



**PENGARUH LAMA PERENDAMAN CAMPURAN LAPIS
ASPAL AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN
KARET LUAR TERHADAP STABILITAS
PADA METODE *MARSHALL TEST***

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Program Studi Teknik Sipil

Oleh:

YULITA TRI NADIYANI

NPM.6520600045

**FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL**

2024

LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “PENGARUH LAMA PERENDAMAN CAMPURAN LAPIS ASPAL AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET LUAR TERHADAP STABILITAS PADA METODE *MASRSHELL TEST*”

NAMA PENULIS : YULITA TRI NADIYANI

NPM : 6520600045

Telah disetujui oleh dosen pembimbing untuk dipertahankan dihadapan sidang dewan penguji skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti

Tegal:

Hari : Senin

Tanggal : 22 Juli 2024

Pembimbing I



(M. Yusuf., ST., MT)
NIPY. 24762061967

Pembimbing II



(Okky Hendra H., S.T., MT)
NIPY. 24461531983

HALAMAN PENGESAHAN

Telah dipertahankan dihadapan sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Pada hari : Senin

Tanggal : 22 Juli 2024

Ketua Penguji:

(Teguh Haris Santoso, ST., MT)

NIPY. 2466451973


(.....)

Penguji Utama:

(Isradias Mirajhusnita, ST., MT)

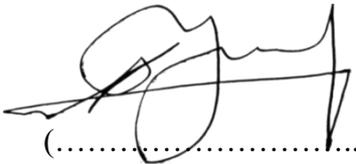
NIPY. 22561051983


(.....)

Penguji 1:

(M. Yusuf, ST., MT)

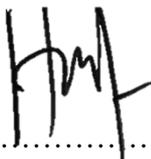
NIPY. 24762061967


(.....)

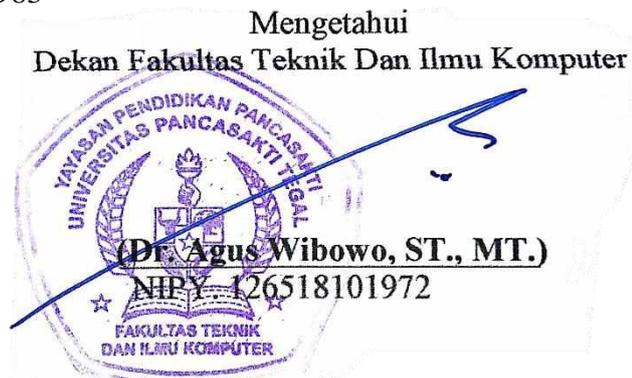
Penguji 2:

(Okky Hendra H, ST., MT)

NIPY. 24461531983


(.....)

Mengetahui
Dekan Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer



HALAMAN PERNYATAAN

Dalam penulisan ini saya tidak melakukan penjiplakan. Dengan ini, saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“PENGARUH LAMA PERENDAMAN CAMPURAN LAPIS ASPAL AC-WC DENGAN BAHAN TAMBAH LIMBAH BAN KARET LUAR TERHADAP STABILITAS PADA METODE *MASRSHELL TEST*”** ini dan seluruh isinya adalah benar-benar karya sendiri, atau pengutipan dengan cara-cara yang sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan sebagaimana mestinya.

Demikian pernyataan ini untuk dijadikan sebagai pedoman bagi yang berkepentingan dan saya siap menanggung segala resiko dan sanksi yang diberikan kepada saya apabila dikemudian hari ditemukan adanya pelanggaran atas etika keilmuan dalam karya tulis ini, atau adanya klaim atas karya tulis ini.

Tegal, Senin 5 Februari 2024



Yulita Tri Nadiyahani
NPM. 6520600045

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

1. Hadapi masalahmu dengan pikiran yang jernih, terima dengan lapang dada, temukan solusi, kemudian lakukanlah dengan sepenuh hati dan jiwa.
2. Selalu berikhtiar diimbangi dengan doa karena Allah tidak akan menutup mata pada hambanya yang sedang meminta pertolongan.
3. Bangunlah *value* yang positif pada diri sendiri karena penting untuk membangkitkan kepercayaan diri.
4. Jadilah orang yang bijaksana dalam mengatur segala hal.
5. Bumi itu menyerap hal yang positif dan tidak, katakanlah hal yang baik meskipun itu terlihat sulit dilakukan.
6. Berkahilah dirimu dengan ilmu baik dunia maupun akhirat karna sesungguhnya kita semua yang diberikan kepada kita hanyalah titipan semata.
7. Penuhilah kebaikan dalam hidupmu supaya Allah memberkati setiap hal yang sedang kamu kerjakan.

PERSEMBAHAN

1. Dengan segala puji syukur kepada Allah SWT skripsi ini dapat saya selesaikan dengan baik dan tepat waktu karena hanya atas izin dan karunialah skripsi ini dapat dibuat.
2. Saya ucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Yusuf, ST., MT dan Bapak Okky Hermawan, ST., MT yang telah membimbing saya dan memberikan banyak pengetahuan kepada saya mengenai banyak hal.

3. Saya ucapkan banyak terimakasih kepada Bapak Teguh Haris Santoso, ST., MT dan Ibu Isradias Mirajhusnita, ST., MT karena telah membantu menguji saya pada saat persidangan.
4. Saya persembahkan skripsi ini Kepada Bapak Nurhamzah, Ibu Wiwik Hidayati, Noviani Dwi Widiastuti, S.Pd, dan Fandy Akhmad, S.TP yang selalu mendukung saya di masa saya merasa kesulitan menghadapi rintangan.
5. Saya ucapkan terima kasih kepada pasangan saya Muchamad Sulton yang selalu mendampingi dan memberikan dukungan penuh terhadap saya hingga saat ini.
6. Terimakasih Kepada Teman-teman saya yang selalu di samping saya dalam keadaan senang maupun duka.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puja dan puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan petunjuk, taufik dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan judul “Pengaruh Lama Perendaman Campuran Lapis Aspal AC-WC Dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Luar Terhadap Stabilitas Pada Metode Marshall Test”. Penyusunan proposal skripsi ini dimaksudkan untuk memenuhi salah satu syarat dalam rangka menyelesaikan studi stasa Program Studi Teknik Sipil.

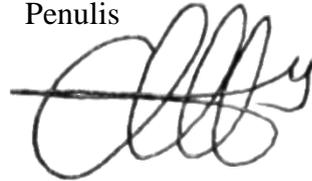
Dalam penyusunan dan penulisan proposal skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Agus Wibowo, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
2. Bapak Okky Hendra Hermawan, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal.
3. Bapak M. Yusuf., ST., MT selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Okky Hendra Hermawan, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II.
5. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.
6. Bapak dan Ibu yang tak pernah lelah mendoakanku.
7. Teman-teman baik di kampus yang telah memberikan dukungan moral dalam penyusunan proposal skripsi ini.

Penulis telah mencoba membuat proposal skripsi ini sesempurna mungkin semampu kemampuan penulis, namun demikian mungkin ada kekurangan yang tidak terlihat oleh penulis untuk itu mohon masukan untuk kebaikan dan pemanfaatannya. Harapan penulis, semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Tegal, Senin 5 Februari 2024

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned above the printed name.

Yulita Tri Nadiyahani

ABSTRAK

Yulita Tri Nadiyahani, 2024 “**Pengaruh Lama Perendaman Campuran Lapis Aspal AC-WC Dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Luar Terhadap Stabilitas Pada Metode *Marshall Test***”. Laporan Skripsi Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Pancasakti Tegal.

Jalan Pantura merupakan salah satu ruas jalan yang sering mengalami genangan air akibat tingginya curah hujan, terutama di daerah Semarang. Situasi ini semakin memburuk karena drainase jalan tidak berfungsi dengan baik, rusak, bahkan masih banyak jalan yang tidak dilengkapi dengan sistem drainase. Di Desa Kabunan, Kecamatan Dukuhwaru, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah mengubah limbah ban bekas menjadi sesuatu kerajinan yang bernilai ekonomis akan tetapi dalam pemanfaatan limbah ban bekas tersebut ternyata masih banyak sisa-sisa serpihan limbah bekas ban karet luar yang tidak dimanfaatkan lagi dan berpotensi menjadi sampah. Oleh sebab itu, sisa-sisa serpihan limbah bekas ban karet luar yang tidak terpakai lagi dapat menjadi solusi bahan tambah yang dipakai untuk campuran lapis aspal.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi lamanya perendaman dengan penambahan limbah ban karet luar. Penelitian ini menggunakan limbah ban karet bekas serpihan sisa dari kerajinan dengan penambahan sejumlah 0%, 1%, 2%, 3%. Perawatan benda uji dilakukan dengan lamanya waktu perendaman sejumlah 6 jam, 12 jam, 24 jam. Sampel Benda Uji dibuat sebanyak 36 sampel. Pengolahan data penelitian menggunakan aplikasi SPSS dengan mencari tahu uji Normalitas, Homogenitas, dan Regresi linier. Pembuatan Benda uji mengacu pada spesifikasi bina marga tahun 2018 revisi 2.

Bedasarkan hasil dari pengujian parameter Marshall nilai stabilitas terbaik pada pencampuran limbah sebesar 1% dengan lamanya perendaman selama 6 jam dan terendah pada kadar variasi limbah sebesar 3% dengan lamanya perendaman 24 Jam dan Hasil pengujian ini menunjukkan semakin lama waktu perendaman dengan penambahan limbah ban karet maka semakin menurunkan nilai stabilitasnya.

Kata Kunci = Aspal AC-WC, Perendaman, Ban Karet Luar, Stabilitas, *Marshall Test*.

ABSTRACT

Yulita Tri Nadiyahani, 2024 “***Influence of Soaking Time of Asphalt Mixture with Waste Tire Additives on Stability in Marshall Test***”. Final Report of Civil Engineering Study Program, Pancasakti University Tegal.

The North Coast Road is one of the roads that often experiences flooding due to high rainfall, especially in the Semarang area. The situation is getting worse because the road drainage does not function properly, is damaged, and there are still many roads that are not equipped with a drainage system. In the village of Kabunan, Dukutres District, Tegal Regency, Central Java, turning used tire waste into a valuable product is still constrained by the fact that there are still many remnants of tire waste scraps that are not utilized and have the potential to become waste. Therefore, the residual scraps of used outer rubber tires that are no longer used can be a solution for the additive material used for asphalt mixture.

The aim of this study is to determine the effect of soaking time variations with rubber tire waste additives. The research used waste rubber tires from scraps of crafts with variations of 0%, 1%, 2%, 3%. Test specimen treatments were conducted with soaking times of 6 hours, 12 hours, and 24 hours. A total of 36 test specimens were made. Data processing was performed using SPSS software by checking Normality, Homogeneity, and Linear Regression. The creation of test specimens refers to the specifications of the road works from the year 2018 revision 2.

Based on the results of the Marshall parameter tests, the best stability value in the mixture was 1% with a soaking duration of 6 hours, and the lowest stability value was for the waste variation of 3% with a soaking duration of 24 hours. This testing shows that the longer the soaking time with rubber tire waste, the lower its stability value.

Keyword = Asphalt AC-WC, Immersion Time, Outer rubber tire, Stability, Marshall Test.

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| COVER | i |
| LEMBAR PERSETUJUAN NASKAH SKRIPSI | ii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iii |
| HALAMAN PERNYATAAN | iv |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| ABSTRAK | ix |
| ABSTRACT | x |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xvi |
| DAFTAR RUMUS | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN | xxi |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang Masalah | 1 |
| B. Batasan Masalah | 4 |
| C. Rumusan Masalah | 6 |
| D. Tujuan Masalah | 6 |
| E. Manfaat Penelitian | 7 |
| F. Sistematika Penulisan | 7 |
| BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA | 9 |
| A. Landasan Teori | 9 |
| B. Tinjauan Pustaka | 45 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 54 |
| A. Metode Penelitian | 54 |
| B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian | 55 |
| C. Instrumen Penelitian | 63 |

| | |
|--|------------|
| D. Tahap Pengujian..... | 74 |
| E. Variabel Penelitian..... | 106 |
| F. Metode Pengumpulan Data..... | 107 |
| G. Metode Analisa Data..... | 119 |
| H. Diagram Alur Penelitian..... | 126 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... | 127 |
| A. Hasil Penelitian..... | 127 |
| B. Hasil Penelitian..... | 175 |
| BAB V SIMPULAN DAN SARAN..... | 198 |
| A. Kesimpulan..... | 198 |
| B. Saran..... | 201 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 204 |
| LAMPIRAN DOKUMENTASI..... | 206 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan | 10 |
| Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku | 11 |
| Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Komposit..... | 11 |
| Gambar 2.4 Komponen Perkerasan Jalan Lentur | 13 |
| Gambar 3.1 Lokasi Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal ... | 57 |
| Gambar 3.2 Lokasi Laboratorium PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara..... | 58 |
| Gambar 3.3 Lokasi Laboratorium PT. KAMAJATI | 59 |
| Gambar 3.4 Lokasi CV. Prima Logam..... | 60 |
| Gambar 3.5 Lokasi Tambang Pasir Danaraja, Margasari..... | 61 |
| Gambar 3.6 Lokasi Kerajinan Khamdan Jaya Ban..... | 62 |
| Gambar 3.7 Lokasi Penggilingan Plastik | 63 |
| Gambar 3.8 Proses Pengambilan Material Agregat..... | 74 |
| Gambar 3.9 Proses Pengambilan Material Aspal | 75 |
| Gambar 3.10 Proses Pengambilan Ban Karet Luar | 75 |
| Gambar 3.11 Tahap Pembuatan Benda Uji | 76 |
| Gambar 3.12 Tahap Persiapan Pengujian | 76 |
| Gambar 3.13 Tahap Pemasangan Jarum Penetrasi | 77 |
| Gambar 3.14 Tahap Pengujian Penetrasi | 77 |
| Gambar 3.15 Tahap Persiapan Benda Uji Berat Jenis Aspal | 78 |
| Gambar 3.16 Tahap Penimbangan Berat (A) | 78 |
| Gambar 3.17 Tahap Penimbangan Berat (B) | 79 |
| Gambar 3.18 Tahap Penimbangan Berat (C) | 79 |
| Gambar 3.19 Tahap Penimbangan Berat (D) | 79 |
| Gambar 3.20 Tahap Pembuatan Benda Uji Titik Lembek | 80 |
| Gambar 3.21 Tahap Persiapan Pengujian..... | 80 |
| Gambar 3.22 Tahap Pengujian Titik Lembek | 81 |
| Gambar 3.23 Tahap Pembuatan Benda Uji Titik Nyala dan Bakar..... | 82 |
| Gambar 3.24 Tahap Titik Nyala | 82 |
| Gambar 3.25 Tahap Titik Bakar | 82 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.26 Tahap Pencucian Agregat | 83 |
| Gambar 3.27 Tahap Penimbangan Sampel 1..... | 83 |
| Gambar 3.28 Tahap <i>Los Angeles</i> | 84 |
| Gambar 3.29 Tahap Penimbangan setelah diuji <i>Los Angeles</i> | 84 |
| Gambar 3.30 Tahap Penimbangan Sampel Abu Batu | 85 |
| Gambar 3.31 Tahap Penimbangan Hasil <i>Grading</i> | 86 |
| Gambar 3.32 Tahap Mencatat Hasil Hasil <i>Grading</i> | 86 |
| Gambar 3.33 Tahap Perendaman Agregat..... | 87 |
| Gambar 3.34 Tahap Pengeringan Agregat | 87 |
| Gambar 3.35 Tahap Penimbangan Berat Jenis Agregat | 88 |
| Gambar 3.36 Persiapan Alat Uji Berat Jenis | 88 |
| Gambar 3.37 Tahap Penimbangan Agregat di dalam Air | 89 |
| Gambar 3.38 Tahap Penimbangan Agregat Kondisi Kering..... | 89 |
| Gambar 3.39 Tahap Persiapan Abu Batu Kondisi SSD | 90 |
| Gambar 3.40 Tahap Penimbangan Sampel..... | 90 |
| Gambar 3.41 Tahap penimbangan Berat Piknometer + Air | 91 |
| Gambar 3.42 Tahap memasukkan sampel ke dalam piknometer | 91 |
| Gambar 3.43 Tahap penimbangan Hasil Pengujian | 92 |
| Gambar 3.44 Proses Persiapan Benda Uji GMM..... | 92 |
| Gambar 3.45 Proses Penimbangan | 93 |
| Gambar 3.46 Proses Persiapan Pengujian | 93 |
| Gambar 3.47 Tahap Pengujian | 94 |
| Gambar 3.48 Penimbangan Setelah Ampel Diuji..... | 94 |
| Gambar 3.49 Tahap Pembuatan Job Mix | 95 |
| Gambar 3.50 Tahap Penimbangan Sampel..... | 95 |
| Gambar 3.51 Tahap Pemanasan Agregat | 96 |
| Gambar 3.52 Tahap Pencampuran Ban Pada Aspal | 96 |
| Gambar 3.53 Tahap Pencampuran Aspal dan Agregat | 97 |
| Gambar 3.54 Tahap Penimbangan Campuran Beraspal..... | 97 |
| Gambar 3.55 Tahap Pemasangan <i>Mold</i> | 98 |
| Gambar 3.56 Tahap Meratakan Campuran aspal | 98 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 3.57 Tahap Pemadatan Benda Uji | 99 |
| Gambar 3.58 Tahap Pelepasan Kertas Penghisap | 99 |
| Gambar 3.59 Tahap Melepaskan Benda Uji dari <i>Mold</i> | 99 |
| Gambar 3.60 Tahap Pemberian Kode Benda Uji | 100 |
| Gambar 3.61 Tahap Pengukuran Benda Uji | 100 |
| Gambar 3.62 Tahap Penimbangan Benda Uji Kering | 100 |
| Gambar 3.63 Tahap Perendaman Benda Uji | 101 |
| Gambar 3.64 Tahap Penimbangan Benda Uji di dalam air | 101 |
| Gambar 3.65 Tahap Perendaman Benda Uji SSD | 101 |
| Gambar 3.66 Tahap Perendaman <i>Waterbath</i> | 102 |
| Gambar 3.67 Tahap Perendaman <i>Waterbath</i> | 102 |
| Gambar 3.68 Meletakkan Benda Uji Pada <i>Proving Ring</i> | 103 |
| Gambar 3.69 Pemasangan Arloji <i>Flow</i> | 103 |
| Gambar 3.70 Diagram Alur Penelitian | 126 |
| Gambar 4.1 Grafik Kombinasi Agregat AC-WC | 177 |
| Gambar 4.2 Grafik Stabilitas Menggunakan Olah Data <i>Excel</i> | 185 |
| Gambar 4.3 Grafik <i>Flow</i> Menggunakan Olah Data <i>Excel</i> | 187 |
| Gambar 4.4 Grafik Rongga Diantara Agregat | 189 |
| Gambar 4.5 Grafik Rongga Diantara Campuran | 191 |
| Gambar 4.6 Grafik Rongga Terisi Aspal | 193 |
| Gambar 4.7 Grafik Hasil Bagi <i>Marshall</i> (MQ) | 195 |
| Gambar 4.8 Grafik Hasil Kepadatan (<i>Density</i>) | 197 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|-----|
| Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Kaku..... | 12 |
| Tabel 2.2 Ketentuan Ketebalan Campuran Beraspal..... | 15 |
| Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Aspal Laston | 15 |
| Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar | 19 |
| Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus | 20 |
| Tabel 2.6 Ketentuan Penetrasi Aspal Keras | 23 |
| Tabel 2.7 Ketentuan Penetrasi Aspal Penetrasi 60/70..... | 23 |
| Tabel 2.8 Berat yang lolos terhadap total agregat | 27 |
| Tabel 2.9 Gradasi Berat Benda Uji Abrasi..... | 28 |
| Tabel 2.10 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar | 30 |
| Tabel 2.11 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus | 30 |
| Tabel 2.12 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Semen..... | 30 |
| Tabel 2.13 Faktor Luas Permukaan..... | 37 |
| Tabel 2.14 Temperatur Terkoreksi GMM | 40 |
| Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian | 55 |
| Tabel 3.2 Tempat Pelaksanaan Penelitian | 56 |
| Tabel 3.3 Alat dan Bahan Penelitian | 63 |
| Tabel 3.4 Formulir Pengujian Penetrasi <i>Asphalt</i> | 107 |
| Tabel 3.5 Formulir Pengujian Berat Jenis <i>Asphalt</i> | 108 |
| Tabel 3.6 Formulir Pengujian Titik Lembek..... | 109 |
| Tabel 3.7 Formulir Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal | 110 |
| Tabel 3.8 Formulir Pengujian Keausan Agregat | 111 |
| Tabel 3.9 Formulir Pengujian Analisa Saringan Agregat | 112 |
| Tabel 3.10 Formulir Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus | 114 |
| Tabel 3.11 Formulir Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar | 115 |
| Tabel 3.12 Formulir Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum (GMM)..... | 116 |
| Tabel 3.13 Formulir Pengujian <i>Marshall</i> | 117 |
| Tabel 3.14 <i>Job Mix Formula</i> Dengan Campuran Limbah Ban Karet Luar..... | 118 |
| Tabel 3.15 Banyaknya Benda Uji..... | 118 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.1 Hasil Pemeriksaan Penetrasi Aspal | 127 |
| Tabel 4.2 Hasil Pemeriksaan Pengujian Berat Jenis Aspal | 129 |
| Tabel 4.3 Hasil Pemeriksaan Pengujian Titik Lembek | 132 |
| Tabel 4.4 Hasil Pemeriksaan Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar..... | 133 |
| Tabel 4.5 Data hasil pemeriksaan pengujian agregat | 135 |
| Tabel 4.6 Data hasil Akumulasi Data Pengujian Analisa Saringan Abu Batu.... | 137 |
| Tabel 4.7 Data hasil Akumulasi Data Pengujian Analisa Saringan Agg. 0-5 | 138 |
| Tabel 4.8 Hasil Akumulasi Data Pengujian Analisa Saringan Agregat 10-20 ... | 139 |
| Tabel 4.9 Hasil Akumulasi Data Pengujian Analisa Saringan <i>Filler</i> Semen | 140 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Abu Batu | 152 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 0-5 mm | 153 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 10-20 mm..... | 153 |
| Tabel 4.13 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan <i>Filler</i> | 153 |
| Tabel 4.14 Hasil Data Kombinasi Agregat | 158 |
| Tabel 4.15 Hasil <i>Job Mix</i> 100% material dan <i>Job Mix Formula</i> | 161 |
| Tabel 4.16 Hasil Berat Jenis Campuran Kadar Aspal 5,7% | 166 |
| Tabel 4.17 Hasil Berat Jenis Campuran Kadar Aspal 5,6% | 167 |
| Tabel 4.18 Hasil Berat Jenis Campuran Kadar Aspal 5,6% | 167 |
| Tabel 4.19 Hasil Berat Jenis Campuran Kadar Aspal 5,5% | 168 |
| Tabel 4.20 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> | 171 |
| Tabel 4.21 Hasil Pengujian Aspal | 175 |
| Tabel 4.22 Hasil Pengujian Keausan Agregat..... | 175 |
| Tabel 4.23 Hasil Akumulasi Pengujian Berat Jenis | 176 |
| Tabel 4.24 Hasil Uji Normalitas Stabilitas Aspal | 178 |
| Tabel 4.25 Hasil Uji Homogenitas Stabilitas Aspal (Lama Perendaman) | 178 |
| Tabel 4.26 Hasil Uji Homogenitas Stabilitas Aspal (Variasi Homogen)..... | 179 |
| Tabel 4.27 Hasil Regresi Linier Stabilitas Aspal | 180 |
| Tabel 4.28 Hasil <i>Model Summary</i> dan <i>Coefficients</i> Stabilitas | 178 |
| Tabel 4.29 Pembahasan Hasil Stabilitas..... | 184 |
| Tabel 4.30 Pembahasan Hasil Kelelahan (<i>Flow</i>) | 186 |
| Tabel 4.31 % Rongga Diantara Agregat (VMA)..... | 188 |

| | |
|--|-----|
| Tabel 4.32 % Rongga Diantara Campuran (VIM) | 190 |
| Tabel 4.33 Pembahasan Hasil VFA..... | 192 |
| Tabel 4.34 Hasil Bagi <i>Marshall</i> (MQ) | 194 |
| Tabel 4.35 Kepadatan (<i>Density</i>)..... | 196 |

DAFTAR RUMUS

| | |
|--|-----|
| Rumus 3.1 Persamaan Linier dengan 1 Variabel <i>Independent</i> | 105 |
| Rumus 3.2 Persamaan Linier dengan 2 Variabel <i>Independent</i> | 105 |
| Rumus 3.3 % Tertahan | 119 |
| Rumus 3.4 % Lolos | 119 |
| Rumus 3.5 Nilai Abrasi | 119 |
| Rumus 3.6 Berat Jenis Curah Kering (<i>Bulk Specific Gravity</i>) | 120 |
| Rumus 3.7 Berat Jenis Kering Permukaan (<i>Saturated Surface Dry/SSD</i>) | 120 |
| Rumus 3.8 Berat Jenis Semu (<i>Apparent Specific Gravity</i>) | 120 |
| Rumus 3.9 Penyerapan Air (<i>Absorption</i>) | 120 |
| Rumus 3.10 Berat Jenis | 121 |
| Rumus 3.11 Faktor Keluasan Agregat | 121 |
| Rumus 3.12 Kadar Aspal | 121 |
| Rumus 3.13 Berat Jenis Bulk Campuran (<i>Gsb</i>) | 122 |
| Rumus 3.14 Berat Jenis Bulk Apparent Campuran (<i>Gsb</i>) | 122 |
| Rumus 3.15 Berat Jenis efektif agregat campuran (<i>Gse</i>) | 122 |
| Rumus 3.16 Penyerapan Terhadap Total Agregat (<i>Pab</i>) | 122 |
| Rumus 3.17 Berat Jenis Campuran Maximum | 123 |
| Rumus 3.18 Isi Benda Uji | 123 |
| Rumus 3.19 Kepadatan | 123 |
| Rumus 3.20 Rongga dalam agregat VMA | 124 |
| Rumus 3.21 Terhadap Rongga Campuran VIM | 124 |
| Rumus 3.22 Rongga Terisi aspal VFB | 124 |
| Rumus 3.23 Stabilitas <i>Proving Ring</i> (<i>n</i>) | 125 |
| Rumus 3.24 Hasil Bagi <i>Marshall</i> (<i>MQ</i>) | 125 |
| Rumus 3.25 Kadar Aspal Efektif (<i>s</i>) | 125 |
| Rumus 3.26 Tebal Film (<i>t</i>) | 125 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|------------|
| LAMPIRAN Dokumentasi Foto | 206 |
| LAMPIRAN Surat | 213 |
| LAMPIRAN Hasil Pengujian | 218 |

LAMBANG DAN SINGKATAN

| | |
|----------|--|
| AC-WC | = <i>Asphalt Concrete – Wearing Course</i> |
| AC-BC | = <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i> |
| SMA | = <i>Split Mastic Asphalt</i> |
| Lataston | = Lapis Tipis Aspal Beton |
| HRS | = <i>Hot Roll Sheet</i> |
| Laston | = Lapis Asal Beton |
| AC-Base | = <i>Asphalt Concrete Base</i> |
| CBR | = <i>California Bearing Ratio</i> |
| PI | = Indeks Plastisis |
| AC | = <i>Asphalt Sement</i> |
| C5H8 | = Isoprena |
| C8H8 | = Stirena |
| e | = % Berat Tertahan |
| d | = Jumlah Berat Tertahan (gr) |
| g | = Berat Total Agregat Persampel (gr) |
| f | = % Lolos |
| W1 | = Berat Awal |
| W2 | = Berat Tertahan Saringan No. 12 |
| A | = Berat Jenis Kering Oven |
| B | = Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuhg |
| C | = Berat Jenis dalam Air |
| °C | = <i>Celcius</i> |
| Gr | = Gram |
| SNI | = Standar Nasional Indonesia |
| VIM | = <i>Voids in Mix</i> |
| VMA | = <i>Voi in Mineral Agregate</i> |
| VFA | = <i>Void Filled With Asphalt</i> |
| LP | = Lapis Pemukaan |
| FLP | = Faktor Luas Permukaan |

| | |
|--------|---|
| KAO | = Kadar Aspal Optimum |
| Pb | = Kadar Aspal Tengah |
| CA | = Persen Agregat Tertahan Saringan Nomor. 8 |
| FA | = Persen Lolos Agregat Saringan Nomor. 8 |
| K | = Konstanta |
| Gsb | = Gravity Spesifik Massal |
| Pab | = Penyerapan Aspal Terhadap Agregat |
| GMM | = Berat Jenis Campuran Aspal Maksimum |
| K | = Berat Jenis Terkoreksi |
| H | = Berat Jenis |
| J | = Koreksi Suhu |
| AASHTO | = <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> |
| ASTM | = <i>American Society for Testing and Materials</i> |
| P | = Probabilitas |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Pertumbuhan Infrastruktur di Indonesia melewati masa perkembangan yang semakin maju. Hal ini dapat dilihat pada penyediaan sarana transportasi darat yang mampu memenuhi dan mempermudah manusia dalam melakukan berbagai aktifitas sehari-hari, oleh sebab itu diperlukan adanya infrastruktur jalan yang mampu mengoptimalkan akses manusia dalam beraktivitas. Namun tidak bisa dipungkiri bahwa iklim yang terjadi di Indonesia sangat tidak stabil, intensitas tingkat curah hujan yang tergolong tinggi menyebabkan kegagalan sistem drainase yang mengakibatkan kondisi beberapa jalan di Indonesia terendam oleh genangan air sehingga menimbulkan adanya kerusakan seperti pengupasan, alur, dan retak pada permukaan perkerasan.

