,738										
Agregat	=	AMP PT. Ayu Lestari	Berat jenis efektif agregat (Gse)	=	2,809	Faktor kalibrasi alat	=	16,783							
Aspal	=	Aspal Pen. 60/70	Berat jenis aspal (Gb)	=	1,030	Faktor koreksi benda uji	=	Dari Tabel							
Nomor Benda Uji	Kadar Aspal		Tebal Benda Uji	Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan (Berat Isi) (Gmb)	BJ Campuran Maksimum (Gmm) (teoritis)	VIM	Stabilitas (Min. 500 kg)			Kelelehan	MQ
	Terhadap Campuran	Terhadap Agregat		Kering	SSD	Dalam Air					Bacaan Alat	Faktor Koreksi Benda Uji	Setelah Koreksi		
										18 - 25				2 - 6	Maks. 400
	%	%		cm	gram	gram				gram	cm³			t/m³	%
a	b	c	d	e	f	g	h = (f - g)	i = (e / h)	j	k	l	m	n	o	r
LDPE 0%															
O7	5,60	5,93	6,80	1112,00	1120,00	568,00	552,00	2,01	2,51	19,59	85,00	0,89	1269,63	3,70	343,14
O8	5,60	5,93	6,90	1100,00	1109,00	560,00	549,00	2,00	2,51	20,03	90,00	0,89	1344,32	4,05	331,93
O9	5,60	5,93	6.80	1098,00	107,00	557,00	550,00	2,00	2,51	20,32	98,00	0,89	1463,81	4,10	357,03
Rata-rata	5,60	5,93	6,83	1103,33	1112,00	561,67	550,33	2,00	2,51	19,98	91,00		1359,26	3,95	344,03
LDPE 2%															
A7	5,60	5,93	6,80	1107,00	1122,00	569,00	553,00	2,00	2,51	20,10	81,00	0,89	1209,89	3,80	318,39
A8	5,60	5,93	6,90	1105,00	1119,00	568,00	551,00	2,01	2,51	19,95	88,00	0,89	1314,44	4,00	328,61
A9	5,60	5,93	7,00	1112,00	1125,00	571,00	554,00	2,01	2,51	19,88	90,00	0,89	1344,32	3,90	344,70
Rata-rata	5,60	5,93	6,90	1108,00	1122,00	569,33	552,67	2,00	2,51	19,98	86,33		1289,55	3,90	330,57
A16	5,60	5,93	7,00	1098,00	1106,00	557,00	549,00	2,00	2,51	20,17	87,00	0,89	1299,51	3,60	360,97
A17	5,60	5,93	6,90	1110,00	1114,00	560,00	554,00	2,00	2,51	20,03	92,00	0,89	1374,19	3,93	349,67
A18	5,60	5,93	6,90	1106,00	1112,00	559,00	553,00	2,00	2,51	20,17	89,00	0,83	1239,76	3,85	322,02
Rata-rata	5,60	5,93	6,93	1104,67	1110,67	558,67	552,00	2,00	2,51	20,12	89,33		1304,49	3,79	344,22
A25	5,60	5,93	6,80	1104,00	1115,00	570,00	545,00	2,03	2,51	19,15	100,00	0,86	1443,34	4,00	360,83
A26	5,60	5,93	6,90	1110,00	1126,00	572,00	554,00	2,00	2,51	20,03	95,00	0,86	1371,17	3,90	351,58
A27	5,60	5,93	6,70	1098,00	1105,00	568,00	537,00	2,04	2,51	18,39	90,00	0,89	1344,32	3,75	358,48
Rata-rata	5,60	5,93	6,80	1104,00	1115,33	570,00	544,33	2,02	2,51	19,19	95,00		1386,28	3,88	356,97

Tabel C.4.31 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Asphalt Flow Down* (AFD) Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Asphalt Flow Down</i> (0% CKK : 100% AB)	0,09	0,09	0,10	0,10	≤ 0,30
2	<i>Asphalt Flow Down</i> (50% CKK : 50% AB)	0,09	0,09	0,09	0,10	
3	<i>Asphalt Flow Down</i> (100% CKK : 0% AB)	0,10	0,10	0,10	0,10	

Tabel C.4.32 Rekapitulasi Hasil Stabilitas dengan Substitusi CKK dan HDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (kg)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	Stabilitas 0% CKK:100% AB	1344,04	1130,22	1160,10	1090,17	≥ 500
2	Stabilitas 50% CKK:50% AB	1282,78	1234,78	1145,16	1500,29	
3	Stabilitas 100% CKK:0% AB	1359,26	1289,55	1304,49	1386,28	

Tabel C.4.33 Rekapitulasi Nilai VIM dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Void In Mix</i> (0% CKK : 100% AB)	19,15	20,03	20,19	20,15	18 – 25
2	<i>Void In Mix</i> (50% CKK : 50% AB)	19,85	19,74	20,12	20,19	
3	<i>Void In Mix</i> (100% CKK : 0% AB)	19,98	19,98	20,12	19,19	

