

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan rahmat yang telah diberikan-Nya, laporan skripsi dengan judul “EVALUASI PENGGUNAAN *SUPERPLAST* POLIMER TERHADAP TINGKAT ADHESI CAMPURAN ASPAL HANGAT BERDASARKAN *DIGITAL IMAGE ANALYSIS SOFTWARE IMAGE J*” dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Laporan skripsi ini disusun atas hasil penelitian yang telah dilakukan sejak September 2021 hingga bulan Januari 2022. Skripsi adalah salah satu bentuk syarat kelulusan bagi seorang mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan. Selain memberikan pengalaman baru bagi mahasiswa, skripsi juga bermakna sebagai penerapan pengetahuan yang didapat mahasiswa sepanjang periode perkuliahan.

Penulis menyadari betul bahwa doa, bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sangat memengaruhi jalannya penelitian dan penyusunan skripsi. Tanpanya maka laporan skripsi ini tidak dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah terlibat dan membantu proses penyusunan skripsi ini baik secara materi maupun moral, yaitu kepada:

1. Bapak Eric Jobiliong, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan;
2. Ibu Dr. Nuri Arum Anugrahati, selaku Wakil Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan;
3. Bapak Laurence, M.T., selaku Direktur Administrasi dan Kemahasiswaan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan;
4. Bapak Sadvent Martondang Purba, S.T., M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan;
5. Bapak Johannes T. A. Gerung, M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Akademik periode 2017 - 2019 yang telah membimbing dan membantu penulis selama perkuliahan;

