

TUGAS AKHIR

NOMOR : 1047 /WM/FT.S/SKR/2018

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SEDIMEN
EMBUNG SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*)
TAMBAHAN PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON
(*LASTON*) ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE
(AC-WC)**



DISUSUN OLEH :

NOTHA NAMAHA

NO. REGISTRASI :

211 11 020

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDIRA
KUPANG
2018**

**LEMBARAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SEDIMEN EMBUNG SEBAGAI BAHAN
PENGISI (FILLER) TAMBAHAN PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON
(LASTON) ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)**

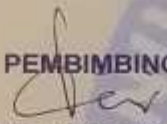
DISUSUN OLEH :

NOTHA NAMAH

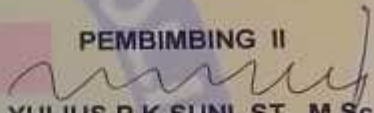
NOMOR REGISTRASI :
211 11 020

DIPERIKSA OLEH :

PEMBIMBING I

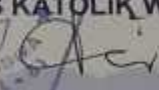

Ir. EGIDIUS KALOGO, MT
NIDN : 08 0109 6303

PEMBIMBING II


YULIUS P.K. SUNI, ST., M.Sc
NIDN : -

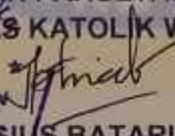
DISETUJUI OLEH :

KETUA PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL – FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDIRA


Ir. EGIDIUS KALOGO, MT
NIDN: 08 0109 6303

DISAHKAN OLEH :

DEKAN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDIRA


PATRISIUS BATARIUS ST., MT
NIDN : 08 1503 7801

LEMBARAN PERSETUJUAN

TUGAS AKHIR

ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SEDIMEN EMBUNG SEBAGAI BAHAN
PENGISI (FILLER) TAMBAHAN PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON
(LASTON) ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE (AC-WC)

DISUSUN OLEH :

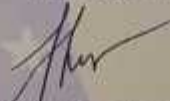
NOTHA NAMA

NOMOR REGISTRASI :

211 11 020

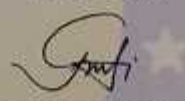
DIPERIKSA OLEH:

PENGUJI I



Br. SEBASTIANUS B. HENONG, SVD., ST., MT
NIDN: 08 0207 8101

PENGUJI II



AGUSTINUS H. PATTIRAJA, ST., MT
NIDN: 08 0208 9001

PENGUJI III



Ir. EGIDIUS KALOGO, MT
NIDN: 08 0109 6303

MOTTO

*" Orang berilmu hidup kekal setelah kematiannya,
padahal tulangnya telah hancur
di dalam tanah "*

" Setiap mata tertutup bukan berarti tidur, setiap mata terbuka bukan berarti melihat "

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kepada Tuhan

kupersembahkan Tugas Akhir ini secara khusus untuk

*Bapakku (NOH NAMAH) dan Ibuku (NORMALINA NAMAH) tercinta yang selalu
memberikan perhatian, dukungan dan dorongan serta Do'a restunya. Mengajarkan makna sebagai
titipan yang diberikan Tuhan dalam hidup dengan segala pengorbanan untuk kebahagiaanku.*

Kedua kakak ku andri dan ita yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan.

Teman - teman Teknik Sipil'11 yang senantiasa memberikan semangat dan dorongan.

**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SEDIMEN EMBUNG SEBAGAI BAHAN
PENGISI (*FILLER*) TAMBAHAN PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON (*LASTON*)
ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE (*AC-WC*)**