Tabel C.4.34 Rekapitulasi Nilai *Flow* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Flow</i> (0% CKK : 100% AB)	3,57	3,27	4,27	4,47	2 - 6
2	<i>Flow</i> (50% CKK : 50% AB)	3,72	3,60	4,03	4,07	
3	<i>Flow</i> (100% CKK : 0% AB)	3,95	3,90	3,79	3,88	

Tabel C.4.35 Rekapitulasi Nilai *Marshall Qoutient* dengan Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (Kg/mm)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Marshall Qoutient</i> (0% CKK : 100% AB)	376,58	345,61	271,05	245,19	≤ 400
2	<i>Marshall Qoutient</i> (50% CKK : 50% AB)	344,67	344,30	284,33	368,64	
3	<i>Marshall Qoutient</i> (100% CKK : 0% AB)	344,03	330,57	344,22	356,97	

Tabel C.4.36 Rekapitulasi nilai *Cantabro Loss* Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (%)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Cantabro Loss</i> (0% CKK : 100% AB)	23,73	29,77	29,92	31,20	≤ 35
2	<i>Cantabro Loss</i> (50% CKK : 50% AB)	23,05	26,18	28,26	30,99	
3	<i>Cantabro Loss</i> (100% CKK : 0% AB)	21,69	25,70	27,77	30,81	

Tabel C.4.37 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Dengan Substitusi *Filler* 0% CKK :
100% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji Awal	Berat Benda Uji Setelah Dites	Berat Kehilangan Benda Uji Setelah Dites	Perbandingan Benda Uji Sebelum dan Sesudah Dites	Cantabro Loss
	%	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E = C - D	E = E/C	F = E*100%
LDPE 0%						
CLO1	5,60	1101,00	833,00	268,00	0,24	24,34
CLO2	5,60	1123,00	864,00	259,00	0,23	23,06
CLO3	5,60	1118,00	852,00	266,00	0,24	23,79
Rata - rata						23,73
LDPE 2%						
CL1	5,60	1061,00	586,00	311,00	0,29	29,31
CL2	5,60	1065,00	572,00	320,00	0,30	30,05
CL3	5,60	1072,00	552,00	321,00	0,30	29,94
Rata - rata						29,77
LDPE 4%						
CL10	5,60	1090,00	765,00	325,00	0,30	29,82
CL11	5,60	1093,00	754,00	339,00	0,31	31,02
CL12	5,60	1099,00	781,00	318,00	0,29	28,94
Rata - rata						29,91
LDPE 6%						
CL19	5,60	1074,00	723,00	351,00	0,33	32,68
CL20	5,60	1083,00	745,00	338,00	0,31	31,21
CL21	5,60	1077,00	757,00	320,00	0,30	29,71
Rata - rata						31,20

Tabel C.4.38 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Dengan Substitusi *Filler* 50% CKK :
50% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji Awal	Berat Benda Uji Setelah Dites	Berat Kehilangan Benda Uji Setelah Dites	Perbandingan Benda Uji Sebelum dan Sesudah Dites	Cantabro Loss
	%	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E = C - D	E = E/C	F = E*100%
LDPE 0%						
CLO4	5,60	1098,00	838,00	260,00	0,24	23,68
CLO5	5,60	1077,00	840,00	237,00	0,22	22,01
CLO6	5,60	1100,00	842,00	258,00	0,23	23,45
Rata - rata						23,05
LDPE 2%						
CL4	5,60	1106,00	821,00	285,00	0,26	25,77
CL5	5,60	1115,00	811,00	304,00	0,27	27,26
CL6	5,60	1110,00	827,00	283,00	0,25	25,50
Rata - rata						26,18
LDPE 4%						
CL13	5,60	1101,00	790,00	311,00	0,28	28,25
CL14	5,60	1095,00	781,00	314,00	0,29	28,68
CL15	5,60	1098,00	792,00	306,00	0,28	27,87
Rata - rata						28,26
LDPE 6%						
CL21	5,60	1004,00	751,00	353,00	0,32	31,97
CL22	5,60	1108,00	774,00	334,00	0,30	30,14
CL23	5,60	1102,00	762,00	340,00	0,31	30,85
Rata - rata						30,99

Tabel C.4.39 Hasil Pengujian *Cantabro Loss* Dengan Substitusi *Filler* 100% CKK
: 0% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Berat Benda Uji Awal	Berat Benda Uji Setelah Dites	Berat Kehilangan Benda Uji Setelah Dites	Perbandingan Benda Uji Sebelum dan Sesudah Dites	Cantabro Loss
	%	gram	gram	gram	gram	%
A	B	C	D	E = C - D	E = E/C	F = E*100%
LDPE 0%						
CLO7	5,60	1111,00	864,00	247,00	0,22	22,23
CLO8	5,60	1110,00	869,00	241,00	0,22	21,71
CLO9	5,60	1103,00	870,00	233,00	0,21	21,12
Rata - rata						21,69
LDPE 2%						
CL7	5,60	1116,00	823,00	293,00	0,26	26,25
CL8	5,60	1107,00	820,00	287,00	0,26	25,93
CL9	5,60	1100,00	826,00	274,00	0,25	24,91
Rata - rata						25,70
LDPE 4%						
CL16	5,60	1109,00	803,00	306,00	0,28	27,59
CL17	5,60	1129,00	808,00	321,00	0,28	28,43
CL18	5,60	1100,00	800,00	300,00	0,27	22,27
Rata - rata						27,77
LDPE 6%						
CL25	5,60	1111,00	766,00	345,00	0,31	31,05
CL26	5,60	1129,00	786,00	343,00	0,30	30,38
CL27	5,60	1116,00	770,00	346,00	0,31	31,00
Rata - rata						30,81