Jalan Pantura merupakan salah satu ruas jalan yang sering mengalami genangan air akibat tingginya curah hujan, terutama di daerah Semarang. Jalan ini biasanya dilalui oleh kendaraan dengan kapasitas beban berlebih, sehingga ketika permukaan aspal dan agregat terpapar air secara terus menerus dengan jangka waktu yang lama dapat menyebabkan retak atau kerusakan. Situasi ini semakin memburuk karena drainase jalan tidak berfungsi dengan baik (rusak), bahkan masih banyak jalan yang tidak dilengkapi dengan sistem drainase. Kondisi tersebut memperpanjang durasi genangan air di permukaan jalan, yang selanjutnya dapat mengurangi umur rencana jalan.

Di sisi lain untuk meningkatkan masa pelayanan atau umur rencana baik secara struktural maupun fungsional serta sesuai dengan kondisi lalu lintas, beban kendaraan, tekanan roda, dan jumlah kendaraan diperlukannya peningkatan mutu aspal ke dalam campuran sebagai bahan pengikat dengan memberikan bahan tambahan yang mampu mengatasi kelemahan aspal seperti penggunaan limbah Ban Bekas Karet Luar.

Ban bekas kendaraan yang sudah tidak terpakai menjadi permasalahan mendesak yang perlu ditangani. Peningkatan permintaan masyarakat yang melonjak akan kebutuhan industri otomotif dan transportasi menyebabkan terjadinya peningkatan produksi ban karet cepat berkembang. Ban karet sendiri terbuat dari beberapa jumlah bahan termasuk karet alam sintetis, tekstil, dan baja. Limbah ban bekas berpotensi mencemari lingkungan dan kesehatan masyarakat diakibatkan limbah tersebut sulit terurai apabila tidak didaur ulang dengan baik, ban karet membutuhkan waktu 50-80 tahun untuk dapat terurai sempurna dengan tanah namun semakin banyaknya zat sintetis yang tercampur maka semakin lama waktu terurainya ban karet.

Di Desa Kabunan, Kecamatan Dukuhwaru, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah mengubah limbah ban bekas menjadi suatu kerajinan yang bernilai ekonomis akan tetapi dalam pemanfaatan limbah ban bekas tersebut ternyata masih banyak sisa-sisa serpihan limbah bekas ban karet luar yang tidak dimanfaatkan lagi dan berpotensi menjadi sampah. Oleh sebab itu, sisa-sisa serpihan limbah bekas ban karet luar yang tidak terpakai lagi dapat menjadi solusi bahan tambah yang dipakai untuk campuran lapis aspal.

Menurut Sugianto dalam (Prabudi & Kosim, 2015) Administrasi Jalan Raya Federal Departemen Transportasi Amerika Serikat telah menyelidiki penggunaan ban bekas sebagai pengganti aspal sejak tahun 1986. Hasil memperlihatkan bahwasanya pemakaian roda kendaraan dapat mengurangi dampak dari pengaruh iklim dan kendaraan terhadap perkerasan lentur.

Permasalahan di atas menunjukkan bahwa tidak ada kombinasi aspal yang benar-benar kedap air atau seluruhnya tahan terhadap genangan air. Terendahnya aspal jalan dapat mengakibatkan menurunnya mutu perkerasan jalan, yang ditandai dengan terlepasnya ikatan butiran agregat dari aspal dan pengelupasan aspal dari konstruksi jalan (*raveling*). Akibatnya infrastruktur jalan membutuhkan pertimbangan tambahan untuk kenyamanan dan keamanan pengguna. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menambah limbah bekas ban karet terhadap campuran aspal.

Penulis melakukan penelitian mengenai **“Pengaruh Lama Perendaman Campuran Lapis Aspal AC-WC Dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Luar Terhadap Stabilitas Pada Metode *Masrshall Test*.”** dikarenakan melihat kondisi perkerasan jalan yang rusak khususnya di jalan pantura Semarang-Kendal mulai dari perbatasan Kabupaten Kendal menuju pusat Kota Semarang serta penumpukan limbah sisa percahan kerajinan ban karet luar di Desa Kabunan, Kecamatan Dukuhwaru, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah, sehingga diharapkan dengan adanya penelitian ini berdampak positif bagi perkerasan jalan dan pengurangan limbah Ban Karet.

B. Batasan Masalah

Penelitian ini memberikan batasan pokok masalah dan tujuan yang akan diteliti, oleh karena itu batasan masalah yang ada menyangkut hal-hal sebagai berikut:

1. Kombinasi yang digunakan adalah AC-WC menurut ketentuan dari Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Revisi 2.
2. Benda uji AC-WC terdiri atas beberapa Komponen bahan antara lain meliputi:
 - a. Aspal penetrasi 60/70 diproduksi dari Pertamina dan diperoleh dari PT. Anugrah Beton Nusantara.
 - b. Agregat diproduksi oleh CV. Prima Logam Tegal:
 - 1) Abu Batu = Tambang Desa Danaraja, Margasari
 - 2) Split Ukuran (0-5) = Tambang Desa Danaraja, Margasari
 - 3) Split Ukuran (1-2) = Tambang Desa Danaraja, Margasari
 - c. *Filler* Semen yang dipergunakan merupakan semen Tiga Roda diproduksi oleh PT. *Indocement* Tunggal Prakarsa Tbk.
 - d. Bahan Limbah Karet Ban Luar yang diperoleh dari hasil potongan sisahan kerajinan yang tidak berguna lagi yang meliputi (Limbah Ban Karet Luar pada Sepeda Motor dan Sepeda) diambil dari Desa Kabunan, Kecamatan Dukuhwaru, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah.

3. Limbah Ban Karet Luar yang dipergunakan pada studi kasus ini adalah sebagai bahan tambah pada campuran aspal dengan variasi sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3%.
4. Fokus penelitian adalah dampak lamanya waktu perendaman aspal AC-WC dengan penambahan bahan Limbah Ban Karet Luar sebesar 0%, 1%, 2%, dan 3% serta waktu yang dibutuhkan untuk perendaman yakni 6 jam, 12 jam, dan 24 jam.
5. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal guna menguji material agregat, Laboratorium Bangun Anugrah Beton Nusantara (AB) untuk membuat benda uji dan pengujian benda uji, Laboratorium PT. Karya Manunggal Jaya Lestari (KAMAJATI) untuk pengujian Aspal dan Berat jenis campuran beraspal *maximum*.
6. Pengujian yang akan dilakukan meliputi:
 - a. Pengujian Aspal terdiri dari Pengujian Penetrasi, Pengujian Berat Jenis Aspal, Pengujian Titik Lembek, dan Pengujian Titik Nyala dan Bakar.
 - b. Pengujian Sifat Fisik Agregat terdiri dari Pengujian Keausan Agregat, Pengujian Analisa Saringan Agregat, dan Pengujian Berat Jenis Agregat.
 - c. Pengujian *Marshall* terdiri dari Pengujian Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quetient*.
7. Tidak mengulas analisis kimia dan ekonomi “Limbah Karet Ban Luar”.
8. Metode Analisa data menggunakan SPSS pada nilai stabilitas.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah di atas, maka penulis mengajukan pokok permasalahan yang akan dirumuskan adalah:

1. Bagaimana pengaruh waktu perendaman benda uji dengan penambahan ‘Limbah Karet Ban Luar’ sebagai campuran lapis aspal AC-WC sebanyak 4 varian yakni: 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap nilai stabilitas?
2. Berapakah nilai stabilitas pada perendaman benda uji dengan penambahan ‘Limbah Karet Ban Luar’ sebagai campuran lapis aspal AC-WC sebanyak 4 varian yakni: 0%, 1%, 2%, dan 3% menurut ketentuan dari Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Revisi 2?

D. Tujuan

Berdasarkan pada rumusan masalah yang telah diuraikan, maka tujuan penelitian disusun sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu lama perendaman benda uji dengan penambahan ‘Limbah Karet Ban Luar’ sebagai campuran lapis aspal AC-WC sebanyak 4 varian yakni: 0%, 1%, 2%, dan 3% terhadap nilai stabilitas.
2. Untuk mengetahui nilai stabilitas pada perendaman benda uji dengan penambahan ‘Limbah Karet Ban Luar’ sebagai campuran lapis aspal AC-WC sebanyak 4 varian yakni: 0%, 1%, 2%, dan 3% dengan berdasarkan Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga Revisi 2.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari Penelitian ini diharapkan mampu menyampaikan informasi mengenai hasil pengujian Aspal AC-WC dengan variasi waktu perendaman dan penambahan limbah hasil sisa kerajinan karet ban luar yang tidak dimanfaatkan kembali.
2. Sebagai upaya guna memberikan informasi mengenai pemanfaatan limbah hasil sisa kerajinan karet ban luar yang tidak dimanfaatkan kembali kepada pihak yang berkepentingan seperti para pejabat pemerintahan, aktifis lingkungan, akademisi, maupun pengusaha konstruksi.

F. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan oleh penulis dalam penyusunan proposal skripsi ini antara lain sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Skripsi dimulai dengan bab pendahuluan yang menjelaskan alasan penelitian dan permasalahan utama yang diangkat dari literatur terkait. Bab ini juga mencakup latar belakang masalah, rumusan, tujuan, dan keuntungan, serta teknik penulisan yang digunakan dalam proposal skripsi.

BAB II : LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan disusun secara kronologis dan metodis dan memuat hipotesis yang menjadi landasan penelitian serta hasil observasi perpustakaan dari penelitian sebelumnya yang terkait.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini mengulas mengenai metode yang digpergunakan dalam penelitian ini, serta populasi, prosedur pengambilan sampel, teknik pengumpulan data, dan garis besar penelitian.

BAB IV : HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan data-data yang berhasil diperoleh dalam penelitian selanjutnya dalam proses analisa data.

BAB V : PENUTUP

Pada Bagian ini akhir dari penulisan skripsi. Bab ini berisi kesimpulan-kesimpulan dari pokok-pokok permasalahan yang telah diamati. Pada bagian ini juga berisi saran serta rekomendasi yang didasarkan dari hasil penelitian menurut dari pendapat yang diteliti.

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

BAB II

LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

1. Jalan dan Perkerasan Jalan

Jalan merupakan infrastruktur dalam lingkup transportasi yang bertujuan mempermudah pergerakan transportasi dalam melakukan aktivitasnya dari satu daerah ke daerah yang lain sedangkan untuk Perkerasan jalan merupakan struktur konstruksi dimana letaknya dibagian lapisan atas tanah dasar dan roda kendaraan. Tujuannya adalah guna memberikan pelayanan transportasi tanpa menyebabkan kerusakan sepanjang penggunaan. Biasanya dalam perkerasan jalan tersusun dari bahan agregat serta bahan pengikat yang dicampurkan, berfungsi sebagai penopang beban kendaraan ringan maupun berat yang melintas di atasnya. Ketersediaanya Perkerasan jalan akan membantu meningkatkan daya dukung tanah dasar yang dapat rusak akibat air serta melindungi badan jalan dari kerusakan beban lalu lintas (Sukirman, 1992).

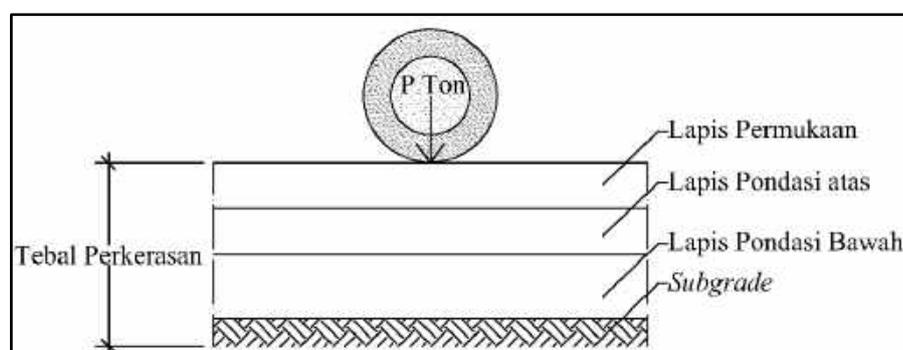
Fungsi tambahan dari struktur perkerasan jalan sebagai fasilitas transportasi adalah kebutuhan akan stabilitas tinggi, kekuatan yang dapat dipertahankan selama masa penggunaan jalan, ketahanan terhadap kondisi cuaca, dan dampak lingkungan. Hal ini diperlukan agar dapat menanggung berat kendaraan yang diteruskan melalui roda kendaraan, sementara pengguna jalan atau pengemudi tetap merasa nyaman tanpa silau saat jalan terpapar oleh sinar matahari pada permukaannya. Oleh sebab itu,

keamanan dan kenyamanan diharapkan dapat terpenuhi melalui permukaan jalan yang padat sehingga menciptakan gesekan optimal antara permukaan jalan dan roda kendaraan (Farida & Noer Hakim, 2021)

Menurut Caroles, (2022) dalam bukunya yang berjudul Teknik Perkerasan Jalan Lentur menyatakan jenis perkerasan dibagi menjadi tiga antara lain:

a. Perkerasan Lentur

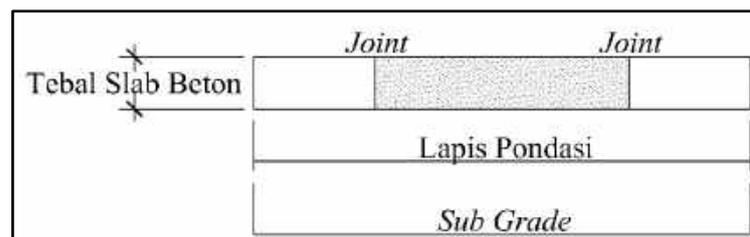
Perkerasan ini pada umumnya didefinisikan sebagai konstruksi perkerasan jalan yang mempergunakan campuran aspal sebagai bahan yang mengikat pada lapisan permukaannya. Sifat elastis dari lapisan permukaan ini sangat dipengaruhi oleh suhu dan kekuatannya secara signifikan tergantung pada faktor temperatur atau waktu pembebanan. Struktur perkerasan lentur memperbolehkan terjadinya perubahan bentuk gaya *vertical* akibat beban lalu lintas yang dapat dikategorikan sebagai beban lalu lintas ringan, sedang, atau berat. Ilustrasi struktur perkerasan lentur dengan beban lalu lintas berat untuk tiga kondisi tanah dasar dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Jalan
(Sumber: Hendra Suryadharma, 1999)

b. Perkerasan Kaku

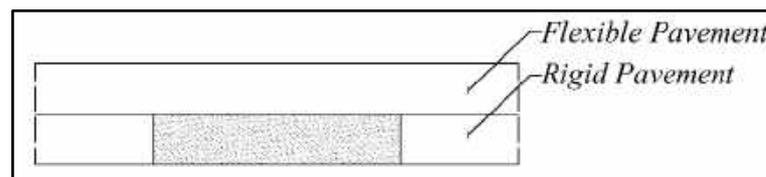
Sebuah konstruksi perkerasan yang terbentuk oleh rangkaian besi kemudian di cor menggunakan campuran beton biasanya digunakan untuk lapis pondasi jalan yang dibangun dengan perkerasan yang kaku di atas tanah dasar. Dalam proses konstruksinya, pelat beton biasanya disamakan dengan "lapis pondasi" dikarenakan memungkinkan terdapat lapisan beton aspal di atas lapis permukaan. Perkerasan kaku sangat baik dipergunakan pada jalan yang mempunyai tingkat kepadatan lalu lintas yang tergolong tinggi.



Gambar 2.2 Struktur Perkerasan Kaku
(Sumber: Hendra Suryadharma, 1999)

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yang juga disebut jalan komposit, biasanya digambarkan sebagai lapisan aspal di atas permukaan yang keras, seperti beton. Peran utama aspal dalam konteks ini adalah meningkatkan tingkat keamanan dan kenyamanan selama berkendara.



Gambar 2.3 Struktur Perkerasan Komposit
(Sumber: Hendra Suryadharma, 1999)

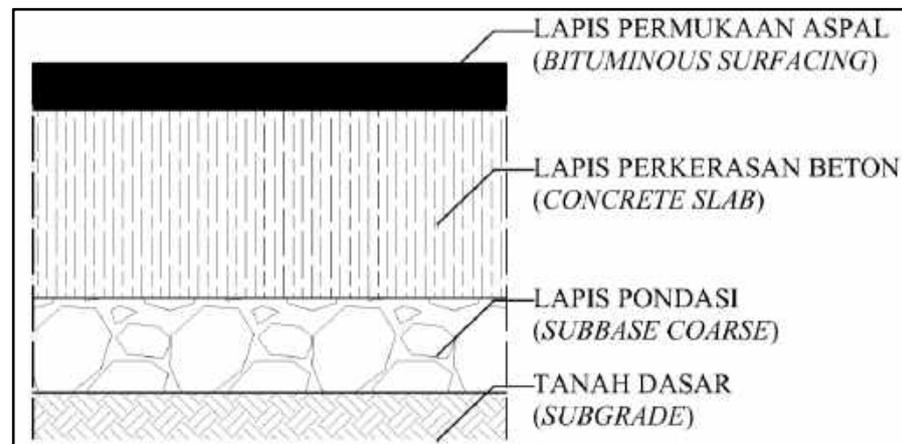
Tabel 2.1 Perbedaan antara Perkerasan Lentur dan Kaku

| No | Berdasarkan | Perkerasan Lentur | Perkerasan Kaku |
|----|---------------------------|---|--|
| 1. | Bahan Pengikat | Aspal | Semen |
| 2. | Pengulangan Beban | Dapat menimbulkan lendutan terhadap roda kendaraan | Dapat menimbulkan rekah pada muka perkerasan |
| 3. | Penyusutan tanah dasar | Jalan berlekuk (mengikuti tanah dasar) | Mempunyai karakteristik sebagai balok di atas muka perkerasan |
| 4. | Perubahan suhu | Perubahan dalam modulus kekakuan menghasilkan timbulnya tegangan | Tidak adanya perubahan modulus mengakibatkan timbulnya tegangan yang tinggi |

(Sumber: Silvia Sukirman, 1992)

2. Komponen Perkerasan Jalan Lentur

Berdasarkan Caroles, (2022) biasanya struktur perkerasan jalan lentur tersusun dari beberapa lapisan material yang diatur sesuai dengan asumsi bahwa kekuatan material yang paling rendah terletak di dasar, diikuti oleh material yang lebih kuat di lapisan teratas. Asumsi ini didasarkan pada prinsip bahwa tegangan yang paling tinggi akibat beban roda kendaraan akan diterima secara langsung oleh lapisan permukaan atas dan secara bertahap berkurang menuju lapisan terbawah.



Gambar 2.4 Komponen Perkerasan Jalan Lentur
(Sumber: Lucky Caroles, 2022)

a. Lapis Permukaan Aspal

Lapisan yang terletak paling atas dari struktur perkerasan jalan yang langsung memikul beban roda kendaraan, oleh karena itu diperlukan persyaratan guna memenuhi kekuatan yang cukup untuk menahan beban dan gaya-gaya yang dihasilkan oleh roda kendaraan. Fungsi utama dari lapisan ini adalah:

- 1) Lapisan ini bertanggung jawab untuk menopang beban vertikal kendaraan sehingga memerlukan stabilitas yang tinggi selama pengoperasian dan menyebarkan beban ke lapisan pondasi.
- 2) Berfungsi sebagai lapisan kedap udara, lapisan ini melindungi struktur perkerasan jalan dari kerusakan dengan mencegah air hujan menyerap ke lapisan di bawah permukaan.
- 3) Menciptakan tekstur permukaan yang tidak rata atau kasar, sehingga dapat memberikan koefisien gesek yang memadai untuk menjamin keamanan lalu lintas.

Lapisan permukaan terbagi menjadi lapis aus (lapis yang terpapar langsung oleh perubahan cuaca dan roda kendaraan), Lapis Pondasi, dan lapis permukaan antara (terletak diantara lapis aus dan pondasi). Lapis permukaan tersebut juga harus mempunyai sifat tahan lama, kedap air, datar, dan memiliki tingkat kekasaran yang memadai. Adapun jenis *Hot Mix Asphalt* yang dikenal meliputi:

1) *Split Mastic Asphalt* (SMA)

Lapisan *Split Mastic Asphalt* (SMA) memiliki tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

- a) SMA Tipis.
- b) SMA Halus.
- c) SMA Kasar.

2) Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston, *Hot Roll Sheet* / HRS)

Lapis Tipis Aspal Beton (Lataston, *Hot Roll Sheet* / HRS) memiliki dua jenis, yaitu sebagai berikut:

- a) *Hot Roll Sheet Wearing Course* (HRS-WC), Lapis Aus.
- b) *Hot Roll Sheet Base* (HRS-Base), Lapis Pondasi.

3) Lapis Aspal Beton (Laston, AC)

Lapis aspal beton (Laston, AC) memiliki tiga jenis, yaitu sebagai berikut:

- a) *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC), Lapis Aus.
- b) *Asphalt Concrete Binder Course* (AC-BC), Lapis antara.
- c) *Asphalt Concrete Base* (AC-Base), Lapis Pondasi.

Berdasarkan (Jenderal & Marga, 2020) terdapat ukuran tebal dari campuran beraspal serta ketentuan sifat-sifat campuran beraspal Laston yang termodifikasi adalah:

- 1) Ketentuan ketebalan campuran beraspal (SMA, Lataston, Laston)

Tabel 2.2 Ketentuan Ketebalan Campuran Beraspal

| Jenis Campuran | | Simbol | Tebal Nominal |
|----------------------------|---------------|-----------|---------------|
| | | | Minimum (cm) |
| Stone Matrix Asphalt-Tipis | | SMA-Tipis | 3,0 |
| Stone Matrix Asphalt-Halus | | SMA-Halus | 4,0 |
| Stone Matrix Asphalt-Kasar | | SMA-Kasar | 5,0 |
| Lataston | Lapis Aus | HRS-SWC | 3,0 |
| | Lapis Fondasi | HRS-Base | 3,5 |
| Laston | Lapis Aus | AC-WC | 4,0 |
| | Lapis Antara | AC-BC | 6,0 |
| | Lapis Fondasi | AC-Base | 7,5 |

(Sumber: Spesifikasi umum 2018 revisi 2)

- 2) Ketentuan sifat-sifat campuran aspal Laston atau yang seringkali kita sebut sebagai lapisan aspal untuk beton.

