

**STABILITAS DAN KUAT TEKAN PERKERASAN *WEARING COURSE*
(WC) MENGGUNAKAN BAHAN PENGIKAT LIMBAH PLASTIK
*POLYPROPYLENE (PP)***

(SKRIPSI)

Oleh

RAFAEL AIDIL AZRA

NPM 2255011006



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2026

ABSTRAK

STABILITAS DAN KUAT TEKAN PERKERASAN *WEARING COURSE* (WC) MENGGUNAKAN BAHAN PENGIKAT LIMBAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP)

Oleh

Rafael Aidil Azra

Peningkatan limbah plastik serta kebutuhan material perkerasan yang memiliki kinerja mekanis yang baik mendorong pemanfaatan *Polypropylene* sebagai bahan alternatif dalam campuran perkerasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat terhadap stabilitas dan kuat tekan campuran perkerasan *Wearing Course*. Metode yang digunakan adalah eksperimen laboratorium dengan variasi kadar *Polypropylene* terhadap berat bahan pengikat. Pengujian dilakukan melalui uji *Marshall* untuk memperoleh parameter stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, dan VIM, serta uji kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah plastik *Polypropylene* meningkatkan stabilitas dan kuat tekan campuran. Nilai tersebut cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar *Polypropylene*, yang menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih padat, kaku, dan memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap beban dan deformasi. Namun, kadar yang tinggi menyebabkan campuran menjadi terlalu kaku sehingga mengurangi fleksibilitasnya. Secara umum, penggunaan limbah plastik *Polypropylene* berpotensi meningkatkan kinerja mekanis campuran *Wearing Course* serta mendukung pemanfaatan limbah yang lebih ramah lingkungan.

Kata Kunci: *Polypropylene*, Stabilitas *Marshall*, Kuat Tekan, *Wearing Course*.

ABSTRACT

STABILITY AND COMPRESSIVE STRENGTH OF *WEARING COURSE* (WC) PAVEMENT USING *POLYPROPYLENE* PLASTIC (PP) WASTE AS A *BINDER*

By

Rafael Aidil Azra

The increasing amount of plastic waste and the need for pavement materials with good mechanical performance encourage the use of Polypropylene as an alternative material in asphalt mixtures. This study aims to analyze the effect of using Polypropylene plastic waste as a binder on the stability and compressive strength of Wearing Course pavement mixtures. The method used is a laboratory experimental approach with variations in Polypropylene content based on the weight of the binder. The tests conducted include the Marshall test to obtain stability, flow, Marshall Quotient, and VIM parameters, as well as a compressive strength test using a Compression Testing Machine. The results show that the addition of Polypropylene plastic waste increases the stability and compressive strength of the mixture. These values tend to increase with higher Polypropylene content, indicating that the mixture becomes denser, stiffer, and more resistant to loads and deformation. However, excessive Polypropylene content causes the mixture to become too stiff, reducing its flexibility. In general, the use of Polypropylene plastic waste has good potential to improve the mechanical performance of Wearing Course mixtures while supporting environmentally friendly waste utilization.

Keywords: *Polypropylene, Marshall Stability, Compressive Strength, Wearing Course.*

**STABILITAS DAN KUAT TEKAN PERKERASAN *WEARING COURSE*
(WC) MENGGUNAKAN BAHAN PENGIKAT LIMBAH PLASTIK
*POLYPROPYLENE (PP)***

Oleh:

Rafael Aidil Azra

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

JURUSAN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Sasana Putra, S.T., M.T.**

Sekretaris

: **Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP 19691030 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Mei 2026**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Sasana Putra, S.T., M.T.**

Sekretaris

: **Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T.**

Penguji

Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ahmad Herison, S.T., M.T.
NIP. 19691030 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **20 Mei 2026**

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rafael Aidil Azra
Nomor Pokok Mahasiswa : 2255011006
Judul Skripsi : Stabilitas dan Kuat Tekan Perkerasan *Wearing Course* (WC) Menggunakan Bahan Pengikat Limbah Plastik *Polypropylene* (PP)
Jurusan : Teknik Sipil

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri dan semua tulisan yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung.

Bandar Lampung, 5 Juni 2026
Pembuat Pernyataan



METERAI
TEMPEL
20AFCANX404321736

Rafael Aidil Azra

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Rafael Aidil Azra lahir di Baturaja pada tanggal 25 November 2004, anak kedua dari pasangan Bapak Ujang Abdul Aziz, S.E. dan ibu Widyasari. Menempuh pendidikan Pertama di SDN 01 OKU, dan lulus pada tahun 2016. Penulis melanjutkan pendidikan ke SMP N 01 OKU pada tahun 2016 dan lulus pada tahun 2019. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan ke SMA N 01 OKU dengan jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) dan lulus pada tahun 2022.

Penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2022 dalam program Strata Satu (S1) melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri Wilayah Barat (SMM PTN-Barat). Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan organisasi yang tercatat sebagai anggota Pengembangan Sumber Daya Manusia di Himpunan Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil.

Penulis telah menyelesaikan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Bumi Agung, Kecamatan Kalianda, Kabupaten Lampung Selatan selama 40 hari pada Januari Februari tahun 2025. Dalam kegiatan tersebut, penulis turut berpartisipasi dalam program pemberdayaan masyarakat dan pengembangan potensi desa Selanjutnya, penulis melaksanakan kerja praktik di ruas jalan Wates-Metro, Lampung Tengah, Provinsi Lampung selama 3 bulan pada Juli-Oktober tahun 2025. Melalui kegiatan kerja praktik ini, penulis memperoleh pengalaman praktis serta pemahaman yang lebih mendalam mengenai dunia kerja, khususnya di bidang Teknik Sipil.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbalamin, dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, segala puji bagi Allah Swt atas rahmat, nikmat, kekuatan, dan kesempatan yang diberikan. Dengan penuh rasa syukur, akhirnya saya dapat menyelesaikan karya ini, yang semoga menjadikan saya insan yang bermanfaat.

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, Bapak dan Mama, atas kasih sayang, doa, dan dukungan yang tiada henti. Semoga karya sederhana ini dapat membahagiakan dan membanggakan kalian.

Untuk adik dan mamas saya, terima kasih atas dukungan dan semangat yang selalu menguatkan.

Untuk keluarga besar, sahabat, dan teman-teman Angkatan 2022, terima kasih atas doa, kebersamaan, dan dukungannya selama perjalanan ini. Kepada para dosen, terima kasih atas bimbingan, kritik, dan ilmu yang berharga.

Terakhir, untuk diri saya sendiri, terima kasih karena telah bertahan dan tidak menyerah. Semoga ini menjadi langkah awal menuju masa depan yang lebih baik.

MOTTO

**“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.
Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”**

(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

**“Tidak ada mimpi yang terlalu tinggi dan tidak ada mimpi
yang patut diremehkan. Lambungkan setinggi yang kau
inginkan dan gapailah dengan selayaknya yang kau
harapkan.”**

(Maudy Ayunda)

“Disiplin adalah jembatan antara niat dan pencapaian.”

(Rafael)

“In the end, we arrived here.”

SANWACANA

Atas berkat Rahmat hidayat Allah S.W.T. dengan mengucapkan puji Syukur Alhamdulillah, penulis mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Stabilitas dan Kuat Tekan Perkerasan *Wearing Course* (WC) Menggunakan Bahan Pengikat Limbah Plastik *Polypropylene* (PP)” sebagai salah satu syarat dalam mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung. Pada penyusunan laporan ini, penulis mendapatkan banyak bantuan, dukungan, dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., IPM, ASEAN, Eng., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. H. Ahmad Herison, S.T.M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil sekaligus Dosen Pembimbing Utama, yang dengan penuh kesabaran telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan banyak ilmu serta masukan selama proses perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas waktu, perhatian, dan dedikasi yang telah diberikan. Semoga segala kebaikan yang Bapak berikan dibalas dengan keberkahan dan kebaikan yang berlipat.
6. Ibu Dr. Ir. Rahayu Sulistyorini, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang dengan penuh kesabaran telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan selama proses penyelesaian skripsi ini. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas perhatian, ilmu, dan motivasi yang

telah diberikan. Semoga segala kebaikan Bapak senantiasa dibalas dengan keberkahan.

7. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, ST., MT., IPM. ASEAN Eng., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan evaluasi, masukan yang konstruktif, serta kritik dan saran yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kontribusi dan ilmu yang telah diberikan. Semoga segala kebaikan Ibu senantiasa mendapatkan keberkahan.
8. Bapak Prof. Ir. Masdar Helmi, S.T., D.E.A., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan dan pengarahan selama masa perkuliahan.
9. Seluruh Dosen Jurusan Teknik Sipil yang sudah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat dalam proses pembelajaran agar lebih baik kedepannya.
10. Seluruh Staff dari Laboratorium Jalan Raya (Pak Suroto, Mas Andi, Mas Ihsan, dan Bang Kadek) yang sudah memberikan fasilitas sarana prasarana dalam menunjang penelitian serta memberikan saran, dan dukungan serta bimbingan selama kami melakukan penelitian.
11. Seluruh Staff Administrasi Jurusan Teknik Sipil yang selalu membantu dalam administrasi selama perkuliahan penulis.
12. Keluarga tercinta, Ibu Widyasari, Bapak Ujang, Mamas Fadhil, serta Adek Qilla yang senantiasa memberikan perhatian, doa, kasih sayang, serta dukungan moral, material, juga menjadi penyemangat dan motivasi terbesar penulis untuk menyelesaikan skripsi.
13. Tim Lab Jalan, Denny dan Moza yang sangat membantu selama proses penulisan dan memberikan warna selama proses penelitian di Lab dengan segala canda dan tingkah laku aneh yang terjadi setiap harinya. Terima kasih Tim Lab Jalan yang senantiasa sabar membantu apabila ada kesulitan.
14. APAKEK, teman – teman kuliah penulis yang selalu menemani dan memberikan dukungan kepada penulis, baik dukungan hati dan perasaan serta memberikan hiburan serta telah berkontribusi atas kesanggupan saya untuk menjalani masa-masa perkuliahan ini. Terimakasih karena dengan adanya kalian menjadi salah satu alasan saya bertahan di dunia perkuliahan ini.

15. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2022 (TEGAS) yang menemani penulis berjuang dari awal perkuliahan, memberikan semangat dan dukungan sampai penulis bisa menyelesaikan penulisan ini. terimakasih kita sudah bertahan dan menjalani kehidupan skripsi yang menyenangkan ini.
16. Kepada abang dan kakak, khususnya keluarga besar Teknik Sipil angkatan 2020, terima kasih atas bantuan, arahan, dan pengalaman yang telah diberikan selama masa perkuliahan. Kepada adik-adik angkatan 2024, terima kasih atas kebersamaan dan canda tawa yang telah diberikan. Semoga kalian semua dapat menyelesaikan studi dengan lancar dan tepat waktu.
17. Kepada seseorang yang tidak kalah penting kehadirannya, DEFITRIANI, S.A.B. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan hidup sesungguhnya yang baru dimulai ini. Telah menjadi tempat berkeluh kesah, pendamping dalam segala hal yang menemani, mendukung dan menghibur dikala sedih. Semoga Allah selalu memberi keberkahan dalam segala hal yang di lalui.
18. Dan yang terakhir, kepada diri sendiri, Rafael Aidil Azra, atas segala perjuangan yang telah dilalui. Terima kasih karena telah bertahan, tetap kuat saat ragu, dan terus melangkah hingga sampai di titik ini. Semua proses, doa, dan pengorbanan membuktikan bahwa usaha tidak pernah sia-sia. Terima kasih karena tidak pernah menyerah hingga skripsi ini selesai.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan membangun diperlukan oleh penulis dikemudian hari. Akhir kata, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dan berguna,

Bandar Lampung, 20 Mei 2026

Penulis,



Rafael Aidil Azra

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	i
DAFTAR GAMBAR	iii
DAFTAR TABEL	iv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Perkerasan Jalan.....	7
2.2 Bahan Campuran Perkerasan	12
2.2.1 Agregat	13
2.2.2 Plastik <i>Polypropylene</i>	15
2.2.3 <i>Filler</i>	17
2.3 Limbah Plastik sebagai Bahan Modifikasi Aspal	17
2.4 Stabilitas dan Kuat Tekan	18
2.4.1 Stabilitas Campuran Perkerasan dengan Bahan Pengikat <i>Polypropylene</i>	18
2.4.2 Kuat Tekan Campuran Perkerasan dengan Bahan Pengikat <i>Polypropylene</i>	19
2.5 Minyak Jelantah Sebagai Pencampur Limbah Plastik <i>Polypropylene</i>	19
2.6 Penelitian Terdahulu	21

III. METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Lokasi Penelitian	26
3.3 Bahan-Bahan Penelitian.....	26
3.4 Peralatan Penelitian	27
3.5 Prosedur Penelitian	29
3.5.1 Studi Literatur.....	29
3.5.2 Persiapan Bahan	30
3.5.3 Pengujian Bahan.....	31
3.5.4 Perancangan Gradasi Agregat.....	32
3.5.5 Jumlah Benda Uji	33
3.5.6 Pembuatan Benda Uji <i>Marshall</i>	34
3.5.7 Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan.....	35
3.5.8 Pengujian Benda Uji sesuai Kondisi Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i>	37
3.5.9 Pengujian Benda Uji sesuai Kondisi Pengujian dengan Alat <i>Compression Testing Machine (CTM)</i>	38
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Hasil Pengujian Agregat	40
4.2 Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	42
4.3 Analisis Hasil Uji <i>Marshall</i> dengan Studi Terdahulu	51
4.4 Hasil Pengujian Kuat Tekan	53
4.5 Analisis Hasil Uji Kuat Tekan terhadap SNI 03-0691-1996.....	57
4.6 Hubungan Hasil Uji <i>Marshall</i> dan Kuat Tekan	60
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Plastik <i>Polypropylene</i>	16
3.1 Diagram alir penelitian.....	25
3.2 Lanjutan diagram alir penelitian.	26
3.3 Rencana gradasi campuran aspal AC-WC.	33
4.1 Grafik Hubungan Kadar Plastik <i>Polypropylene</i> Dengan Nilai Stabilitas.	43
4.2 Grafik Hubungan Kadar Plastik <i>Polypropylene</i> Dengan Nilai <i>Flow</i>	45
4.3 Grafik Hubungan Kadar Plastik Dengan Nilai MQ.	47
4.4 Grafik Hubungan Kadar Plastik Dengan VIM.	49
4.5 Diagram Batang Kadar Optimum Plastik.	50
4.6 Grafik Hubungan Kadar Plastik <i>Polypropylene</i> Dengan Nilai Kuat Tekan.	55
4.7 Grafik Perbandingan Nilai Stabilitas dan Kuat Tekan.	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Amplop Gradasi Agregat Campuran Untuk AC-WC.....	14
2.2 Persyaratan Agregat Kasar Untuk AC-WC.....	14
2.3 Persyaratan Agregat Kasar Untuk AC-WC (Lanjutan).....	15
3.1 Standar pemeriksaan agregat.....	31
3.2 Gradasi agregat lapis aspal beton AC-WC.....	32
3.3 Jumlah benda uji	33
3.4 Jumlah benda uji (Lanjutan).....	34
4.1 Hasil Pengujian Agregat.....	40
4.2 Rekapitulasi Nilai Parameter <i>Marshall</i>	42
4.3 Rekapitulasi Nilai Parameter <i>Marshall</i> (Lanjutan).....	43
4.4 Rekapitulasi Nilai Parameter Kuat Tekan.	54

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan proses terkoordinasi yang mencakup perencanaan, pembangunan, pemeliharaan, serta pengelolaan aset jalan secara berkelanjutan. Infrastruktur ini berfungsi mendukung mobilitas manusia maupun barang, sehingga kualitasnya sangat menentukan kelancaran transportasi dan pertumbuhan ekonomi. Manajemen jalan tidak hanya berfokus pada penyediaan fasilitas baru, tetapi juga meliputi pemeliharaan preventif, rehabilitasi, peningkatan kapasitas, serta pengelolaan anggaran yang efisien. Tujuan akhirnya adalah menjaga kondisi jaringan jalan tetap optimal sepanjang siklus hidupnya (Świtła, 2023).