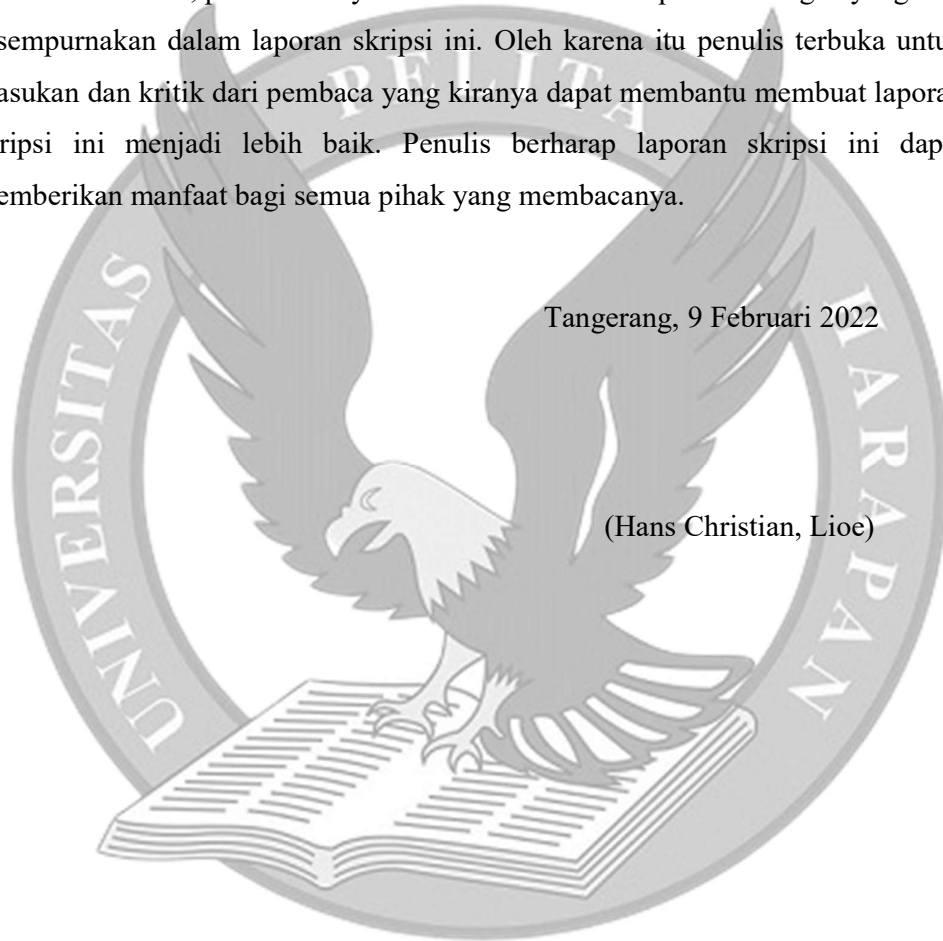
6. Bapak Christian Gerald Daniel, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi yang telah memberi ide, masukan dan arahan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi;
7. Ibu Sunie Rahardja, M.S.C.E, selaku Dosen Pembimbing Akademik tahun 2020 - 2021 yang telah memperhatikan, membimbing dan mengarahkan penulis selama perkuliahan;
8. Prof. Dr. Ir. Wiryanto Dewobroto, Prof. Dr. Manlian Ronald A. Simanjuntak, D.Min, M.T., Dr.-Ing. Jack Widjajakusuma, Minawaty Tanudjaja, M.T., Andreas K. Djukardi, M.Const. Mgt., Gino Pranata Ng, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pengajar yang telah memberikan wawasan bagi penulis selama perkuliahan;
9. Dosen, asisten dosen, dan asisten mahasiswa yang telah membantu dan membimbing penulis dalam menjalani perkuliahan;
10. Pak Pana, Pak Stefanus, dan Pak Yusuf, selaku Staf Karyawan Laboratorium Universitas Pelita Harapan yang telah membantu penulis di laboratorium dalam melakukan penelitian;
11. Keluarga dari penulis Papa, Mami, Grace, Audrey beserta saudara-saudara yang senantiasa memberikan semangat dan doa pada penulis agar proses penyusunan skripsi bisa selesai tepat waktu;
12. Clairine Saputan, Ezra Dawolo sebagai rekan penyusun skripsi dalam periode yang sama, yang ikut membantu memberi masukan dan motivasi khususnya dalam penelitian lab;
13. Angela Hermanto, David Haryanto, Kevin Christian, Kevina Lael, Sissel Augina, Yalina Hosea sebagai sahabat penulis sejak dulu yang senantiasa mendukung penyusunan laporan skripsi;
14. Adhitama Khossy, Prajna Ardhika, Darren Ivan, Vincensius Anthony, Ryan Hadi, Arie Pangestu, Yonatan Burhan sebagai rekan rekan seperjuangan Teknik Sipil yang membantu penulis dalam menjaga motivasinya untuk menyusun laporan skripsi;
15. Keluarga Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HMTS) UPH yang telah mendukung penulis untuk belajar menjadi seorang pemimpin;

16. Teman-teman dari angkatan 2017 dari Program Studi Teknik Sipil Universitas Pelita Harapan yang telah bersama-sama berjuang dan memberi dukungan selama penyusunan skripsi berlangsung;
17. Pihak terkait lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu disini yang telah membantu dan memberi doa selama proses penyusunan skripsi.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan yang bisa disempurnakan dalam laporan skripsi ini. Oleh karena itu penulis terbuka untuk masukan dan kritik dari pembaca yang kiranya dapat membantu membuat laporan skripsi ini menjadi lebih baik. Penulis berharap laporan skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Tangerang, 9 Februari 2022

(Hans Christian, Lioe)



## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| HALAMAN JUDUL                                  |      |
| PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN UNGGAH TUGAS AKHIR  |      |
| PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI           |      |
| PERSETUJUAN TIM PENGUJI SKRIPSI                |      |
| ABSTRAK .....                                  | v    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                          | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                           | vii  |
| DAFTAR ISI .....                               | x    |
| DAFTAR GAMBAR.....                             | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                             | xv   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                          | xvi  |
| <br>   |      |
| <b>BAB I PENDAHULUAN</b>                       |      |
| 1.1.Latar Belakang .....                       | 1    |
| 1.2.Rumusan Masalah .....                      | 5    |
| 1.3.Maksud dan Tujuan Penelitian .....         | 5    |
| 1.4.Batasan Masalah .....                      | 6    |
| 1.5.Manfaat Penelitian .....                   | 6    |
| 1.6. Metodologi Penelitian .....               | 7    |
| 1.7. Sistematika Penulisan .....               | 8    |
| <br>   |      |
| <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>                   |      |
| 2.1. Pengelupasan ( <i>Stripping</i> ) .....   | 10   |
| 2.2. Aspal Beton .....                         | 12   |
| 2.3. Campuran Aspal Beton.....                 | 13   |
| 2.4 Material Penyusun Aspal Beton .....        | 14   |
| 2.4.1 Aspal .....                              | 14   |
| 2.4.2 Agregat .....                            | 16   |
| 2.5 Klasifikasi Aspal Beton .....              | 21   |
| 2.5.1 Metode Campuran Aspal Hangat (WMA) ..... | 21   |
| 2.5.2 Klasifikasi Teknologi WMA .....          | 22   |
| 2.6 Zat Aditif Zeolit .....                    | 26   |
| 2.7. Zat Aditif Polimer .....                  | 29   |
| 2.8. Uji <i>Marshall</i> .....                 | 32   |
| 2.9 <i>Boiling Water Test</i> (BWT) .....      | 36   |
| 2.10 <i>Software Image j</i> .....             | 37   |
| 2.11 Pengembangan Penelitian Sebelumnya .....  | 39   |
| <br>   |      |
| <b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>           |      |
| 3.1. Umum .....                                | 41   |
| 3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian .....         | 42   |
| 3.3. Variabel Penelitian .....                 | 42   |
| 3.4. Material Penyusun VMA .....               | 42   |
| 3.4.1. Bitumen .....                           | 42   |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 3.4.2. | Agregat Kasar .....                                       | 43 |
| 3.4.3. | Agregat Halus .....                                       | 43 |
| 3.4.4. | Bahan Pengisi .....                                       | 44 |
| 3.4.5. | Zat Aditif Zeolit .....                                   | 44 |
| 3.4.6. | Polimer <i>Superplast</i> .....                           | 45 |
| 3.5.   | Alat yang Digunakan .....                                 | 46 |
| 3.5.1. | Oven .....  | 46 |
| 3.5.2. | Mesin Pengayak dan Ayakan .....                           | 46 |
| 3.5.3. | Mesin <i>Los Angeles</i> .....                            | 47 |
| 3.5.4. | Mesin Kompaksi .....                                      | 48 |
| 3.5.5. | Bak Perendam .....  | 48 |
| 3.5.6. | Alat <i>Marshall</i> .....                                | 49 |
| 3.5.7. | Mold Benda Uji KAO .....                                  | 49 |
| 3.5.8. | <i>Hydraulic Pump</i> .....                               | 50 |
| 3.5.9. | Timbangan .....   | 50 |
| 3.6.   | Ujian Spesifikasi Material .....                          | 51 |
| 3.6.1. | Berat Jenis Agregat Halus, Kasar, dan Zeolit .....        | 52 |
| 3.6.2. | Kadar Lumpur Agregat Halus .....                          | 52 |
| 3.6.3. | Pengujian Berat Jenis Semen .....                         | 53 |
| 3.6.4. | Pengujian Berat Jenis Bitumen .....                       | 53 |
| 3.6.5. | Pengujian Penetrasi Bitumen .....                         | 54 |
| 3.6.6. | Pengujian Titik Lembek Bitumen .....                      | 54 |
| 3.6.7. | Pengujian Titik Nyala dan Bakar Bitumen .....             | 55 |
| 3.6.8. | Analisis Ayakan Pada Agregat .....                        | 55 |
| 3.7.   | Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) .....                 | 56 |
| 3.7.1. | Perencanaan Campuran Benda Uji ( <i>Mx Design</i> ) ..... | 56 |
| 3.7.2. | Pembuatan Benda Uji <i>Marshall</i> .....                 | 56 |
| 3.7.3. | Perhitungan Volumetrik Benda Uji .....                    | 57 |
| 3.7.4. | Pengujian <i>Marshall</i> .....                           | 57 |
| 3.8.   | Pengujian <i>Boiling Water Test</i> .....                 | 58 |
| 3.8.1. | Perencanaan <i>Mix Design</i> Campuran BWT .....          | 58 |
| 3.8.2. | Pembuatan Benda Uji BWT .....                             | 59 |
| 3.8.3. | Pelaksanaan Metode BWT .....                              | 60 |
| 3.8.4. | Analisis Hasil BWT .....                                  | 61 |

#### BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 4.1.   | Umum .....   | 63 |
| 4.2.   | Hasil dan Pembahasan Karakteristik Material .....              | 63 |
| 4.2.1. | Bitumen .....  | 63 |
| 4.2.2. | Agregat Kasar, Agregat Halus, <i>Filler</i> , dan Zeolit ..... | 65 |
| 4.3.   | Perhitungan <i>Mix Design</i> untuk Uji <i>Marshall</i> .....  | 65 |
| 4.4.   | Hasil dan Analisa Uji <i>Marshall</i> .....                    | 68 |
| 4.5.   | Kadar Optimum Aspal .....                                      | 75 |
| 4.6.   | <i>Mix Design</i> Campuran Benda Uji BWT .....                 | 75 |
| 4.7.   | Hasil dan Analisis Pengujian BWT .....                         | 76 |

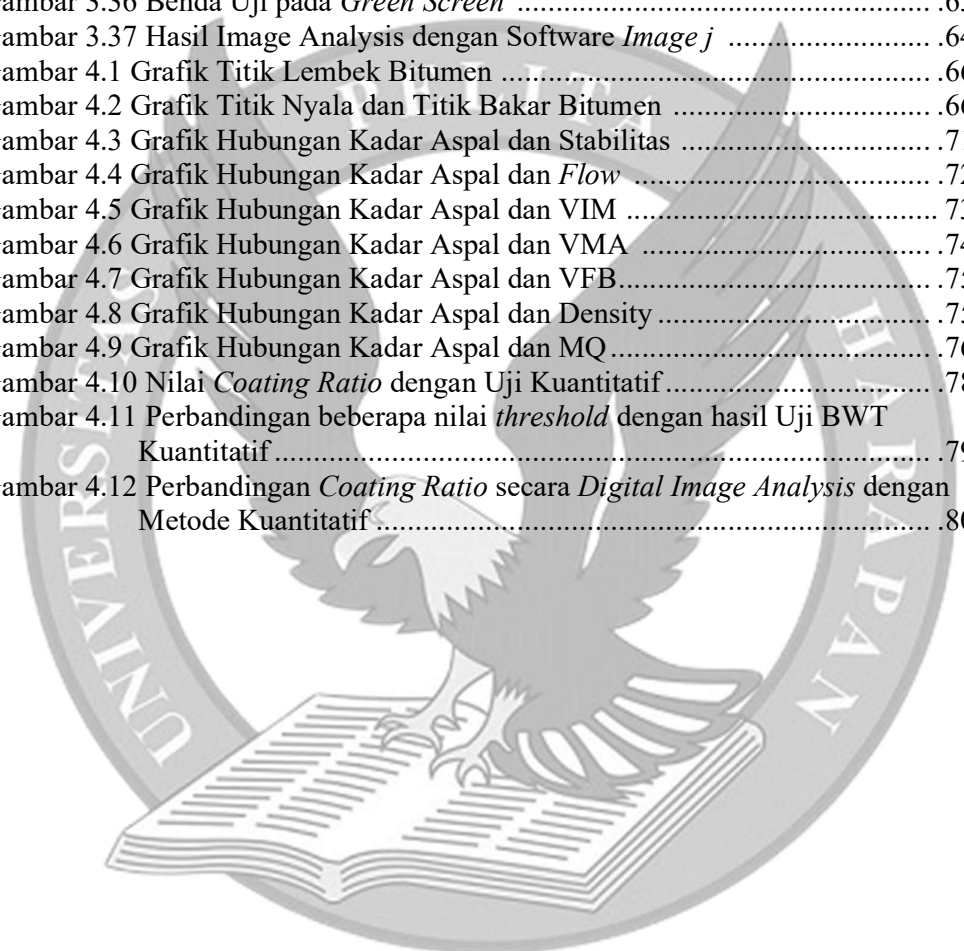
|                       |    |
|-----------------------|----|
| BAB V PENUTUP         |    |
| 5.1. Umum .....       | 80 |
| 5.2. Kesimpulan ..... | 80 |
| 5.3. Saran .....      | 81 |
| DAFTAR PUSTAKA .....  | 83 |
| LAMPIRAN .....        | 89 |



## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1 Kerusakan Jalan di Daerah Harapan Kita, Karawaci.....         | 1  |
| Gambar 1.2 Ilustrasi <i>stripping</i> Campuran Aspal.....                | 2  |
| Gambar 1.3 Tingkat Energi untuk Produksi Aspal Berdasarkan Suhu .....    | 4  |
| Gambar 2.1 Pengaruh Muatan Kutub Terhadap Daya Adhesi.....               | 12 |
| Gambar 2.2 Proses Fisik dan Mekanik Penyebab <i>stripping</i> .....      | 12 |
| Gambar 2.3 Jenis Lapisan Aspal Beton .....                               | 13 |
| Gambar 2.4 Ilustrasi Hubungan Aspal dan Agregat.....                     | 15 |
| Gambar 2.5 Persentase Pengurangan Emisi Beberapa Negara Eropa .....      | 22 |
| Gambar 2.6 Mesin <i>Foaming Free Water System</i> .....                  | 24 |
| Gambar 2.7 Bentuk Bahan Aditif Sasobit.....                              | 25 |
| Gambar 2.8 Rediset WMX.....  | 25 |
| Gambar 2.9 Struktur Molekul Zeolit .....                                 | 26 |
| Gambar 2.10 Tampak fisik zeolit alam.....                                | 28 |
| Gambar 2.11 Alat Pengujian <i>Marshall</i> .....                         | 32 |
| Gambar 2.12 256 Tingkat Warna Abu-Abu Dalam 8 Bit <i>Grayscale</i> ..... | 38 |
| Gambar 2.13 Grafik Coating Ratio Benda Uji BWT .....                     | 40 |
| Gambar 2.14 Studio Foto yang Digunakan.....                              | 41 |
| Gambar 3.1 Alur Kerja Penelitian.....                                    | 43 |
| Gambar 3.2 Bitumen PEN 60/70.....  | 45 |
| Gambar 3.3 Agregat Kasar.....  | 45 |
| Gambar 3.4 Agregat Halus.....  | 46 |
| Gambar 3.5 Filler Semen Portland .....                                   | 46 |
| Gambar 3.6 Bahan Aditif Zeolit .....                                     | 47 |
| Gambar 3.7 Polimer <i>Superplast</i> .....                               | 47 |
| Gambar 3.8 Oven.....   | 48 |
| Gambar 3.9 Ayakan dan Mesin Ayakan.....                                  | 49 |
| Gambar 3.10 Mesin Los Angeles .....                                      | 49 |
| Gambar 3.11 Mesin Kompaksi.....  | 50 |
| Gambar 3.12 Bak Perendam ( <i>Water Bath</i> ) .....                     | 50 |
| Gambar 3.13 Alat <i>Marshall</i> .....                                   | 51 |
| Gambar 3.14 Cetakan Benda Uji KAO .....                                  | 51 |
| Gambar 3.15 <i>Hydraulic Pump</i> .....                                  | 52 |
| Gambar 3.16 Timbangan Digital.....                                       | 53 |
| Gambar 3.17 Pengujian Berat Jenis .....                                  | 54 |
| Gambar 3.18 Pengujian Kadar Lumpur.....                                  | 54 |
| Gambar 3.19 Pengujian Berat Jenis Semen .....                            | 55 |
| Gambar 3.20 Proses Pengisian Bitumen kedalam Piknometer .....            | 55 |
| Gambar 3.21 Pengujian Penetrasi .....                                    | 56 |
| Gambar 3.22 Pengujian Titik Lembek .....                                 | 56 |
| Gambar 3.23 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar.....                   | 57 |
| Gambar 3.24 Ayakan dan Mesin Pengayak .....                              | 57 |
| Gambar 3.25 Grafik Nilai Tengah Gradasi Ayakan .....                     | 57 |
| Gambar 3.26 Pencampuran Bahan Benda Uji.....                             | 59 |