NOMOR : 1047 /WM/FT.S/SKR/2018

**NOTHA NAMA
211 11 020**

ABSTRAK

Beton Aspal Lapis Aus (*Wearing Course*) adalah lapisan perkerasan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan yang kedap air, tahan terhadap cuaca dan mempunyai kekesatan yang disyaratkan dengan tebal nominal minimum 4 cm yang berfungsi menerima beban lalu–lintas dan menyebarkannya ke lapisan dibawahnya. Dalam memperbaiki perilaku campuran beraspal serta meningkatkan kualitas aspal dengan menggunakan *sedimen embung* sebagai bahan tambahan dan Semen *Portland* sebagai *Filler* yang mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010 (Revisi 3) dengan tujuan mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan cara membuat 1 perbandingan dari 4 variasi *sedimen embung* sebanyak 0,5%, 1%, 1,5%, dan 2% sebagai perbandingan dari KAO sehingga benda uji berjumlah 10 buah. Proses *sedimen* dicampur dengan agregat terlebih dahulu sebelum dicampur dengan *bitumen*. Setelah melakukan pengujian *Marshall* pada campuran *AC-WC* diperoleh KAO 5,7%. Pada campuran *sedimen embung* 0,5% menghasilkan Nilai Stabilitas 887,5 kg, *Flow* 3,23 mm, *VMA* 16,80%, *VIM* 4,32%, *VFB* 74,28%, dan Rasio Bahan Lolos Ayakan No. 200 1,09. Nilai Stabilitas 1% sampai 2% memenuhi Spesifikasi minimum yaitu 800 kg.

Kata Kunci : *sedimen embung*, Semen *Portland*, Nilai *Marshall*, Lapis Aus *AC-WC*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, bimbingan dan perlindungan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**ANALISA PENGARUH PENGGUNAAN SEDIMEN SEBAGAI BAHAN PENGISI (*FILLER*) TAMBAHAN PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON (*LASTON*) ASPHALT CONCRETE–WEARING COURSE (*AC-WC*)**”, sebagai pengembangan salah satu aspek dari Program Strata-1 di Fakultas Teknik - Program Studi Teknik Sipil, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.

Dalam menyusun Tugas Akhir ini penulis telah mendapat banyak bimbingan, bantuan, dan dorongan moral dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Pater Dr. Philipus Tule, SVD sebagai Rektor Universitas Katolik Widya Mandira Kupang yang dengan bijaksana memimpin Universitas ini, sehingga penulis menimba disiplin ilmu dan keterampilan.
2. Bapak Patrisius Batarius, ST., MT, selaku Dekan Fakultas Teknik - Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.
3. Bapak Ir. Laurensius Lulu, MM selaku dosen Pembimbing Akademik yang tulus memberikan bimbingan, arahan dan sumbangan pikiran selama di masa bangku perkuliahan.
4. Bapak Ir. Egidius Kalogo, MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang dan selaku Dosen Pembimbing I dan juga Penguji III Tugas Akhir (TA), yang telah membimbing dan menguji dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Yulius P.K Suni, ST, M, Sc selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar meluangkan waktu untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Br Sebastianus B. Henong.SVD., ST., MT dan Bapak Agustinus H. Pattiraja, ST.,MT selaku Dosen Penguji I dan Penguji II Tugas Akhir (TA), yang telah menguji dan memberikan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen yang telah meninggalkan jejak ilmunya dan juga karyawan yang telah memberikan pelayanan selama menjadi mahasiswa pada Program Studi Teknik Sipil - Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.
8. Orang tua dan saudara/i kandung yang senantiasa memberikan tanggung jawab besar, kasih sayang, semangat, serta doanya.
9. Teman - teman kuliah seangkatan 2011, khususnya Roban, Vick, Alex, Elton, Herin, Dinarte, Dayon, Andry, Jero, Irvan, Cimeng, Jimmy, Eli, Well, Hans, Son, Rio, Rano, Om pilip, Ka id, Ajai dan Pak Salmon serta pihak - pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan bantuan berupa kritik dan saran yang membangun.

Kupang, Juni 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL

LEMBARAN PENGESAHAN

LEMBARAN PERSETUJUAN

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

ABSTRAK

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Tujuan Penelitian	I-3
1.4 Manfaat Penelitian	I-3
1.5 Pembatasan Masalah	I-3
1.6 Keterkaitan dengan Penelitian Terdahulu	I-4
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
2.1 Lapisan Aspal Beton (Laston)	II-1
2.2 Konstruksi Perkerasan Lentur	II-2
2.2.1 Lapis Permukaan (<i>Surface Course</i>)	II-2
2.2.2 Lapis Pondasi Atas (<i>Base Course</i>).....	II-3
2.2.3 Lapis Pondasi Bawah (<i>Subbase Course</i>)	II-4
2.2.4 Tanah Dasar (<i>Subbgrade</i>)	II-4
2.3 Komponen Campuran Aspal Beton	II-4
2.3.1 Agregat Kasar	II-4