Tabel C.4.40 Hasil Pengujian *Permeabilitas* Dengan Substitusi *Filler* 0% CKK :
100% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Tinggi Benda Uji (d)	Waktu Pengaliran (t)	Koefisien Permeabilitas (K)
	%	cm	detik	Cm/dtk
LDPE 0%				
PO1	5,60	7,00	19.43	0,1941
PO2	5,60	6,90	18.90	0,1988
PO3	5,60	7,00	19.50	0,1954
Rata - rata				0,1954
LDPE 2%				
P1	5,60	6,80	21.53	0,1739
P2	5,60	6,80	20.41	0,1834
P3	5,60	6,90	22.32	0,1683
Rata - rata				0,1752
LDPE 4%				
P10	5,60	7,00	23.33	0,1615
P11	5,60	7,00	22.34	0,1687
P12	5,60	7,00	23.12	0,1630
Rata - rata				0,1644
LDPE 6%				
P19	5,60	6,90	21.27	0,1766
P20	5,60	6,80	20.29	0,1845
P21	5,60	7,00	22.44	0,1679
Rata - rata				0,1764

Tabel C.4.41 Hasil Pengujian *Permeabilitas* Dengan Substitusi *Filler* 50% CKK :
50% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Tinggi Benda Uji (d)	Waktu Pengaliran (t)	Koefisien Permeabilitas (K)
	%	cm	detik	Cm/dtk
LDPE 0%				
PO4	5,60	7,00	20.11	0,1874
PO5	5,60	6,90	19.87	0,1890
PO6	5,60	7,00	19.90	0,1894
Rata - rata				0,1886
LDPE 2%				
P4	5,60	6,90	21.42	0,1754
P5	5,60	6,90	19.22	0,1954
P6	5,60	7,00	22.56	0,1671
Rata - rata				0,1793
LDPE 4%				
P13	5,60	7,00	22.95	0,1642
P14	5,60	6,70	21.12	0,1767
P15	5,60	6,90	21.69	0,1732
Rata - rata				0,1714
LDPE 6%				
P22	5,60	6,90	22.12	0,1698
P23	5,60	6,90	22.88	0,1642
P24	5,60	6,80	21.27	0,1760
Rata - rata				0,1700

Tabel C.4.42 Hasil Pengujian *Permeabilitas* Dengan Substitusi *Filler* 100% CKK
: 0% AB dan Aspal 2%, 4%, dan 6%.

Kode Benda Uji	Kadar Aspal	Tinggi Benda Uji (d)	Waktu Pengaliran (t)	Koefisien Permeabilitas (K)
	%	cm	detik	Cm/dtk
LDPE 0%				
PO7	5,60	6,80	18.76	0,1996
PO8	5,60	6,90	18.69	0,2010
PO9	5,60	6,80	18.70	0,2002
Rata - rata				0,2002
LDPE 2%				
P7	5,60	7,00	22.83	0,1651
P8	5,60	7,00	22.11	0,1705
P9	5,60	6,90	21.76	0,1726
Rata - rata				0,1694
LDPE 4%				
P16	5,60	7,00	22.75	0,1657
P17	5,60	6,90	21.98	0,1709
P18	5,60	6,80	21.22	0,1764
Rata - rata				0,1710
LDPE 6%				
P25	5,60	7,00	23.16	0,1627
P26	5,60	6,80	22.55	0,1660
P27	5,60	7,00	21.11	0,1785
Rata - rata				0,1691

Tabel C.4.43 Rekapitulasi Hasil Pengujian *permeabilitas* Substitusi CKK dan LDPE

No	Karakteristik	Substitusi LDPE (%)				Persyaratan (cm/dtk)
		0 %	2 %	4 %	6 %	
1	<i>Permeabilitas</i> (0% CKK : 100% AB)	0,20	0,18	0,16	0,18	Maks. 0,50
2	<i>Permeabilitas</i> (50% CKK : 50% AB)	0,19	0,18	0,17	0,17	
3	<i>Permeabilitas</i> (100% CKK : 0% AB)	0,20	0,17	0,17	0,17	