Salah satu lapisan penting dalam struktur perkerasan lentur adalah lapisan *Wearing Course* yang berfungsi sebagai lapisan paling atas dan langsung menerima beban kendaraan serta pengaruh lingkungan. Lapisan ini dituntut memiliki stabilitas dan kuat tekan yang tinggi agar mampu menahan deformasi akibat beban lalu lintas berulang. Stabilitas menunjukkan kemampuan campuran menahan beban secara berulang tanpa mengalami deformasi plastis yang signifikan, sedangkan kuat tekan menggambarkan ketahanan campuran terhadap gaya tekan vertikal. Apabila kedua sifat ini tidak tercapai, maka kerusakan seperti retak, lubang (*potholes*), dan alur plastis (*rutting*) akan lebih cepat terjadi (Putra et al., 2023).

Di Indonesia, meskipun tingkat kemantapan jalan nasional telah mencapai 94,18%, masih terdapat sekitar 5,82% ruas jalan dalam kondisi rusak. Kondisi

ini menunjukkan bahwa kualitas lapisan perkerasan, khususnya lapisan *Wearing Course*, masih perlu ditingkatkan agar lebih tahan terhadap beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Kerusakan tersebut tidak hanya menurunkan kenyamanan dan keselamatan pengguna jalan, tetapi juga meningkatkan biaya pemeliharaan tahunan. Oleh karena itu, peningkatan kualitas lapisan *Wearing Course* menjadi salah satu fokus penting dalam pengelolaan infrastruktur jalan nasional (PUPR, 2023).

Di sisi lain, persoalan global terkait limbah plastik juga semakin mendesak. Menurut laporan UNCTAD dalam *Global Trade Update* (Agustus 2025), produksi plastik global pada tahun 2023 mencapai sekitar 436 juta metrik ton, dengan nilai perdagangan lebih dari US\$ 1,1 triliun atau sekitar 5% dari total perdagangan barang dunia. Data ini menunjukkan besarnya ketergantungan dunia pada plastik yang digunakan di berbagai sektor, mulai dari kemasan, tekstil, otomotif, hingga kesehatan. Meski demikian, sekitar 75% dari total plastik yang pernah diproduksi telah berakhir sebagai limbah, sebagian besar dibuang ke TPA, mencemari lingkungan darat maupun laut, atau dibakar yang berdampak pada polusi udara dan emisi karbon. Hanya sebagian kecil yang berhasil didaur ulang secara efektif, sehingga akumulasi sampah plastik terus menjadi masalah serius. UNCTAD menekankan bahwa persoalan plastik bukan hanya isu lingkungan, tetapi juga sosial dan ekonomi. Karena itu, diperlukan upaya kolektif melalui peningkatan kapasitas daur ulang, pengembangan bioplastik, serta kebijakan perdagangan yang mampu menekan arus plastik sekali pakai dan produk berisiko tinggi bagi lingkungan (UNCTAD, 2025).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik dalam campuran aspal mampu meningkatkan sifat mekanik campuran. Irianto & Tumpu (2020) melaporkan bahwa penambahan *Polypropylene* pada lapisan *Wearing Course* memberikan nilai kuat tekan lebih tinggi dibandingkan campuran tanpa plastik. Penelitian lanjutan oleh Irianto et al. (2021) juga menemukan bahwa campuran *Wearing Course* dengan tambahan PP dan PET

memiliki kekuatan serta ketangguhan lebih baik dalam menahan beban statis. Hasil-hasil ini menunjukkan bahwa *Polypropylene* memiliki potensi nyata untuk memperbaiki kinerja perkerasan jalan.

Sementara itu, penelitian lain seperti Adibroto et al. (2022) lebih berfokus pada plastik jenis HDPE dan menemukan kadar optimum 2% dalam meningkatkan stabilitas campuran. Hal ini memperlihatkan bahwa berbagai jenis limbah plastik telah diuji, namun kajian yang secara khusus menyoroti *Polypropylene* sebagai bahan pengikat dalam lapisan *Wearing Course*, terutama ditinjau dari stabilitas dan kuat tekan, masih terbatas. Kondisi ini menjadi celah penelitian (*research gap*) yang perlu ditindaklanjuti.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini berjudul “Stabilitas dan Kuat Tekan Campuran Perkerasan *Wearing Course* Menggunakan Bahan Pengikat Limbah Plastik *Polypropylene*”. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan limbah plastik *Polypropylene* terhadap stabilitas dan kuat tekan campuran lapisan *Wearing Course* serta menentukan kadar optimal yang memberikan hasil terbaik. Hasil penelitian diharapkan tidak hanya memperkuat aspek teknis perkerasan jalan, tetapi juga mendukung pengurangan limbah plastik, penerapan ekonomi sirkular, serta pembangunan infrastruktur berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat terhadap stabilitas campuran aspal lapis permukaan *Wearing Course* berdasarkan uji *Marshall*?

2. Apakah penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat dapat meningkatkan nilai kuat tekan dengan *Compression Testing Machine* (CTM)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat terhadap stabilitas perkerasan lapisan *Wearing Course* berdasarkan uji *Marshall*.
2. Mengkaji penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat terhadap nilai kuat tekan perkerasan lapisan *Wearing Course* berdasarkan uji *Compression Testing Machine* (CTM).

1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian lebih terarah dan tidak meluas, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa hal berikut:

1. Jenis perkerasan *Wearing Course* menggunakan gradasi sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.
2. Sumber bahan pengikat yang digunakan yaitu Plastik *Polypropylene*.
3. Penelitian ini didasarkan pada pengujian *Marshall* untuk mengetahui kinerja campuran aspal dengan limbah plastik *Polypropylene*, yaitu pada nilai Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient*, dan VIM.
4. Penelitian ini juga didasarkan pada pengujian kuat tekan (*Compression Testing Machine/CTM*) untuk mengetahui kemampuan lapisan *Wearing Course* dengan bahan pengikat limbah plastik *Polypropylen* dalam menahan beban tekan.
5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik Universitas Lampung.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik dari segi teknis maupun lingkungan. Dari sisi konstruksi jalan, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan dalam meningkatkan kualitas lapis permukaan melalui pemanfaatan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat tambahan pada campuran lapisan *Wearing Course*. Dari sisi lingkungan, penelitian ini dapat membantu mengurangi permasalahan sampah plastik yang terus meningkat di Indonesia dengan memanfaatkannya sebagai material alternatif. Selain itu, penelitian ini juga bermanfaat secara akademis karena dapat memperkaya pengetahuan dalam bidang teknik sipil, khususnya inovasi material perkerasan jalan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian ini Adalah:

I. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan pembahasan dari teori-teori dan rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan berisi kesimpulan yang diambil dari penelitian ini dan saran. Pada akhir penulisan skripsi ini akan dilampirkan daftar pustaka sebagai referensi penunjang yang digunakan dan lampiran yang berisikan data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan merupakan konstruksi berlapis yang berfungsi untuk menyalurkan beban lalu lintas dari permukaan jalan ke lapisan tanah dasar secara aman dan efisien. Struktur perkerasan harus memiliki kekuatan, kestabilan, dan ketahanan yang cukup agar mampu menahan beban berulang dari kendaraan tanpa mengalami kerusakan permanen. Salah satu lapisan penting dalam sistem ini adalah lapisan *Wearing Course* yang berperan sebagai lapisan aus dan menerima langsung beban serta pengaruh lingkungan seperti suhu, air, dan tekanan roda kendaraan (Buruiana et al., 2023).