2.3.2 Agregat Halus	II-5
2.3.3 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	II-6
2.3.3.1 <i>Portland Cement (PC)</i>	II-7
2.3.3.2 Sedimen Embung	II-7
2.3.4 Aspal	II-8
2.4 Lapis Aspal Beton AC - WC	II-8
2.5 Sifat Campuran Laston	II-10
2.6 Karakteristik Campuran Aspal Beton	II-10
2.6.1 Stabilitas	II-10
2.6.2 Keawetan (<i>Durabilitas</i>)	II-11
2.6.3 Kelenturan (<i>Fleksibilitas</i>)	II-11
2.6.4 Tahanan Geser / Kekesatan (<i>Skid Resistance</i>)	II-12
2.6.5 Ketahanan Terhadap Kelelahan (<i>Fatigue Resistance</i>)	II-12
2.6.6 Kedap Air (<i>Impermeabilitas</i>)	II-12
2.6.7 Mudah Dilaksanakan (<i>Workability</i>)	II-12
2.7 Gradasi Agregat Gabungan	II-13
2.8 Parameter <i>Marshall</i>	II-13
2.8.1 Kerapatan (<i>Density</i>)	II-14
2.8.2 Stabilitas (<i>Stability</i>)	II-14
2.8.3 <i>Void In Mineral Aggregate (VMA)</i>	II-14
2.8.4 <i>Void In The Mix (VIM)</i>	II-15
2.8.5 <i>Void Filled With Asphalt (VFA)</i>	II-15
2.8.6 Kelelahan (<i>Flow</i>)	II-16
2.8.7 Hasil Bagi <i>Marshall (Marshall Quantien)</i>	II-16
2.9 Hubungan Antara Kadar Aspal dan Parameter <i>Marshall</i>	II-17
2.10 Hubungan Antara <i>Filler</i> dengan Parameter <i>Marshall</i>	II-17
2.11 Rumus – Rumus yang Digunakan Untuk Menghitung Campuran Aspal Panas	II-18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
3.1 Data	III-1
3.1.1 Jenis Data	III-1
3.1.2 Sumber Data	III-2

3.1.3 Jumlah Data	III-2
3.1.4 Cara Pengambilan Data	III-3
3.1.5 Waktu Pengambilan Data	III-4
3.1.6 Proses Pengambilan Data	III-4
3.2. Prosedur Penelitian	III-5
3.2.1 Diagram Alir Penelitian.....	III-5
3.2.2 Penjelasan Diagram Alir	III-6
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	IV-1
4.1 Pengujian Material	IV-1
4.1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	IV-1
4.1.1.1 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	IV-1
4.1.1.2 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	IV-3
4.1.2 Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar.....	IV-4
4.1.3 Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus.....	IV-6
4.1.4 Pengujian Terhadap <i>Filler</i>	IV-8
4.1.4.1 Pengujian Analisa Saringan <i>Filler</i> Semen	IV-8
4.1.4.2 Pengujian Analisa Saringan <i>Filler</i> Sedimen.....	IV-9
4.1.5 Pengujian Keausan Agregat Kasar (Abrasi)	IV-9
4.1.6 Bahan Pengikat	IV-10
4.2 Rancangan Gradasi Proporsi Agregat Gabungan	IV-11
4.3 Penentuan Kadar Aspal Rencana	IV-13
4.3.1 Fraksi Agregat	IV-13
4.3.2 Kadar Aspal Rencana	IV-13
4.4 Rancangan Benda Uji <i>Test Marshall</i> Laston AC – WC dengan Kadar Aspal Perkiraan (Pb)	IV-14
4.5 <i>Test Marshall</i>	IV-15
4.6 Analisa Parameter <i>Marshall</i>	IV-17
4.6.1 Hubungan Antara Stabilitas dan Kadar Aspal	IV-17
4.6.2 Hubungan Antara Kelelehan (<i>Flow</i>) dan Kadar Aspal	IV-18
4.6.3 Hubungan Antara <i>Void In Mix (VIM)</i> dan Kadar Aspal	IV-19
4.6.4 Hubungan Antara <i>Void in the Mineral Aggregate (VMA)</i> dan Kadar Aspal	IV-20
4.6.5 Hubungan Antara <i>Void Filled with Asphalt (VFA)</i> dan Kadar Aspal	IV-21