Tabel 2.3 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Aspal Laston

| Sifat-Sifat Campuran | | Laston | | |
|---|-----|-----------|--------------|---------|
| | | Lapis Aus | Lapis Antara | Fondasi |
| Jumlah Tumbukan Per bidang | | 75 | | 112 |
| Rasio partikel lolos ayakan 0.075mm dengan kadar aspal efektif | Min | 0,6 | | |
| | Max | 1,6 | | |
| Rongga Dalam Campuran (%) | Min | 3,0 | | |
| | Max | 5,0 | | |
| Rongga Dalam Agregat (VMA) (%) | Min | 15 | 14 | 13 |
| Rongga Terisi Aspal (%) | Min | 65 | 65 | 65 |
| Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg) | Min | 800 | | 2250 |
| Pelelehan (mm) | Min | 2 | | 3 |
| | Max | 4 | | 6 |
| Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam. 60 °C | Min | 90 | | |

(Sumber: Spesifikasi umum 2018 revisi 2)

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Menurut Silvia Sukirman (1992), Lapisan Pondasi Atas merupakan suatu lapisan yang letaknya terdapat dibagian lapisan pondasi bawah dan permukaan. Lapisan ini dibangun untuk tujuan berikut:

- 1) Berfungsi guna mendistribusikan beban ke lapisan di bawahnya dan menangani gaya lateral beban roda.
- 2) Berfungsi sebagai penyaring untuk lapisan pondasi di bawahnya.
- 3) Menjadi penopang untuk lapisan permukaan.

Lapisan pondasi paling atas harus terbuat dari bahan yang cukup kuat, tanpa bahan pengikat. Bahan yang memiliki *California Bearing Ratio* (CBR) yang melebihi 50% serta Indeks Plastisitas (PI) kurang dari 4% biasanya digunakan untuk lapisan pondasi paling atas. Unsur alam seperti kapur, batu yang pecah, kerikil yang pecah, atau tanah yang diperkuat dengan semen juga dapat digunakan.

c. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapisan pondasi bawah atau *Subbase Course*, adalah lapisan yang terletak di antara lapisan pondasi (*Base Course*) dan lapisan tanah dasar (*Subgrade*). Ini digunakan untuk tujuan berikut:

- 1) Lapisan tengah ini mendukung distribusi beban lalu lintas dari lapisan di atasnya, yaitu lapisan permukaan dan lapis pondasi atas ke lapisan tanah dasar.

- 2) Berperan sebagai lapisan yang menyerap dan menyaring, menjaga butiran halus dari tanah dasar menuju ke lapisan di atasnya.

Beberapa variasi jenis lapis pondasi dapat dibedakan berdasarkan jenis materialnya, yaitu:

- 1) Lapis pondasi dari tanah asli jika memiliki nilai $CBR \geq 20\%$ dan $PI \leq 10$ (SNI-1732-1898-F dan Pt-01-2002-B), seperti contohnya tanah asli yang mengandung batu kapur, yang banyak ditemukan di daerah Maybrat, Papua Barat.
- 2) Lapis pondasi yang dihasilkan melalui stabilisasi menggunakan berbagai macam material yang telah disetujui, seperti semen, kapur, *fly ash*, dan sebagainya.

d. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Dalam konteks perkerasan jalan, istilah tanah dasar didefinisikan sebagai suatu lapisan tanah dasar dengan ketebalan dan kepadatan tertentu. Lapisan ini berfungsi sebagai penopang untuk Lapis Permukaan Jalan yang ditempatkan di atasnya, termasuk lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan bahkan mungkin menjadi lapisan permukaan jika kondisi lapisan tanah dasarnya merupakan lapisan batuan yang baik.

Menurut Silvia Sukirman (1992), dilihat dari permukaan aslinya tanah dasar dapat dibagi menjadi Lapisan Tanah Dasar untuk Tanah Galian, Timbunan, dan Tanah Asli

3. Material Penyusun Perkerasan Jalan Lentur

a. Agregat

Batu belah atau yang sering kita sebut dengan Agregat merupakan butiran belah, kerikil, butiran halus yang terbentuk dari proses alamiah. Batuan belah menjadi salah satu material penting pada struktur perkerasan jalan yang mana 90%-95% merupakan persentase dari berat, atau 75%-85% merupakan persentase dari volume. Oleh karena itu tingkat pengukuran baik atau buruknya agregat sebagai material perkerasan jalan ditentukan pada tingkat perkerasan jalan yang baik ditentukan dari gradasi nya, kebersihan agregat, dan ketahanan agregat (Fithra, 2018). Guna memperoleh material agregat dengan kualitas yang baik agregat harus diolah secara manual terlebih dahulu oleh tenaga manusia atau mesin pemecah batu (Sukirman, 2010).

Karakteristik agregat dan hasil penggabungan agregat dengan material lain sangat memengaruhi daya dukung, umur panjang, dan kualitas perkerasan jalan.

Berdasarkan Mudjanarko, (2019) ukuran partikel agregat dapat dibedakan antara lain sebagai berikut:

1) Agregat Kasar

Agregat kasar pada campuran beraspal dapat berupa kerikil ataupun pecahan batu. Agregat kasar, menurut SNI 03-3847-2002 (2002: 4), terdiri dari batu pecah yang telah hancur secara "alami"

(terbelah) dan diambil dari industri pemecah batu. Persyaratan yang harus dipenuhi untuk agregat kasar pada campuran perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a) Agregat kasar untuk rancangan campuran adalah agregat yang mampu tertahan di saringan No. 4 (4,75 mm) agregat yang digunakan tidak terpapar kotoran seperti tidak mengandung cairan kimia dan kadar lempung dalam agregat.
- b) Agregat kasar harus memiliki *angularitas* yang diartikan sebagai persentase terhadap ukuran butiran agregat yang melebihi ukuran (4,75 mm) dan mempunyai muka bidang pecah lebih dari satu muka bidang berdasarkan ketentuan dari SNI 7619:2012.

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Kasar

| Pengujian | | Metode Pengujian | Nilai |
|---|--|--------------------|----------|
| Kekekalan Bentuk Agregat Terhadap Larutan | Natrium Sulfat | SNI 3407:2008 | Maks 12% |
| | Magnesium Sulfat | | Maks 18% |
| Abrasi Dengan Mesin <i>Los Angeles</i> | Campuran AC Modifikasi dan SMA | 100 Putaran | Maks 6% |
| | | 500 Putaran | Maks 30% |
| | Semua Jenis Campuran Beraspal Bergradasi Lainnya | 100 Putaran | Maks 8% |
| | | 500 Putaran | Maks 40% |
| Kelekatan Agregat Terhadap Aspal | | SNI 2439:2011 | Maks 95% |
| Butir Pecah Pada Agregat Kasar | SMA | SNI 7619:2012 | 100/90 |
| | Lainnya | | 95/90 |
| Partikel Pipih dan Lonjong | SMA | SNI 8287:2016 | Maks 5% |
| | Lainnya | Perbandingan 1:5 | Maks 10% |
| Material Lolos Saringan No. 200 | | SNI ASTM C117:2012 | Maks 1% |

(Sumber: Spesifikasi umum 2018 revisi 2)

2) Agregat Halus

Agregat halus merupakan bahan yang dipakai untuk penyusunan campuran perkerasan jalan yang dapat berupa pasir olahan, pasir alam, atau campuran dari pasir alam dan pasir olahan. Pasir alam terbentuk dari adanya pelapukan batuan yang disebabkan oleh cuaca dengan kurun waktu yang panjang sedangkan pasir olahan terbentuk dari bebatuan yang dihancurkan menggunakan alat pemecah batu. Tujuan penambahan agregat halus adalah guna memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan. Persyaratan yang harus dipenuhi untuk agregat halus pada campuran perkerasan jalan adalah sebagai berikut:

- a) Bahan Agregat halus diperoleh dari manapun, yang harus tersusun dari butiran halus atau hasil penyaringan batu belah yang mampu melewati saringan No.4 dengan ukuran 4,75 milimeter dan maksimum yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) adalah 10%

Tabel 2.5 Ketentuan Agregat Halus

| Pengujian | Metode Pengujian | Nilai |
|--|--------------------|--------------|
| Nilai Setara Pasir | SNI 03-4428-1997 | Minimal 50% |
| Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan | SNI 03-6877-2002 | Minimal 45% |
| Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat | SNI 03-4141-1996 | Maksimal 1% |
| Agregat Lolos Ayakan No. 200 | SNI ASTM C117:2012 | Maksimal 10% |

(Sumber: Spesifikasi umum 2018 revisi 2)

3) *Filler*

Filler bertujuan untuk merekatkan antara agregat supaya menjadi kuat selanjutnya dapat diikat dengan aspal menyesuaikan dengan jumlah aspal yang dibutuhkan dalam campuran. Berdasarkan Sukirman dalam (PUSBIN KPK PU, 2005) mengungkapkan terdapat bahan pengisi yang banyak dipakai sebagai pengikat campuran beraspal diantaranya:

a) Abu Terbang (*FlyAsh*)

Pada umumnya *fly Ash* 80% lolos saringan No. 200. Material ini berasal dari limbah batu bara dari pembangkit listrik dan biasanya digunakan untuk campuran aspal panas.

b) Debu Berbutir

Jenis debu berbutir bisa berasal dari batu marmer, semen, dan debu serta bahan alamiah lainnya dengan persentase 80%-100% lolos ayakan No. 200. Semen sebagai bahan pengisi hanya dapat dipergunakan pada campuran aspal keras penetrasi 60/70 dengan syarat semen harus dimasukkan dalam keadaan tidak basah serta memenuhi SNI ASTM C136: 2012 yang dapat melewati saringan No. 200 \leq 75%. Semen sebagai *filler* ditambahkan dalam rentang 1% sampai 2% dari berat total agregat dan untuk bahan lainnya harus dalam rentang 1% hingga 3% (Jenderal & Marga, 2020).

b. Aspal

Berdasarkan Caroles, (2022) Aspal adalah zat padat bersuhu ruangan yang berwarna hitam atau coklat tua. Ketika dipanaskan, aspal dapat menutupi partikel agregat karena sifatnya yang berubah menjadi cair. Dalam pembuatan perkerasan fleksibel, aspal biasanya menyumbang 4% hingga 10% dari berat campuran atau 10% hingga 15% dari total volume. Hidrokarbon adalah bahan utama aspal, atau bitumen. Dalam pembuatan perkerasan jalan, aspal berfungsi sebagai pengisi dan menempati ruang yang diciptakan oleh agregat dan pori-pori campuran, membuat hubungan yang kokoh antara aspal dan agregat.

Ada berbagai macam jenis aspal, di antaranya adalah sebagai berikut:

1) Aspal Minyak

Aspal minyak yang memiliki bahan dasar aspal dapat dibedakan berdasarkan:

a) Aspal Keras atau Panas (*Asphalt Cement, AC*)

Aspal keras atau panas (AC) akan mengeras menjadi padat pada suhu kamar ketika digunakan dalam kondisi cair dan panas. Jenis semen aspal berbeda-beda tergantung pada jenis minyak bumi yang digunakan dalam proses pembuatan. Nilai viskositas atau penetrasi semen aspal pada 25°C memungkinkan mereka diklasifikasikan.

Menurut tingkat penetrasinya, aspal semen (AC) dapat dimasukkan ke dalam kategori berikut:

Tabel 2.6 Ketentuan Penetrasi Aspal Keras

| Penetrasi Aspal Keras (AC) | | |
|----------------------------|-----------------------|--|
| No | Jenis Penetrasi | Keterangan |
| 1. | AC penetrasi 40/50 | AC yang memiliki tingkat penetrasi antara 40 sampai 50 |
| 2. | AC penetrasi 60/70 | AC yang memiliki tingkat penetrasi antara 60 sampai 70 |
| 3. | AC penetrasi 85/100 | AC yang memiliki tingkat penetrasi antara 85 sampai 100 |
| 4. | AC penetrasi 120/150, | AC yang memiliki tingkat penetrasi antara 120 sampai 150 |
| 5. | AC penetrasi 200/300 | AC yang memiliki tingkat penetrasi antara 200 sampai 300 |

(Sumber: Carlos, 2022)

Tabel 2.7 Ketentuan Pengujian Aspal Penetrasi 60/70

| No | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Tipe I Aspal Pen 60/70 | Jenis II Aspal Modifikasi | |
|-----|--|--|------------------------------|---------------------------------|------|
| | | | | PG70 | PG76 |
| 1. | Penetrasi Pada 25 °C (0,1 mm) | SNI 2456:2011 | 60-70 | Dilaporkan | |
| 2. | Temperatur yang menghasilkan Geser | SNI06-6442-2000 | | 70 | 76 |
| 3. | Viskositas Kinematis 135 °C | ASTM D2170-10 | ≥ 300 | ≥ 300 | |
| 4. | Titik Lembek (°C) | SNI 2432:2011 | ≤ 48 | Dilaporkan | |
| 5. | Daktilitas Pada 25 °C (cm) | SNI 2432:2011 | ≥ 100 | | |
| 6. | Titik Nyala (°C) | SNI 2432:2011 | ≥ 232 | ≥ 230 | |
| 7. | Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%) | AASHTO T44-14 | ≥ 99 | ≥ 99 | |
| 8. | Berat Jenis | SNI 2441:2011 | ≥ 1,0 | | |
| 9. | Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek °C | ASTM D 5976-00 Part 6.1 dan SNI 2434:2011 | | ≤ 2,2 | |
| 10. | Kadar Parafin Lilin (%) | SNI 03-3639-2002 | ≤ 2 | | |

(Sumber: Spesifikasi umum 2018)

2) Aspal Cair

Berdasarkan proses penguapannya, aspal cair dapat dibedakan menjadi:

- a) Aspal Cair Pengawetan Lambat: Aspal cair jenis ini terdiri dari kombinasi aspal keras dan sisa minyak, atau dapat juga berupa residu dengan sedikit kandungan minyak berat.

- b) Aspal cair medium curing dibuat dengan melarutkan aspal keras dengan minyak tanah.
- c) Aspal Cair Pengawetan Cepat: Bensin digunakan untuk membuat aspal keras menjadi aspal cair. Disebut aspal cair cepat evaporasi karena bensin menguap lebih cepat daripada minyak tanah.

3) Aspal Emulsi

Ketika keduanya digabungkan, biasanya minyak dan air akan terlepas satu sama lain. Ketika aspal keras dan air dicampur, zat pengemulsi digunakan untuk memperlambat *limpasan* dan menghasilkan *suspensi* (Nur Khaerat Nur, Mahyuddin, Erniati Bachtiar dkk., 2021).

Aspal emulsi menurut muatan listrik bahan pengemulsinya terdiri dari:

a) Aspal Emulsi Kationik

Aspal emulsi jenis kationik (ion positif) cocok untuk jenis batuan yang mengandung ion negatif. Meskipun demikian, aspal kationik dapat digunakan untuk semua jenis batu.

b) Aspal Emulsi Anionik

Aspal emulsi jenis anionik (ion negatif) cocok untuk jenis batu yang mengandung ion positif.

c. Limbah Karet Ban

Secara umum, lama waktu pemakaian ban harus memenuhi sejumlah fungsi dasar, antara lain sebagai redaman, bantalan, transmisi torsi (dalam mengemudi dan mengerem), stabilitas dimensi, ketahanan terhadap abrasi, ketahanan gelinding yang memadai (efisien), dan daya tahan. Dalam memenuhi persyaratan tersebut, ban terdiri dari lima komponen utama, yaitu:

- 1) Tapak
- 2) Dinding samping
- 3) Sabuk Baja
- 4) Lapisan Bodi

Berikutnya, ban diproduksi dari berbagai jenis bahan, termasuk karet alam, karet sintetis, tekstil, dan baja (Baumgardner dkk., 2014). Berdasarkan Alam dalam (Effendy dkk., 2021) karet alam adalah senyawa polimer yang terdiri dari atom karbon dan hidrogen, dan memiliki *isoprena* (C_5H_8) sebagai senyawa utamanya. Karet alam umumnya diperoleh dari getah pohon karet *Hevea brasiliensis* (*Euphorbiaceae*). Di sisi lain karet sintetis terbentuk melalui polimerisasi *stirena* (C_8H_8), yang dihasilkan dari produk sampingan pengolahan minyak bumi. Proses polimerisasi tersebut mengubahnya menjadi material baru dengan sifat yang mendekati karet alam.

4. Pemeriksaan Karakteristik Bahan Campuran Aspal

Untuk memastikan material baik atau tidaknya untuk campuran lapis aspal diperlukan diperlukannya pengujian sesuai dengan standar yang telah ditentukan antara lain (Sukirman, 2016):

a. Pemeriksaan Karakteristik Agregat

1) Gradasi Agregat

Gradasi agregat atau analisa saringan agregat adalah susunan butir agregat yang disaring menggunakan saringan dengan ukuran tertentu sesuai dengan SNI. Adapun Agregat bergradasi baik dan buruk antara lain sebagai berikut:

- a) Bergradasi Kasar, memiliki susunan butiran dari kasar hingga halus (dominan agregat kasar) termasuk gradasi baik.
- b) Bergradasi halus, memiliki susunan butiran dari kasar hingga halus (dominan agregat kasar) termasuk gradasi baik.
- c) Gradasi Seragam, ukuran butiran agregat relatif menyerupai dan memiliki rongga yang cukup besar termasuk gradasi buruk.
- d) Gradasi terbuka, memiliki rongga-rongga yang tidak terisi dengan baik termasuk gradasi buruk.
- e) Gradasi senjang, memiliki ukuran butiran yang tidak menerus gradasi buruk.

Rumus Perhitungan Pengujian Analisa Agregat berdasarkan ketentuan dari SNI ASTM C136:2012 antara lain sebagai berikut:

a) % Tertahan

$$\% \text{ Tertahan (e)} = \frac{d}{g} \times 100 \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

e = % Tertahan

d = Jumlah Berat Tertahan (gr)

g = Berat Total Agregat Persampel (gr)

b) % Tertahan

$$\% \text{ Lolos (f)} = 100 - e \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

e = % Tertahan

f = % Lolos

Tabel 2.8 % Berat yang lolos terhadap total agregat

| Ukuran Ayakan | | % Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat | |
|---------------|-------|---|------------|
| ASTM | (mm) | Batas Bawah | Batas Atas |
| 1 1/2" | 37,5 | 100 | 100 |
| 1" | 25 | 100 | 100 |
| 3/4" | 19 | 100 | 100 |
| 1/2" | 12,5 | 99 | 100 |
| 3/8" | 9,5 | 77 | 90 |
| No. 4 | 4,75 | 53 | 69 |
| No. 8 | 2,36 | 33 | 53 |
| No. 16 | 1,18 | 21 | 40 |
| No. 30 | 0,6 | 14 | 30 |
| No. 50 | 0,3 | 9 | 22 |
| No. 100 | 0,15 | 6 | 15 |
| No. 200 | 0,075 | 4 | 9 |

(Sumber: Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2)

2) Keausan Agregat

Pemeriksaan ini dilakukan dengan menggunakan mesin *los angeles*. Material agregat dapat mengalami degradasi dari yang berbentuk pecahan hingga pecah dan menjadi butiran. Hancurnya agregat disebabkan oleh beban lalu lintas dan faktor iklim. Oleh karena itu diperlukannya pemeriksaan keausan agregat sesuai dengan ketentuan (SNI 2417:2008). Ketentuan nilai abrasi untuk campuran aspal AC-WC yaitu maksimal 40% terlihat pada **tabel 2.9**.

$$\text{Nilai Abrasi} = \left(\frac{w_1 - w_2}{w_1} \right) \times 100\% \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

W1 = Berat Awal

W2 = Berat Tertahan Saringan No. 12

Tabel 2.9 % Gradasi Berat Benda Uji Abrasi

| Ukuran Saringan | | Gradasi dan Berat Benda Uji (Gram) | | | | | | |
|-----------------|---------------|------------------------------------|---------|---------|---------|----------|---------|----------|
| Lolos (mm) | Tertahan (mm) | A | B | C | D | E | F | G |
| 76,2 (3") | 63,5 (2,5") | | | | | 2500±10 | | |
| 63,5 (2,5") | 50,8 (2,0") | | | | | 2500±10 | | |
| 50,8 (2,0") | 38,1 (1,5") | | | | | 5000±10 | 5000±10 | |
| 38,1 (1,5") | 25,4 (1,0") | 1250±25 | | | | | 5000±10 | 5000±10 |
| 25,4 (1,0") | 19,05 (3/4") | 1250±25 | | | | | | 5000±10 |
| 19,05 (3/4") | 12,7 (1/2") | 1250±25 | 2500±10 | | | | | |
| 12,7 (1/2") | 9,51 (3/8") | 1250±25 | 2500±10 | | | | | |
| 9,51 (3/8") | 6,35 (1/4") | | | 2500±10 | | | | |
| 6,35 (1/4") | 4,75 (No. 4) | | | 2500±10 | 2500±10 | | | |
| 4,75 (No. 4) | 2,36 (No. 8) | | | | 2500±10 | | | |
| Total | | 5000±10 | 5000±10 | 5000±10 | 5000±10 | 10000±10 | 5000±10 | 10000±10 |
| Jumlah Bola | | 11 | 11 | 8 | 6 | 12 | 12 | 12 |

(Sumber: Modul Praktikum Bahan Perkerasan Jalan)

3) Berat Jenis Agregat dan Penyerapan Air

Pemeriksaan fisik pada agregat terdiri dari berat jenis SSD, Berat jenis *bulk*, Berat jenis semu, penyerapan air. Berat jenis merupakan rasio antara massa dengan volume yang sama terhadap suhu yang sepadan, sedangkan untuk penyerapan adalah kemampuan agregat dalam kondisi kering menyerap air hingga dalam kondisi jenuh kering (SSD). Pemeriksaan Berat jenis dan penyerapan air dengan ketentuan (SNI.031-1969-1990) antara lain:

a) Berat Jenis Curah Kering (*Bulk Specific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis Bulk} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven* (gr)

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

b) Berat jenis kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*)

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

c) Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven* (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

d) Penyerapan air (*Absorption*)

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven*

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

Tabel 2.10 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

| Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Air | | |
|--|------------|------------|
| Uraian | Min | Max |
| Berat Jenis | 2,5 | 3% |
| Penyerapan Air | - | 3% |

(Sumber: Syarat SNI.031-1969-2016)

Tabel 2.11 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

| Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Air | | |
|--|------------|------------|
| Uraian | Min | Max |
| Berat Jenis | 2,5 | 3% |
| Penyerapan Air | - | 3% |

(Sumber: Syarat SNI.031-1970-2016)

Tabel 2.12 Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Semen

| Syarat Berat Jenis dan Penyerapan Air | | |
|--|------------|------------|
| Uraian | Min | Max |
| Berat Jenis | 3 | 3,2 |
| Penyerapan Air | - | 3% |

(Sumber: Syarat SNI. 2531-1991)

b. Pemeriksaan Karakteristik Aspal Keras 60/70

1) Penetrasi

Persyaratan mutu aspal dengan melakukan pengujian penetrasi aspal supaya dapat menentukan keras dan lunaknya aspal dengan suhu 25 °C dan dengan beban 100 gr yang ditusuk jarum penetrasi selama 5 detik. Syarat uji penetrasi dapat dilihat pada tabel 2.6 menggunakan SNI 2456-2011.

2) Berat Jenis Aspal

Fungsi dari dilakukannya pengujian berat jenis pada aspal adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat aspal dan air kalibrasi dengan berat yang sama pada suhu 25 °C dengan menggunakan piknometer berkapasitas 60mm. pengujian ini sesuai dengan ketentuan dari SNI 2441-2011 dengan perhitungan berikut ini:

$$\text{Berat Jenis} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

A = Massa Piknometer (gr)

B = Massa Piknometer + Air (gr)

C = Massa Piknometer + Aspal (gr)

C = Massa Piknometer + Air + Aspal (gr)

3) Titik Lembek Aspal

Titik Lembek berfungsi sebagai penentu kelas dan kualitas aspal. Pengujian ini dilakukan dengan temperatur udara awal 5 °C dan dipanaskan hingga bola baja mendorong aspal dan jatuh ke plat dasar dengan metode *ring and ball*. Pengujian ini sesuai dengan ketentuan dari SNI 2434-2011.

4) Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

Titik nyala merupakan suhu dimana pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik di atas permukaan aspal. Dan titik bakar adalah suhu di mana terlihat nyala selama 5 detik pada suatu permukaan aspal. Pengujian ini sesuai dengan ketentuan dari SNI 2433-2011.

5. Karakteristik Beton Aspal

Lapisan permukaan adalah elemen konstruksi jalan yang memiliki peran paling krusial. Fungsinya mencakup pembagian dan penyaluran berat kendaraan yang melintas, penghalang meresapnya air dan udara ke struktur perkerasan, serta pembentukan lapisan yang memiliki sifat tahan terhadap gelinciran.