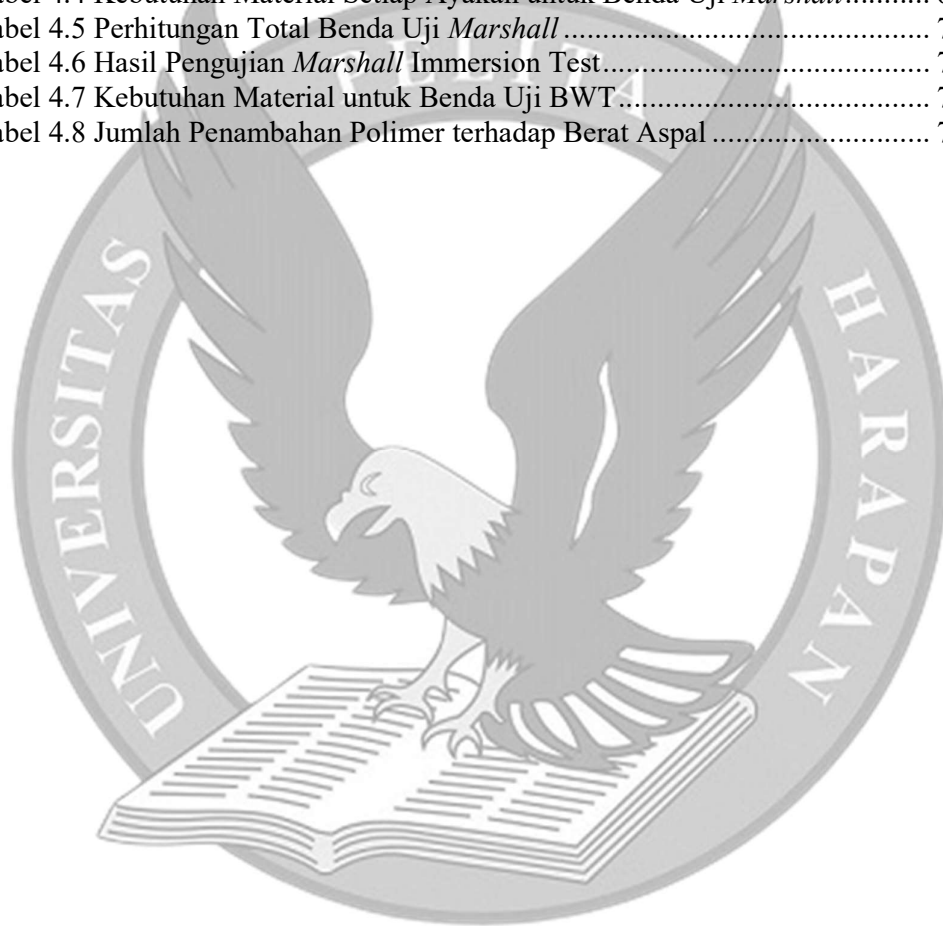
|   |    |
|---|----|
| Gambar 3.27 Proses Kompaksi Benda uji .....   | 59 |
| Gambar 3.28 Tahapan <i>Waterbath</i> .....  | 60 |
| Gambar 3.29 Hasil Uji <i>Marshall</i> .....   | 60 |
| Gambar 3.30 Proses <i>Mixing</i> .....  | 62 |
| Gambar 3.31 Penimbangan Polimer .....   | 62 |
| Gambar 3.32 Timbangan Benda Uji .....   | 62 |
| Gambar 3.33 Pengukuran Suhu Benda Uji .....   | 62 |
| Gambar 3.34 Sebelum BWT .....   | 63 |
| Gambar 3.35 Setelah BWT .....   | 63 |
| Gambar 3.36 Benda Uji pada <i>Green Screen</i> .....  | 63 |
| Gambar 3.37 Hasil Image Analysis dengan Software <i>Image j</i> .....   | 64 |
| Gambar 4.1 Grafik Titik Lembek Bitumen .....  | 66 |
| Gambar 4.2 Grafik Titik Nyala dan Titik Bakar Bitumen .....   | 66 |
| Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas .....   | 71 |
| Gambar 4.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>Flow</i> .....  | 72 |
| Gambar 4.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VIM .....  | 73 |
| Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VMA .....  | 74 |
| Gambar 4.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan VFB.....   | 75 |
| Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Density .....  | 75 |
| Gambar 4.9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan MQ .....   | 76 |
| Gambar 4.10 Nilai <i>Coating Ratio</i> dengan Uji Kuantitatif .....   | 78 |
| Gambar 4.11 Perbandingan beberapa nilai <i>threshold</i> dengan hasil Uji BWT<br>Kuantitatif .....                    | 79 |
| Gambar 4.12 Perbandingan <i>Coating Ratio</i> secara <i>Digital Image Analysis</i> dengan<br>Metode Kuantitatif ..... | 80 |





## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Tebal Minimum Lapisan Aspal Beton .....                                | 14 |
| Tabel 2.2 Spesifikasi Iterchimica <i>Superplast</i> .....                        | 31 |
| Tabel 2.3 Perbedaan Rumus Penelitian Sebelumnya .....                            | 44 |
| Tabel 3.1 Kode Benda Uji BWT .....   | 61 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Bitumen Penetrasi 60/70 .....                          | 65 |
| Tabel 4.2 Spesifikasi Agregat Kasar, Agregat Halus, Zeolit, dan Semen .....      | 67 |
| Tabel 4.3 Perhitungan Berat Jenis Maksimum Teoritis.....                         | 68 |
| Tabel 4.4 Kebutuhan Material Setiap Ayakan untuk Benda Uji <i>Marshall</i> ..... | 69 |
| Tabel 4.5 Perhitungan Total Benda Uji <i>Marshall</i> .....                      | 70 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Immersion Test.....                    | 70 |
| Tabel 4.7 Kebutuhan Material untuk Benda Uji BWT.....                            | 77 |
| Tabel 4.8 Jumlah Penambahan Polimer terhadap Berat Aspal .....                   | 78 |



## DAFTAR LAMPIRAN

|  |     |
|--|-----|
| LAMPIRAN A. Berat Jenis Air, Kalibrasi Alat Uji <i>Marshall</i> dan Koreksi Angka Stabilitas.....              | 88  |
| LAMPIRAN B. Prosedur Pengujian Karakteristik Material .....  | 92  |
| LAMPIRAN C. Perhitungan <i>Mix Design</i> Campuran Benda Uji <i>Marshall</i> .....                             | 102 |
| LAMPIRAN D. Tahapan Pembuatan Benda Uji <i>Marshall</i> .....  | 108 |
| LAMPIRAN E. Tahapan Pembuatan Benda Uji, Pelaksanaan, dan Pengolahan Data BWT Menggunakan <i>Image j</i> ..... | 110 |
| LAMPIRAN F. Hasil Pengujian Karakteristik Material .....   | 114 |
| LAMPIRAN G. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> .....  | 122 |
| LAMPIRAN H. Perhitungan <i>Mix Design</i> Campuran Benda Uji BWT.....  | 124 |
| LAMPIRAN I. Hasil Pengujian BWT.....   | 127 |
| LAMPIRAN J. Tabel Spesifikasi Persyaratan Bina Marga.....  | 135 |