4.6.6 Hubungan Antara Kepadatan dan Kadar Aspal	IV-21
4.6.7 Hubungan Rasio Partikel Bahan Lolos Saringan No.200 dan Kadar Aspal	IV-23
4.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)	IV-23
4.8 Rancangan Benda Uji Pada Kadar Aspal Optimum dengan Variasi Filler Sedimen 0,5 %, 1 %, 1,5 %, dan 2 %	IV-25
4.8.1 Tabel Perhitungan Rancangan Campuran Variasi Sedimen Embung 0,5 %, 1 %, 1,5 % dan 2 %	IV-25
4.8.2 Tabel Rekapitan Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi Sedimen Embung 0,5 %, 1 %, 1,5 % dan 2 %.....	IV-26
4.9 Perbandingan <i>Marshall Test</i> Untuk Variasi Sedimen (Filler) Tambahan	IV-28
4.10 Rangkuman Hasil Pengujian Proporsi Campuran AC – WC dengan KAO	IV-32
 BAB V PENUTUP	V-1
5.1 KESIMPULAN	V-1
5.2 SARAN	V-3
 DAFTAR PUSTAKA	
 LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Keterkaitan dengan Penelitian Terdahulu	I-4
Tabel 2.1	Ketentuan Agregat Kasar	II-5
Tabel 2.3	Persyaratan Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	II-6
Tabel 2.4	Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70	II-8
Tabel 2.5	Persyaratan Sifat Campuran Laston	II-10
Tabel 2.6	Gradasi Agregat Untuk Campuran Aspal	II-33
Tabel 3.1	Prediksi Jumlah Sampel Lapangan	III-2
Tabel 3.2	Kebutuhan Benda Uji Untuk Menentukan KAO	III-3
Tabel 3.3	Kebutuhan Benda Uji Untuk Uji Marshall Pada KAO dengan Menggunakan Sedimen Embung	III-3
Tabel 3.4	Kebutuhan Benda Uji Untuk Uji Marshall Pada KAO dengan Menggunakan Sedimen Embung	III-3
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah 3/4 "	IV-1
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Batu Pecah 1/2 "	IV-2
Tabel 4.3	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu	IV-3
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Pasir	IV-4
Tabel 4.5	Pengujian Analisa Saringan Agregat Kasar 3/4"	IV-5
Tabel 4.6	Pengujian Analisa Saringan Agregat Sedang 1/2"	IV-5
Tabel 4.7	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Abu Batu	IV-6
Tabel 4.8	Pengujian Analisa Saringan Agregat Halus Pasir	IV-7
Tabel 4.9	Hasil Pengujian Analisa Saringan <i>Filler</i> Semen	IV-8
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Analisa Saringan <i>Filler</i> Sedimen	IV-9
Tabel 4.11	Pengujian Abrasi	IV-10
Tabel 4.12	Persyaratan Aspal Keras Pen 60/70	IV-11
Tabel 4.13	Hasil Perhitungan Gradasi Agregat Gabungan	IV-11
Tabel 4.14	Perhitungan Rancangan Campuran dalam Persen (%)	IV-14
Tabel 4.15	Komposisi Campuran Laston AC - WC	IV-15
Tabel 4.16	Rangkuman Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Laston AC - WC	IV-16
Tabel 4.17	Hubungan antara Kadar Aspal dengan Stabilitas	IV-17
Tabel 4.18	Hubungan antara Kadar Aspal dengan Kelelehan (<i>Flow</i>)	IV-18
Tabel 4.19	Hubungan antara Kadar Aspal dengan <i>VIM</i>	IV-19