Proyek pembangunan jalan dapat mempertahankan integritas strukturnya dan menampung lalu lintas secara aman dan nyaman dengan melakukan peran ketiga tersebut. Menurut Sukiman dalam (Nur Khaerat Nur, Mahyuddin, Erniati Bachtiar dkk. 2021) mengatakan terdapat sifat yang wajib dimiliki oleh perkerasan lentur

a. *Stabilitas*

Kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan tekanan lalu lintas tanpa mengalami deformasi, seperti pembentukan alur, dikenal sebagai stabilitas. Ini dicapai melalui pengikatan lapisan aspal yang kuat, penguncian antar partikel, dan perpindahan butiran. Akibatnya, dengan memperhatikan penerapan, stabilitas dapat dicapai dengan:

- 1) Agregat yang menunjukkan gradasi rapat.
- 2) Agregat yang mempunyai tekstur permukaan kasar.
- 3) Agregat Berbentuk Kubus.
- 4) Aspal dengan tingkat penetrasi rendah.
- 5) Aspal yang mempunyai jumlah mampu mengikat antar butiran.

b. Keawetan atau *Durabilitas*

Durabilitas merupakan suatu bentuk ketahanan sebagai upaya menjaga sifat yang mendasar dikarenakan perubahan iklim yang tidak menentu selama proses pelayanan jalan. Uji ketahanan aspal memiliki tujuan guna menilai sejauh mana kemampuan aspal dalam mempertahankan karakteristik aslinya yang dapat dipengaruhi oleh tahap penuaan. Pengujian kuantitatif yang umumnya dilakukan untuk menilai *durabilitas* aspal melibatkan uji penetrasi, titik lembek, kehilangan berat, dan *daktilitas*. Beberapa faktor yang memengaruhi daya tahan campuran melibatkan:

- 1) *Film* aspal atau selimut aspal, lapisan aspal beton dengan selimut aspal yang tebal dapat meningkatkan *durabilitas*, tetapi meningkatkan risiko terjadinya *bleeding*.
- 2) VIM (*Voids in Mix*) dapat menjaga kekedapan air dan udara pada campuran aspal, mencegah oksidasi, dan menghindari kekerasan aspal.
- 3) VMA (*Void in Minireal Agregate*) yang besar, yang mencakup rongga di antara agregat, memungkinkan pembuatan selimut aspal yang tebal. Namun, kombinasi VMA dan VIM yang kecil dengan kadar aspal tinggi dapat meningkatkan risiko *bleeding*. Untuk mencapai VMA yang besar, sering digunakan agregat yang bergradasi senjang.
- 4) VMA dan VIM dibuat lebih kecil dengan takaran aspal yang tidak rendah menyebabkan *bleeding*.

c. Kelenturan atau *Fleksibilitas*

Kapasitas suatu lapisan perkerasan untuk beradaptasi dengan pendinginan yang disebabkan oleh beban seperti lalu lintas tanpa mengurangi volumenya disebut fleksibilitas. Untuk mendapat tingkat fleksibilitas yang tinggi maka diperlukan:

- 1) Menggunakan aspal dengan takaran yang tidak rendah untuk meningkatkan VMA.
- 2) Menggunakan agregat dengan gradasi senjang.
- 3) Menggunakan aspal dengan tingkat penetrasi yang tinggi.

d. Kedap Air atau *Impermeabilitas*

Kedap Air merupakan suatu ketangguhan material guna mempersulit masuknya air dan udara ke dalam rongga perkerasan. Hal ini dapat berpengaruh terhadap campuran laston yang akan mengalami proses penuaan secara cepat, serta dapat mengakibatkan pengupasan terhadap selimut aspal. Untuk itu perlu dicapainya suatu nilai *impermeabilitas* yang tinggi, ada beberapa hal yang harus dilakukan:

- 1) Agregat yang dievaluasi secara menyeluruh.
- 2) Campuran aspal memiliki kandungan yang cukup tinggi dan nilai VIM yang rendah.

e. Tahan Geser (*Skid Resistance*)

Ketahanan geser adalah tingkat stabilitas yang diberikan oleh perkerasan jalan untuk mencegah mobil tergelincir dalam lingkungan basah atau kering. Derajat kekerasan ditentukan dengan menghitung koefisien gesekan antara permukaan jalan dan roda kendaraan. Berikut ini adalah definisi ketahanan geser yang tinggi:

- 1) Untuk mencegah *bleeding*, gunakan aspal dalam jumlah yang tepat.
- 2) Menggunakan agregat kubus.
- 3) Menggunakan agregat kasar secukupnya.

f. Kemudahan Pelaksanaan (*Work Ability*)

Mencerminkan seberapa mudah suatu kombinasi dapat ditempatkan dan dipadatkan untuk mencapai kepadatan sesuai

keinginan. Beberapa faktor yang memengaruhi kemudahan pelaksanaan meliputi:

- 1) Gradasi agregat yang memadai mempermudah pelaksanaan dibandingkan dengan gradasi yang jauh dari persyaratan, akibatnya dapat muncul selama pengerjaan.
- 2) Suhu kombinasi juga turut memengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- 3) Dengan kandungan bahan pengisi yang tinggi, terutama agregat yang bergradasi ketat, penerapan mungkin lebih sulit.
- 4) Nilai VIM campuran rendah dan kandungannya relatif tinggi untuk campuran aspal.

g. Ketahanan Kelelahan (*Fatigue Restance*)

Kemampuan untuk memikul beban lalu lintas tanpa menyebabkan kerusakan atau retakan atau bekas roda disebut ketahanan campuran perkerasan terhadap kelelahan. Faktor-faktor berikut mempengaruhi ketahanan lelah:

- 1) Kelelahan dapat terjadi lebih cepat dalam kondisi dengan kadar aspal rendah dan Volume Udara Terjebak (VIM) yang tinggi.
- 2) Menggabungkan Mineral Aggregate (VMA) bervolume tinggi dengan jumlah aspal yang tinggi dapat membuat lapisan perkerasan lebih fleksibel.

6. Perencanaan campuran aspal

Perencanaan campuran beraspal dilakukan untuk menentukan seberapa material dan kadar aspal dibutuhkan antara lain sebagai berikut:

1) Tebal Selimut atau *Film* Aspal

Untuk menentukan tebal selimut aspal ditentukan oleh luas permukaan butir-butir agregat yaitu ditentukan oleh hasil gabungan gradingan lolos analisa saringan agregat.

$$LP = FLP \times \% \text{ Lolos Gabungan Agregat} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

LP = Luas Permukaan

FLP = Faktor Luas Permukaan (didapat dari tabel 2.13)

Tabel 2.13 Faktor Luas Permukaan

| Ayakan | | Faktor Luas Permukaan |
|---------|------------|-----------------------|
| No | Bukaan, mm | m ² /kg |
| ≥ No 4 | ≥ No 4 | 0,41 |
| No. 8 | 2,36 | 0,82 |
| No. 16 | 1,18 | 1,64 |
| No. 30 | 0,6 | 2,87 |
| No. 50 | 0,3 | 6,14 |
| No. 100 | 0,15 | 12,29 |
| No. 200 | 0,075 | 32,77 |

(Sumber: Syarat SNI. 2531-1991)

2) Kadar Aspal Rencana

Pb merupakan ketentuan guna membuat benda uji agar diperoleh kadar aspal optimal (KAO) pada suatu campuran. Nilai Pb dibulatkan agar dapat mempermudah dalam proses perhitungan. Kadar aspal

berkisar berkisar antara 4-6% berdasarkan komposisi dari beton aspal campuran panas, sehingga dalam menentukan beton aspal campuran adalah dengan menetapkan kadar aspal berdasarkan Pb. Nilai Pb diperoleh dari persamaan berikut ini:

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\%FF) + K. \dots\dots (2.10)$$

Keterangan:

Pb = Kadar Aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = Persen agregat tertahan saringan No.8

FA = Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan di saringan No. 8

K = Konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

3) JMF (*Job mix formula*)

Untuk JMF didapat perhitungan dari laboratorium PT. Anugrah Beton Nusantara didapatkan *job mix* 100% terhadap campuran dan *job mix* 100% terhadap material.

4) Berat Jenis *Bulk* Beton Aspal Padat (Gsb)

Agregat memiliki gradasi tertentu dari mulai kasar hingga halus. Sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Gsb = \frac{p1+p2+p3+p4}{\frac{P1}{Bj.Bulk} + \frac{P2}{Bj.Bulk} + \frac{P3}{Bj.Bulk} + \frac{P4}{Bj.Bulk}} \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan:

P = Persentase rasio fraksi agregat (%)

Bj. *Bulk* dari masing-masing fraksi (gr)

5) Berat Jenis *Apparent* Campuran (Gsb)

Agregat memiliki gradasi tertentu dari mulai kasar hingga halus. Sehingga untuk menghitung berat beton aspal padat dibutuhkan berat jenis agregat dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Gsb = \frac{p1+p2+p3+p4}{\frac{P1}{BJ.App} + \frac{P2}{BJ.App} + \frac{P3}{BJ.App} + \frac{P4}{BJ.App}} \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan:

P = Persentase rasio fraksi agregat (%)

Bj. *Apparent* dari masing-masing fraksi (gr)

6) Berat Jenis efektif agregat campuran (Gse)

Berat jenis efektif agregat campuran dapat diperhitungkan berdasarkan perhitungan berikut ini:

$$Gse = \frac{100 - Pa}{\frac{100}{Gmm} + \frac{Pa}{Ga}} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

Pa = Kadar Aspal (%)

Gmm = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

Ga = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

7) Penyerapan Aspal terhadap Total Agregat (Pab)

Aspal yang terdapat dalam beton aspal padat berfungsi sebagai penyelimut butir-butir agregat dan pengisi pori setiap butir agregat (menyerap atau mengabsorbsi ke dalam butir agregat). Selimut aspal yang lebih tipis berdampak pada beton aspal yang berkurang sifat

ketahanan atau durabilitasnya. Sebaliknya, jika selimut aspal tebal, maka durabilitas beton aspal lebih baik, tetapi kemungkinan terjadi *bleeding* akan menjadi lebih besar.

$$P_{ab} = 100 \times \frac{G_{se} - B_j \cdot Agg \text{ Bulk}}{G_{se} - B_j \cdot Agg \text{ Bulk}} \times G_a \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat Jenis efektif agregat campuran

G_a = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

8) Berat Jenis Campuran *Maximum* (GMM)

Berat jenis campuran *maximum* adalah berat jenis campuran tanpa rongga udara dengan cara di *vacum* (sedot udara) apabila campuran rapuh dan tidak merekat maka campuran tersebut akan susah untuk dihamparkan. Pengujian GMM menggunakan ketentuan dari AASHTO – T.209 – 90 antara lain:

$$\text{Berat Jenis Terkoreksi (K)} = H - J \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

H = Berat Jenis

J = Koreksi Suhu (Didapat dari tabel 2.14)

Tabel 2.14 Temperatur Terkoreksi GMM

| Temperatur Koreksi | | |
|--------------------|--------|--------|
| °C | | |
| 23 | 24 | 25 |
| 1,0005 | 1,0003 | 1,0000 |
| 26 | 27 | 28 |
| 0,9997 | 0,9995 | 0,9992 |

(Sumber: AASHTO-T.209-90)

7. Pengujian Kekuatan Struktural Campuran Aspal

a. *Marshall Test*

Menurut Silvia Sukirman (1992), alat *press Marshall* adalah alat press dengan kapasitas 2500 kg atau 5000 ton. Untuk mengetahui kestabilan campuran, gelas ukur dipasang pada cincin pembuktian ini. Ada juga pengukur aliran yang dapat digunakan untuk mengukur peleburan (aliran) plastik.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian dengan alat yang disebut Uji *Marshall* hingga memperoleh hasil yang diinginkan setelah semua benda uji telah dilakukan pada tahap tertentu. Hasil pemeriksaan tersebut memenuhi standar industri ASTM D 1559-62T, AASHTO T 245-74, dan PC-0201-76 (Sukirman, 2010).

Selama persiapan benda uji dan proses pemeriksaan alat marshall, informasi berikut dikumpulkan:

- 1) Kandungan aspal ditunjukkan dengan satu digit setelah koma dalam angka desimal
- 2) Berat volume ditunjukkan dengan ton per meter kubik
- 3) Stabilitas, yang menunjukkan kekuatan dan ketahanan terhadap terciptanya alur (*Rutting*), ditunjukkan dalam angka penuh
- 4) VIM menunjukkan persentase rongga dengan angka desimal satu digit setelah koma.
- 5) Hasil (aliran) plastik diukur dengan milimeter, atau 0,01 inci. Aliran juga dapat menunjukkan ketidakpastian.

- 6) Persentase rongga dalam campuran, atau VIM, ditunjukkan dalam satu angka desimal setelah koma dan menunjukkan tingkat ketahanan.
- 7) VMA, yang memberikan nilai bilangan bulat untuk mewakili proporsi rongga dalam agregat. Oleh karena itu, VMA berfungsi sebagai indikator ketahanan seperti VIM.
- 8) Volume pori-pori antar partikel agregat yang terisi aspal dalam campuran padat diukur dengan VFB.

Berikut merupakan rumus-rumus yang akan digunakan untuk menghitung nilai dari beberapa parameter *Marshall* berdasarkan pada SNI 06-2489-1991:

- 1) Isi Benda Uji (g)

$$g = e - f \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan:

g = Isi benda uji (cc)

f = Berat benda uji jenuh (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

- 2) Kepadatan (h)

$$h = \frac{d}{g} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan:

h = Kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji di udara (gr)

g = Isi benda Uji (cc)

3) Rongga dalam agregat (VMA)

$$j = 100 - \left(\frac{(100-c) \times h}{G_{sb}} \right) \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

j = Rongga dalam agregat (VMA) (%)

h = Kepadatan (gr/cc)

c = Kadar aspal terhadap berat campuran (%)

G_{sb} = Berat Jenis agregat bulk

4) Terhadap Rongga Campuran (VIM)

$$k = 100 - \left(100 \times \frac{h}{i} \right) \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

k = Rongga terhadap campuran (VIM) (%)

i = Berat jenis campuran maksimum (gr/cc)

h = Kepadatan (gr/cc)

5) Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$l = 100 \times \left(\frac{j-k}{j} \right) \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

l = Rongga terhadap campuran (VFB) (%)

j = Rongga dalam agregat (VMA) (%)

k = Rongga terhadap campuran (VIM) (%)

6) Stabilitas Kalibrasi *Proving Ring* (n)

$$n = m \times \text{Kalibrasi Proving Ring} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

n = Stabilitas Kalibrasi *Proving Ring* (kg)

l = Bacaan pada alat stabilitas

Kalibrasi *proving ring* (div/kg f)

7) Hasil Bagi *Marshall* (MQ)

$$p = \frac{n}{o} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

p = Hasil bagi *Marshall* (kg/mm)

n = Stabilitas setelah dikoreksi (kg)

o = Pelelehan (mm)

8) Kadar Aspal Efektif (s)

$$t = c - (r / 100) \times (100 - c) \dots\dots\dots(2.23)$$

s = Kadar aspal efektif (%)

c = Kadar aspal terhadap berat campuran (%)

r = Absorpsi aspal

9) Tebal film aspal (t)

$$t = \frac{(c - r) \times 1000}{q \times \text{bj. Aspal} \times (100 - c)} \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

t = Tebal film aspal

r = penyerapan Aspal

c = Kadar Aspal

B. Tinjauan Pustaka

Berikut adalah studi sebelumnya yang akan dijadikan acuan untuk penelitian mendatang, termasuk diantaranya:

1. Penelitian dilakukan oleh Kezhen Yan, Shaoquan Wang, Dongdong Ge, Jinghao Chen, Shan Tian & Hao Sun (2020).

Judul penelitian ini tentang “*Kinerja laboratorium campuran aspal dengan karet ban bekas dan bahan pengikat aspal modifikasi APAO*”.

Untuk mengetahui lebih jauh kinerja campuran dengan aspal termodifikasi karet bekas ban bekas (WTR) dan aspal termodifikasi *amorphous poly alpha olefin* (APAO), dipilihlah campuran aspal termodifikasi 12% WTR+4% APAO dan 15% WTR+4% APAO sebagai penelitian. Kinerja laboratorium dipelajari dengan uji stabilitas *Marshall* standar, uji *wheel tracking*, uji *Marshall* perendaman, uji belah beku-cair, uji kuat tarik tidak langsung, uji kelelahan tarik tidak langsung, dan uji stabilitas *Marshall* setelah penuaan jangka panjang.

Dibandingkan dengan ketiga campuran aspal lainnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran aspal modifikasi 12% WTR+4% APAO memiliki stabilitas *Marshall* dan kinerja suhu tinggi yang paling tinggi. Sedangkan campuran aspal modifikasi 15% WTR+4% APAO memiliki

ketahanan deformasi permanen yang lebih baik pada temperatur tinggi, stabilitas kelembaban, ketahanan penuaan, dan kinerja lelah yang relatif baik. Hasil uji hipotesis statistik juga menegaskan bahwa aspal modifikasi WTR/ APAO mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik. Berdasarkan hasil berbagai kinerja, kadar WTR 15%+4% APAO merupakan kadar optimal untuk campuran aspal (Yan dkk., 2022).

2. Penelitian dilakukan oleh Weimintoron, Ahmad Faris, Ahmad Ruli Khoirul Azmi, NADYA Shafira Salsabila (2022).

Judul penelitian ini mengenai “*Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Sebagai Substitusi Sebagian Kadar Aspal Terhadap Stabilitas AC-BC Dengan Metode Marshall Test*”. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan tambahan limbah ban karet sebagai variasi penambahan, yakni sebesar 3%, 5%, dan 7%. Sembilan *item* tes total akan dibuat, dengan tiga item tes untuk setiap varian yang dibuat menggunakan campuran AC-BC dan diuji menggunakan prosedur tes *Marshall*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seiring dengan peningkatan kandungan limbah ban karet, nilai VIM, VMA, stabilitas, dan MQ dapat meningkat. Sebaliknya, nilai leleh, VFA, dan densitas turun (Weimintoro dkk., 2022).

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada penggunaan limbah ban karet sebagai bahan tambah campuran aspal, langkah uji benda uji, dan material yang digunakan. Adapun letak perbedaannya terdapat pada jenis campuran aspalnya, variasi penambahan

limbah ban karet, serta jenis ban karet yang digunakan sebagai bahan campuran aspal panas.

3. Penelitian dilakukan oleh Weimintoro, Risqita Novika Ambar Sari, Okky Hendra Hermawan, Teguh Haris Santoso (2022).

Judul penelitian ini tentang “*Pengaruh Lama Perendaman Benda Uji AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas Dan Nilai Kelelahan (Flow) Dengan Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018*”. Dalam desain eksperimen penelitian ini, metode uji *Marshall* digunakan untuk menguji campuran aspal. Dalam penelitian ini, tiga waktu perendaman berbeda digunakan: 30 menit, 24 jam, dan 48 jam. Berdasarkan temuan penelitian, perendaman selama 30 menit menghasilkan nilai leleh rata-rata sebesar 2,93 mm dan nilai stabilitas *Marshall* sebesar 1.516,5 kg. Nilai rata-rata stabilitas *Marshall* sebesar 1.413,1 kg dan nilai rata-rata *Flow* sebesar 3,33 mm diperoleh setelah lama perendaman selama 24 jam. Setelah direndam selama 48 jam, nilai rata-rata leleh sebesar 3,76 mm dan nilai rata-rata stabilitas *Marshall* sebesar 977,1 kg (Weimintoro dkk., 2021).

Pada penelitian tersebut didapatkan persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada variabel yang diteliti yakni durasi perendaman dan material yang digunakan. Adapun letak perbedaannya yaitu pada penelitian yang penulis teliti terdapat campuran bahan tambah limbah ban karet terhadap benda uji.

4. Penelitian dilakukan oleh M. Shahin, TU Ahmed, MN Bari & MA Sobhan (2022).

Judul penelitian ini tentang “Pengaruh perendaman terhadap kuat tekan aspal modifikasi polimer daur ulang”. Penelitian ini membahas mengenai pengaruh lama perendaman terhadap kuat tekan campuran aspal modifikasi yang dipadatkan dengan WPE dan WPVC. 11% WPE dan 8% WPVC. Kandungan pengubah optimal, digunakan dalam memodifikasi aspal, yang ditemukan dari penyelidikan sifat *Marshall*. Indeks Kekuatan Tertahan (IRS) Campuran-I, Campuran-II, dan Campuran-III memenuhi batas baku mutu masing-masing sebesar 75%, hingga lama perendaman 62,4, 84, dan 67,2 jam. WPE dan WPVC menunjukkan kinerja yang sangat baik dalam kondisi terendam, sehingga mendorong penggunaan aspal yang dimodifikasi di wilayah rawan banjir.

WPE cocok digunakan pada negara dengan iklim dingin serta wilayah hangat, sedangkan WPVC direkomendasikan hanya untuk iklim hangat. Pemanfaatan WPE dan WPVC (Shahin dkk., 2022).

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada variabel yang diteliti yakni durasi perendaman serta pada benda uji sama-sama memodifikasi campuran aspal dengan bahan tambah. Adapun perbedaannya terletak pada variasi lama perendaman.

5. Penelitian dilakukan oleh Indah Handayasari, Irma Sepriyanna (2022).

Judul penelitian ini tentang “*Pengaruh Serbuk Ban Bekas Sebagai Bahan Tambah Pada CPHMA Dengan Variasi Suhu Pematatan Terhadap Karakteristik Marshall*”. Pemerintah saat ini bekerja untuk memaksimalkan penggunaan aspal Buton untuk memenuhi kebutuhan aspal berkualitas tinggi untuk perkerasan jalan. Aspal Buton menghasilkan CPHMA, sebuah produk yang dapat menyebar dengan baik di udara dan pada suhu tinggi. Pada penelitian ini, serbuk ban bekas dengan kuantitas 0%, 2,5%, 7,5%, dan 12,5% digunakan sebagai aspal CPHMA. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, dengan memenuhi kriteria yang diperlukan, penggunaan serbuk ban bekas dapat meningkatkan kinerja CPHMA sebesar 2,5% pada suhu pematatan 150 °C. (Halim & Sepriyanna, 2022).

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya mencampurkan bahan *Adictife* berupa ban karet namun terdapat letak perbedaannya yakni pada ukuran butiran limbah ban karet yang akan dicampurkan dengan aspal.

6. Penelitian dilakukan oleh Sjelly Haniza, Ulfa Jusi, M Rizki (2022).

Judul penelitian ini tentang “*Analisis Nilai Karakteristik Asphalt Concrete-Wearing Course Terhadap Variasi Lama Rendaman Pada Air Gambut*”. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan benda uji rancangan *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC) dengan waktu perendaman masing-masing 30 menit, 720 menit,

dan 1440 menit. Jenis aspal yang digunakan adalah 60/70. Nilai kadar aspal ideal (KAO) adalah 6,2%. Nilai VMA, VIM, dan VFB memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018. Nilai karakteristik kestabilan adalah 1107 kg, 863 kg, dan 696 kg ketika diendam dalam air gambut selama 30 menit, 720 menit, dan 1440 menit. Nilai aliran adalah 3,22 mm, 4,03 mm, dan 4,78 mm. Data yang dikumpulkan menunjukkan bahwa lapisan permukaan AC-WC yang terendam dalam air gambut dengan pH 4,12 harus dikeluarkan dari wadah selama paling lama 12 jam. (Haniza dkk., 2022).

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada variabel yang diteliti yakni mengenai lamanya perendaman benda uji namun terdapat letak perbedaannya yaitu pada variasi durasi lama perendaman dan jenis air yang digunakan, pada penelitian yang saya lakukan menggunakan air normal dengan suhu norma sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Haniza dkk menggunakan air gambut.

7. Penelitian dilakukan oleh Adiman Fariyadin dan Adryan Firayudha (2023)

Judul penelitian ini tentang “*Pengaruh Penambahan Limbah Karet Ban Luar Terhadap Karakteristik Marshall pada asphalt Treated Base (ATB)*”. Dengan adanya penambahan limbah karet ban luar sangat berpengaruh nyata terhadap sifat campuran ATB seperti *Stability*, *Marshall Quotient*, *Flow* dan *Air Voids*. Untuk campuran ATB dengan bahan aditif karet ban luar didapat kadar karet optimum (KKO) 3,85 %,

dengan menghasilkan kualitas campuran: *Nilai Marshall Stability* = 1507,7 kg, *Nilai Marshall Quotient* = 5,21 kN/mm, *Nilai Marshall Air Voids* = 4,86 %, *Nilai Bitumen film thickness* = 8,95 mm.

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada variabel yang diteliti yakni penambahan limbah ban karet luar namun letak perbedaannya yaitu pada jenis lapis aspalnya, pada penelitian saya menggunakan lapisan aspal AC-WC sedangkan pada penelitian Adiman Fariyadin dkk menggunakan lapisan aspal *asphalt Treated Base* (ATB).

8. Penelitian ini dilakukan oleh Teguh Budi Santoso, Weimintoro, Okky Hendra Hermawan, dan Nadya Shafira Salsabila (2023)

Judul penelitian ini tentang “*Pengaruh Pemanfaatan Polimer HDPE Terhadap Nilai Stabilitas Sebagai Substitusi Aspal Pada Perkerasan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*”. Metode ini dilakukan sesuai dengan Spesifikasi Direktorat Jendral Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2. Berdasarkan hasil uji karakteristik Marshall pencampuran variasi plastik HDPE sangat berpengaruh dengan naik turunnya parameter. Secara garis besar hasil yang paling mendekati dengan sampel normal adalah variasi 2%. Pada kadar 2% parameter stabilitas sisa dapat mencapai minimal spesifikasi dikarenakan pencampuran plastik HDPE ke dalam aspal berpengaruh pada daya kerekatan pada benda uji sampel dimana saat direndam mampu mempertahankan bentuk dan kualitasnya.

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada jenis lapis aspal yang sedang diteliti yaitu pada campuran lapis aspal AC-WC sedangkan letak perbedaannya yaitu pada zat *Adictife* yang dicampurkan pada aspal, pada penelitian ini menggunakan penambahan limbah HDPE sedangkan pada penelitian saya menggunakan limbah ban karet luar.

9. Penelitian ini dilakukan oleh Jusat Simon Linus, Mallawanggeng, Fauzy Lebang (2023)

Judul penelitian ini tentang “*Pengaruh Variasi Waktu Lama Perendaman Terhadap Sifat dan Karakteristik Campuran Aspal Panas Dengan Penambahan Styrofoam*”. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil bahwa campuran aspal AC-BC dengan menggunakan agregat pengganti limbah *steel slag* didapatkan nilai stabilitas tertinggi pada variasi limbah 20% yaitu 1900,43 kg; nilai *flow* dan nilai VFWA tertinggi pada variasi limbah 40% masing-masing adalah 3,50 mm, 78,40%; dan nilai MQ, nilai VMA, nilai VIM tertinggi pada campuran 10% *steel slag* yaitu sebesar 649,04 kg/mm, 16,25%, dan 4,48%. Untuk penggunaan limbah ban luar kendaraan didapatkan hasil nilai stabilitas, nilai MQ & nilai VFWA tertinggi pada campuran 10% ban luar kendaraan yaitu 1150,02 kg, 363,55 kg/mm & 70,57%, nilai *Flow*, nilai VMA, & nilai VIM tertinggi pada campuran 40% yaitu 3,50%, 16,89%, dan 5,33%. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karakteristik *Marshall* campuran aspal

AC-BC dengan menggunakan limbah *steel slag* lebih baik digunakan sebagai material pengganti agregat kasar daripada limbah ban luar kendaraan.

