

**PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK ASPAL PANAS
JENIS AC WC (AC WEARING COURSE) TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)**

Oleh:

ANDIKA RIYANTAMA SAPUTRA

NIM. 18.21.119



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - S1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2023**

**PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT
SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK ASPAL PANAS
JENIS AC WC (AC WEARING COURSE) TERHADAP
KARAKTERISTIK MARSHALL**

TUGAS AKHIR

**Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)**

Oleh:

ANDIKA RIYANTAMA SAPUTRA

NIM. 18.21.119



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL - S1

**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2023**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK ASPAL PANAS JENIS AC WC (AC WEARING COURSE) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

*Disusun dan Diajukan Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil (S-1) Institut Teknologi Nasional Malang*

Disusun Oleh :

Andika Riyantama Saputra
18.21.119

Menyetujui :

Dosen Pembimbing 1



Ir. Eding Iskak Imananto, MT.

NIP. ~~196605061993031004~~

Dosen Pembimbing 2



Mohammad Erfan, S.T., MT.

NIP. P. 1031500508

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1
Institut Teknologi Nasional Malang



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

NIP. P. 1030300383

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

2023

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK ASPAL PANAS JENIS AC WC (AC WEARING COURSE) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

*Tugas Akhir Telah Dipertahankan Didepan Dosen Penguji Ujian
Tugas Akhir Jenjang Strata (S-1) Pada Tanggal 13 Februari 2023 dan Diterima
Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Sipil S-1*

Disusun Oleh :

Andika Rivantama Saputra

17821.119

Anggota Penguji

Dosen Penguji I

Ir. Ester Priskasari, M.T.

NIP. Y. 1039400265

Dosen Penguji II

Ir. Sudirman, M. Sc

NIP. P. 1031500508

Disahkan Oleh :

Ketua Program Studi

Dr. Yosimson. P. Manaha, S.T., MT.

NIP. P. 1030300383

Sekretaris Program Studi

Nenny Roostrianawaty, S.T., MT.

NIP. P. 1031700533

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

2023

LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Andika Riyantama Saputra
NIM : 18.21.119
Program Studi : Teknik Sipil S-1
Fakultas : Teknik Sipil Dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir saya dengan judul :
“PENELITIAN PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR UNTUK ASPAL PANAS JENIS AC WC (AC WEARING COURSE) TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL ”

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

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat di buktikan dapat unsur-unsur PLAGIASI, saya bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (SARJANA) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 10).

Malang, 28 Februari 2023

Yang membuat pernyataan



Andika Riyantama Saputra

NIM : 18.21.119

KATA PERSEMBAHAN

Puji syukur kehadiran Tuhan yang maha kuasa, yang sudah melindungi dan menyertai saya dalam setiap langka kehidupan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Bapak dan Mama

Bapak dan Mama tercinta terima kasih atas dukungan dan pengorbanannya sungguh cinta kasih Bapak dan Mama yang tulus, doa serta kasih sayangnya tak akan pernah dilupakan termasuk kakak saya yang selalu memberikan saya masukan nasehat yang dapat memotivasi saya.

Teman-teman

Teman-teman yang sudah membantu saya Angkatan sipil 2018, anak kontraan, Kolot Fams, Mas Ayik, Mas Teguh, Mas Nauval dan anak-anak Sekedar jalan, anak-anak Lab dan mohon maaf tidak saya sebutin satu persatu terima kasih atas bantuan, dukungannya baik tenaga, material, doa dan dorongannya. Pak Eding, Pak Erfan, Mama Ester, Pak Mahfud dan bang Mea yang selalu memberikan bimbingan. Terimakasih sekali karena sudah membantu dan mendidik saya.

Terima kasih untuk semuanya

Terimakasih banyak untuk baik nama yang saya sebutin maupun yang saya tidak sempat sebutin satu persatu.



Semoga skripsi saya bermanfaat bagi semuanyaa...

AMIIIIINNNNNN...

ABSTRAK

Penelitian Pemanfaatan Limbah Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Aspal Panas Jenis AC WC (AC Wearing Course) Terhadap Karakteristik Marshall

Andika Riyantama Saputra

Dosen Pembimbing:

Ir. Eding Iskak Imananto, MT.

Mohammad Erfan, ST., MT.