Tabel C.4.44 *Analysis of Variance* Terhadap Nilai *Asphalt Flow Down*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
<i>Asphalt Flow Down</i>	0%	0,09	0,09	0,10	0,10	≤ 0,30
		0,08	0,09	0,10	0,10	
		0,08	0,09	0,10	0,11	
	50%	0,09	0,09	0,09	0,10	
		0,09	0,09	0,09	0,10	
		0,09	0,09	0,10	0,10	
	100%	0,10	0,10	0,10	0,10	
		0,10	0,10	0,10	0,10	
		0,09	0,10	0,11	0,10	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	0,258391	0,2825461	0,294524327	0,312932654	1,148394444
Average	0,08613	0,094182	0,098174776	0,104310885	0,095699537
Variance	1,64E-05	6,61E-07	6,2859E-06	1,77932E-05	5,49688E-05

50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	0,268568	0,2745599	0,281086898	0,298395092	1,12261023
Average	0,089523	0,09152	0,093695633	0,099465031	0,093550853
Variance	5,54E-06	1,394E-05	4,09364E-05	7,4545E-06	2,74347E-05
100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	0,289669	0,2997415	0,312399195	0,299335114	1,201144371
Average	0,096556	0,0999138	0,104133065	0,099778371	0,100095364
Variance	1,4E-05	4,652E-06	3,12464E-06	7,31073E-06	1,3191E-05
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	0,816628	0,8568475	0,888010419	0,910662859	
Average	0,090736	0,0952053	0,098667824	0,101184762	
Variance	3,02E-05	1,861E-05	3,31497E-05	1,36551E-05	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0,000267	2	0,000133542	11,605977	0,000297791	3,402826105
Columns	0,000554	3	0,000184591	16,04267395	6,17728E-06	3,00878657
Interaction	0,000222	6	3,69359E-05	3,210062544	0,018534662	2,508188823
Within	0,000276	24	1,15063E-05			
Total	0,001319	35				

Tabel C.4.45 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Density*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
Density	0%	2,02	2,01	2,00	2,00	≥ 2
		2,01	2,00	2,00	2,00	
		2,04	2,00	2,00	2,00	
	50%	2,01	2,01	2,00	2,00	
		2,01	2,02	2,00	2,00	
		2,01	2,00	2,00	2,00	
	100%	2,01	2,00	2,00	2,03	
		2,00	2,01	2,00	2,00	
		2,00	2,01	2,00	2,04	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	6,077028	6,0108893	5,998188311	6,001844847	24,08795007
Average	2,025676	2,0036298	1,999396104	2,000614949	2,007329172
Variance	0,000252	3,953E-05	4,35238E-06	4,42813E-06	0,000179586
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	6,023847	6,0324617	6,003623094	5,998217469	24,05814961
Average	2,007949	2,0108206	2,001207698	1,999405823	2,004845801
Variance	7,97E-06	8,154E-05	7,57525E-06	1,05914E-06	4,18888E-05
100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	6,014499	6,0144732	6,003610108	6,073990919	24,10657359
Average	2,004833	2,0048244	2,001203369	2,02466364	2,008881132
Variance	8,32E-05	7,611E-06	4,34429E-06	0,000422733	0,000187134
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	18,11537	18,057824	18,00542151	18,07405323	
Average	2,012819	2,0064249	2,00060239	2,008228137	
Variance	0,000181	4,331E-05	4,88649E-06	0,000259275	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	9,94E-05	2	4,97192E-05	0,651104269	0,530436903	3,402826105
Columns	0,00069	3	0,000229896	3,010635929	0,049907993	3,00878657
Interaction	0,001972	6	0,000328721	4,304806324	0,004392118	2,508188823
Within	0,001833	24	7,63614E-05			
Total	0,004594	35				

Tabel C.4.46 *Analysis of Variance* Terhadap Nilai Stabilitas

	CKK	LDPE				Spesifikasi (kg)
		0%	2%	4%	6%	
Stabilitas	0%	1239,76	1180,01	104558	1105,33	≥ 500
		1450,05	1015,71	1120,27	1092,57	
		1342,30	1194,95	1314,44	1072,60	
	50%	1342,30	1165,08	1194,94	1643,06	
		1311,09	1194,95	1090,39	1443,34	
		1194,95	1344,32	1150,14	1414,47	
	100%	1269,63	1209,89	1299,51	1443,34	
		1344,32	1314,44	1374,19	1371,17	
		1463,81	1344,32	1239,76	1344,32	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	4032,116	3390,6695	3480,29071	3270,50321	14173,57916
Average	1344,039	1130,2232	1160,096903	1090,167737	1181,131597
Variance	11057,83	9891,2138	19261,83737	272,1017289	17682,51623
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	3848,342	3704,3438	3435,4801	4500,86494	15489,0307
Average	1282,781	1234,7813	1145,160033	1500,288313	1290,752558
Variance	6029,333	9221,8835	2751,691053	15495,21748	24717,50132
100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	4077,766	3868,6493	3913,45994	4158,8274	16018,70218
Average	1359,255	1289,5498	1304,486647	1386,2758	1334,891848
Variance	9593,734	4982,7919	4536,571736	2622,339219	5646,696192
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	11958,22	10963,663	10829,23075	11930,19555	
Average	1328,691	1218,1847	1203,247861	1325,577283	
Variance	7899,279	10938,592	12444,58476	38207,13033	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	150429	2	75214,4943	9,429654245	0,000950589	3,402826105
Columns	123026,2	3	41008,71802	5,141270117	0,006901628	3,00878657
Interaction	214054,6	6	35675,76762	4,472677197	0,003563974	2,508188823
Within	191433,1	24	7976,378809			
Total	678942,8	35				