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya menggunakan substitusi limbah ban karet luar dan grafik yang digunakan namun letak perbedaannya terdapat pada pencampuran limbahnya, pada penelitian ini digunakan untuk substitusi limbah ban karet luar *steel slag* sedangkan pada penelitian saya menggunakan limbah ban karet luar bekas kerajinan dengan penambahan variabel durasi lamanya perendaman.

10. Penelitian ini dilakukan oleh Imam Wegik Wahyu Indrastro, Eko Supri Murtiono, Aryani Nurhidayati (2020)

Judul penelitian ini tentang “*Modifikasi Campuran Aspal Dengan Bahan Tambah Limbah Gelas Plastik (Polyethylene Terephthalate/PET) Ditinjau Pada Aspek Stabilitas dan Kelelahan Plastis*”. Penelitian Ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah cangkir plastik PET pada stabilitas. Subjek penelitian adalah campuran aspal dengan limbah dalam persenan kasar 0%, 1%, 3% dan 7%. Hasil menunjukan stabilitas optimal pada bahan tambah limbah dengan kadar 3% sebesar 1270,8 Kg (Imam Wahyu Indrastro dkk., 2020).

Pada studi kasus ini didapatkan persamaan dan perbedaannya dengan penelitian yang penulis teliti. Dimana letak persamaannya terdapat pada metode pengolahan datanya menggunakan SPSS dan *excel*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Dalam penelitian skripsi ini penulis akan menerapkan metode eksperimen, dimana pengertian metode tersebut didefinisikan oleh berbagai ahli salah satunya antara lain seperti:

Menurut Sukardi (2011), Penelitian eksperimental adalah pendekatan metodologis yang digunakan untuk membangun hubungan sebab-akibat dalam penelitian. Dengan kata lain, pendekatan eksperimental berarti bahwa penelitian dilakukan dengan menggunakan percobaan dengan tujuan menemukan setiap perubahan yang terjadi pada variabel yang diteliti.

Pada penelitian kali ini penulis akan mengkaji tentang Pengaruh Lama Perendaman Campuran Lapis Aspal AC-WC dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Luar Terhadap Stabilitas pada Metode *Marshall Test*. Metode yang diterapkan melibatkan perbandingan lama perendaman benda uji AC-WC dengan variasi waktu, yaitu 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Selain itu, penelitian juga mempertimbangkan variasi penambahan limbah ban karet luar pada campuran aspal perkerasan AC-WC dengan perbandingan 0%, 1%, 2%, dan 3%. Sebagai hasilnya, dibuatlah 36 variasi sampel benda uji untuk penelitian ini.

Penelitian ini bertujuan guna mengetahui pengaruh lama perendaman benda uji AC-WC dengan penambahan limbah ban karet luar terhadap stabilitas *marshall test*.

B. Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Adapun waktu dan tempat pelaksanaan penelitian antara lain sebagai berikut ini:

1. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian bertepatan pada bulan Mei-Juli 2024, penelitian ini melalui beberapa tahapan antara lain dimulai dengan mempersiapkan alat dan bahan, *mix design*, pembuatan benda uji, pengujian benda uji, analisa data, kesimpulan serta saran.

Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

| No | Nama Kegiatan | 2023 | | | 2024 | | | | |
|----|-----------------------------|---------|----------|----------|---------|-------|-----|------|------|
| | | Oktober | November | Desember | Januari | Maret | Mei | Juni | Juli |
| 1 | Persiapan | | | | | | | | |
| | a. Studi Literatur | | | | | | | | |
| | b. Penyusunan Proposal | | | | | | | | |
| | c. Persiapan Alat dan Bahan | | | | | | | | |
| 2 | Pelaksanaan | | | | | | | | |
| | a. Seminar Proposal | | | | | | | | |
| | b. Pemeriksaan Aspal | | | | | | | | |
| | c. Pemeriksaan Agregat | | | | | | | | |
| | d. Pembuatan Benda Uji | | | | | | | | |
| | e. Pengujian Benda Uji | | | | | | | | |
| 3 | Penyelesaian | | | | | | | | |
| | a. Pembahasan | | | | | | | | |
| | b. Ujian Skripsi | | | | | | | | |

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

2. Tempat Pelaksanaan Penelitian

Berikut merupakan tabel perincian lokasi tempat penelitian di laksanakan dapat dilihat pada Tabel 3.2 di bawah ini.

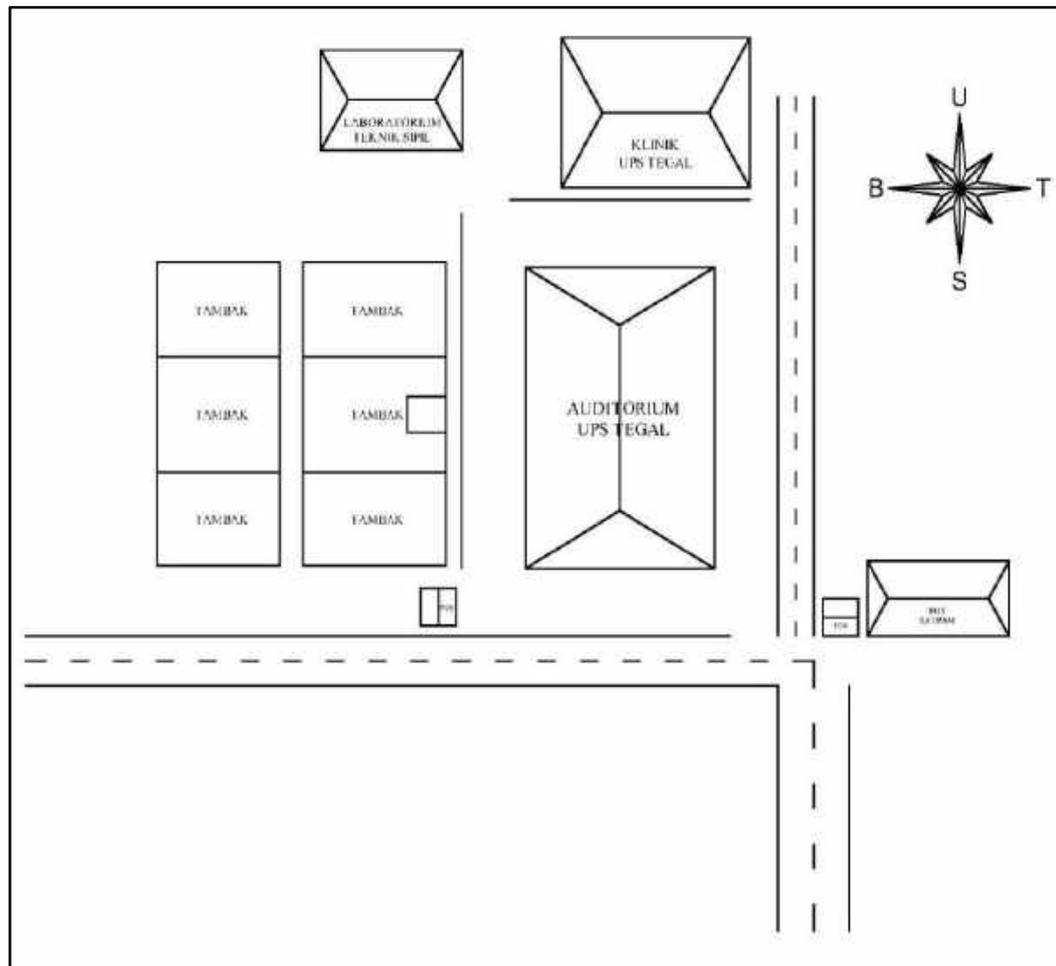
Tabel 3.2 Tempat Pelaksanaan Penelitian

| | Nama Kegiatan | Tempat Kegiatan |
|-----|---|--|
| 1. | Persiapan Alat dan Bahan | Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal, PT. Kamajati dan Bangun Anugrah Beton Nusantara |
| 2. | Persiapan Material Agregat | CV. Prima Logam (Agregat Berasal dari sungai di Desa Pakulaut) |
| 3. | Persiapan Bahan Campuran Limbah Ban Karet | Khamdan Jaya Ban |
| 4. | Persiapan Pematangan Limbah Ban Karet | Penggilingan Plastik |
| 5. | Pengujian Material Agregat | Laboratorium. Teknik Sipil UPS Tegal dan PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara |
| 6. | Pengujian Aspal dan GMM | PT. Kamajati |
| 7. | <i>Mix design</i> dan Pembuatan Benda Uji | PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara |
| 8. | Pengujian Benda Uji | PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara |
| 9. | Analisis dan Pengolahan Data | Laboratorium Teknik Sipil UPS Tegal dan PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara |
| 10. | Pembuatan Laporan | Universitas Pancasakti Tegal |

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

a. Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal

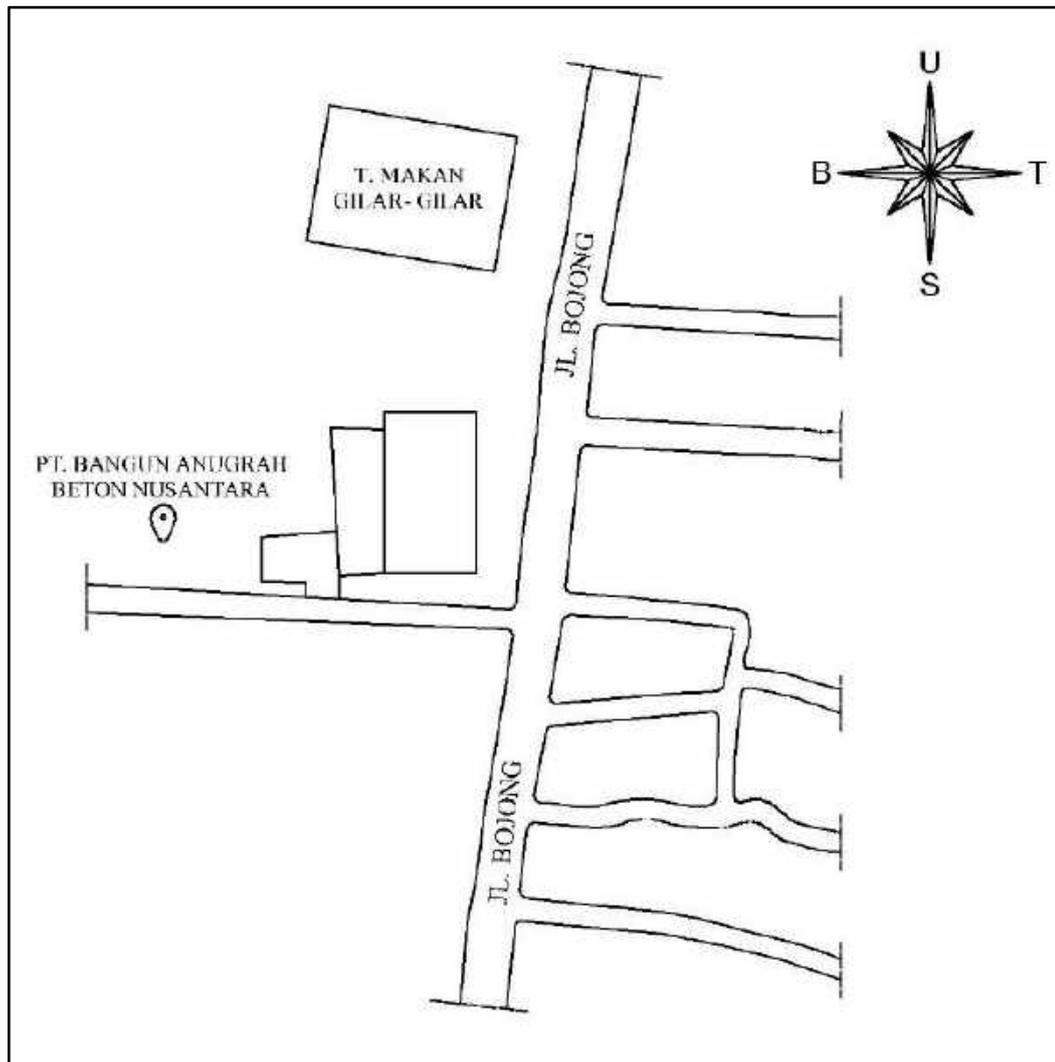
Tempat pelaksanaan penelitian berlokasi di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Pancasakti Tegal, Jl Halmahera No. 67, Mintaragen, Kecamatan Tegal Timur, Kota Tega, Jawa Tengah.



Gambar 3.1 Lokasi Laboratorium Teknik Sipil UPS tegal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Laboratorium PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara

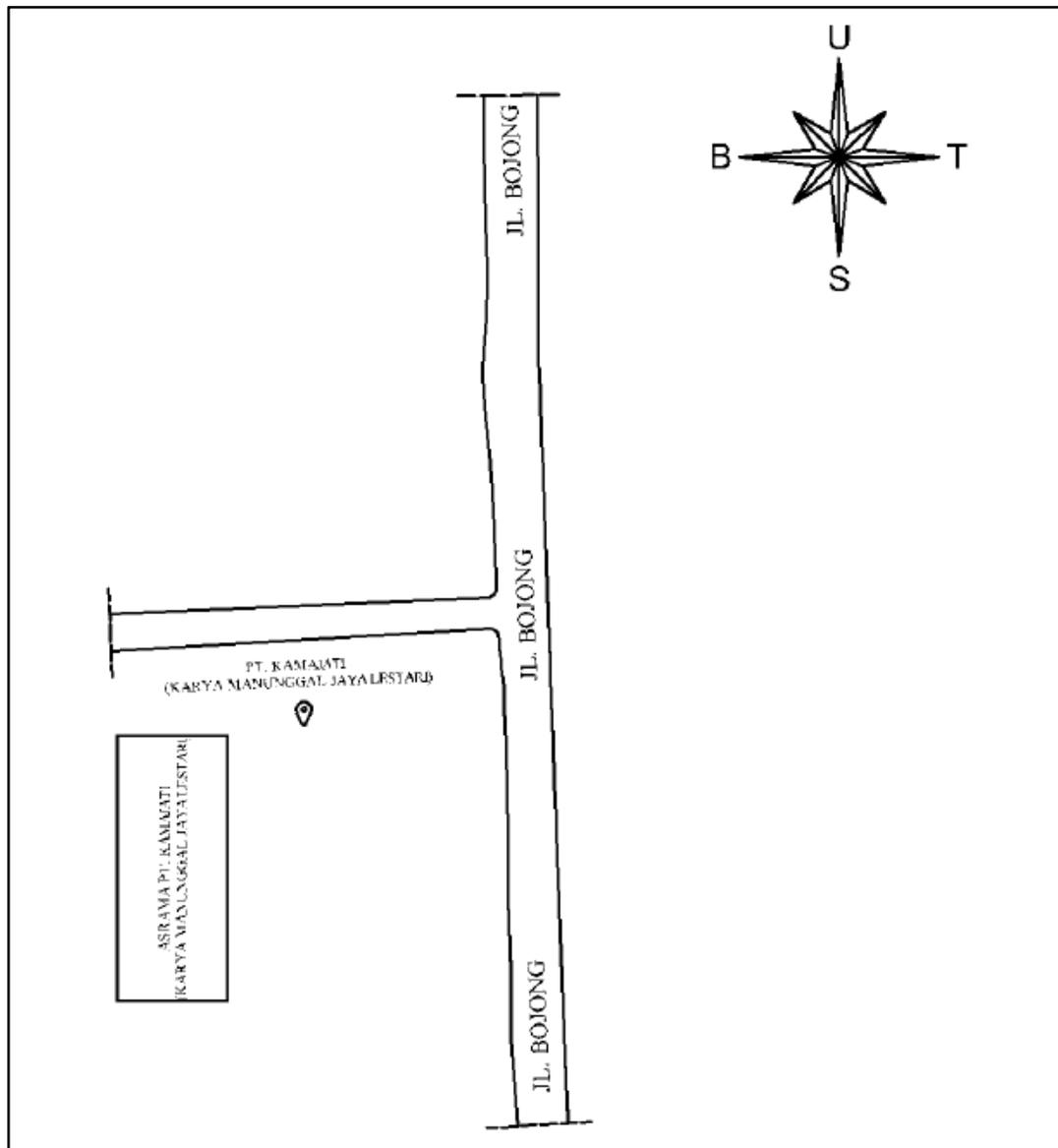
Laboratorium PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara,
Timbangrejo, Timbangreja, Kecamatan Lebaksiu, Kabupaten Tegal,
Jawa Tengah 52461.



Gambar 3.2 Lokasi Laboratorium PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

c. Laboratorium PT. Kamajati (Karya Manunggal Jaya Lestari)

Laboratorium PT. Kamajati (Karya Manunggal Jaya Lestari), terletak di pagerwangi, Kecamatan Balapulang, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52464.

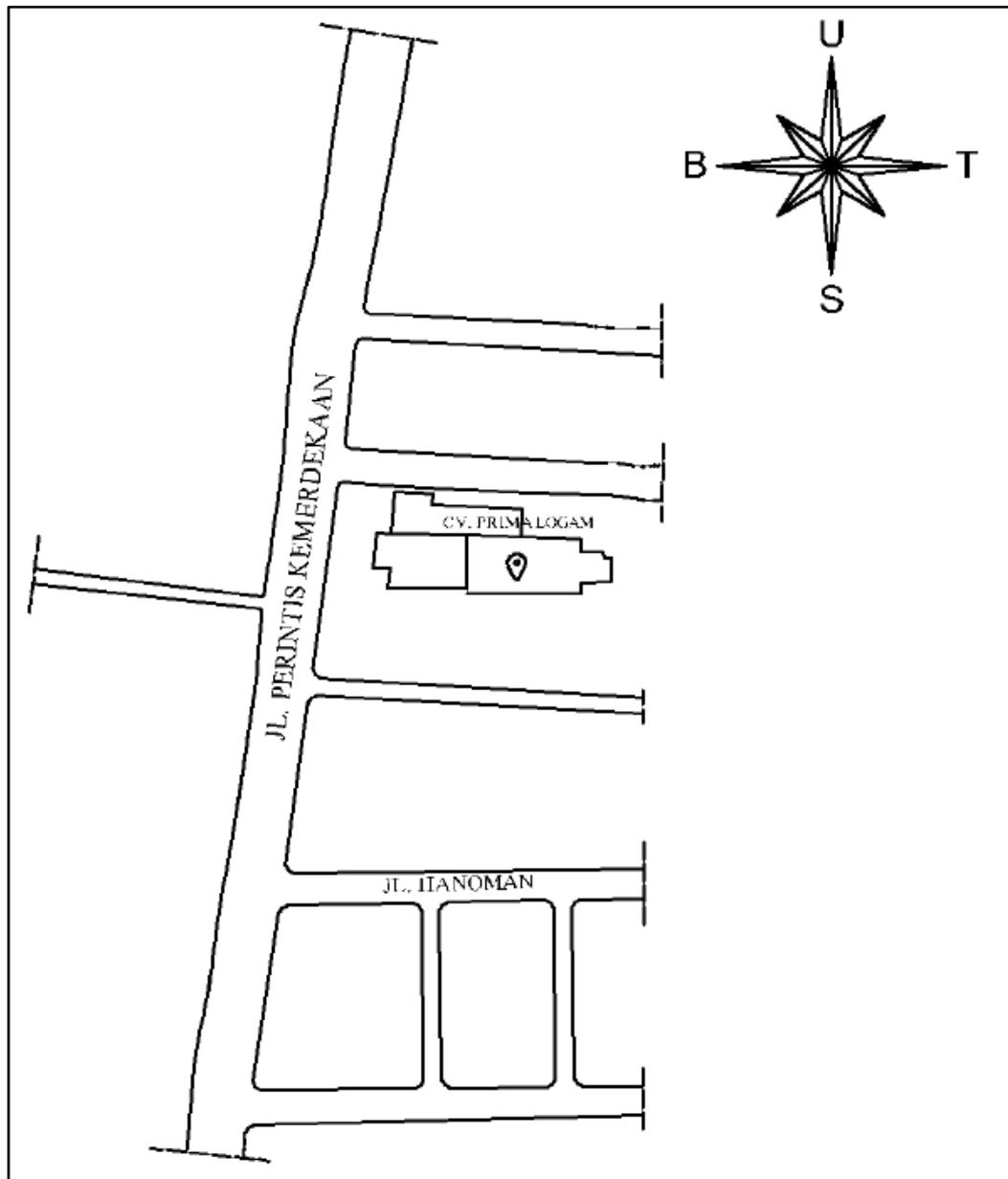


Gambar 3.3 Lokasi PT. Kamajati (Karya Manunggal Jaya Lestari)

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

d. Lokasi CV. Prima Logam

Tempat untuk pengambilan material yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain di CV. Prima logam, JL. Perintis Kemerdekaan No. 87, Panggung, Kec. Tegal Timur, Kota Tegal sebagai lokasi material agregat.

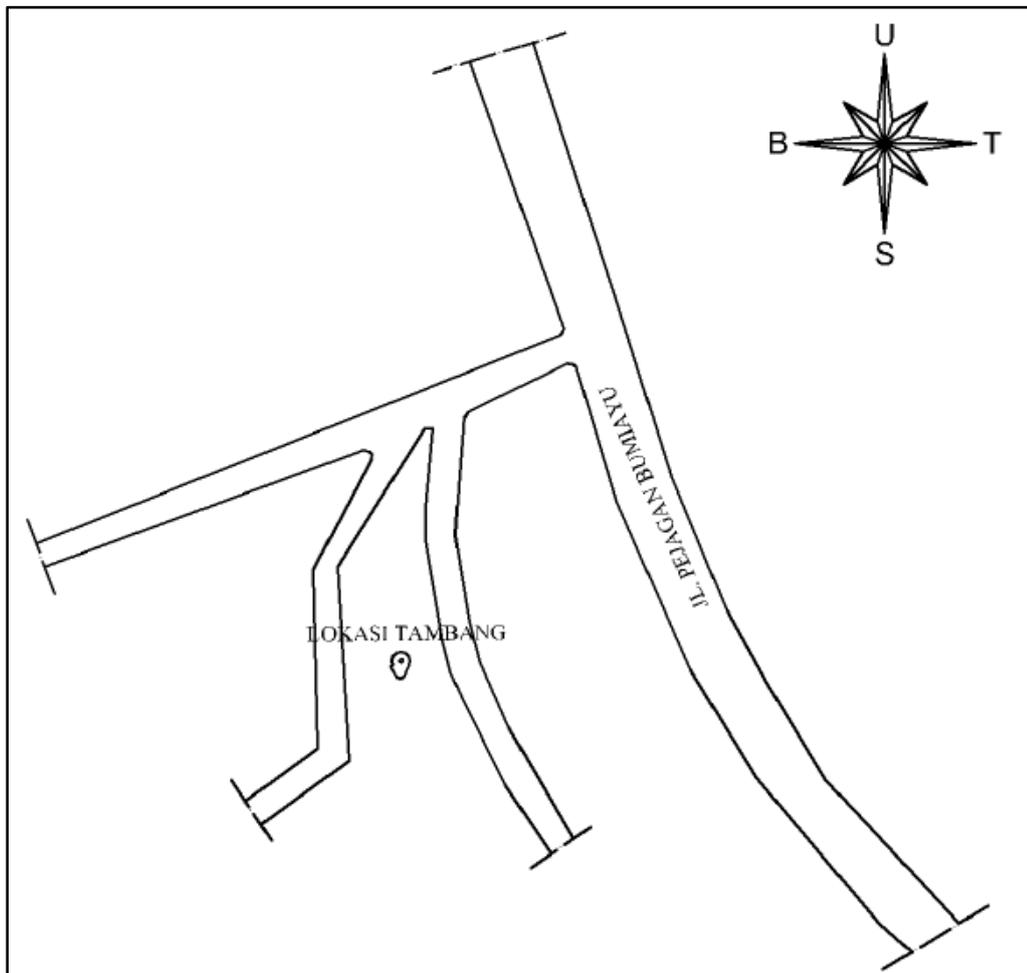


Gambar 3.4 Lokasi CV. Prima Logam

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

e. Lokasi Tambang Pasir Dana Raja, Margasari

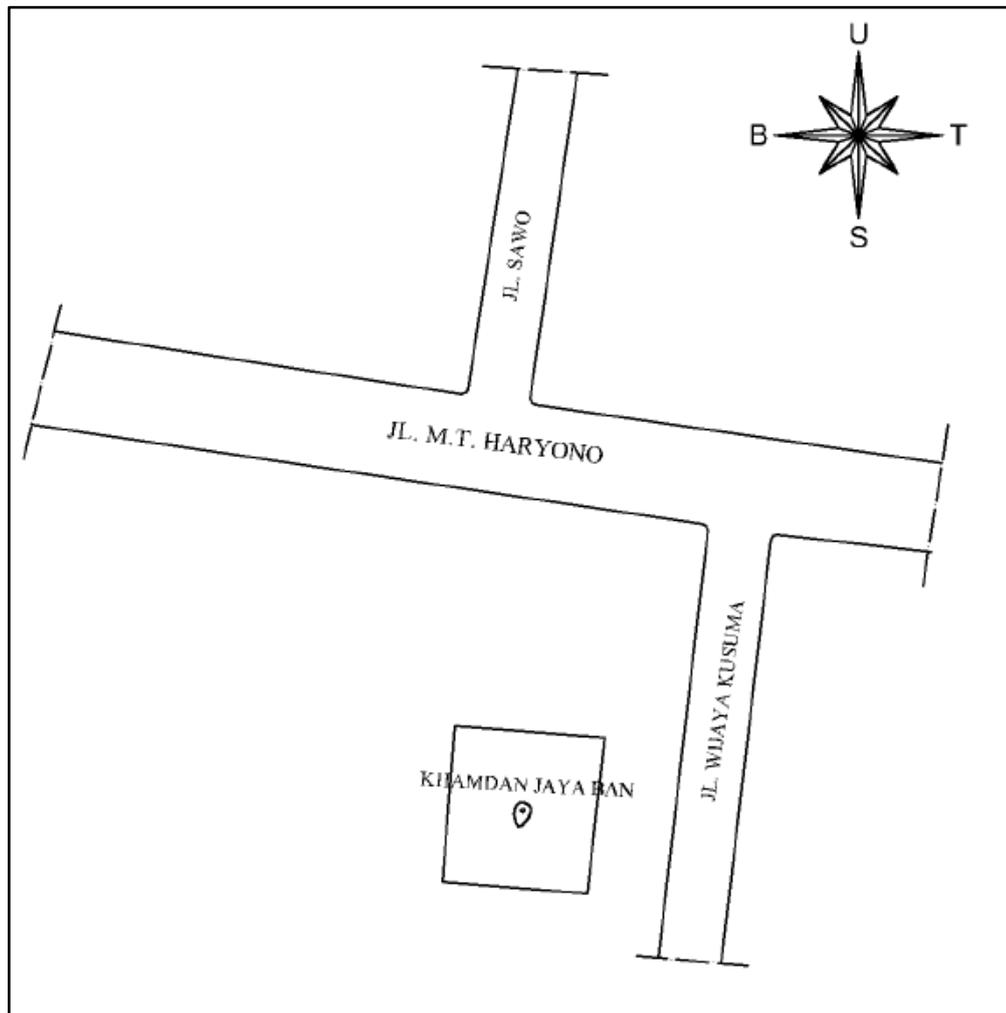
Tempat untuk pengambilan material agregat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain Arjasari, prupuk sel., Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52463.