Secara umum, perkerasan jalan tersusun dari dua komponen utama, yaitu agregat dan bahan pengikat (*binder*). Agregat berfungsi sebagai rangka utama yang menahan beban lalu lintas, sedangkan *binder* berperan mengikat partikel agregat menjadi satu kesatuan yang padat dan stabil. Berdasarkan jenis *binder*, perkerasan dibedakan menjadi perkerasan lentur (menggunakan aspal) dan perkerasan kaku (menggunakan mortar semen). Keterbatasan bahan baku aspal dan isu lingkungan mendorong penelitian terhadap alternatif *binder* dan modifikasi *binder* (Jexembayeva et al., 2024).

Salah satu pendekatan yang intensif diteliti akhir-akhir ini adalah pemanfaatan limbah plastik, khususnya *Polypropylene*, sebagai modifikasi atau bahan tambahan pada campuran lapisan *Wearing Course*. Penelitian eksperimental dan mikrostruktur menunjukkan bahwa penambahan *Polypropylene* (baik sebagai serat, partikel, maupun *modifier* termal/kimia) dapat memperbaiki sifat mekanik campuran—mis. meningkatkan *Marshall stability*, mengurangi

deformasi plastis (*rutting*), serta mempengaruhi kuat tekan atau *compressive strength* walau efek pastinya bergantung pada bentuk *Polypropylene* (serat vs partikel), metode pencampuran (*dry vs wet*), dan kadar yang digunakan (Nadupuru et al., 2022).

Secara mekanisme, *Polypropylene* meningkatkan kekakuan dan titik lunak (*softening point*) *binder* sehingga kontribusinya terhadap kekuatan campuran pada suhu tinggi terlihat positif, namun penambahan *Polypropylene* juga dapat mengurangi *ductility* (kelenturan) *binder* pada suhu rendah jika proporsi atau perlakuannya tidak tepat yang menuntut optimasi proporsi dan perlakuan material (*mis. pre-treatment atau compatibilizer*). Teknik *upcycling* mekanokimia untuk mengubah limbah *Polypropylene* menjadi modifikasi aspal juga dilaporkan meningkatkan kompatibilitas dan performa *binder*. Oleh karena itu, penggunaan limbah *Polypropylene* menjanjikan, tetapi harus didesain dengan hati-hati berdasarkan pengujian *Marshall*, volumetrik, dan uji kuat tekan (CTM/kompresi) (Ullah et al., 2024).

Dalam sistem perkerasan, lapisan *Wearing Course* atau lapisan aus merupakan bagian teratas yang langsung menerima beban lalu lintas serta pengaruh lingkungan seperti suhu, air, dan tekanan roda kendaraan. Lapisan ini dirancang untuk memberikan permukaan yang halus, tahan aus, kedap air, dan mampu menyalurkan beban ke lapisan di bawahnya secara merata. Dengan demikian, *Wearing Course* memiliki peran penting dalam menjaga kenyamanan, keselamatan, dan umur layanan jalan (Pangestika et al., 2023).

Campuran perkerasan *Wearing Course* umumnya terdiri dari agregat bergradasi rapat dan bahan pengikat, di mana proporsi dan gradasi agregat sangat memengaruhi stabilitas, kelekatan, serta keawetan lapisan. Dari penelitian Buruiana et al. (2023) *binder* konvensional berbasis aspal sering dimodifikasi dengan bahan tambahan seperti limbah plastik *Polypropylene* guna meningkatkan stabilitas dan kekuatan campuran. Ketebalan lapisan WC biasanya berkisar antara 3–4 cm, tergantung kelas jalan dan volume lalu lintas.

Adapun fungsi utama lapisan campuran perkerasan *Wearing Course* antara lain:

A. Menahan beban

Lapisan permukaan AC–WC berperan sebagai lapisan pertama yang menanggung beban kendaraan. Oleh sebab itu, lapisan ini harus memiliki stabilitas tinggi untuk mencegah deformasi, pembentukan alur, atau *bleeding*. Penentuan stabilitas juga perlu menyesuaikan dengan volume lalu lintas; jalan yang dilalui kendaraan berat memerlukan stabilitas berbeda dibandingkan jalan dengan kendaraan ringan.

B. Lapisan aus

Selain menahan beban, AC–WC langsung menerima gesekan dari ban kendaraan. Oleh karena itu, permukaannya harus cukup kasar agar memberikan traksi yang memadai, termasuk saat kondisi basah, sehingga kendaraan tidak mudah tergelincir.

C. Melindungi lapisan bawah

Pengaruh air dan udara dapat mempercepat penuaan dan pengelupasan lapisan aspal. Sebagai lapisan teratas, AC–WC harus mampu melindungi lapisan di bawah dari air hujan. Salah satu cara menilai kemampuan ini adalah dengan mengamati jumlah pori-pori pada campuran setelah pemadatan.

D. Menyebarkan beban

Lapisan permukaan menerima beban terbesar dibandingkan lapisan lain. Karena itu, AC–WC harus mampu menyalurkan beban tersebut secara merata ke lapisan bawah agar seluruh struktur perkerasan dapat bekerja optimal dan tahan lama.

Untuk dapat menjalankan fungsinya secara menyeluruh, struktur perkerasan jalan tidak hanya bergantung pada lapisan permukaan (WC) saja, melainkan terdiri dari beberapa lapisan yang saling mendukung. Setiap lapisan memiliki

peran berbeda dalam menahan, menyebarkan, dan mengalirkan beban kendaraan ke tanah dasar agar jalan tetap stabil dan awet. Urutan lapisan dalam sistem perkerasan jalan secara umum adalah sebagai berikut:

A. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan (*surface Course*) umumnya kedap air, stabil terhadap beban lalu lintas, tahan terhadap perubahan suhu, serta kuat menahan keausan akibat gesekan roda kendaraan. Secara umum, lapis permukaan berfungsi melindungi lapisan di bawahnya dari pengaruh cuaca, menahan gaya gesekan dari roda kendaraan, dan menyalurkan beban ke lapisan pondasi di bawahnya agar distribusi beban lebih merata dan perkerasan tetap stabil.

B. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapis pondasi atas (*base Course*) berfungsi menambah kekuatan struktur perkerasan agar mampu menahan beban lalu lintas dari lapisan permukaan, sekaligus menjadi lapisan transisi yang membantu mendistribusikan beban ke lapisan di bawahnya. Selain itu, lapis pondasi atas juga berperan mengurangi tegangan pada tanah dasar untuk menjaga kestabilan dan daya dukung jalan selama masa layan.