Limbah cangkang kelapa sawit memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran beraspal. Salah satunya sebagai pengganti agregat kasar pada campuran AC Wearing Course (AC-WC). Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja campuran aspal panas AC WC (AC Wearing Course) yang menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai pengganti agregat kasar serta untuk menganalisis kadar aspal optimum Marshall yang didapatkan pada setiap variasi campuran. Variasi cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dengan variasi kadar aspal mulai dari 5,0% sampai dengan 7,0%. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh Kadar aspal optimum Marshall yang didapatkan pada setiap variasi campuran adalah 5,85%. Nilai stabilitas tertinggi pada KPAC 0% dengan nilai 867,57 kg dan cenderung landai menurun, semakin besar presentase cangkang sawit maka nilai stabilitas semakin rendah. Nilai flow berada pada range 3,43 mm sampai dengan 4,70 mm, nilai flow cenderung mengalami peningkatan seiring semakin tinggi kadar agregat cangkang sawit. Nilai VIM berada pada range 4,26% sampai dengan 6,33%, nilai VIM terus meningkat seiring meningkatnya kadar cangkang sawit sebagai pengganti dan mencapai nilai maksimum 6,33% pada KPAC 10%. Nilai VMA berada pada range 16,86% sampai dengan 21,66% pada kadar agregat cangkang sawit sebagai pengganti mulai dari 0% sampai 10%. Nilai VMA cenderung meningkat nilainya seiring peningkatan kadar agregat cangkang sawit sebagai pengganti semakin besar. Nilai VFA cenderung menurun serta mencapai nilai maksimum pada KPAC 0% dan mencapai nilai minimum pada KPAC 10.0%. Nilai MQ berada pada range 253,79kg/mm sampai dengan 143,03kg/mm, nilai MQ mengalami penurunan seiring semakin tinggi kadar presentase cangkang sawit. Cangkang kelapa sawit memenuhi syarat pada presentase 0% sampai dengan 3,0% sebagai pengganti agregat kasar untuk aspal panas jenis AC WC (AC Wearing Course) terhadap karakteristik Marshall.

Kata Kunci : Agregate, AC-WC, Marshall.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Puji Syukur Kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proposal Tugas Akhir dengan judul **“Penelitian Pemanfaatan Limbah Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar Untuk Aspal Panas Jenis AC WC (AC Wearing Course) Terhadap Karakteristik Marshall”**.

Tugas Akhir ini dibuat sebagai syarat dalam memenuhi persyaratan menyelesaikan Tugas Akhir, Program Studi Teknik Sipil S-1, di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam proses penyelesaian Proposal Tugas akhir ini, penyusun menyampaikan terimakasih kepada :

- 1) Dr. Ir. Hery Setyobudiarso, M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang
- 2) Dr. Yosimson Petrus Manaha, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang
- 3) Ir. Eding Iskak Imananto, MT. selaku Dosen Pembimbing I
- 4) Mohammad Erfan, ST., MT. selaku Dosen pembimbing II
- 5) Kedua Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan baik moral maupun materi.
- 6) Rekan-rekan di program studi Teknik Sipil S-1 Institut Teknologi Nasional Malang yang selalu memberikan dukungan selama menyusun tugas akhir.

Penyusun menyadari bahwa pada Proposal Tugas Akhir ini, masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penyusun mengharapkan saran dan kritikan yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penyusun sendiri khususnya dan pembaca pada umumnya.

Malang, Februari 2023

Andika Riyantama S.
(18.21.119)

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR..... | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR | iii |
| LEMBAR KEASLIAN TUGAS AKHIR..... | iv |
| KATA PERSEMBAHAN | v |
| ABSTRAK | vi |
| KATA PENGANTAR..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR TABEL | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xvii |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Identifikasi Masalah | 3 |
| 1.3 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Batasan Penelitian | 4 |
| 1.7 Hipotesis Penelitian..... | 4 |
| BAB II | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA | 5 |
| 2.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.2 Novelty (Pembaruan Penelitian) | 10 |
| 2.3 Pengertian dan Fungsi Aspal..... | 11 |
| 2.4 Perkerasan Jalan | 12 |
| 2.4.1 Perkerasan Lentur (<i>Fleksibel Pavement</i>)..... | 13 |