Gambar 3.5 Lokasi Tambang Pasir Dana Raja, Margasari
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

f. Lokasi Kerajinan Khamdan Jaya Ban

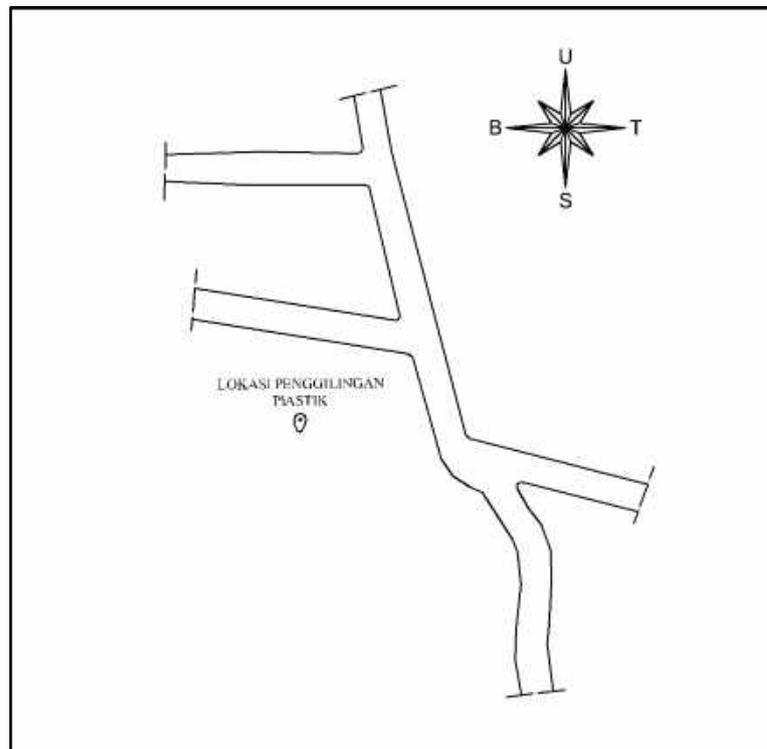
Tempat untuk pengambilan material ban yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain di Jl. Wijaya Kusuma No. 7, Kabunan, Kecamatan. Dukuhwaru, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52451.



Gambar 3.6 Lokasi Kerajinan Khamdan Jaya Ban
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

g. Lokasi Penggilingan Plastik

Tempat untuk pengambilan material yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain di Karang Jati Rt. 02/04, Munjung Agung, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal, Jawa Tengah 52181.



Gambar 3.7 Lokasi Penggilingan Plastik
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

C. Instrumen Penelitian

Dalam instrumen penelitian ini, terdiri dari alat dan bahan yang terinci yakni:

Tabel 3.3 Alat dan Bahan Penelitian

| No | Foto Alat | Fungsi |
|-----------|--|--|
| 1. | Alat Penelitian | |
| a. | Timbangan  | Mengukur berat massa suatu zat, benda, atau bahan dengan tingkat ketelitian hingga 0,01. |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>b. Termometer Suhu Ruang</p>  | <p>Menentukan kenaikan atau penurunan suhu terhadap sesuatu yang sedang diteliti.</p> |
| | <p>c. Termometer Suhu Ruang</p>  | <p>Mempermudah pada saat proses pengujian material maupun pembuatan benda uji sebagai wadah, pemanas maupun pengaduk.</p> |
| | <p>d. Cawan</p>  | <p>Menaruh material atau benda lainnya guna mempermudah dalam proses penimbangan.</p> |
| | <p>e. <i>Skop Cast Aluminium</i></p>  | <p>Mengambil material.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| | <p>f. Piknometer</p>  | <p>membantu menentukan massa jenis agregat dan <i>Filler</i>.</p> |
| | <p>g. Kuas</p>  | <p>membantu membersihkan partikel yang menempel pada saringan maupun benda uji.</p> |
| | <p>h. Sarung Tangan <i>Safety</i></p>  | <p>Melindungi tangan dari panas, benda tajam, maupun kotoran.</p> |
| | <p>i. Jangka Sorong</p>  | <p>Mengukur ketinggian briket dan lebar benda uji.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>j. Ember</p>  | <p>Tempat penampung material dan air.</p> |
| | <p>k. Kanebo</p>  | <p>Membantu menyeka air yang terserap pada material agregat maupun benda uji.</p> |
| | <p>l. Spidol</p>  | <p>Menulis pada permukaan atas benda uji sebagai penanda</p> |
| | <p>m. <i>Sand Conical Mold</i></p>  | <p>Menentukan berat isi kering.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>n. <i>Scraper kape</i></p>  | <p>Membantu meratakan benda uji sebelum dipadatkan dan alat untuk melepaskan kertas penghisap.</p> |
| | <p>o. <i>Mesin Los Angeles</i></p>  | <p>Mengevaluasi ketahanan agregat kasar terhadap keausan.</p> |
| | <p>p. <i>Bola Besi</i></p>  | <p>Membantu dalam proses penghancuran agregat</p> |
| | <p>q. <i>Sieve Shaker</i></p>  | <p>Membantu menggoncangkan saringan dengan cepat.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>r. Saringan</p>  | <p>Membantu memisahkan agregat dari partikel yang besar hingga terkecil.</p> |
| | <p>s. <i>Mold</i></p>  | <p>Mencetak benda uji yang telah dipanaskan. <i>Mold</i> memiliki tinggi 7,26 dan lebar 10,12 cm.</p> |
| | <p>t. Kertas penghisap</p>  | <p>Melapisi bagian permukaan atas dan bawah benda uji dalam cetakan.</p> |
| | <p>u. <i>Extruder</i></p>  | <p>Membantu melepaskan benda uji dari <i>mold</i>.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>v. <i>Automatic Asphalt Compector.</i></p>  | <p>proses pemadatan sampel secara otomatis, cepat, dan efisien. Alat ini memiliki penumbuk dengan berat 4,5 kg yang dijatuhkan pada ketinggian 60 cm.</p> |
| <p>w. <i>Penguji Berat Jenis</i></p>  | <p>Terdiri dari beberapa bagian yaitu ember, timbangan, dudukan, dan sample basket yang mana dipergunakan untuk membantu menimbang material atau benda uji dalam posisi terendam air.</p> |

| | | |
|----------------------|---|--|
| x. <i>Waterbath,</i> |  | Membantu merendam benda uji di dalam bak air yang berkapasitas 2-3 ter dengan suhu perendaman mencapai 60° C selama 30 menit. Air yang digunakan harus air bersih yang tidak mengandung zat garam atau partikel kotor. |
| y. <i>Marshall</i> |  | Menentukan nilai stabilisasi, <i>flow</i> , dan <i>Marshall Question</i> . |
| z. Uji GMM |  | Menguji berat jenis Campuran Aspal terdiri dari Tabung kaca berkapasitas 1000ml dan Mesin Penghisap udara. |
| 1) Uji Penetrasi |  | Mengukur seberapa keras aspal dengan menggunakan jarum penetrasi berdasarkan kedalamannya dan dapat dilihat angka yang tertera sesuai berhentinya jarum penetrasi selama 5 detik. |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>2) Berat Jenis Aspal</p>  | <p>Menentukan perbandingan antara kadar aspal dan air dalam piknometer.</p> |
| | <p>3) Mesin pemotong</p>  | <p>Membantu mencacah bagian ban menjadi serpihan kecil. Alat ini terpasang saringan dengan diameter 0,3 cm hingga menghasilkan cacahan ban sebesar ± 1 mm hingga 2 mm</p> |
| | <p>4) Titik Lembek</p>  | <p>Menentukan titik lembek atau tarikan aspal dari cincin aspal samai jatuh ke dasar bejana gelas selama 3 detik.</p> |
| | <p>5) Uji titik Nyala dan Bakar</p>  | <p>Menentukan nyala aspal dan bakar aspal.</p> |

| 2. Bahan Penelitian | |
|---|--|
| <p>a. Agregat Ukuran 10-20 mm</p>  | <p>Sebagai bahan campuran lapis aspal AC-WC.</p> |
| <p>b. Agregat Ukuran 0-5 mm</p>  | <p>Sebagai bahan campuran lapis aspal AC-WC.</p> |
| <p>c. Abu Batu</p>  | <p>Sebagai bahan campuran lapis aspal AC-WC.</p> |
| <p>d. <i>Filler</i></p>  | <p>Pengisi Rongg-rongga pada benda uji.</p> |

| | | |
|--|--|---|
| | <p>e. Aspal Penetrasi 60/70</p>  | <p>Sebagai bahan pengikat.</p> |
| | <p>f. Limbah Ban Karet Luar</p>  | <p>Sebagai Ban substitusi pengganti material aspal.</p> |
| | <p>g. Air</p>  | <p>Membantu membersihkan agregat dan merendam benda uji maupun agregat.</p> |
| | <p>h. Solar/ Bensin</p>  | <p>Melumasi <i>Mold</i> agar benda uji dapat keluar dari cetakannya.</p> |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>i. Air Es Beku</p>  | <p>Membantu menurunkan suhu pada saat pengujian titik lembek</p> |
|--|---|--|

D. Tahap Pengujian

a. Tahap I

Pada tahap ini terdapat beberapa hal yang perlu disiapkan antara lain yakni mempersiapkan segala peralatan dan bahan yang akan digunakan pada saat pelaksanaan penelitian, sehingga pada tahapan pelaksanaan selanjutnya dapat berjalan dengan lancar.

- 1) Persiapan Material Agregat yang di ambil dari CV. Prima Logam.



Gambar 3.8 Proses Pengambilan Material Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- 2) Persiapan Material Agregat yang di ambil dari Tangki AMP PT. Anugrah Beton Nusantara.



Gambar 3.9 Proses Pengambilan Material Aspal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- 3) Persiapan Material Bahan Tambah Ban Karet Luar di ambil di kerajinan Khamdan Ban.



Gambar 3.10 Proses Pengambilan Material Ban Karet Luar
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

b. Tahap II

Pada tahap ini dilakukan pengujian aspal, fisik agregat, dan pembuatan benda uji dengan cara membuat perencanaan campuran (*Desain job mix Formula*) dari PT. Bangun Anugrah Beton Nusantara (AB) selanjutnya diteruskan melakukan tahap pengujian GMM dan *Marshall*. Berikut adalah langkah kerja pada tahap tersebut:

1) Pengujian Penetrasi

Pada Pemeriksaan Uji Penetrasi mengacu pada (SNI 2456-2011). Berikut merupakan tahapan dalam Pengujian Uji Penetrasi antara lain sebagai berikut:

- a) Panaskan aspal hingga mencair pada (suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$), kemudian tuangkan aspal ke dalam cawan (*duplo*) hingga 1 cm dari permukaan atas cawan (100 gr). Buatlah sebanyak 2 sampel benda uji. Dinginkan benda uji di ruang terbuka dengan suhu ruang berkisar 25°C selama 60 menit



Gambar 3.11 Tahap Pembuatan Benda Uji Penetrasi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Tempatkan benda uji di atas *transfer dish* yang telah diberi air di atas dudukan kaki tiga pastikan suhu air 25°C .



Gambar 3.12 Tahap Persiapan Pengujian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Pasang jarum pada pemegang jarum kemudian pasanglah pemberat 50 gram di atas jarum untuk memperoleh beban sebesar 100 gram



Gambar 3.13 Tahap Pemasangan Jarum Penetrasi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Tempatkan jarum hingga menyentuh permukaan atas aspal selanjutnya aturlah arloji atau jarum penunjuk penetrasi penetrometer pada angka 0. Tekanlah jarum penetrasi secara perlahan selama 5 detik lalu bacalah angka pada jarum penetrasi.



Gambar 3.14 Tahap Pengujian Penetrasi
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Lakukan tahap pengujian yang sama pada sampel Ke-dua. Dalam satu benda uji dilakukan pengujian jarum penetrasi sebanyak 4 kali pengamatan dan dicatat hasil pengamatan pada formulir yang telah disiapkan.

2) Pengujian Berat Jenis Aspal

Pada Pemeriksaan Uji Berat Jenis Aspal mengacu pada (SNI 2441-2011). Berikut merupakan tahapan dalam Pengujian Uji Berat Jenis Aspal antara lain sebagai berikut:

- a) Panaskan aspal dengan (suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$) hingga aspal mencair dan tidak lebih dari 60 menit kemudian didinginkan sejenak aspal selanjutnya bentuk aspal menjadi bola-bola kecil. Siapkan Pula Piknometer dengan ukuran 60 ml.



Gambar 3.15 Tahap Persiapan benda Uji Berat Jenis Aspal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Timbanglah berat Piknometer dalam kondisi Kosong.



Gambar 3.16 Tahap Penimbangan Berat (A)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Timbanglah berat Piknometer + Air sebanyak 60 ml.



Gambar 3.17 Tahap Penimbangan Berat (B)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Masukkan bola-bola aspal ke dalam piknometer kemudian timbang.



Gambar 3.18 Tahap Penimbangan Berat (C)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Timbanglah berat piknometer + aspal + air dengan suhu 25 °C.



Gambar 3.19 Tahap Penimbangan Berat (D)
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

3) Pengujian Titik Lembek

Pada Pemeriksaan Uji Titik Lembek Aspal mengacu pada (SNI 2434-2011). Berikut merupakan tahapan dalam Pengujian Titik Lembek antara lain sebagai berikut:

- a) Panaskan aspal hingga mencapai (suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$) kemudian tuangkan aspal cair ke dalam cetakan cincin diamkan selama 30 menit pada temperatur suhu ruang. Buatlah sampel sebanyak dua buah sampel.



Gambar 3.20 Tahap Pembuatan benda uji titik lembek
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Isi Bejana Gelas dengan air yang telah diberi es bertujuan menurunkan temperatur hingga mencapai (suhu $\pm 5^{\circ}\text{C}$) masukkan peralatan pada bejana gelas.



Gambar 3.21 Tahap Persiapan pengujian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Letakkan thermometer di antara kedua benda uji, periksa dan aturlah supaya jarak antara benda uji dan plat dasar berjarak 25,4 mm.
- d) Bola Baja diletakkan di atas dan di tengah masing-masing benda uji menggunakan penjepit dengan memasang pengarah bola.
- e) Panaskan Bejana lalu bacalah kenaikan suhu setiap 5°C kemudian catat waktu dan derajatnya.



Gambar 3.22 Tahap Pengujian Titik Lembek
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

4) Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Pada Pemeriksaan Uji Titik Nyala dan Titik Bakar mengacu pada (SNI 2433-2011). Berikut merupakan tahapan dalam Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar antara lain sebagai berikut:

- a) Panaskan aspal hingga mencair pada (suhu $\pm 110^{\circ}\text{C}$) kemudian tuangkan aspal ke dalam cawan hingga batas 1 cm dari atas permukaan cawan. Hal ini dilakukan untuk mencegah aspal tumpah pada saat dipanaskan hingga mencapai suhu titik bakar dan nyala.



Gambar 3.23 Tahap pembuatan benda uji titik nyala dan bakar
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Nyalakan Api penguji dan aturlah diameter api antara 3,2mm sampai 4,8mm kemudian lakukan pemanasan dan catat kenaikan suhu dan waktu sampai terdapat percikan api (Titik Nyala) dan nyala api (Titik Bakar) selama ± 5 detik.



Gambar 3.24 Tahap Titik Nyala
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 3.25 Tahap Titik Bakar
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

5) Pengujian Keausan Agregat

Pada Pengujian Keausan Agregat mengacu pada (SNI 2417-2008). Berikut tahapan dalam Pengujian Keausan Agregat antara lain:

- a) Siapkan agregat dengan ukuran 10-20mm dan 20-30mm kemudian saring agregat menggunakan saringan No. $\frac{1}{2}$ dan No. $\frac{3}{8}$. Agregat yang tertahan di saringan tersebut selanjutnya akan dicuci bersih dan dikeringkan untuk menghilangkan kadar air.



Gambar 3.26 Pencucian Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Timbang agregat menyesuaikan dengan berat sampel yang dibutuhkan. Sampel pertama terdiri dari agregat tertahan $\frac{1}{2}$ dan $\frac{3}{8}$ masing2 masing memiliki berat 2.500 gr dengan berat total yakni 5000 gr.



Gambar 3.27 Penimbangan Sampel 1
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Buka penutup *los angeles*, masukkan sebelas buah bola baja dan sampel ke dalam mesin kemudian tutup. Selanjutnya *Setting* jumlah putaran mesin sejumlah 500 putaran lalu tekan tombol *Start*.



Gambar 3.28 Tahap *Los Angeles*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Setelah selesai agregat dikeluarkan dari mesin kemudian di saring menggunakan saringan No.12, agregat yang tertahan di saringan tersebut akan dicuci, dikeringkan lalu ditimbang.



Gambar 3.29 Tahap Penimbangan setelah diuji *los angeles*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Untuk pengujian pada sampel dua dilakukan dengan cara yang sama seperti langkah di atas.

6) Pengujian Analisa Saringan Agregat

Pada Pengujian Analisa Saringan Agregat menggunakan SNI ASTM C136:2012. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian analisa saringan agregat antara lain sebagai berikut:

- a) Siapkan material agregat 10-20mm, agregat 0-5 mm, Abu Batu dan *filler* semen tiga roda. Masing-masing material tersebut dibuat tiga 3 sampel dengan total sampel sebanyak 12. Untuk material agregat 1-2 cm, agregat 0-5 cm dan Abu Batu ditimbang dengan berat 1000 gr per sampel sedangkan untuk *filler* semen ditimbang dengan berat 200 gr persampel.



Gambar 3.30 Tahap Penimbangan sampel abu batu
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Selanjutnya susun lah saringan sesuai dengan ketentuan SNI. Untuk agregat kasar memiliki susunan saringan No. 3/8", No.4, No. 8, No. 16, No.50, No. 100, No. 200, dan Pan sedangkan untuk agregat halus memiliki susunan saringan No. 4, No. 8, No. 16, No. 30, No. 30, No. 50, No. 100, No. 200, dan Pan.

- c) Masukkan sampel yang telah ditimbang ke dalam saringan yang telah disusun, kemudian tempatkan saringan pada mesin *sieve shaker* lalu putar kedua pengunci sambil ditekan agar saringan tidak jatuh saat diguncangkan dengan kurun waktu 15 menit.
- d) Langkah selanjutnya adalah timbang hasil *grading* pada setiap saringan dibantu dengan alat kuas kemudian catat. Lakukan hal yang sama pada sampel berikutnya.



Gambar 3.31 Tahap Penimbangan Hasil *Grading*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Catat Hasil *Grading* pada formulir Pengujian Analisa Saringan Agregat.



Gambar 3.32 Tahap Mencaat hasil *grading*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- f) Lakukan Langkah yang sama pada sampel agregat yang lain.

7) Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar

Pada Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar menggunakan SNI. 031-1969-1990. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian Berat Jenis Agregat Kasar antara lain sebagai berikut:

- a) Rendamlah agregat 1-2 cm dan 0-5 cm ke dalam bak yang telah terisi air bersih selama 24 jam.



Gambar 3.33 Tahap Perendaman Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Setelah 24 jam agregat dikeringkan menggunakan kanebo.



Gambar 3.34 Tahap Pengeringan Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Timbanglah agregat dalam kondisi jenuh atau SSD. Masing-masing material agregat 10-20mm dan 0-5mm dibuat dua sampel dengan berat 2000 gr per sampel.



Gambar 3.35 Tahap Penimbangan Berat Jenuh Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Kemudian siapkan alat dudukan berat jenis, pasang timbangan yang sudah diberi pengait di atas permukaan dudukan, letakkan ember yang telah terisi dengan air bersih dan tempatkan pada posisi bawah lalu pasangkan sampel basket pada pengait timbangan kemudian di *tare*.



Gambar 3.36 Persiapkan Alat Penguji Berat Jenis
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Letakkan agregat pada sampel basket kemudian catat angka yang tertera pada timbangan yang bertujuan untuk mengetahui berat agregat di dalam air.



Gambar 3.37 Tahap Penimbangan agregat di dalam air
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- f) Angkat agregat kemudian panaskan untuk menghilangkan kadar air dalam agregat selanjutnya ditimbang dan dicatat.



Gambar 3. 38 Tahap Penimbangan agregat kondisi kering
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- g) Lakukan tahapan yang sama pada sampel berikutnya.

8) Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Pada Pengujian Berat Jenis Agregat Halus SNI. 031-1970-1990. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pengujian Berat Jenis Agregat Halus antara lain sebagai berikut:

- a) Siapkan abu batu dalam kondisi SSD. Kemudian *test* abu batu yang telah SSD menggunakan alat *Sand Conical Mold*.



Gambar 3.39 Tahap Persiapan Abu Batu Kondisi SSD
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Berikan alas kertas pada alat selanjutnya masukkan abu batu pada *Sand Conical Mold*. Pada *layer* pertama diberi tumbukan sejumlah 8 tumbukan, layer ke dua sejumlah 8 tumbukan dan layer ke tiga sejumlah 9 tumbukan.
- c) Setelah *Sand Conical Mold* terisi penuh dan merata, angkat alat *Sand Conical Mold*. Jika abu batu luruh dan tidak berbentuk maka abu batu belum dalam keadaan SSD sedangkan jika abu batu telah terbentuk kerucut maka abu batu dalam kondisi SSD.
- d) Abu batu dalam kondisi SSD selanjutnya akan ditimbang seberat 500 gr sebanyak 2x untuk diuji dalam kondisi kering dan diukur kadar lumpurnya dalam piknometer.



Gambar 3.40 Tahap Penimbangan Sampel
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Abu batu yang telah ditimbang dalam kondisi SSD akan dikeringkan dan ditimbang kembali untuk mengetahui berat kering abu batu kemudian catat.
- f) Timbanglah berat piknometer + air kemudian catat.



Gambar 3.41 Tahap Penimbangan Berat Piknometer + Air
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- g) Masukkan abu batu yang telah ditimbang ke dalam piknometer kemudian isi dengan air sampai batas 600 ml.



Gambar 3.42 Tahap memasukkan sampel ke dalam piknometer
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- h) Kemudian timbang dan guncangkan piknometer yang sudah terisi air dan abu batu hingga kadar lumpur dalam abu batu terlihat naik.

- i) Kemudian diamkan selama 24 jam kemudian timbang dan catat.



Gambar 3.43 Tahap Penimbangan hasil pengujian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- j) Lakukan tahapan yang serupa pada sampel dua.

9) Proses GMM (Berat Jenis Campuran Maksimum)

Pada Pemeriksaan Proses Berat jenis Campuran Maksimum mengacu pada (AASHTO-T.2019 - 90). Berikut merupakan tahapan dalam Pengujian Berat Jenis Campuran Maksimum antara lain sebagai berikut:

- a) Buatlah benda uji campuran Aspal sebesar 0%, 1%, 2% dan 3% tanpa proses pemadatan kemudian hamparkan campuran hingga suhu menurun di atas lapisan.



Gambar 3.44 Proses Persiapan Benda Uji GMM
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Timbanglah berat sampel seberat 500 gram, berat tabung GMM dalam keadaan kosong, (berat air dengan suhu 25°C + Tabung), (berat sampel + tabung), dan (berat tabung + sampel + air kalibrasi).



Gambar 3.45 Proses Penimbangan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Setelah ditimbang buanglah sebagian air dalam tabung agar pada saat proses penyerapan udara dengan mesin air tidak masuk ke dalam selang kemudian guncangkan tabung hingga gelembung udara dalam air berkurang.



Gambar 3.46 Proses Persiapan pengujian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Pasangkan tutup tabung pada selang mesin penyerap udara kemudian putar kran penutup kemudian tekan tombol on.

Lakukanlah hal tersebut sebanyak tiga kali dalam satu benda uji setiap 5 menit sekali tabung diguncangkan.



Gambar 3.47 Tahap Pengujian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Jika telah selesai maka isi kembali tabung GMM dengan air kalibrasi lalu timbang.