Tabel 4.20	Hubungan antara Kadar Aspal dengan <i>VMA</i>	IV-20
Tabel 4.21	Hubungan antara Kadar Aspal dengan <i>VFB</i>	IV-21
Tabel 4.22	Hubungan antara Kepadatan dan Kadar Aspal	IV-22
Tabel 4.23	Hubungan antara Rasio Partikel Bahan Lolos # No.200 dan Kadar Aspal	IV-23
Tabel 4.24	Perhitungan Rancangan Campuran Variasi Filler Semen + Sedimen 0,5 %.....	IV-25
Tabel 4.25	Perhitungan Rancangan Campuran Variasi Filler Semen + Sedimen 1 %.....	IV-25
Tabel 4.26	Perhitungan Rancangan Campuran Variasi Filler Semen + Sedimen 1,5 %.....	IV-26
Tabel 4.27	Perhitungan Rancangan Campuran Variasi Filler Semen + Sedimen 2 %	IV-26
Tabel 4.28	Rekapan Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Filler Semen + Sedimen 0,5 %	IV-26
Tabel 4.29	Rekapan Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Filler Semen + Sedimen 1 %	IV-27
Tabel 4.30	Rekapan Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Filler Semen + Sedimen 1,5 %	IV-27
Tabel 4.31	Rekapan Hasil Pengujian Marshall dengan Variasi Filler Semen + Sedimen 2 %	IV-27
Tabel 4.32	Hubungan antara Kadar <i>Filler</i> dengan Stabilitas	IV-28
Tabel 4.33	Hubungan antara Kadar <i>Filler</i> dengan Kepadatan	IV-28
Tabel 4.34	Hubungan antara Kadar <i>Filler</i> dengan Kelelehan (<i>Flow</i>)	IV-29
Tabel 4.35	Hubungan antara Kadar <i>Filler</i> dengan <i>VIM</i>	IV-30
Tabel 4.36	Hubungan antara Kadar <i>Filler</i> dengan <i>VMA</i>	IV-30
Tabel 4.37	Hubungan antara Kadar Filler dengan <i>VFB</i>	IV-31
Tabel 4.38	Hubungan antara Kadar Filler dengan Rasio Partikel	IV-32
Tabel 4.39	Rekapan Hasil Uji Campuran	IV-33
Tabel 4.40	Rekapitulasi Hasil Pengujian Campuran AC - WC	IV-34
Tabel 4.41	Hasil Perhitungan Berat Jenis <i>Bulk Agregat</i>	IV-35
Tabel 5.1	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi <i>Filler</i> Sedimen 0,5 %	V-2
Tabel 5.2	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi <i>Filler</i>	

	Sedimen 1 %	V-2
Tabel 5.3	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi <i>Filler</i>	
	Sedimen 1,5 %	V-2
Tabel 5.4	Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Variasi <i>Filler</i>	
	Sedimen 2 %	V-3

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Diagram Alir	III-5
Gambar 4.1	Grafik Gradasi Gabungan	IV-12
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal.....	IV-17
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal	IV-18
Gambar 4.4	Grafik Hubungan VIM dengan Kadar Aspal	IV-19
Gambar 4.5	Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal	IV-20
Gambar 4.6	Grafik Hubungan VFA dengan Kadar Aspal	IV-21
Gambar 4.7	Grafik Hubungan Kepadatan dengan Kadar Aspal	IV-22
Gambar 4.8	Grafik Hubungan Rasio Partikel dengan Kadar Aspal	IV-23
Gambar 4.9	Kadar Aspal Optimum (KAO)	IV-24
Gambar 4.10	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan Stabilitas	IV-28
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan Kepadatan	IV-29
Gambar 4.12	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan Kelelehan (<i>Flow</i>)	IV-29
Gambar 4.13	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan VIM	IV-30
Gambar 4.14	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan VMA	IV-31
Gambar 4.15	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan VFB	IV-31
Gambar 4.16	Grafik Hubungan Kadar <i>Filler</i> dengan Rasio Partikel	IV-32
Gambar 5.1	Diagram Batang Kadar Aspal Optimum (KAO)	V-1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Data Hasil Pengujian di Laboratorium
Lampiran 2	Dokumentasi Penelitian
Lampiran 3	Surat Ijin Penelitian
Lampiran 4	Bukti Asistensi Tugas Akhir
Lampiran 5	Formulir Penilaian Tugas Akhir