Tabel C.4.47 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Void In Mix*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
<i>Void In Mix</i>	0%	19,22	19,74	20,24	20,24	18 - 25
		19,74	20,17	20,10	20,10	
		18,48	20,17	20,24	20,10	
	50%	19,95	19,74	20,03	20,17	
		19,73	19,38	20,10	20,17	
		19,88	20,10	20,14	20,24	
	100%	19,54	20,10	20,17	19,15	
		20,03	19,95	20,03	20,03	
		20,32	19,88	20,17	18,39	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	57,43779	60,077673	60,58462785	60,43867864	238,538767
Average	19,14593	20,025891	20,19487595	20,14622621	19,87823058
Variance	0,40142	0,0629712	0,006934106	0,007054791	0,28611143
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	59,56046	59,216617	60,36770058	60,58346404	239,7282405
Average	19,85349	19,738872	20,12256686	20,19448801	19,97735338
Variance	0,012704	0,1299129	0,012068718	0,001687396	0,066736225

100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	59,93358	59,934624	60,36821891	57,558996	237,7954164
Average	19,97786	19,978208	20,12273964	19,186332	19,8162847
Variance	0,132598	0,0121252	0,006921227	0,673487775	0,298136851
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	176,9318	179,22891	181,3205473	178,5811387	
Average	19,65909	19,914324	20,14672748	19,84234874	
Variance	0,287707	0,0689942	0,007785048	0,413070571	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0,158423	2	0,079211479	0,651104269	0,530436903	3,402826105
Columns	1,098796	3	0,366265336	3,010635929	0,049907993	3,00878657
Interaction	3,142262	6	0,523710396	4,304806324	0,004392118	2,508188823
Within	2,919771	24	0,121657133			
Total	7,319253	35				

Tabel C.4.48 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Flow*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
Flow	0%	3,40	3,40	4,23	4,50	2 - 6
		3,80	3,10	4,12	4,10	
		3,50	3,30	4,47	4,80	
	50%	3,80	3,86	4,18	4,20	
		3,71	3,50	3,90	4,10	
		3,65	3,45	4,00	3,90	
	100%	3,70	3,80	3,60	4,00	
		4,05	4,00	3,95	3,90	
		4,10	3,90	3,85	3,75	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	10,7	9,8	12,82	13,4	46,72
Average	3,566667	3,266667	4,273333333	4,466666667	3,893333333
Variance	0,043333	0,0233333	0,032033333	0,123333333	0,305606061
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	11,16	10,81	12,08	12,2	46,25
Average	3,72	3,6033333	4,026666667	4,066666667	3,854166667
Variance	0,0057	0,0500333	0,020133333	0,023333333	0,060535606
100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	11,85	11,7	11,38	11,65	46,58
Average	3,95	3,9	3,793333333	3,883333333	3,881666667
Variance	0,0475	0,01	0,029633333	0,015833333	0,022215152
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	33,71	32,31	36,28	37,25	
Average	3,745556	3,59	4,031111111	4,138888889	
Variance	0,052053	0,09615	0,063661111	0,107361111	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	0,009706	2	0,004852778	0,137278014	0,872407426	3,402826105
Columns	1,727831	3	0,575943519	16,29260307	5,4688E-06	3,00878657
Interaction	1,695694	6	0,282615741	7,994787574	8,25643E-05	2,508188823
Within	0,8484	24	0,03535			
Total	4,281631	35				

Tabel C.4.49 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Marshall Qoutient*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (kg/mm)
		0%	2%	4%	6%	
<i>Marshall Qoutient</i>	0%	364,64	347,06	247,18	245,63	≤ 400
		381,59	327,65	271,91	266,48	
		383,52	362,11	294,06	223,46	
	50%	353,24	302,83	285,87	391,20	
		353,39	341,41	279,59	352,03	
		327,38	389,66	287,53	362,68	
	100%	343,14	318,39	360,97	360,83	
		331,93	328,61	349,67	351,58	
		357,03	344,70	322,02	358,48	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	1129,743	1036,816	813,1504728	735,5684737	3715,278227
Average	376,5811	345,60533	271,0501576	245,1894912	309,6065189
Variance	107,9502	298,43918	549,9151326	462,8814666	3371,939777
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	1034,014	1032,9048	852,9954242	1105,92233	4025,836946
Average	344,6715	344,30159	284,3318081	368,6407767	335,4864121
Variance	224,1627	1934,5322	17,57112964	410,1778354	1527,920195
100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	1032,102	991,69932	1032,657183	1070,901713	4127,360592
Average	344,0341	330,56644	344,219061	356,9672378	343,946716
Variance	158,0609	175,86648	401,7070011	23,12807544	233,0425325
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	3195,86	3061,4201	2698,80308	2912,392517	
Average	355,0956	340,15779	299,8670089	323,5991686	
Variance	382,2855	654,27474	1381,870032	3707,891346	