Gambar 3.48 Penimbangan Setelah Sampel diuji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

10) Pengujian *Marshall*

Pembuatan sampel benda uji AC-WC dengan tambahan limbah ban karet luar dengan variasi lama perendaman memiliki beberapa tahapan dan ketentuan dari SNI. 06-2489-1991 antara lain sebagai berikut:

Pembuatan Benda Uji

- a) Buatlah *Job mix* material untuk mengetahui berapakah gram material pada masing-masing benda uji yang akan dibuat.

| JOB MIX YULITA TRI NADIYANI | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|-----------------|
| JOB MIX 100% MATERIAL (Ban 1%) | | JOB MIX 100% MATERIAL (Ban 2%) | | | |
| Abu Batu | = 94,3 % x 52 | = 49,0 % | Abu Batu | = 94,3 % x 52 | = 49,0 % |
| Agregat 0-5 | = 94,3 % x 34 | = 32,1 % | Agregat 0-5 | = 94,3 % x 34 | = 32,1 % |
| Agregat 1-2 | = 94,3 % x 12 | = 11,3 % | Agregat 1-2 | = 94,3 % x 12 | = 11,3 % |
| Filler | = 94,3 % x 2 | = 1,9 % | Filler | = 94,3 % x 2 | = 1,9 % |
| Ban 1% | = Pb x Variasi Limbah | = 0,0570 % | Ban 1% | = Pb x Variasi Limbah | = 0,114 % |
| Aspal | = 5,7 x 0,1 % | = 5,6 % | Aspal | = 5,7 x 0,1 % | = 5,6 % |
| Jumlah = 100 % | | | Jumlah = 100 % | | |
| JOB MIX FORMULA | | JOB MIX FORMULA | | | |
| Abu Batu | = 49,0 % x 1200 = | 588,4 gr | Abu Batu | = 49,0 % x 1200 = | 588,4 gr |
| Agregat 0-5 | = 32,1 % x 1200 = | 384,7 gr | Agregat 0-5 | = 32,1 % x 1200 = | 384,7 gr |
| Agregat 1-2 | = 11,3 % x 1200 = | 135,8 gr | Agregat 1-2 | = 11,3 % x 1200 = | 135,8 gr |
| Filler | = 1,9 % x 1200 = | 22,6 gr | Filler | = 1,9 % x 1200 = | 22,6 gr |
| Ban | = 0,1 % x 1200 = | 0,7 gr | Ban | = 0,1 % x 1200 = | 1,4 gr |
| Aspal | = 5,6 % x 1200 = | 67,7 gr | Aspal | = 5,6 % x 1200 = | 67,0 gr |
| Jumlah = 100 % | | | Jumlah = 100 % | | |
| JOB MIX 100% MATERIAL (Ban 3%) | | JOB MIX 100% MATERIAL (0%) | | | |
| Abu Batu | = 94,3 % x 52 | = 49,0 % | Abu Batu | = 52 | |
| Agregat 0-5 | = 94,3 % x 34 | = 32,1 % | Agregat 0-5 | = 34 | |
| Agregat 1-2 | = 94,3 % x 12 | = 11,3 % | Agregat 1-2 | = 12 | |
| Filler | = 94,3 % x 2 | = 1,9 % | Filler | = 2 | |
| Ban 1% | = Pb x Variasi Limbah | = 0,171 % | Jumlah | = 100 % - 5,7 % = | 94,3 % |
| Aspal | = 5,7 x 3 % | = 5,5 % | JOB MIX FORMULA | | |
| Jumlah = 100 % | | | Abu Batu | = 49 % x 1200 = | 588,4 gr |
| JOB MIX FORMULA | | | Agregat 0-5 | = 32,1 % x 1200 = | 384,7 gr |
| Abu Batu | = 49,0 % x 1200 = | 588,4 gr | Agregat 1-2 | = 11,3 % x 1200 = | 135,8 gr |
| Agregat 0-5 | = 32,1 % x 1200 = | 384,7 gr | Filler | = 1,9 % x 1200 = | 22,6 gr |
| Agregat 1-2 | = 11,3 % x 1200 = | 135,8 gr | Ban | = 0,2 % x 1200 = | 2,1 gr |
| Filler | = 1,9 % x 1200 = | 22,6 gr | Aspal | = 5,5 % x 1200 = | 66,3 gr |
| Ban | = 0,2 % x 1200 = | 2,1 gr | Jumlah = 100 % | | |
| Aspal | = 5,5 % x 1200 = | 66,3 gr | KETERANGAN : | | |
| Jumlah = 100 % | | | - Pb Aspal 0% = 5,7 | | |
| | | | - Berat Total Agregat AC-WC = 1200 | | |

Gambar 3.49 Tahap Pembuatan *Job Mix*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Timbanglah material agregat dan ban karet luar yang telah dicacah sebelumnya sesuai dengan *Job Mix*. Berat *spesimen* dibuat 1200 gr agar didapatkan spesimen dengan ketebalan 6,35 cm dengan toleransi ketebalan 0,2 mm.



Gambar 3.50 Tahap Penimbangan Sampel
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Panaskan agregat yang telah ditimbang hingga mencapai suhu 150°C dengan api sedang agar agregat panas secara merata.



Gambar 3.51 Tahap Pemanasan Agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Disamping itu panaskan pula aspal hingga mencair kemudian timbang sesuai dengan *job mix*, larutkan limbah ban karet luar yang telah ditimbang sebesar 1%, 2%, dan 3% ke dalam aspal dengan suhu pencampuran $\pm 130^{\circ}\text{C}$ dan panaskan hingga mencapai suhu 150°C .



Gambar 3.52 Tahap Pencampuran Ban Pada Aspal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Setelah ke-dua material mencapai suhu yang telah ditentukan, tuangkan aspal yang telah tercampur ban karet luar ke dalam agregat. Selanjutnya aduk campuran agregat dengan aspal hingga *homogen* dan pastikan suhu campuran tetap berada di 160°C .



Gambar 3.53 Tahap Pencampuran Aspal dan agregat
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- f) Timbang campuran aspal, kemudian padatkan dengan alat *automatic asphalt compactor*.



Gambar 3.54 Tahap Penimbangan Campuran Beraspal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- g) Sebelum campuran aspal dituangkan, pasang dengan rapat cetakan pada alat *automatic asphalt compactor* tarik kedua pengunci agar cetakan terkunci dengan baik selanjutnya berikan pelumas pada bagian dalam cetakan secara menyeluruh tidak perlu terlalu banyak bertujuan agar mempermudah lepasnya benda uji pada cetakan kemudian letakkan kertas pengisap di bawah permukaan cetakan.



Gambar 3. 55 Tahap Pemasangan *Mold*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- h) Tuangkan campuran ke dalam cetakan, kemudian menusukkan campuran menggunakan *Scraper cape* sebanyak 15x untuk bagian tepian dan 10x pada bagian tengah lalu letakkan kertas penghisap pada permukaan atas campuran aspal yang bertujuan agar benda uji tidak menempel pada alat penumbuk dan alat *automatic asphalt compactor*.



Gambar 3. 56 Tahap Meratakan campuran aspal
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- i) Pasangkan penumbuk seberat 4,5 kg pada alat *automatic asphalt compactor* kemudian *setting* alat sebanyak 75x tumbukan pada bagian permukaan atas sebanyak 75x setelah selesai balik cetakan pada permukaan bawah dan tumbuk sebanyak 75x.



Gambar 3. 57 Tahap pemadatan Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- j) Setelah dipadatkan, kertas penghisap yang menempel pada benda uji dilepas terlebih dahulu dan benda uji didiamkan selama 24 jam.



Gambar 3. 58 Tahap pelepasan kertas penghisap
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- k) Setelah 24 jam, lepaskan benda uji dari cetakan menggunakan alat *extruder*.



Gambar 3. 59 Tahap melepaskan benda uji dari *mold*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

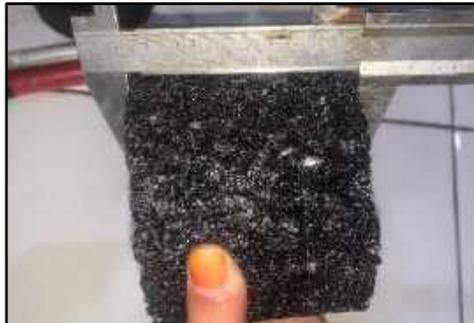
- l) Langkah selanjutnya beri tulisan sebagai penanda jenis dan kadar persentase pada permukaan benda uji menggunakan spidol putih.



Gambar 3. 60 Tahap pemberian kode benda uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Persiapan proses pengujian

- a) Mengukur tebal benda uji dengan menggunakan jangka sorong.



Gambar 3. 61 Tahap Pengukuran Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi

Pribadi)

- b) Menimbang benda uji pada keadaan kering.



Gambar 3. 62 Tahap Penimbangan Benda Uji Kering
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Merendam briket atau benda uji dengan variasi perendaman 6 jam, 12 jam dan 24 jam.



Gambar 3. 63 Tahap Perendaman Benda Uji
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Timbanglah benda uji di dalam air untuk mendapatkan volume benda uji tersebut.



Gambar 3. 64 Tahap Penimbangan Benda Uji di dalam air
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Meniriskan benda uji dan timbang benda uji pada kondisi SSD.



Gambar 3. 65 Tahap Penimbangan Benda Uji SSD
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Proses pengujian benda uji

Perlu diperhatikan, segera lakukan pengujian benda uji pada alat pengujian setelah benda uji diangkat dari tempatnya tidak melebihi 30 detik. Proses pemeriksaan sebaiknya dilakukan oleh dua orang. Berikut adalah langkahnya:

- a) Merendam benda uji ke dalam bak perendaman (*water bath*) selama 30 menit dengan suhu tetap 60°C.



Gambar 3. 66 Tahap Perendaman *Waterbath*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- b) Mengeluarkan benda uji dari *water bath* kemudian angkat benda uji dan tiriskan benda uji dengan kanebo.



Gambar 3. 67 Tahap Perendaman *Waterbath*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- c) Meletakkan alat penekan berikut benda uji di atas alat uji *marshall* kemudian luruskan dengan *proving ring*.



Gambar 3. 68 Meletakkan Benda Uji Pada *Proving Ring*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- d) Memasang arloji pengukur *flow* pada dudukannya dan mengatur jarum pengukur pada angka nol.



Gambar 3. 69 pemasangan *Arloji Flow*
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

- e) Menahan batang pengukur (*Slave*) agar tidak bergeser dari segmen atas kepala penekan.
- f) Mengatur alat penekan beserta benda uji sampai menyentuh batang *proving ring* serta atur jarum pengukur *flow* ke angka nol.
- g) Lakukan pemeriksaan tingkat dari nilai stabilitas sampai sampai dengan kondisi dari beban yang maksimum.

d. Tahap III

Pada tahapan ini diperoleh data-data dari hasil pengujian *test Marshall*, kemudian data tersebut akan diolah dan dianalisa menggunakan perangkat lunak aplikasi *excel* dan SPSS guna mendapatkan hasil dari pengujian yang telah dilakukan. (Studi dkk., 2020) Pada pengolahan data menggunakan SPSS terdiri dari beberapa uji antara lain:

1) Uji Normalitas

Uji normalitas merupakan Sebuah uji yang dilakukan untuk mengetahui sebaran data pada suatu kelompok tertentu dalam bentuk data atau variabel yang diteliti berdistribusi secara normal atau tidak dengan melihat ketentuan jika $\alpha = 0,05$.

- a) Jika Signifikansi yang didapat $> \alpha$, maka sebaran data berdistribusi secara normal.
- b) Jika Signifikan yang didapat $< \alpha$, maka sebaran data berdistribusi secara tidak normal.

2) Uji Homogenitas

Uji Homogenitas dilakukan untuk menguji perbedaan antara kedua kelompok atau beberapa kelompok yang berbeda sumber pengambilan datanya. Nilai $\alpha = 0,05$.

- a) Jika Signifikansi yang didapat $> \alpha$, maka variansi setiap sampel sama (homogen).
- b) Jika Signifikan yang didapat $< \alpha$, maka variansi setiap sampel tidak sama (tidak homogen).

3) Uji Regresi Linier

Uji ini digunakan untuk mengetahui dalam persamaan linier dari suatu variabel yang mempengaruhi atau dari beberapa variabel yang dipengaruhi.

a) Persamaan linier dengan 1 variabel *Independent*

$$Y = a + bX \dots\dots\dots (3.1)$$

b) Persamaan linier dengan 2 atau lebih variabel *Independent*

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

Y = *Variabel Dependent*

X = *Variabel Independent*

a = Kontanta perpotongan garis di sumbu Y

b = Koefisien regresi

4) Uji T

Uji-t berguna untuk menilai apakah nilai rata-rata dan keberagaman dari dua kelompok berbeda secara statistik satu sama lain.

a) *One -Sample T-Test.*b) *Independent-Sample T-Test.*c) *Paired-Sample T-Test.*

Nilai T . Hitung $<$ T . Tabel, Maka diputuskan untuk bahwa koefisien regresi variabel *Independent* tidak signifikan sebaliknya jika Nilai T . Hitung $<$ T . Tabel, maka koefisien regresi variabel *Independent* signifikan

E. Variabel Penelitian

Berdasarkan penelitian eksperimen ini, maka variabel-variabel yang terdapat di dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah limbah ban karet luar, dengan penambahan limbah ban karet luar sebesar 1%, 2%, dan 3% serta variasi perendaman 6 jam, 12 jam, dan 24 jam. Semua bahan, termasuk agregat, akan diuji secara fisik dan sifat untuk memastikan bahwa mereka cocok untuk digunakan dalam campuran beton aspal. Agregat yang digunakan dalam pencampuran beton aspal akan digabungkan untuk membuat komposisi campuran sesuai spesifikasi.

2. Variabel Terkait

Pada penelitian Pengaruh Lama Perendaman Campuran Lapis Aspal AC-WC dengan Bahan Tambah Limbah Ban Karet Luar Terhadap Stabilitas pada Metode *Marsshall Test*, memiliki variabel yakni pengujian terhadap perkerasan lentur dimulai dari pengujian *Marshall*, *Flow/Kelelehan*, dan *Marshall Quetient*. Jenis aspal yang diteliti adalah aspal penetrasi 60/70 serta jenis beton aspal yang diteliti yaitu *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*. Di mana lapisan tersebut merupakan lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan aus (*Binder Course*) dan di bawah lapisan pondasi (*Sub Base Course*).

F. Metode Pengumpulan Data

Tabel 3.4 Formulir Pengujian Penetrasi Aspal

|  | | PT. KARYA MANUNGAL JATI LESTARI (PT. KAMA JATI) GENERAL KONTRAKTOR INDUSTRI & SUPPLIER Kantor : Jl. Jend. Gatot Subroto No. 115 Telp (0283) 491985, Fax. (0283) 491985 Slawi 52419 Base Camp : Desa Pagerwangi-Kec. Balapulang-Kab. Tegal Telp. 0815-9505-758 | | | |
|---|-------------------|--|---------|-----------------------------|---------|
| <u>FORMULIR UJI PENETRASI ASPAL</u> | | | | | |
| SNI 2456-2011 | | | | | |
| 1 | No. Formulir | :01 | | | |
| 2 | Pekerjaan | : | | | |
| 3 | Kegiatan | : | | | |
| 4 | Tempat Penelitian | : | | | |
| 5 | Material | : | | | |
| 6 | Asal Material | : | | | |
| 7 | Tanggal diuji | : | | | |
| 8 | Metode | : | | | |
| Contoh dipanaskan | | Mulai Pkl. | | <i>Temperature oven /</i> : | |
| | | Selesai Pkl. | | | |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> ruang | | Mulai Pkl. | | <i>Temperature</i> Bak : | |
| | | Selesai Pkl. | | perendam | |
| Direndam pada <i>temperature</i> 25 °C | | Mulai Pkl. | | <i>Temperature</i> alat : | |
| | | Selesai Pkl. | | | |
| Pemeriksaan Penetrasi pada 25 °C , 100 gr, 5 detik | | Benda Uji 1 | | Benda Uji 2 | |
| | | Sebelum | Sesudah | Sebelum | Sesudah |
| Pengamatan (Pertama) | | | | | |
| Pengamatan (Kedua) | | | | | |
| Pengamatan (Ketiga) | | | | | |
| Pengamatan (Keempat) | | | | | |
| Penetrasi Rata-rata | | | | | |
| Hasil Penetrasi | | | | | |
| Rata-rata dari Kedua Benda Uji | | <i>Min</i> | 60 | <i>Max</i> | 70 |
| Dibuat Oleh : PT. KAMAJATI <u>(MOH. SIDQON)</u> Lab. Teknisi | | | | | |

(Sumber: SNI 2456:2011)

Tabel 3.5 Formulir Pengujian Berat Jenis Aspal

|  LABORATORIUM TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL Alamat : JL. Halmahera KM. 01 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52121 | |
|--|---|
| Formulir Pengujian | |
| <u>FORMULIR PENGUJIAN BERAT JENIS ASPAL</u> | |
| 1 | No. Formulir : _____ |
| 2 | Pekerjaan : _____ |
| 3 | Kegiatan : _____ |
| 4 | Tempat Penelitian : _____ |
| 5 | Material : _____ |
| 6 | Asal Material : _____ |
| 7 | Tanggal diuji : _____ |
| 8 | Metode : SNI 2441-2011 |
| Contoh dipanaskan | |
| Mulai | Pkl. _____ <i>Temperature</i> : |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> luar | |
| Mulai | Pkl. _____ |
| Direndam pada <i>temperature</i> | |
| Mulai | Pkl. _____ <i>Temperature</i> : |
| Pemeriksaan berat jenis | |
| Mulai | Pkl. _____ |
| | Benda Uji 1 Unit Benda Uji 2 Unit |
| Massa Piknometer + aspal (C) | |
| Massa Piknometer Kosong (A) | |
| Massa Aspal (C-A) = (E) | |
| Massa Piknometer + air (B) | |
| Massa Piknometer Kosong (A) | |
| Massa Air (B - A) = (F) | |
| Massa Piknometer + aspal | |
| Massa Piknometer + aspal (C) | |
| Massa air (D - C) = (G) | |
| Massa Air (B - A) - (D-C) = (H) | |
| $\text{Berat Jenis} = \frac{(C - A)}{(B - A) - (D - C)}$ | |
| Berat Jenis Rata-rata | |
| Berat isi = Berat Jenis x W_T | |
| <i>Note</i> : W_T adalah berat isi pada <i>temperature</i> pengujian | |
| Tegal, 1 Juni 2024 Asisten Dosen (.....) | |

(Sumber: SNI 2441-201)

Tabel 3.6 Formulir Pengujian Titik Lembek

| | | PT. KARYA MANUNGAL JATI LESTARI (PT. KAMA JATI) GENERAL KONTRAKTOR INDUSTRI & SUPPLIER Kantor : Jl. Jend. Gatot Subroto No. 115 Telp (0283) 491985, Fax. (0283) 491985 Slawi 52419 Base Camp : Desa Pagerwangi-Kec. Balapulang-Kab. Tegal Telp. 0815-9505-758 | | | |
|---|--------------------|--|----------|-------------------|-----------------------|
| | | FORMULIR PENGUJIAN TITIK LEMBEK SNI 2434-2011 | | | |
| 1 | No. Formulir | : | | | |
| 2 | Pekerjaan | : | | | |
| 3 | Kegiatan | : | | | |
| 4 | Tempat Penelitian | : | | | |
| 5 | Material | : | | | |
| 6 | Asal Material | : | | | |
| 7 | Kondisi Lingkungan | : | | | |
| | o Temperature | : | | | |
| | o Kelembapan | : | | | |
| 8 | Tanggal diuji | : | | | |
| 9 | Metode | : | | | |
| Contoh dipanaskan | | Mulai | Pkl. | | Temperature oven |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> ruang | | Mulai | Pkl. | | |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> 25°C | | Mulai | Pkl. | | Temperature |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Pemeriksaan Titik Lembek | | Mulai | Pkl. | | Temperature Lemari es |
| Dimulai pada <i>temperature</i> 5°C | | Selesai | Pkl. | | |
| No. | Suhu yang diamati | Waktu (Detik) | | Titik lembek (°C) | |
| | °C | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 1 | Sampel 2 |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Rata- rata | | | | °C | |
| Dibuat Oleh : PT. KAMAJATI (MOH. SIDQON) Lab. Teknisi | | | | | |

(Sumber: SNI 2434-2011)

Tabel 3.7 Formulir Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

| 1 | | No. Formulir | | : | |
|---|-------------------|--------------------|----------|-------------------|-----------------------|
| 2 | | Pekerjaan | | : | |
| 3 | | Kegiatan | | : | |
| 4 | | Tempat Penelitian | | : | |
| 5 | | Material | | : | |
| 6 | | Asal Material | | : | |
| 7 | | Kondisi Lingkungan | | | |
| | | o Temperature | | | |
| | | o Kelembapan | | | |
| 8 | | Tanggal diuji | | : | |
| 9 | | Metode | | : | |
| Contoh dipanaskan | | Mulai | Pkl. | | Temperature oven |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> ruang | | Mulai | Pkl. | | |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Didiamkan pada <i>temperature</i> 25°C | | Mulai | Pkl. | | Temperature |
| | | Selesai | Pkl. | | |
| Pemeriksaan Titik Lembek | | Mulai | Pkl. | | Temperature Lemari es |
| Dimulai pada <i>temperature</i> 5°C | | Selesai | Pkl. | | |
| No. | Suhu yang diamati | Waktu (Detik) | | Titik lembek (°C) | |
| | °C | Sampel 1 | Sampel 2 | Sampel 1 | Sampel 2 |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| Rata-rata | | | | °C | |
| Dibuat Oleh : PT. KAMAJATI (MOH. SIDQON) Lab. Teknisi | | | | | |

(Sumber: SNI 2433-2011)

Tabel 3.8 Formulir Pengujian Keausan Agregat

|  | <p>LABORATORIUM TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL Alamat : JL. Halmahera KM. 01 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal,</p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|------------|----|------------|--|--|-------|----------|---|----|------|------------------|------------|--|--|--|------------|--------------|--|--|--|--------------|----------------|--|--|--|----------------|---------------|--|--|--|---------------|-----------------|--|--|--|----------------|-----------------|--|--|--|--------------------------------|----|--|--|--|---|----|--|--|--|---------------|-------------------------------|--|--|--|----------------------------|--|--|--|--|-----------------------------|--|--|--|--|---------------------------------|--|--|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Formulir Pengujian</div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p><u>PENGUJIAN ABRASI AGREGAT MENGGUNAKAN LA MACHINE</u></p> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Formulir : Pekerjaan : Material : | Sumber Material : Tanggal : Metode Uji/ SNI : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #cccccc;">Gradasi</th> <th colspan="3" style="background-color: #cccccc;">No. Sampel</th> </tr> <tr> <th style="width: 20%;">Lolos</th> <th style="width: 20%;">Tertahan</th> <th style="width: 10%;">I</th> <th style="width: 10%;">II</th> <th style="width: 10%;">Unit</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>37,5 mm (1 1/2")</td> <td>25 mm (1")</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25 mm (1")</td> <td>19 mm (3/4")</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19 mm (3/4")</td> <td>12,5 mm (1/2")</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12,5 mm (1/2")</td> <td>9,5 mm (3/8")</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9,5 mm (3/8")</td> <td>4,75 mm (no. 4)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4,75 mm (no.4)</td> <td>2,36 mm (no. 8)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Jumlah Berat Uji Semula (gram)</td> <td style="text-align: center;">W1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Berat Benda Uji Tertahan ayakan No. 12, setelah</td> <td style="text-align: center;">W2</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Abrasi (gram)</td> <td style="text-align: center;">$(W1 - W2) / W1 \times 100\%$</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Nilai Abrasi Benda Uji (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Rata-Rata Abrasi (%)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Hasil Dibulatkan Ke Atas</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | Gradasi | | No. Sampel | | | Lolos | Tertahan | I | II | Unit | 37,5 mm (1 1/2") | 25 mm (1") | | | | 25 mm (1") | 19 mm (3/4") | | | | 19 mm (3/4") | 12,5 mm (1/2") | | | | 12,5 mm (1/2") | 9,5 mm (3/8") | | | | 9,5 mm (3/8") | 4,75 mm (no. 4) | | | | 4,75 mm (no.4) | 2,36 mm (no. 8) | | | | Jumlah Berat Uji Semula (gram) | W1 | | | | Berat Benda Uji Tertahan ayakan No. 12, setelah | W2 | | | | Abrasi (gram) | $(W1 - W2) / W1 \times 100\%$ | | | | Nilai Abrasi Benda Uji (%) | | | | | Rata-Rata Abrasi (%) | | | | | Hasil Dibulatkan Ke Atas | | | | |
| Gradasi | | No. Sampel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Lolos | Tertahan | I | II | Unit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 37,5 mm (1 1/2") | 25 mm (1") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 mm (1") | 19 mm (3/4") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 mm (3/4") | 12,5 mm (1/2") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12,5 mm (1/2") | 9,5 mm (3/8") | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9,5 mm (3/8") | 4,75 mm (no. 4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4,75 mm (no.4) | 2,36 mm (no. 8) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jumlah Berat Uji Semula (gram) | W1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Berat Benda Uji Tertahan ayakan No. 12, setelah | W2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Abrasi (gram) | $(W1 - W2) / W1 \times 100\%$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nilai Abrasi Benda Uji (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rata-Rata Abrasi (%) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hasil Dibulatkan Ke Atas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tegal, 20 Maret 2024 Asisten Dosen (.....) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Sumber: SNI 2417-2008)

Tabel 3.9 Formulir Pengujian Analisa Agregat

|  LABORATORIUM TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL Alamat : JL. Halmahera KM.01 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52121 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-------------------|-------------------|--------------|-----------|--------------|-------------------|----------------|--------------|-----------|--------------|-------------------|----------------|--------------|--------------------|---------------------------|
| PENGUJIAN ANALISA AGREGAT | | | | | | | | | | | | | | Formulir Pengujian | |
| (SNI 03-1968-1990/ AASHTO T.27-88) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pekerjaan : | | No. Formulir : | | | | | | | | | | | | | |
| Sub Kegiatan : | | Material : | | | | | | | | | | | | | |
| Tanggal : | | Sumber Material : | | | | | | | | | | | | | |
| Jenis Material : (Abu Batu) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sampel : 01 | | | | | Sampel : 02 | | | | | Sampel : 03 | | | | | Rata-rata Lolos (%) |
| Ukuran | Berat | Kumulatif | | | Ukuran | Berat | Kumulatif | | | Ukuran | Berat | Kumulatif | | | |
| Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | |
| (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | |
| 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | |
| 1" | | | | | 1" | | | | | 1" | | | | | |
| 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | |
| 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | |
| 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | |
| # 4 | | | | | # 4 | | | | | # 4 | | | | | |
| # 8 | | | | | # 8 | | | | | # 8 | | | | | |
| # 16 | | | | | # 16 | | | | | # 16 | | | | | |
| # 30 | | | | | # 30 | | | | | # 30 | | | | | |
| # 50 | | | | | # 50 | | | | | # 50 | | | | | |
| # 100 | | | | | # 100 | | | | | # 100 | | | | | |
| # 200 | | | | | # 200 | | | | | # 200 | | | | | |
| Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | |
| Jenis Material : (Agregat 0-5) | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sampel : 01 | | | | | Sampel : 02 | | | | | Sampel : 03 | | | | | Rata-rata Lolos (%) |
| Ukuran | Berat | Kumulatif | | | Ukuran | Berat | Kumulatif | | | Ukuran | Berat | Kumulatif | | | |
| Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | Saringan | Tertahan Individu | Berat Tertahan | Tertahan (%) | Lolos (%) | |
| (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | (Inchi) | (gram) | (gram) | (%) | (%) | |
| 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | |
| 1" | | | | | 1" | | | | | 1" | | | | | |
| 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | |
| 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | |
| 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | |
| # 4 | | | | | # 4 | | | | | # 4 | | | | | |
| # 8 | | | | | # 8 | | | | | # 8 | | | | | |
| # 16 | | | | | # 16 | | | | | # 16 | | | | | |
| # 30 | | | | | # 30 | | | | | # 30 | | | | | |
| # 50 | | | | | # 50 | | | | | # 50 | | | | | |
| # 100 | | | | | # 100 | | | | | # 100 | | | | | |
| # 200 | | | | | # 200 | | | | | # 200 | | | | | |
| Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | |

| Jenis Material : (Agregat 10-20 mm) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Sampel : 01 | | | | | Sampel : 02 | | | | | Sampel : 03 | | | | | Rata-rata Lolos (%) |
| Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | |
| | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | |
| 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | |
| 1" | | | | | 1" | | | | | 1" | | | | | |
| 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | |
| 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | |
| 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | |
| # 4 | | | | | # 4 | | | | | # 4 | | | | | |
| # 8 | | | | | # 8 | | | | | # 8 | | | | | |
| # 16 | | | | | # 16 | | | | | # 16 | | | | | |
| # 30 | | | | | # 30 | | | | | # 30 | | | | | |
| # 50 | | | | | # 50 | | | | | # 50 | | | | | |
| # 100 | | | | | # 100 | | | | | # 100 | | | | | |
| # 200 | | | | | # 200 | | | | | # 200 | | | | | |
| Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | |

| Jenis Material : FILLER (Semen 3 Roda) | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|-----------------------------|
| Sampel : 01 | | | | | Sampel : 02 | | | | | Sampel : 03 | | | | | Rata-rata Lolos (%) |
| Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | Ukuran Saringan (Inchi) | Berat Tertahan Individu (gram) | Kumulatif | | | |
| | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | | | Berat Tertahan (gram) | Tertahan (%) | Lolos (%) | |
| 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | 1 1/2" | | | | | |
| 1" | | | | | 1" | | | | | 1" | | | | | |
| 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | 3/4" | | | | | |
| 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | 1/2" | | | | | |
| 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | 3/8" | | | | | |
| # 4 | | | | | # 4 | | | | | # 4 | | | | | |
| # 8 | | | | | # 8 | | | | | # 8 | | | | | |
| # 16 | | | | | # 16 | | | | | # 16 | | | | | |
| # 30 | | | | | # 30 | | | | | # 30 | | | | | |
| # 50 | | | | | # 50 | | | | | # 50 | | | | | |
| # 100 | | | | | # 100 | | | | | # 100 | | | | | |
| # 200 | | | | | # 200 | | | | | # 200 | | | | | |
| Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | Berat Sampel | | gram | | | |

Tegal, 20 Maret 2024

Asisten Dosen

(.....)