Bahan utama yang membedakan antara lapisan *Wearing Course* dan lapisan *binder* terletak pada komposisi campuran, khususnya gradasi serta ukuran agregat yang digunakan. Lapisan *Wearing Course* umumnya menggunakan agregat bergradasi rapat dan berukuran lebih halus untuk menghasilkan permukaan yang halus dan kedap air, sedangkan lapisan *binder* menggunakan agregat dengan ukuran lebih besar untuk memberikan kekuatan struktural yang lebih tinggi sebagai penopang lapisan di atasnya.

C. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah (*subbase Course*) harus memiliki ketebalan yang cukup, mudah dipadatkan hingga mencapai kepadatan yang ditentukan,

serta memiliki permeabilitas baik agar berfungsi sebagai sistem drainase. Lapisan ini berperan penting untuk menyebarkan beban secara merata ke tanah dasar, melindungi tanah dasar dari kerusakan akibat air atau tekanan berlebih, dan menjaga stabilitas struktur jalan agar tetap terpelihara.

D. Tanah Dasar (*Subgrade*)

Tanah dasar (*subgrade*) merupakan lapisan paling bawah yang terdiri dari tanah asli atau tanah timbunan yang telah dipadatkan sesuai standar. Secara teknis, tanah dasar harus memiliki daya dukung yang baik (dinyatakan dengan nilai CBR), stabil terhadap perubahan kadar air, dan kepadatan sesuai standar *Proctor* atau *Modified Proctor*. Lapisan ini berfungsi sebagai penopang utama struktur jalan, menyebarkan beban dari lapisan perkerasan ke tanah di bawahnya, serta menjamin kestabilan jangka panjang konstruksi jalan.

Sejalan dengan upaya peningkatan kinerja lapisan *Wearing Course*, penggunaan limbah plastik *Polypropylene* menjadi salah satu solusi inovatif yang banyak diteliti. Penggunaan limbah plastik *Polypropylene* dalam campuran perkerasan *Wearing Course* berperan sebagai bahan pengikat (*binder modifier*) yang dapat memperbaiki sifat mekanik campuran, seperti meningkatkan stabilitas *Marshall*, kekuatan tekan, serta ketahanan terhadap deformasi permanen. Penelitian Tran et al. (2023) menunjukkan bahwa penambahan *Polypropylene* sebanyak 5–7% pada campuran lapisan *Wearing Course* mampu meningkatkan nilai stabilitas hingga 18% dibandingkan campuran konvensional. Hal ini disebabkan oleh kemampuan *Polypropylene* membentuk ikatan kuat dengan agregat dan aspal, sehingga meningkatkan kekompakan serta ketahanan terhadap beban berulang.

Dari segi keunggulan, *Polypropylene* memiliki berat jenis rendah, tahan terhadap suhu tinggi, tidak mudah terurai oleh bahan kimia, serta mampu meningkatkan nilai stabilitas dan ketahanan aus pada lapisan permukaan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Buruiana et al. (2023) yang menunjukkan

bahwa penambahan limbah mikro-*Polypropylene* pada campuran aspal panas mampu meningkatkan stabilitas *Marshall*, kekuatan struktural, serta ketahanan aus (*wear resistance*) lapisan permukaan tanpa menurunkan daya lekat antarpartikel agregat. Selain itu, pemanfaatan limbah plastik *Polypropylene* juga berkontribusi terhadap pengurangan sampah plastik, sehingga sejalan dengan prinsip pembangunan berkelanjutan dan ekonomi sirkular. Namun demikian, *Polypropylene* juga memiliki beberapa kelemahan, di antaranya sulit tercampur homogen dengan aspal tanpa perlakuan awal karena sifatnya yang hidrofobik, serta dapat menurunkan fleksibilitas campuran pada suhu rendah, sehingga berpotensi menyebabkan retak termal (Hossain et al., 2024).

Pemilihan limbah plastik *Polypropylene* dalam penelitian ini didasarkan pada karakteristik fisik dan kimia yang unggul, ketersediaan yang melimpah di Indonesia, serta kemampuannya dalam meningkatkan stabilitas dan daya tahan lapisan *Wearing Course*. Dengan sifat termalnya yang tinggi dan stabilitas struktural yang baik, *Polypropylene* dinilai sebagai modifikator potensial untuk meningkatkan kinerja perkerasan jalan sekaligus mengurangi dampak lingkungan akibat penumpukan limbah plastik.

Dengan demikian, penerapan limbah *Polypropylene* sebagai bahan pengikat/*modifier* pada perkerasan *Wearing Course* berpotensi meningkatkan stabilitas dan kuat tekan lapisan permukaan sekaligus memberikan manfaat lingkungan melalui pemanfaatan sampah plastik. Namun, rekomendasi teknis harus didukung oleh hasil pengujian laboratorium yang mengkaji variasi bentuk *Polypropylene*, kadar, dan metode pencampuran agar tidak menimbulkan masalah *brittleness* atau sensitivitas suhu rendah (Buruiana et al., 2023).

2.2 Bahan Campuran Perkerasan

Bahan campuran perkerasan merupakan komponen utama dalam pembangunan perkerasan jalan, khususnya pada lapisan *Wearing Course*.

Campuran perkerasan terdiri dari agregat, bahan pengikat (*binder*), dan *filler*, yang masing-masing berperan penting dalam menentukan kekuatan, stabilitas, serta keawetan lapisan perkerasan. Agregat berfungsi sebagai kerangka utama campuran yang memberikan kekuatan struktural dan ketahanan terhadap beban lalu lintas. Agregat terdiri dari agregat kasar (lolos ayakan 37,5 mm hingga tertahan 4,75 mm) dan agregat halus (lolos ayakan 4,75 mm hingga 0,075 mm).

Pemilihan agregat yang tepat sangat memengaruhi daya ikat bahan pengikat dan ketahanan campuran terhadap deformasi. Dalam penelitian ini, bahan pengikat yang digunakan bukan aspal konvensional, melainkan limbah plastik *Polypropylene* yang berfungsi sebagai pengganti *binder* pada campuran beraspal. Menurut (Diretorate General of Highways, 2020) komposisi bahan campuran perkerasan pada prinsipnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat yang dirancang agar mencapai stabilitas, kepadatan, serta daya tahan yang optimal terhadap beban lalu lintas.

2.2.1 Agregat

Agregat merupakan bahan granular yang membentuk kerangka utama campuran perkerasan pada perkerasan jalan, khususnya pada lapisan *Wearing Course*. Agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah butiran yang lolos ayakan 37,5 mm hingga tertahan pada ayakan 4,75 mm, sedangkan agregat halus adalah butiran yang lolos ayakan 4,75 mm hingga 0,075 mm. Fungsi utama agregat adalah memberikan kekuatan struktural, stabilitas, dan ketahanan terhadap beban lalu lintas, sekaligus memengaruhi ketahanan campuran terhadap deformasi dan retak. Pemilihan agregat yang tepat sangat menentukan kualitas campuran lapisan *Wearing Course*, termasuk daya ikat dengan aspal dan performa lapisan perkerasan di lapangan. Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2, Pasal 6.3.2.1), agregat harus memenuhi persyaratan mutu tertentu agar tercapai performa optimal. Gradasi agregat menentukan kepadatan dan stabilitas campuran. Dalam

penelitian ini menggunakan gradasi batas tengah. Amplop gradasi agregat untuk AC-WC dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Amplop Gradasi Agregat Campuran Untuk AC-WC.

Ukuran Ayakan		Kumulatif Berat Lolos Terhadap Total Agregat (%)	
ASTM	(mm)	Batas Bawah	Batas Atas
3/4	19	100	100
1/2	12,5	90	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 Umum Bina Marga (2018).