| | | |
|--------------------------|--|-----------|
| 2.5 | Campuran Beraspal | 15 |
| 2.5.1 | Asphalt Concrete-Wearing Course (AC- WC)..... | 18 |
| 2.6 | Cangkang Sawit..... | 19 |
| 2.7 | Agregat | 21 |
| 2.7.1 | Jenis-Jenis Agregat | 22 |
| 2.7.2 | Gradasi Agregat Gabungan | 22 |
| 2.7.3 | Menentukan Diagram Diagonal Komposisi Agregat Campura+n AC-WC | 24 |
| 2.7.4 | Agregat Kasar | 26 |
| 2.8 | Pemeriksaan | 28 |
| 2.8.1 | Pemeriksaan Agregat..... | 28 |
| 2.8.2 | Pemeriksaan Bahan Campuran..... | 33 |
| 2.9 | Analisa Data | 39 |
| 2.9.1 | Uji Validitas | 39 |
| 2.9.2 | Uji Regresi..... | 40 |
| 2.9.3 | Uji Korelasi | 41 |
| 2.9.4 | Koefisien Determinasi | 41 |
| 2.9.5 | Uji Hipotesis | 42 |
| BAB III | | 43 |
| METODE PENELITIAN | | 43 |
| 3.1 | Lokasi Penelitian | 43 |
| 3.2 | Metode Penelitian..... | 43 |
| 3.3 | Pengumpulan Data | 43 |
| 3.4 | Prosedur Penelitian..... | 44 |
| 3.5 | Peralatan dan Bahan (material) | 44 |
| 3.5.1 | Material Untuk Penelitian | 44 |
| 3.5.2 | Peralatan | 44 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.5.3 | Benda Uji..... | 45 |
| 3.6 | Pengujian Marshall..... | 47 |
| 3.7 | Pemeriksaan | 48 |
| 3.7.1 | Pemeriksaan Terhadap Agregat..... | 48 |
| 3.7.2 | Pemeriksaan Terhadap Aspal | 49 |
| 3.8 | <i>Flowchart</i> Penelitian | 51 |
| BAB IV | | 54 |
| ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN | | 54 |
| 4.1 | Pemeriksaan Mutu Bahan | 54 |
| 4.2 | Pengujian Agregat | 54 |
| 4.2.1 | Pengujian Analisa Saringan Halus, Sedang dan Kasar (SNI ASTM C136 : 2012) | 54 |
| 4.2.2 | Pengujian Berat Isi Agregat 10-10 (AASHTO T-19-80) (ASTM C-29-71)..... | 57 |
| 4.2.3 | Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (<i>Agregate Impact Value</i>) (BS 812 : Part 3 : 1975 | 60 |
| 4.2.5 | Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat..... | 62 |
| 4.2.7 | Pengujian Keausan Agregat dengan Menggunakan Alat Abrasi <i>LosAngeles</i> (SNI 2417-2008)..... | 66 |
| 4.2.8 | Hasil Pengujian Material Lolos Ayakan No.200 (SNI ASTM C117 – 2012)..... | 68 |
| 4.2.9 | Pengujian Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat (SNI 03-4141-1996). | 71 |
| 4.2.10 | Hasil Pengujian Butir Pecah Pada Agregat Kasar (SNI 7619:2012) | 73 |
| 4.2.11 | Hasil Pengujian Agregat..... | 74 |
| 4.3 | Hasil Pengujian Aspal..... | 76 |