ANOVA						
<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Sample	7682,379	2	3841,189503	9,674743492	0,00082933	3,402826105
Columns	15133,73	3	5044,57789	12,70569887	3,57587E-05	3,00878657
Interaction	31799,41	6	5299,901523	13,34877848	1,2731E-06	2,508188823
Within	9528,785	24	397,0326971			
Total	64144,31	35				

Tabel C.4.50 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Cantabro loss*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
<i>Cantabro loss</i>	0%	24,34	29,31	29,82	32,68	≤ 35
		23,06	30,05	31,02	31,21	
		23,79	29,94	28,94	29,71	
	50%	23,68	25,77	28,25	31,97	
		22,01	27,26	28,68	30,14	
		23,45	25,50	27,87	30,85	
	100%	22,23	26,25	27,59	31,05	
		21,71	25,93	28,43	30,38	
		21,12	24,91	27,27	31,00	

Anova: Two-Factor With Replication					
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total
0%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	71,19722	139,56763	89,7674631	93,60333062	394,1356398
Average	23,73241	46,522543	29,9224877	31,20111021	32,84463665
Variance	0,41121	3,5340468	1,090186879	2,204389416	78,05033264
50%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	69,13953	78,528605	84,79169968	92,97203657	325,4318746
Average	23,04651	26,176202	28,26389989	30,99067886	27,11932288
Variance	0,825309	0,9070536	0,163003701	0,851656253	9,710747677

100%					
Count	3	3	3	3	12
Sum	65,06814	77,089497	83,2973938	92,43755756	317,8925901
Average	21,68938	25,696499	27,76579793	30,81251919	26,49104918
Variance	0,307299	0,4919957	0,358661448	0,14035513	12,23262544
Total					
Count	9	9	9	9	
Sum	205,4049	295,18573	257,8565566	279,0129248	
Average	22,82277	32,798414	28,65072851	31,00143608	
Variance	1,196731	107,22425	1,359254234	0,827478349	

ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	294,1681	2	147,0840387	156,4007386	1,71414E-14	3,402826105
Columns	509,2371	3	169,745711	180,4978624	1,34889E-16	3,00878657
Interaction	568,1233	6	94,68721602	100,6849598	8,20284E-16	2,508188823
Within	22,57033	24	0,940430589			
Total	1394,099	35				

Tabel C.4.51 *Analysis of Variance Terhadap Nilai Permeabilitas*

	CKK	LDPE				Spesifikasi (%)
		0%	2%	4%	6%	
Permeabilitas	0%	0.19	0.17	0.16	0.18	≤ 0.50
		0.20	0.18	0.17	0.18	
		0.19	0.17	0.16	0.17	
	50%	0.19	0.18	0.16	0.17	
		0.19	0.20	0.18	0.16	
		0.19	0.17	0.17	0.18	
	100%	0.20	0.17	0.17	0.16	
		0.20	0.17	0.17	0.17	
		0.20	0.17	0.18	0.18	

Anova: Two-Factor With Replication						
SUMMARY	0% LDPE	2% LDPE	4% LDPE	6% LDPE	Total	
0%						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	0,586085	0,5256141	0,493247435	0,529067023	2,134013196	
Average	0,195362	0,1752047	0,164415812	0,176355674	0,177834433	
Variance	8,78E-06	5,855E-05	1,42986E-05	6,86623E-05	0,000162695	
50%						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	0,565839	0,5378646	0,514054763	0,510010002	2,127768137	
Average	0,188613	0,1792882	0,171351588	0,170003334	0,177314011	
Variance	1,12E-06	0,000213	4,12031E-05	3,50413E-05	0,000112944	
100%						
Count	3	3	3	3	12	
Sum	0,60075	0,5081609	0,512987157	0,507276837	2,129174738	
Average	0,20025	0,169387	0,170995719	0,169092279	0,177431228	
Variance	5,07E-07	1,51E-05	2,89985E-05	6,94991E-05	0,000210663	
Total						
Count	9	9	9	9		
Sum	1,752673	1,5716397	1,520289355	1,546353862		
Average	0,194741	0,1746266	0,168921039	0,171817096		
Variance	2,82E-05	9,023E-05	3,25659E-05	5,50431E-05		
ANOVA						
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Sample	1,79E-06	2	8,94305E-07	0,019345089	0,980856105	3,402826105
Columns	0,003703	3	0,001234246	26,69850432	8,06521E-08	3,00878657
Interaction	0,000537	6	8,95157E-05	1,936351432	0,115742335	2,508188823
Within	0,001109	24	4,6229E-05			
Total	0,005351	35				

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

BERITA ACARA SIDANG TUGAS AKHIR

Telah dilaksanakan Sidang Tugas Akhir Tahun Ajaran 2022/2023.