Agregat pada campuran perkerasan umumnya diklasifikasikan menjadi tiga kelompok, yaitu agregat kasar (butiran berukuran lebih dari 4,75 mm) yang berfungsi sebagai rangka utama campuran, agregat halus (berukuran antara 0,075–4,75 mm) yang berperan mengisi rongga antar butir, serta *filler* (berukuran $\leq 0,075$ mm). Ketentuan teknis terkait kualitas agregat kasar dan agregat halus dapat dilihat pada tabel 2.2 hingga table 2.3 berikut.

Tabel 2.2 Persyaratan Agregat Kasar Untuk AC-WC.

Pengujian	Metoda Pengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i> (500 putaran)	SNI 2417:2008	Maks. 30%
<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	SNI 2417:2018	Maks. 30%
<i>Aggregate Crushing Value</i> (ACV)	SNI 2417:2018	Maks. 30%

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar Untuk AC-WC (Lanjutan).

		19 mm : 100% lolos
		12,5 mm : 90-100%
		9,5 mm : 77-90%
		4,75 mm : 54-69%
		2,36 mm : 34-48%
Analisa Saringan (Gradasi)	SNI ASTM C136:2012/SNI 03- 4142:1996	1,18 mm : 23-36%
		0,6 mm : 15-27%
		0,3 mm : 9- 19%
		0,15 mm : 6-13%
		0,075 mm : 4-8%
Berat Jenis dan Penyerapan Air (Agregat Kasar)	SNI 1969:2016	Berat Jenis (SSD) $\geq 2,5$ Penyerapan $\leq 3\%$
Berat Jenis dan Penyerapan Air (Agregat Halus)	SNI 1970:2016	Berat Jenis (SSD) $\geq 2,5$ Penyerapan $\leq 2\%$

Sumber : Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (2023).

2.2.2 Plastik *Polypropylene*

Plastik *Polypropylene* merupakan bahan pengikat termoplastik yang berfungsi menyatukan butiran agregat dalam campuran perkerasan. PP memiliki densitas rendah (0,90–0,92 g/cm³), kekakuan yang relatif tinggi, serta titik leleh berkisar antara 160–170°C, sehingga material ini

mampu bertahan pada suhu pencampuran aspal panas tanpa mengalami degradasi yang signifikan (Buruiana et al., 2023). Sifat tersebut menjadikan *Polypropylene* cocok digunakan sebagai bahan modifikasi dalam campuran perkerasan, terutama untuk meningkatkan performa pada kondisi suhu tinggi.



Gambar 2.1 Plastik *Polypropylene*.

Selain itu, sifat viskositas dan elastisitas yang dimiliki *Polypropylene* berperan dalam meningkatkan stabilitas campuran serta ketahanan terhadap deformasi plastis akibat beban lalu lintas berulang. Penambahan *Polypropylene* juga dapat meningkatkan kekakuan campuran, sehingga campuran menjadi lebih tahan terhadap perubahan bentuk permanen (*rutting*). Secara kimia, *Polypropylene* bersifat tahan terhadap air dan berbagai bahan kimia, sehingga mampu memperkuat ikatan antar agregat dan mengurangi potensi kerusakan akibat pengaruh lingkungan, seperti infiltrasi air.

Dengan karakteristik tersebut, penggunaan *Polypropylene* tidak hanya meningkatkan stabilitas, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan durabilitas dan umur layanan perkerasan. Hal ini sejalan dengan penelitian Buruiana et al., (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan *Polypropylene* pada campuran aspal mampu meningkatkan kekakuan, stabilitas, serta ketahanan terhadap deformasi plastis, sehingga kinerja campuran secara keseluruhan menjadi lebih baik

2.2.3 Filler

Filler adalah bahan berbutir halus yang digunakan untuk mengisi rongga antar agregat dalam campuran perkerasan. Contoh *filler* yang umum dipakai adalah semen atau abu batu. Fungsi *filler* adalah meningkatkan kepadatan campuran, mengurangi rongga udara, dan meningkatkan stabilitas campuran, sehingga lapisan perkerasan lebih mampu menahan beban lalu lintas dan deformasi. Kualitas *filler* sangat memengaruhi sifat campuran akhir, termasuk kekakuan, daya tahan terhadap deformasi, dan umur pakai perkerasan. Sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 (Revisi 2, Pasal 6.3.2.5), *filler* harus memenuhi standar tertentu untuk menjamin performa lapisan AC–WC optimal.

2.3 Limbah Plastik sebagai Bahan Modifikasi Aspal

Pemanfaatan limbah plastik *Polypropylene* dalam campuran perkerasan menjadi salah satu inovasi yang tidak hanya meningkatkan kualitas perkerasan jalan, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Plastik *Polypropylene* banyak dijumpai pada kemasan makanan, karung, hingga botol plastik, dan memiliki sifat mekanis yang baik serta daya ikat yang mampu memperbaiki performa campuran lapisan *Wearing Course*.

Menurut Susanto et al. (2021) variasi penambahan *Polypropylene* sebesar 2–6% terhadap berat aspal berpengaruh pada karakteristik *Marshall*, di mana stabilitas dan *Marshall Quotient* meningkat, sementara nilai *flow* menurun. Hal ini menunjukkan campuran menjadi lebih padat dan tahan aus. Penelitian Riyanto et al. (2023) dengan memanfaatkan serat *Polypropylene* dari limbah masker medis juga menguatkan temuan tersebut, yaitu peningkatan stabilitas *Marshall* dan ketahanan terhadap suhu tinggi.

Sementara itu, Nurfadila et al. (2024) menemukan bahwa campuran AC-WC dengan *Polypropylene* memiliki stabilitas lebih tinggi dibanding HDPE, dengan nilai *flow* tetap sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Dengan demikian, penggunaan limbah *Polypropylene* dalam campuran beraspal dapat meningkatkan kinerja teknis sekaligus mendukung aspek keberlanjutan dengan mengurangi volume limbah plastik di lingkungan.

2.4 Stabilitas dan Kuat Tekan

Stabilitas dan kuat tekan merupakan dua parameter penting dalam menilai kualitas dan performa, khususnya pada lapisan *Wearing Course*. Kedua parameter ini saling berkaitan dan memengaruhi daya tahan serta ketahanan campuran terhadap beban lalu lintas dan kondisi lingkungan.

2.4.1 Stabilitas Campuran Perkerasan dengan Bahan Pengikat

Polypropylene

Stabilitas merupakan kemampuan campuran beraspal untuk menahan beban lalu lintas tanpa mengalami deformasi permanen. Menurut Purnomo et al. (2024). faktor-faktor seperti komposisi bahan, suhu pencampuran, tingkat pemadatan, serta karakteristik bahan pengikat sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas *Marshall* .

Dalam penelitian ini, bahan pengikat aspal konvensional digantikan oleh limbah plastik *Polypropylene*. Sifat plastik ini memiliki kekakuan tinggi, ketahanan panas, dan modulus elastisitas besar menjadikannya mampu memperkuat ikatan antar agregat dan meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi plastis. Pengujian menggunakan metode *Marshall* menghasilkan parameter seperti stabilitas dan *flow*, untuk menilai keseimbangan antara kekuatan dan kelenturan campuran. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, penambahan *Polypropylene* dapat

meningkatkan stabilitas *Marshall* dan memperbaiki struktur internal campuran, sehingga lebih tahan terhadap *rutting* dan suhu tinggi (Liu et al., 2024).