| | | |
|-----------------------------|---|------------|
| 4.3.1 | Pengujian Penetrasi Aspal (SNI 2456 : 2011)..... | 76 |
| 3.3.2 | Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal dengan Cleveland Open Cup (AASHTO T-48-81) | 77 |
| 4.3.3 | Pengujian Titik Lembek (SNI 2434:2011)..... | 78 |
| 4.3.4 | Pengujian Daktilitas Aspal (SNI 2432:2011)..... | 80 |
| 4.3.5 | Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal Aspal (SNI 06 - 2440 – 1991 | 81 |
| 4.3.6 | Hasil Pengujian Aspal | 82 |
| 4.4 | Perencanaan Komposisi Campuran | 85 |
| 4.4.1 | Perhitungan Persentase Agregat dengan Metode Grafis | 85 |
| 4.5 | Komposisi Campuran Normal Untuk Variasi Aspal | 86 |
| 4.6 | Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal (SNI 03-6893- 2002)90 | |
| 4.7 | Pengujian Marshall Test Untuk Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) 91 | |
| 4.8 | Perhitungan Interval Kepercayaan | 94 |
| 4.9 | Kadar Aspal Optimum (KAO) | 104 |
| 4.10 | Perhitungan Mencari Kadar Agregat Optimum (KAO) Menggunakan Cangkang Kelapa Sawit (K.P.A.C) | 112 |
| 4.11 | Pengujian Marshall Test Campuran..... | 121 |
| 4.12 | Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit Dengan K.P.A.C 126 | |
| 4.13 | Hasil Grafik Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Stabilitas, Flow, VIM, VMA, VFA., dan MQ..... | 139 |
| 4.14 | Pengujian Hipotesis..... | 147 |
| 4.15 | Analisis Regresi..... | 159 |
| BAB V | | 171 |
| KESIMPULAN DAN SARAN | | 171 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 171 |
| 5.2 | Saran | 172 |

| | |
|----------------------------------|------------|
| DAFTAR PUSTAKA | 173 |
| LAMPIRAN..... | 175 |
| Daftar Simbol dan Singkatan..... | 175 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Hal. |
|--|-------------|
| Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu dan hasilnya..... | 5 |
| Tabel 2.2 Persamaan dan perbedaan penelitian terdahulu..... | 8 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Campuran Laston (AC-WC)..... | 19 |
| Tabel 2. 4 Gradasi Agregat Campuran Gabungan Aspal AC-WC..... | 24 |
| Tabel 2. 5 Ketentuan Agregat Kasar | 27 |
| Tabel 2. 6 Standar Pemeriksaan Agregat | 28 |
| Tabel 2. 7 Ukuran saringan menurut ASTM (Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah)..... | 29 |
| Tabel 2. 8 Indeks ketelitian pengujian untuk multi-laboratorium dan satu operator | 33 |
| Tabel 3. 1 Rancangan campuran agregat kasar dan penggunaan KAO | 47 |
| Tabel 4. 1 Analisa Saringan Agregat 0 – 5 AASHTO T-27-82 | 54 |
| Tabel 4. 2 Analisa Saringan Agregat 5 – 10 AASHTO T-27-82 | 55 |
| Tabel 4. 3 Analisa Saringan Agregat 10 - 10 AASHTO T-27-82 | 56 |
| Tabel 4. 4 Pengujian Berat Isi Agregat 10-10 AASHTO T-19-80..... | 57 |
| Tabel 4. 5 Pengujian Berat Isi Agregat 5-10 AASHTO T-19-80..... | 58 |
| Tabel 4. 6 Pengujian Berat Isi Agregat 0-5 AASHTO T-19-80..... | 58 |
| Tabel 4. 7 Pengujian Kekuatan Agregat Terhadap Tumbukan (Aggregate Impact Value) dengan menggunakan Metode (BS 812 : Part 3 : 1975) | 61 |
| Tabel 4. 8 Hasil pengujian agregat dengan menggunakan alat Los Angeles | 67 |
| Tabel 4. 9 Bahan lolos saringan no. 200 agregat halus (0 - 5) | 68 |
| Tabel 4. 10 Bahan lolos saringan no. 200 agregat kasar (5 - 10) | 69 |
| Tabel 4. 11 Bahan lolos saringan no. 200 agregat kasar (10 - 10) | 70 |
| Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Agregat (0-5)..... | 71 |
| Tabel 4. 13 Butir Pecah Agregat Kasar Ukuran Nominal < 19 Mm, (Batu Pecah 5-10)..... | 73 |
| Tabel 4. 14 Butir Pecah Agregat Kasar Ukuran Nominal < 19 Mm, (Batu Pecah 10-10)..... | 74 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Material Agregat | 75 |
| Tabel 4. 16 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Sebelum Kehilangan Minyak (AASHTO T-49-80) | 76 |
| Tabel 4. 17 Pengujian Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen Setelah Kehilangan Minyak (AASHTO T-49-80) | 76 |
| Tabel 4. 18 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar | 78 |
| Tabel 4. 19 Pengujian Titik Lembek Aspal Sebelum Kehilangan Berat..... | 79 |
| Tabel 4. 20 Pengujian Daktilitas Aspal Sebelum Kehilangan Berat Minyak dan Aspal ((AASHTO T-51-81) | 80 |
| Tabel 4. 21 Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal Setelah Kehilangan Minyak | 81 |
| Tabel 4. 22 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Minyak dan Aspal..... | 82 |
| Tabel 4. 23 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Penetrasi 60/70 | 83 |
| Tabel 4. 24 Ketentuan Untuk Aspal Keras | 84 |
| Tabel 4. 25 Hasil Perhitungan Kadar Aspal Rencana | 87 |
| Tabel 4. 26 Perencanaan Komposisi Campuran AC – WC..... | 88 |
| Tabel 4. 27 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal (SNI 03-6893-2002) | 90 |
| Tabel 4. 28 Hasil pengujian Test Marshall Mencari Kadar Aspal Optimum..... | 91 |
| Tabel 4. 29 Pengujian Berat Jenis Maksimum Campuran Beraspal (SNI 03-6893-2002) | 93 |
| Tabel 4. 30 Data Pengujian Stabilitas Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan..... | 94 |
| Tabel 4. 31 Data pengujian kadar aspal 5% | 95 |
| Tabel 4. 32 Interval Kepercayaan Stabilitas..... | 96 |
| Tabel 4. 33 Data Pengujian Lelehan (Flow) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan..... | 97 |
| Tabel 4. 34 Interval Kepercayaan Kelelehan (Flow)..... | 98 |
| Tabel 4. 35 Data Pengujian VIM (Voids in The Mix) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan | 98 |
| Tabel 4. 36 Interval Kepercaaan VIM (Voids In The Mix) | 99 |