(Sumber: SNI 03-1968-1990)

Tabel 3.10 Formulir Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

|  | LABORATORIUM TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL Alamat : JL. Halmahera KM. 01 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52121 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------|---------|------------------|------|-----------------------------------|---|--|--|----|---|---|--|--|--|--|----------------------------|--|---|------------------|--|--|---------------------------------------|-----------------------|--|--|----|-----------------------|-----------------------|--|--|----|---------------------------|-----------------------|--|--|----|------------|--------------------------------|--|--|---|--|--|--|
| <div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 2px 5px;">Formulir Pengujian</div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT HALUS</u> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Formulir : Pekerjaan : Material : | Sumber Material : Tanggal : Metode Uji/ SNI : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">TEST I</th> <th style="width: 10%;">TEST II</th> <th style="width: 10%;">RESULT</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of sampel in ssd condition</td> <td style="text-align: center;">S</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="4" style="text-align: center; vertical-align: middle;">gr</td> </tr> <tr> <td>Weight of pycnometer + sample + water +</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight of pycnometer + water + Plat Mirror</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight of sample (oven dry condition)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity (ssd condition)</td> <td style="text-align: center;">$\frac{S}{B + S - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{B + S - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Apparent Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{B + A - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Absorption</td> <td style="text-align: center;">$\frac{500 - A}{A} \times 100$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table> | DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | Weight of sampel in ssd condition | S | | | gr | Weight of pycnometer + sample + water + | C | | | Weight of pycnometer + water + Plat Mirror | B | | | Weight of sample (oven dry condition) | A | | | Bulk Specific Gravity (ssd condition) | $\frac{S}{B + S - C}$ | | | gr | Bulk Specific Gravity | $\frac{A}{B + S - C}$ | | | gr | Apparent Specific Gravity | $\frac{A}{B + A - C}$ | | | gr | Absorption | $\frac{500 - A}{A} \times 100$ | | | % | | | |
| DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of sampel in ssd condition | S | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of pycnometer + sample + water + | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of pycnometer + water + Plat Mirror | B | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of sample (oven dry condition) | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity (ssd condition) | $\frac{S}{B + S - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity | $\frac{A}{B + S - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apparent Specific Gravity | $\frac{A}{B + A - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Absorption | $\frac{500 - A}{A} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MATERIALS FINER THAN 75 MICRON (No. 200) in AGGREGATES by WASHING ASTM C.117 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">TEST I</th> <th style="width: 10%;">TEST II</th> <th style="width: 10%;">RESULT</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Original dry mass of sample</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing</td> <td style="text-align: center;">$\frac{B-C}{B} \times 100$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table> | DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | Original dry mass of sample | B | | | gr | Bulk Specific Gravity | C | | | gr | Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing | $\frac{B-C}{B} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Original dry mass of sample | B | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity | C | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing | $\frac{B-C}{B} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UNIT WEIGHT FINE & COARSE AGGREGATE ASTM C.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">COMPACT</th> <th style="width: 10%;">LOOSE</th> <th style="width: 10%;">AVERAGE</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mass of sample Free Fall/Jigging</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volume of cylinder</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Unit wight / Density</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{B}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">T/m³</td> </tr> </tbody> </table> | DESCRIPTION | COMPACT | LOOSE | AVERAGE | UNIT | Mass of sample Free Fall/Jigging | A | | | gr | Volume of cylinder | B | | | gr | Unit wight / Density | $\frac{A}{B}$ | | | T/m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPTION | COMPACT | LOOSE | AVERAGE | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mass of sample Free Fall/Jigging | A | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volume of cylinder | B | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unit wight / Density | $\frac{A}{B}$ | | | T/m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tegal, Asisten Dosen (.....) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Sumber: SNI.031-1970-1990)

Tabel 3.11 Formulir Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

|  | LABORATORIUM TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL Alamat : JL. Halmahera KM. 01 Mintaragen, Tegal Timur, Kota Tegal, Jawa Tengah 52121 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------------|---------|------------------|---------|------|--|---|--|--|----|-------------------------------------|---|--|--|---|--|------------------------------|--|---------------------------------------|-------------------|--|--|----|-----------------------|-------------------|--|--|----|---------------------------|-------------------|--|--|----|------------|------------------------------|--|--|---|
| <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Formulir Pengujian</div> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <u>PEMERIKSAAN BERAT JENIS DAN PENYERAPAN AGREGAT KASAR</u> SNI. 031-1969-1990 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| No. Formulir : | Sumber Material : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pekerjaan : | Tanggal : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Material : | Metode Uji/ SNI : | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">TEST I</th> <th style="width: 10%;">TEST II</th> <th style="width: 10%;">RESULT</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Weight of sampel in ssd condition in air</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">gr</td> </tr> <tr> <td>Weight of saturated sample in water</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Weight of sample (oven dry condition)</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity (ssd condition)</td> <td style="text-align: center;">$\frac{B}{B - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{B - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Apparent Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{A - C}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Absorption</td> <td style="text-align: center;">$\frac{B - A}{A} \times 100$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table> | | DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | Weight of sampel in ssd condition in air | B | | | gr | Weight of saturated sample in water | C | | | Weight of sample (oven dry condition) | A | | | Bulk Specific Gravity (ssd condition) | $\frac{B}{B - C}$ | | | gr | Bulk Specific Gravity | $\frac{A}{B - C}$ | | | gr | Apparent Specific Gravity | $\frac{A}{A - C}$ | | | gr | Absorption | $\frac{B - A}{A} \times 100$ | | | % |
| DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of sampel in ssd condition in air | B | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of saturated sample in water | C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Weight of sample (oven dry condition) | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity (ssd condition) | $\frac{B}{B - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity | $\frac{A}{B - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Apparent Specific Gravity | $\frac{A}{A - C}$ | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Absorption | $\frac{B - A}{A} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MATERIALS FINER THAN 75 MICRON (No. 200) in AGGREGATES by WASHING ASTM C.117 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">TEST I</th> <th style="width: 10%;">TEST II</th> <th style="width: 10%;">RESULT</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Original dry mass of sample</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Bulk Specific Gravity</td> <td style="text-align: center;">C</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing</td> <td style="text-align: center;">$\frac{B - C}{B} \times 100$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">%</td> </tr> </tbody> </table> | | DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | Original dry mass of sample | B | | | gr | Bulk Specific Gravity | C | | | gr | Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing | $\frac{B - C}{B} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPTION | TEST I | TEST II | RESULT | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Original dry mass of sample | B | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bulk Specific Gravity | C | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Percentage of material finer than 75 micron (No. 200) by washing | $\frac{B - C}{B} \times 100$ | | | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| UNIT WEIGHT FINE & COARSE AGGREGATE ASTM C.29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">DESCRIPTION</th> <th style="width: 10%;">COMPACT</th> <th style="width: 10%;">LOOSE</th> <th style="width: 10%;">AVERAGE</th> <th style="width: 10%;">UNIT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mass of sample Free Fall/Jigging</td> <td style="text-align: center;">A</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Volume of cylinder</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">gr</td> </tr> <tr> <td>Unit wight / Density</td> <td style="text-align: center;">$\frac{A}{B}$</td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">T/m³</td> </tr> </tbody> </table> | | DESCRIPTION | COMPACT | LOOSE | AVERAGE | UNIT | Mass of sample Free Fall/Jigging | A | | | gr | Volume of cylinder | B | | | gr | Unit wight / Density | $\frac{A}{B}$ | | | T/m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| DESCRIPTION | COMPACT | LOOSE | AVERAGE | UNIT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mass of sample Free Fall/Jigging | A | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Volume of cylinder | B | | | gr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unit wight / Density | $\frac{A}{B}$ | | | T/m ³ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tegal, Asisten Dosen (.....) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

(Sumber: SNI.031-1969-1990)

Tabel 3.12 Formulir Pengujian Berat Jenis Campuran *Maximum* (GMM)

| | PT. KARYA MANUNGAL JATI LESTARI (PT. KAMA JATI) | | | | |
|---|--|------------------|---|------------|--------|
| | GENERAL KONTRAKTOR INDUSTRI & SUPPLIER Kantor : Jl. Jend. Gatot Subroto No. 115 Telp (0283) 491985, Fax. (0283) 491985 Slawi 52419 Base Camp : Desa Pagerwangi-Kec. Balapulang-Kab. Tegal Telp. 0815-9505-758 | | | | |
| <u>PEMERIKSAAN BERAT JENIS CAMPURAN MAXIMUM</u> AASHTO - T.209 - 90 | | | | | |
| Pekerjaan | : | | | | |
| Kegiatan | : | | | | |
| Jenis Campuran | : | | | | |
| Kadar Aspal | : | | | | |
| Tanggal | : | | | | |
| No | Uraian | Rumus | Sampel - 1 | Sampel - 2 | Satuan |
| 1 | Berat Sampel + Tempat | $A = B + C$ | | | |
| 2 | Berat Tempat | B | | | |
| 3 | Berat Sampel | $C = A - B$ | | | |
| 4 | Berat Botol + Sampel + Air | D | | | |
| 5 | Berat Botol + Air (Kalibrasi) | E | | | |
| 6 | Berat Contoh | $F = D - E$ | | | |
| 7 | Isi Contoh/Sampel | $G = C - F$ | | | |
| 8 | Berat Jenis | $H = C / G$ | | | |
| 9 | Suhu Air | I | | | |
| 10 | Koreksi Suhu | | | | |
| 11 | Berat Jenis Terkoreksi | $K = H \times J$ | | | |
| Rata-Rata | | | | | |
| Temperatur | : | 25°C | | | |
| Koreksi | : | 1,0000 | | | |
| | | | Dibuat Oleh : PT. KAMAJATI | | |
| | | | <u>(MOH. SIDQON)</u> Lab. Teknisi | | |

(Sumber: AASHTO-.209-90)

Tabel 3.14 Job Mix Formula dengan campuran limbah Ban Karet Luar

| No | Jenis Material | Job Mix material 100% | Unit | Job Mix Formula | | | | Unit |
|--------|------------------|-----------------------|------|-----------------|----|----|----|------|
| | | 0% | | 0% | 1% | 2% | 3% | |
| 1 | Abu Batu | | % | | | | | gr |
| 2 | Agregat 0-5 mm | | | | | | | |
| 3 | Agregat 10-20 mm | | | | | | | |
| 4 | Filler Semen | | | | | | | |
| 5 | Ban Karet Luar | | | | | | | |
| 6 | Aspal | | | | | | | |
| JUMLAH | | | | | | | | |

(Sumber: PT. Anugrah Beton Nusantara)

Tabel 3.15 Banyaknya Benda Uji

| No | Waktu Perendaman | Komposisi Limbah Ban Karet Luar | Jumlah Benda Uji | Total Benda Uji |
|-------|------------------|---------------------------------|------------------|-----------------|
| I. | 24 Jam | Ban Karet Luar 0% (Aspal) | 3 Buah | 36 |
| II. | 12 Jam | Ban Karet Luar 0% (Aspal) | 3 Buah | |
| III. | 6 Jam | Ban Karet Luar 0% (Aspal) | 3 Buah | |
| IV. | 24 Jam | Ban Karet Luar 1% (Aspal) | 3 Buah | |
| V. | 24 Jam | Ban Karet Luar 2% (Aspal) | 3 Buah | |
| VI. | 24 Jam | Ban Karet Luar 3% (Aspal) | 3 Buah | |
| VII. | 12 Jam | Ban Karet Luar 1% (Aspal) | 3 Buah | |
| VIII. | 12 Jam | Ban Karet Luar 2% (Aspal) | 3 Buah | |
| IX. | 12 Jam | Ban Karet Luar 3% (Aspal) | 3 Buah | |
| X. | 6 Jam | Ban Karet Luar 1% (Aspal) | 3 Buah | |
| XI. | 6 Jam | Ban Karet Luar 2% (Aspal) | 3 Buah | |
| XII. | 6 Jam | Ban Karet Luar 3% (Aspal) | 3 Buah | |

(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

G. Metode Analisa Data

Data dari hasil masing-masing pengujian yang sudah didapat di dalam formulir-formulir pengujian, selanjutnya data-data tersebut akan dianalisa dan dihitung terlebih dahulu sesuai dengan metode uji yang ada dalam SNI sehingga menghasilkan data-data pengujian yang sesuai dengan standar antara lain:

1. % Tertahan

$$\% \text{ Tertahan (e)} = \frac{d}{g} \times 100 \dots \dots \dots (3.3)$$

Keterangan:

e = % Tertahan

d = Jumlah Berat Tertahan (gr)

g = Berat Total Agregat Persampel (gr)

2. % Lolos

$$\% \text{ Lolos (f)} = 100 - e \dots \dots \dots (3.4)$$

Keterangan:

e = % Tertahan

f = % Lolos

3. Nilai Abrasi

$$\text{Nilai Abrasi} = \left(\frac{w_1 - w_2}{w_1} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.5)$$

Keterangan:

W1 = Berat Awal

W2 = Berat Tertahan Saringan No. 12

4. Berat Jenis Curah Kering (*Bulk Specific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis Bulk} = \frac{A}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven* (gr)

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

5. Berat jenis kering permukaan (*Saturated Surface Dry/SSD*)

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{B}{(B-C)} \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

6. Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*)

$$\text{Berat Jenis SSD} = \frac{A}{(A-C)} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven* (gr)

C = Berat jenis dalam air (gr)

7. Penyerapan air (*Absorption*)

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{(B-A)}{A} \times 100 \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

A = Berat Jenis Kering *Oven*

B = Berat benda uji kering permukaan jenuh (gr)

8. Berat Jenis Aspal

$$\text{Berat Jenis} = \frac{C-A}{(B-A)-(D-C)} \dots\dots\dots(3.10)$$

Keterangan:

A = Massa Piknometer (gr)

B = Massa Piknometer + Air (gr)

C = Massa Piknometer + Aspal (gr)

D = Massa Piknometer + Air + Aspal (gr)

9. Faktor Keluasan Agregat

$$LP = FLP \times \% \text{ Lolos Gabungan Agregat} \dots\dots\dots(3.11)$$

Keterangan:

LP = Luas Permukaan

FLP = Faktor Luas Permukaan (didapat dari tabel 2.13)

10. Kadar Aspal

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots\dots\dots(3.12)$$

Keterangan:

P_b = Kadar Aspal tengah, persen terhadap berat campuran

CA = Persen agregat tertahan saringan No.8

FA = Persen agregat lolos saringan No.8 dan tertahan di saringan No. 8

K = Konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

11. Berat Jenis *Bulk* Campuran (Gsb)

$$Gsb = \frac{p1+p2+p3+p4}{\frac{P1}{Bj.Bulk} + \frac{P2}{Bj.Bulk} + \frac{P3}{Bj.Bulk} + \frac{P4}{Bj.Bulk}} \dots\dots\dots (3.13)$$

Keterangan:

P = Persentase rasio fraksi agregat (%)

Bj. *Bulk* dari masing-masing fraksi (gr)

12. Berat Jenis *Apparent* Campuran (Gsb)

$$Gsb = \frac{p1+p2+p3+p4}{\frac{P1}{Bj.App} + \frac{P2}{Bj.App} + \frac{P3}{Bj.App} + \frac{P4}{Bj.App}} \dots\dots\dots (3.14)$$

Keterangan:

P = Persentase rasio fraksi agregat (%)

Bj. *Apparent* dari masing-masing fraksi (gr)

13. Berat Jenis efektif agregat campuran (Gse)

$$Gse = \frac{100 - Pa}{\frac{100}{Gmm} + \frac{Pa}{Ga}} \dots\dots\dots (3.15)$$

Keterangan:

Pa = Kadar Aspal (%)

Gmm = Berat Jenis Maksimum Campuran (gr/cc)

Ga = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

14. Penyerapan Aspal terhadap Total Agregat (Pab)

$$Pab = 100 \times \frac{Gse - Bj.Agg Bulk}{Gse - Bj.Agg Bulk} \times Ga \dots\dots\dots (3.16)$$

Keterangan:

G_{se} = Berat Jenis efektif agregat campuran

G_a = Berat Jenis Aspal (gr/cc)

15. Berat Jenis Campuran Maximum

$$K = H - J \dots\dots\dots(3.17)$$

Keterangan:

K = Berat Jenis Terkoreksi

H = Berat Jenis

J = Koreksi Suhu

16. Isi Benda Uji

$$g = e - f \dots\dots\dots(3.18)$$

Keterangan:

g = Isi benda uji (cc)

f = Berat benda uji jenuh (gr)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

17. Kepadatan

$$h = \frac{d}{g} \dots\dots\dots(3.19)$$

Keterangan:

h = Kepadatan (gr/cc)

d = Berat benda uji di udara (gr)

g = Isi benda Uji (cc)

18. Rongga dalam agregat (VMA)

$$j = 100 - \left(\frac{(100-c) \times h}{G_{sb}} \right) \dots\dots\dots (3.20)$$

Keterangan:

j = Rongga dalam agregat (VMA) (%)

h = Kepadatan (gr/cc)

c = Kadar aspal terhadap berat campuran (%)

G_{sb} = Berat Jenis agregat bulk

19. Terhadap Rongga Campuran (VIM)

$$k = 100 - \left(100 \times \frac{h}{i} \right) \dots\dots\dots (3.21)$$

Keterangan:

k = Rongga terhadap campuran (VIM) (%)

i = Berat jenis campuran maksimum (gr/cc)

h = Kepadatan (gr/cc)

20. Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$l = 100 \times \left(\frac{j-k}{j} \right) \dots\dots\dots (3.22)$$

Keterangan:

l = Rongga terhadap campuran (VFB) (%)

j = Rongga dalam agregat (VMA) (%)

k = Rongga terhadap campuran (VIM) (%)

21. Stabilitas Kalibrasi *Proving Ring* (n)

$$n = m \times \text{Kalibrasi Proving Ring} \dots\dots\dots(3.23)$$

Keterangan:

n = Stabilitas Kalibrasi *Proving Ring* (kg)

l = Bacaan pada alat stabilitas

Kalibrasi *proving ring* (div/kg f)22. Hasil Bagi *Marshall* (MQ)

$$q = \frac{n}{o} \dots\dots\dots(3.24)$$

Keterangan:

n = Stabilitas setelah dikoreksi (kg)

o = Pelelehan (mm)

23. Kadar Aspal Efektif (s)

$$s = c - (r / 100) \times (100 - c) \dots\dots\dots(3.25)$$

r = Penyerapan Aspal

c = Kadar Aspal

s = Kadar Aspal Efektif

24. Tebal film aspal (t)

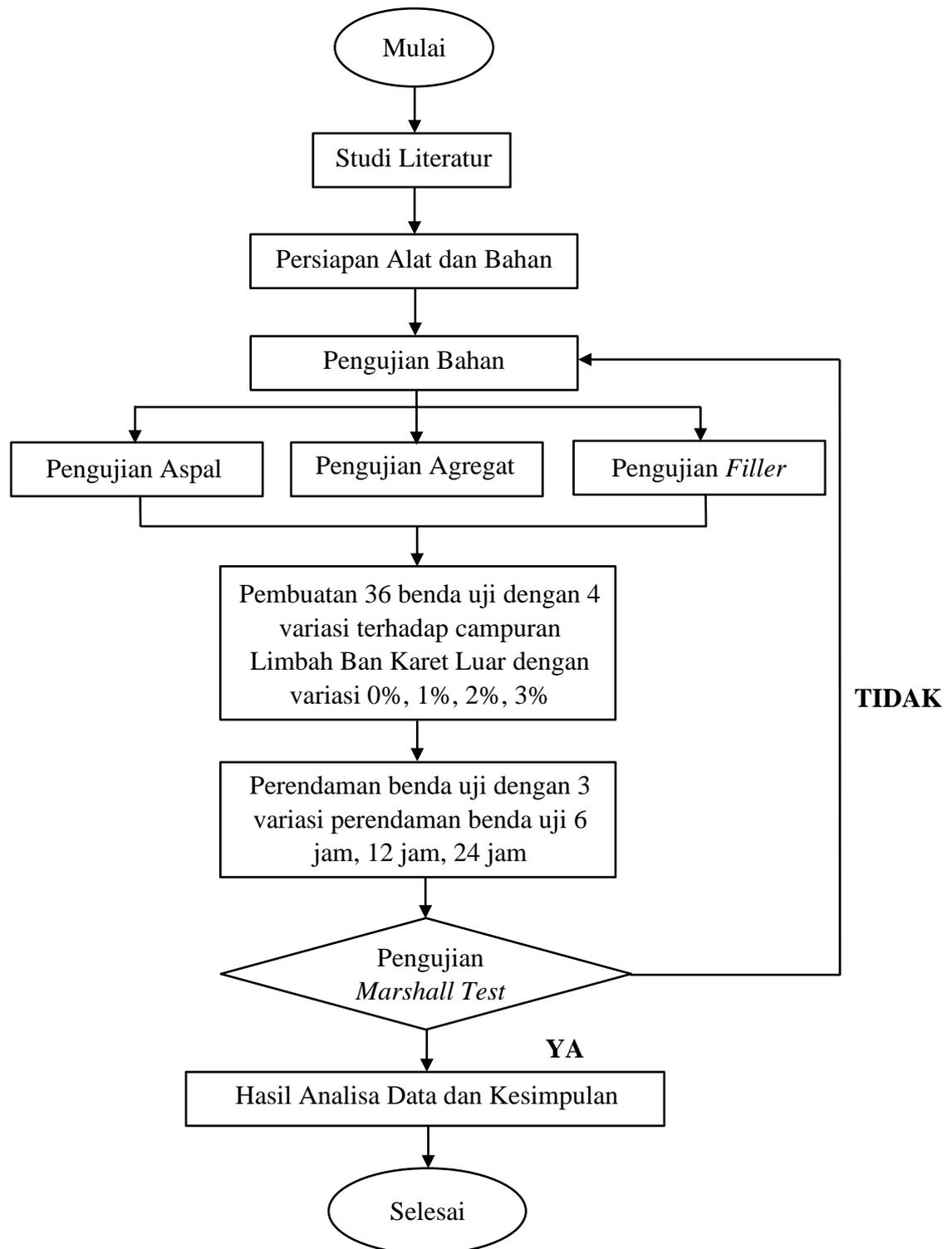
$$t = \frac{(c - r) \times 1000}{q \times b_j. \text{ Aspal} \times (100 - c)} \dots\dots\dots(3.26)$$

Keterangan:

r = penyerapan Aspal

c = Kadar Aspal

H. Diagram Alur Penelitian



Gambar 3.70 Diagram Alur Penelitian
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