2.4.2 Kuat Tekan Campuran Perkerasan dengan Bahan Pengikat

Polypropylene

Kuat tekan menunjukkan kemampuan campuran beraspal dalam menahan beban vertikal akibat lalu lintas kendaraan. Nilai kuat tekan yang tinggi menandakan bahwa campuran memiliki kekuatan struktural dan ketahanan terhadap deformasi permanen. Menurut Purnomo et al. (2024), kuat tekan dipengaruhi oleh jenis bahan pengikat, kekakuan material, dan kualitas ikatan antar agregat. Pada penelitian ini, penggunaan *Polypropylene* sebagai bahan pengikat menggantikan aspal konvensional bertujuan meningkatkan kekuatan mekanis campuran. Plastik ini bersifat termoplastik dan memiliki titik leleh sekitar 160–170°C mampu melapisi agregat dengan kuat, membentuk ikatan yang lebih stabil dibanding aspal biasa.

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM) untuk mengetahui batas kekuatan maksimum campuran sebelum mengalami kerusakan. Hasil penelitian terdahulu menunjukkan bahwa substitusi aspal dengan plastik *Polypropylene* dapat meningkatkan nilai kuat tekan dan stabilitas campuran, sekaligus memperpanjang umur layan perkerasan jalan (Irianto & Tumpu, 2020).

2.5 Minyak Jelantah Sebagai Pencampur Limbah Plastik *Polypropylene*

Minyak jelantah atau *waste cooking oil* (WCO) merupakan limbah rumah tangga yang banyak dihasilkan dan memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan

sebagai bahan pencampur atau pelunak dalam proses modifikasi limbah plastik, khususnya jenis *Polypropylene*. Minyak jelantah mengandung asam lemak bebas dan senyawa hidrokarbon yang mampu menurunkan titik leleh serta viskositas *Polypropylene*, sehingga proses pencampuran menjadi lebih homogen dan mudah dilakukan. Dalam penelitian ini, minyak jelantah yang digunakan merupakan minyak bekas penggorengan lebih dari lima kali dan berasal dari limbah rumah tangga, sehingga tingkat viskositas memenuhi karakteristik yang dibutuhkan untuk berperan sebagai pelunak dalam proses pencampuran.

Menurut Ebnesajjad (2023), minyak jelantah dapat berfungsi sebagai *plasticizer alami* yang meningkatkan kelenturan dan mempermudah proses pelelehan plastik pada suhu sedang. Pada penelitian Hoque et al. (2023) juga menyebutkan bahwa minyak limbah organik dapat meningkatkan kompatibilitas antar fase pada komposit berbasis *Polypropylene*, sehingga menghasilkan campuran yang lebih stabil dan seragam. Penelitian Xie et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan minyak jelantah sebagai pelunak dalam bahan termoplastik daur ulang membantu mengurangi degradasi termal dan memperbaiki sifat mekanisnya.

Dengan demikian, pemanfaatan minyak jelantah sebagai pencampur limbah plastik *Polypropylene* tidak hanya mendukung proses daur ulang, tetapi juga meningkatkan kualitas material yang dihasilkan secara fisik dan kimiawi, sekaligus memberikan nilai tambah dari limbah yang semula tidak termanfaatkan.

2.6 Penelitian Terdahulu

1. Nurfadila et al. (2024)

Meneliti perbandingan kinerja *Marshall* pada campuran perkerasan *Wearing Course* dengan penambahan limbah plastik *Polypropylene* dan *High Density Polyethylene* (HDPE). Variasi kadar plastik yang digunakan adalah 2%, 4%, dan 6% terhadap berat aspal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *Polypropylene* mampu meningkatkan nilai stabilitas *Marshall* hingga 3680,32 kg pada kadar 6%, sedangkan HDPE mencapai 3513,72 kg. Nilai VMA dan *Marshall Quotient* (MQ) juga memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, yang menandakan peningkatan kepadatan dan kekuatan campuran. Temuan ini menunjukkan bahwa limbah plastik *Polypropylene* memiliki potensi besar sebagai bahan pengikat alternatif untuk meningkatkan stabilitas campuran perkerasan dan mendukung teknologi perkerasan ramah lingkungan.

Adapun perbedaan dengan penelitian ini terletak pada ruang lingkup dan metode pengujian, di mana penelitian Nurfadila menggunakan dua jenis plastik (PP dan HDPE) dengan variasi kadar relatif rendah (2%–6%) serta hanya berfokus pada parameter *Marshall*. Sementara itu, penelitian ini hanya menggunakan *Polypropylene* sebagai bahan pengikat dengan variasi kadar yang lebih tinggi (7,5%–17,5%), serta tidak hanya menganalisis parameter *Marshall* tetapi juga menambahkan pengujian kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM), sehingga menghasilkan analisis yang lebih komprehensif terhadap kekuatan mekanis campuran.

2. Susanto et al. (2021)

Melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat dalam *campuran perkerasan Wearing Course*.

Hasilnya menunjukkan bahwa penambahan *Polypropylene* dapat meningkatkan stabilitas *Marshall* dan kuat tekan campuran, serta menurunkan kadar rongga udara sehingga menghasilkan campuran yang lebih padat dan tahan terhadap deformasi plastis. Penelitian ini menegaskan bahwa *Polypropylene* memiliki potensi besar sebagai pengganti sebagian bahan pengikat konvensional yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan.

Perbedaan dengan penelitian ini terletak pada cakupan analisis, di mana penelitian ini tidak hanya meninjau peningkatan stabilitas dan kuat tekan, tetapi juga mengkaji hubungan antara hasil uji *Marshall* dan kuat tekan secara lebih mendalam, serta menggunakan variasi kadar *Polypropylene* yang lebih luas untuk melihat kecenderungan kinerja campuran secara komprehensif.

3. Wasswa (2024)

Meneliti pengaruh variasi kadar limbah plastik *Polypropylene* sebesar 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% terhadap campuran perkerasan *Wearing Course*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar 1,5%–5% PP memberikan peningkatan optimum pada stabilitas *Marshall* dari 15,7 kN menjadi 18 kN dan kuat tarik tidak langsung (ITS) dari 1066 kPa menjadi 1160 kPa. Selain itu, kadar rongga udara menurun dari 4,9% menjadi 4,68%, menandakan campuran menjadi lebih padat dan homogen. Hasil ini membuktikan bahwa *Polypropylene* mampu meningkatkan ikatan antar agregat dan aspal, memperkuat struktur internal, serta meningkatkan daya tahan terhadap deformasi plastis.

Namun demikian, terdapat perbedaan pada rentang kadar yang digunakan. Wasswa menggunakan kadar yang relatif rendah, sedangkan penelitian ini menggunakan kadar yang lebih tinggi hingga 17,5%. Perbedaan ini menyebabkan pada penelitian ini terlihat bahwa pada kadar tertentu

campuran menjadi lebih kaku, bahkan cenderung mengalami penurunan kinerja ketika kadar plastik terlalu tinggi. Dengan demikian, rentang kadar optimum yang diperoleh juga berbeda antara kedua penelitian.

4. Irianto & Tumpu (2020)

Meneliti pengaruh penambahan limbah *Polypropylene* terhadap kekuatan tekan dan stabilitas campuran perkerasan *Wearing Course*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi *Polypropylene* sebesar 1% dan 2% mampu meningkatkan kuat tekan dan stabilitas dibandingkan dengan campuran tanpa *Polypropylene*. *Polypropylene* dinilai dapat membentuk ikatan kuat antar agregat, meningkatkan kekakuan, serta memperbaiki ketahanan terhadap beban lalu lintas. Temuan ini memperkuat konsep *Polypropylene* sebagai bahan pengikat alternatif yang efektif untuk meningkatkan kinerja campuran perkerasan *Wearing Course*.

Akan tetapi, perbedaan terletak pada variasi kadar yang digunakan. Penelitian tersebut hanya menggunakan kadar *Polypropylene* yang relatif rendah, sedangkan penelitian ini menggunakan variasi kadar yang lebih luas hingga mencapai 17,5%. Oleh karena itu, penelitian ini tidak hanya menunjukkan peningkatan kinerja pada kadar tertentu, tetapi juga memperlihatkan bahwa pada kadar yang terlalu tinggi, campuran dapat menjadi terlalu kaku sehingga keseimbangan sifat mekanisnya menurun.