| | |
|---|-----|
| Tabel 4. 37 Data Pengujian MQ (Marshall Quotient) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan | 100 |
| Tabel 4. 38 Interval Kepercayaan MQ (Marshall Quotient) | 101 |
| Tabel 4. 39 Data Pengujian VFA (Percent of Voids in Mineral Aggregate) Setelah Dilakukan Pengujian Interval Kepercayaan..... | 102 |
| Tabel 4. 40 Interval Kepercayaan VFA (Voids Filled with Asphalt / rongga terisi aspal) | 103 |
| Tabel 4. 41 Komposisi GMM Campuran AC-WC Pengganti Agregat Cangkang Sawit..... | 112 |
| Tabel 4. 42 Tabel 4. 50 Variasi Cangkang Sawit 0% | 112 |
| Tabel 4.43 Variasi Cangkang Sawit 2,5% | 113 |
| Tabel 4.44 Variasi Cangkang Sawit 5% | 113 |
| Tabel 4.45 Variasi Cangkang Sawit 7,5% | 114 |
| Tabel 4.46 Variasi Cangkang Sawit 10% | 114 |
| Tabel 4. 47 Kebutuhan Campuran Aspal Beton (AC - WC) GMM..... | 115 |
| Tabel 4. 48 Komposisi Campuran AC-WC Pengganti Agregat Cangkang Sawit | 117 |
| Tabel 4. 49 Variasi Cangkang Sawit 0% | 117 |
| Tabel 4. 50 Variasi Cangkang Sawit 2,5% | 118 |
| Tabel 4. 51 Variasi Cangkang Sawit 5% | 118 |
| Tabel 4. 52 Variasi Cangkang Sawit 7,5% | 119 |
| Tabel 4. 53 Variasi Cangkang Sawit 10% | 119 |
| Tabel 4. 54 Kebutuhan Campuran Aspal Beton (AC - WC)..... | 120 |
| Tabel 4. 55 Hasil Pengujian Marshall Test Campuran AC-WC Dengan | 121 |
| Tabel 4. 56 Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit Stabilitas | 126 |
| Tabel 4. 57 Perhitungan Interval Kepercayaan Stabilitas | 127 |
| Tabel 4. 58 Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit Flow (kelelahan) | 128 |
| Tabel 4. 59 Perhitungan Interval Kepercayaan Flow | 129 |
| Tabel 4. 60 Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit VIM | 131 |
| Tabel 4. 61 Perhitungan Interval Kepercayaan VIM..... | 131 |