Hari/Tanggal : Senin / 28 Agustus 2023
Tempat : Ruang Seminar FT - Unmuha
Nama Mahasiswa : Fajri Munanda
NIM : 1803120024
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkang Kerang Kijing Sebagai *Filler*.

Dengan Hasil Sidang Tugas Akhir (lingkari yang sesuai) :

1. Sidang cukup sekali
- ② Sidang cukup sekali dengan perbaikan

Mengetahui dan menilai:

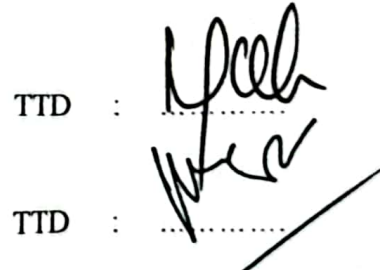
1. Dosen Pembimbing
**Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc, IPM,
ASEAN Eng**

TTD



2. Dosen Penguji I
Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP

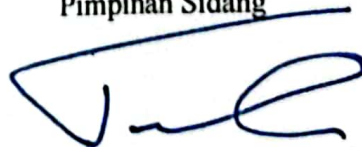
TTD



3. Dosen Penguji II
Ir. Wahyuni, MT, IPM

TTD

Mengetahui,
Pimpinan Sidang



**Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc,
IPM, ASEAN Eng**

NIDN: 1327108201

RESUME



TUGAS AKHIR

Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Penambahan Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan Cangkrang Kerang Kijing Sebagai *Filler*

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH ACEH
BATHOH – BANDA ACEH

FAJRI MUNANDA - 1803120024

RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Dosen Penguji 1 : Cut Nawalul Azka, S.ST, MT, IPP

No.	Pertanyaan / Saran	Jawaban
1.	Apa itu karakteristik?	Karakteristik adalah tanda atau parameter yang bisa digunakan untuk mengidentifikasi aspal porus itu sendiri.
2.	Ada berapa Jenis karakteristik aspal porus?	Karakteristik aspal porus ada 5 yaitu: Kepadatan (<i>Density</i>), Stabilitas, <i>Flow</i> , Rongga Dalam Campuran (<i>Void In Mix</i>), Permeabilitas, dan Keawetan (<i>Durability</i>)
3.	Apa yang dimaksud dengan aspal porus.?	Aspal porus adalah lapisan perkerasan aspal yang memiliki rongga yang cukup besar yang dimana lebih banyak penggunaan agregat kasar dibandingkan agregat halus, sehingga air dapat melewati perkerasan melalui rongga yang ada dalam campuran tersebut.
4.	Alasan menggunakan aspal porus di Indonesia?	Dikarenakan di Indonesia banyak terdapat kerusakan jalan yang diakibatkan oleh genangan air, maka disarankan untuk menggunakan perkerasan aspal porus supaya genangan air yang ada di atas perkerasan jalan bisa di aliri ke bawah dan bertujuan untuk mengurangi kerusakan perkerasan jalan yang diakibatkan oleh genangan air.

5.	Kelebihan dan kekurangan aspal porus?	Kelebihan aspal porus: 1. Mengurangi kebisingan 2. Mengurangi efek silau 3. Mengurangi genangan air pada permukaan jalan ketika hujan 4. Mampu meresap air pada arah vertical dan mengalirkan air ke saluran samping jalan Kekurangan aspal porus: 1. Stabilitas aspal porus menurun 2. Lebih mudah terkontaminasi dengan air tanah 3. Kemungkinan terjadi pelapukan tinggi 4. Beresiko terjadi bahaya <i>pumping</i>
6.	Apa yang dimaksud dengan jumlah tumbukan	Jumlah tumbukan pada aspal porus adalah jumlah tumbukan yang dilakukan pada saat pemadatan dilakukan, pada aspal porus jumlah tumbukan yang dilakukan adalah 50 kali tumbukan pada setiap sisi.
7.	Apa yang dimaksud dengan <i>filler</i> ?	<i>Filler</i> adalah bahan pengisi rongga antar agregat halus dan kasar yang dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan yang lolos saringan No. 200.
8.	Apa beda Aspal Plastomer dan Elastomer?	Plastomer adalah polymer yang bersifat kaku, apabila ditarik atau diberikan tegangan tidak akan kembali ke bentuk semula,