| | | |
|--------------------|--|-----|
| Tabel 4. 62 | Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit VMA..... | 133 |
| Tabel 4. 63 | Perhitungan Interval Kepercayaan VMA | 133 |
| Tabel 4. 64 | Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit MQ | 135 |
| Tabel 4. 65 | Perhitungan Interval Kepercayaan MQ..... | 135 |
| Tabel 4. 66 | Interval Kepercayaan Pengujian Marshall 30 Menit VFA..... | 137 |
| Tabel 4. 67 | Perhitungan Interval Kepercayaan VFA | 137 |
| Tabel 4. 68 | Data stabilitas dengan variasi agregat cangkang kelapa sawit rendaman 30 menit..... | 147 |
| Tabel 4. 69 | Analisa Varian Untuk Stabilitas | 149 |
| Tabel 4. 70 | Analisa statistik untuk seluruh pengamatan Stabilitas | 151 |
| Tabel 4. 71 | Analisa Varian Untuk VMA | 152 |
| Tabel 4. 72 | Analisa Varian untuk VMA | 153 |
| Tabel 4. 73 | Analisa Varian Untuk Flow (Kelelehan)..... | 153 |
| Tabel 4. 74 | Analisa Varian untuk Flow | 155 |
| Tabel 4. 75 | Analisa Varian Untuk Marshall Quotient..... | 155 |
| Tabel 4. 76 | Tabel Analisa Varian untuk Marshall Quotient | 156 |
| Tabel 4. 77 | Analisa Varian Untuk VFA | 157 |
| Tabel 4. 78 | Tabel Analisa Varian untuk VFA..... | 158 |
| Tabel 4. 79 | Variasi kadar aspal dan stabilitas | 159 |
| Tabel 4. 80 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan stabilitas | 159 |
| Tabel 4. 81 | Variasi kadar aspal dan flow | 161 |
| Tabel 4. 82 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan flow | 161 |
| Tabel 4. 83 | Variasi kadar aspal dan VIM..... | 163 |
| Tabel 4. 84 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan VIM..... | 163 |
| Tabel 4. 85 | Variasi kadar aspal dan VMA | 165 |
| Tabel 4. 86 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan VMA | 165 |
| Tabel 4. 87 | Variasi kadar aspal dan MQ | 166 |
| Tabel 4. 88 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan MQ | 167 |
| Tabel 4. 89 | Variasi kadar aspal dan VFA..... | 168 |
| Tabel 4. 90 | Data hasil kali dan kuadrat kadar aspal dengan VFA | 168 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Hal. |
|---|-------------|
| Gambar 2. 1 Cangkang kelapa sawit..... | 20 |
| Gambar 2. 2 Diagram Diagonal Agregat AC-WC | 26 |
| Gambar 2. 3 Skema Campuran Aspal Betonm yang Telah Didapatkan | 34 |
| Gambar 3. 1 Bagan alir/flowchart penelitian | 53 |
| Gambar 4. 1 Grafik Diagonal Komposisi Campuran Agregat..... | 85 |
| Gambar 4. 2 Grafik hubungan antara kadar aspal dan stabilitas koreksi | 104 |
| Gambar 4. 3 Grafik hubungan antara kadar aspal dan flow..... | 105 |
| Gambar 4. 4 Grafik hubungan kadar aspal dengan VIM | 106 |
| Gambar 4. 5 Grafik hubungan kadar aspal dengan VMA..... | 107 |
| Gambar 4. 6 Grafik hubungan kadar aspal dengan VFA | 108 |
| Gambar 4. 7 Grafik hubungan kadar aspal dengan berat volume | 109 |
| Gambar 4. 8 Grafik hubungan kadar aspal dengan MQ..... | 110 |
| Gambar 4. 9 Diagram Batang Kadar Aspal Optimum | 111 |
| Gambar 4. 10 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan Stabilitas | 139 |
| Gambar 4. 11 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan Flow | 140 |
| Gambar 4. 12 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan VIM..... | 141 |
| Gambar 4. 13 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan VMA | 142 |
| Gambar 4. 14 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan VFA | 143 |
| Gambar 4. 15 Grafik Hubungan Antara Kadar Agregat Cangkang Sawit Sebagai Pengganti Dengan Marshall Quotient | 144 |
| Gambar 4. 16 Distribusi α F-tabel..... | 151 |