		Elastomer adalah polymer yang bersifat elastis, apabila ditarik atau diberi tegangan akan kembali ke bentuk semula.
9.	Apa beda SSD, <i>Void In Mix</i> , <i>Permeabilitas</i> , dan <i>Cantabro Loss</i> ?	a. <i>Saturated Surface Dry</i> (SSD) adalah pengujian untuk menentukan berat jenis pada kondisi kering. b. <i>Void In Mix</i> (VIM) adalah perbandingan antara volume rongga dengan volume benda uji yang dinyatakan dalam persen c. <i>Permeabilitas</i> adalah pengujian kemampuan aspal untuk meresap/meloloskan air dari permukaan ke bawah. d. <i>Cantabro Loss</i> (CL) adalah pengujian ketahanan campuran aspal porus terhadap pelepasan butir yang dinyatakan dalam persen.
10.	Jelaskan Tahapan pengujian <i>Marshall</i> ?	1. Timbang Agregat, Aspal, LDPE, CKK sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan. 2. Aspal dipanaskan menggunakan oven dengan suhu 160°. 3. Sementara Agregat dipanaskan dalam wajan sampai suhu 160° kemudian masukkan LDPE kedalam campuran kemudian aduk sampai merata. 4. Kemudian tambahkan aspal yang

	sudah dipanaskan kedalam wajan aduk sampai merata dengan suhu 160° 5. Siapkan cetakan yang sudah diolesi pelumas. 6. Lalu masukkan agregat kedalam cetakan, kemudian ditusuk disekeliling cetakan sebanyak 15 kali dan ditengah cetakan 10 kali, kemudian diamkan hingga suhu 90° 7. Kemudian padatkan benda uji menggunakan hammer sebanyak 50 kali di setiap sisi (2 x 50) 8. Setelah dipadatkan, diamkan benda uji selama 24 jam dengan posisi benda uji masih dalam cetakan. 9. Setelah 24 jam, selanjutnya keluarkan benda uji dari cetakan kemudian ukur dimensi, ketinggian benda uji dan berat kering benda uji. 10. Kemudian rendam benda uji dalam air selama 24 jam 11. Setelah direndam 24 jam, kemudian dilanjutkan dengan proses penimbangan didalam air, setelah benda uji ditimbang dalam air, kemudian permukaan benda uji dilap menggunakan kain keering lalu ditimbang kembali, 12. Setelah proses penimbangan selesai dilanjutkan pengujian menggunakan
--	--

		mesin <i>marshall test</i>, yang dicatan pada saat pengujian marshal tes adalah : - Satbilitas (Jarum Atas) sekali putaran dikali 100 - Kelelahan (Jarum bawah) sekali putaran dikali 1 13.Selanjutnya dilakukan pengolahan data. 14.pengujian <i>mashall</i> selesai.
--	--	--

Mengetahui :
Dosen Pembimbing



**Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc.
IPM, ASEAN. Eng**

NIDN : 1327108201

Mengetahui :
Dosen Penguji I



**Cut Nawalul Azka, S.ST, MT,
IPP**

NIDN. 1330019301

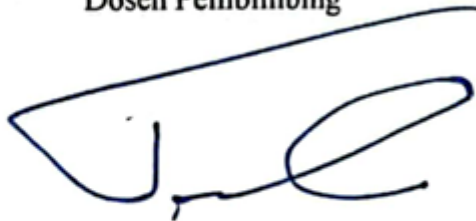
RESUME SIDANG TUGAS AKHIR

Dosen Penguji II : Ir. Wahyuni, MT, IPM

No.	Pertanyaan / Saran	Jawaban
1.	Daftar isi ikuti penduan penulisan.	Daftar isi sudah di perbaiki dengan mengikuti panduan dengan Margins 4 cm, 4 cm, 3 cm, 3 cm.
2.	Tambahkan kalimat pengantar Tabel dan kalimat penjelasan sesudah Tabel	Kalimat pengantar setiap Tabel sudah ditambahkan serta kalimat penjelasan setelah Tabel sudah di tambahkan sesuia dengan arahan penulisan.
3.	Alasan mengapa mengambil Persentase 50% sampai 100% Limbah Cangkang Kerang Kijing (CKK) ?	Bertujuan untuk menyerap atau menggunakan limbah CKK sebanyak mungkin, yang dimana dengan semakin banyaknya penggunaan limbah CKK maka limbah CKK akan berkurang atau bisa dimanfaatkan, dan berpedoman pada penelitian terdahulu dimana persentase 50% sampai dengan 100% masih memenuhi setiap spesifikasi-spesifikasi yang ditentukan.
4.	Alasan mengapa mengabil persentase 2%, 4%, dan 6% pada limbah <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE)?	Alasan Mengambil persentase tersebut adalah Berpedoman pada penelitan terdahulu dimana hasil yang didapatkan pada penelitian terdahulu memenuhi persyaratan-persyaratan yang di tentukan, dan

		bertuan untuk mengurangi limbah LDPE dengan menggunakan sebanyak mungkin pada campuran aspal porus.
5.	Berapa persentase terbaik setiap Campuran, baik LDPE maupun limbah CKK	Persentase terbaik yang didapatkan dari penelitian ini adalah Untuk penggunaan limbah LDPE terdapat pada Persentase 2% terhadap Berat Aspal, sedangkan persentase untu penggunaan limbah CKK terdapat pada persentase 50% terhadap berat <i>Filler</i>

Mengetahui :
Dosen Pembimbing



**Dr. Ir. Tamalkhani, ST, M.Eng.Sc.
IPM, ASEAN. Eng**

NIDN : 1327108201

Mengetahui :
Dosen Penguji II



Ir. Wahyuni, MT, IPM

NIDN : 0106116802