5. Riyanto et al. (2023)

Meneliti pemanfaatan limbah masker medis sebagai sumber serat *Polypropylene* untuk meningkatkan kinerja campuran perkerasan *Wearing Course*. Variasi kadar *Polypropylene* yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan peningkatan nilai stabilitas hingga 100% dibandingkan campuran tanpa *Polypropylene*,

dengan hasil optimum pada kadar 10%. Penambahan *Polypropylene* juga meningkatkan kekakuan dan menurunkan nilai keelehan (*flow*), menandakan peningkatan ketahanan terhadap deformasi plastis dan *rutting*. Hal ini membuktikan bahwa limbah plastik *Polypropylene*, bahkan yang berasal dari masker medis, berpotensi sebagai bahan pengikat alternatif yang ramah lingkungan dan meningkatkan kekuatan campuran *Wearing Course*.

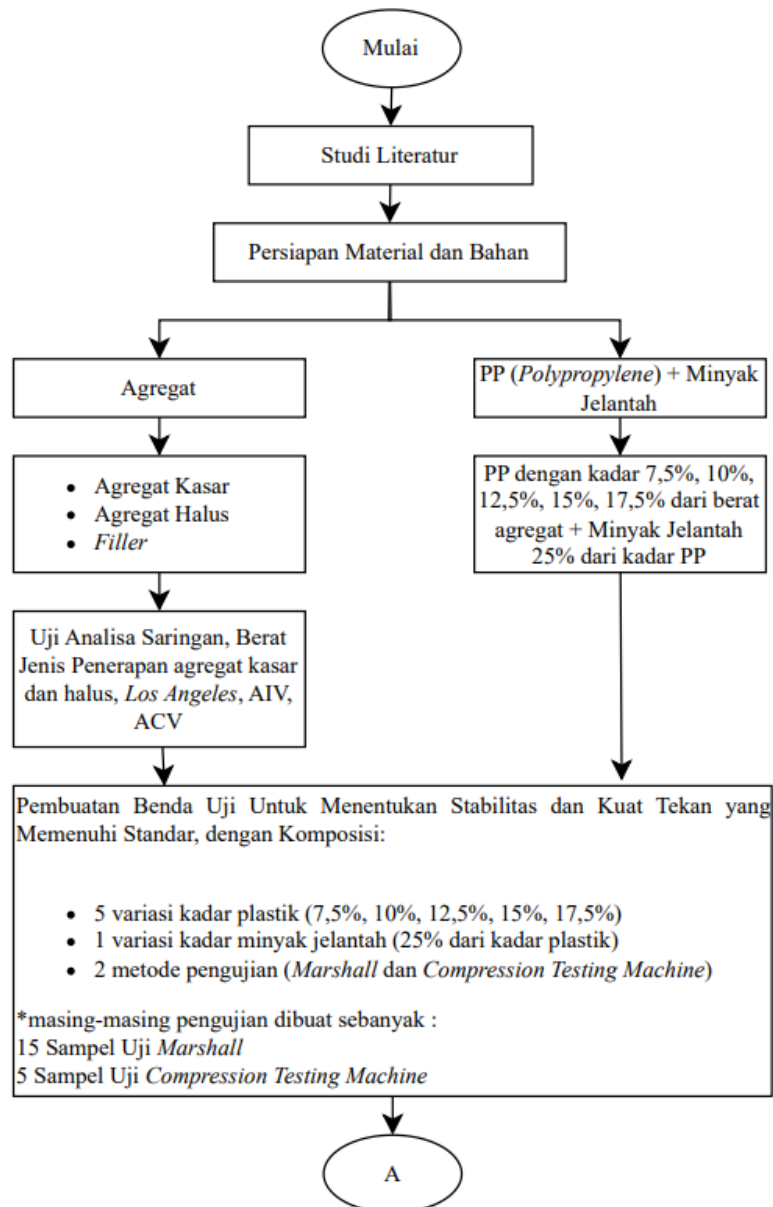
Meskipun demikian, terdapat perbedaan pada nilai kadar optimum yang dihasilkan. Penelitian Riyanto menunjukkan kadar optimum pada nilai yang lebih rendah, sedangkan penelitian ini memperoleh kadar optimum pada nilai yang lebih tinggi, yaitu sekitar 13,75%. Perbedaan ini menunjukkan bahwa karakteristik campuran sangat dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan, metode pencampuran, serta rentang variasi kadar yang diterapkan dalam masing-masing penelitian.

Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan tambah atau substitusi aspal dalam campuran perkerasan *Wearing Course* terbukti dapat meningkatkan stabilitas *Marshall*, kuat tekan, serta kepadatan campuran. Namun, hasil yang diperoleh sangat dipengaruhi oleh jenis plastik, kadar yang digunakan, dan metode pencampuran.

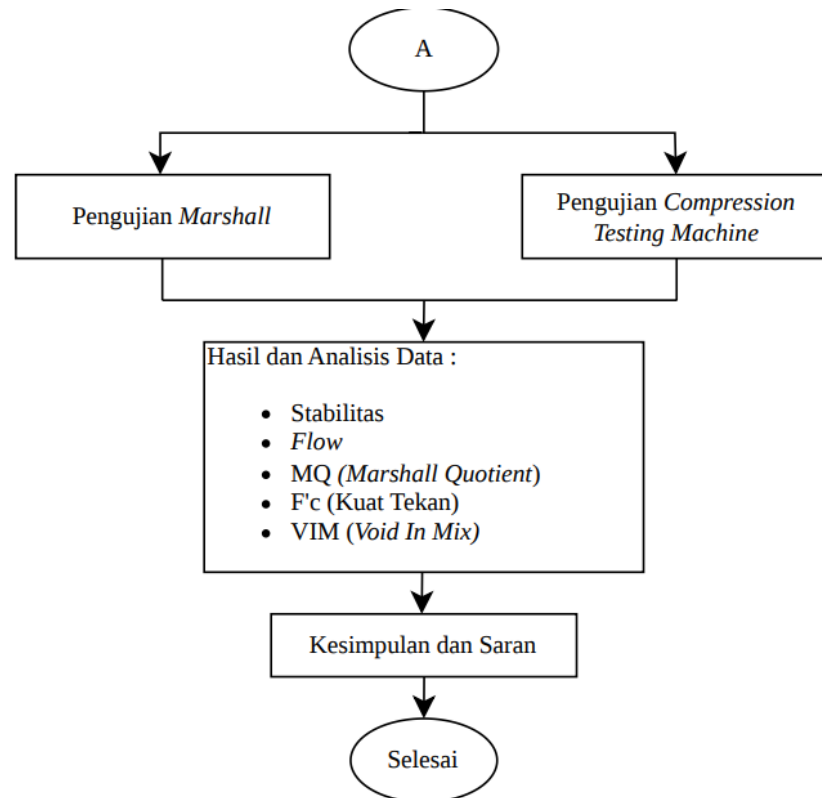
Penelitian ini berfokus pada penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat dalam campuran *Wearing Course* dengan variasi kadar yang lebih tinggi (7,5%, 10%, 12,5%, 15%, dan 17,5%), guna mengetahui sejauh mana peningkatan stabilitas dan kuat tekan dapat dicapai. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi perkerasan berkelanjutan sekaligus mengurangi limbah plastik *Polypropylene* di lingkungan.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.



Gambar 3.2 Lanjutan diagram alir penelitian.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Laboratorium Jalan Raya Teknik Sipil Universitas Lampung.

3.3 Bahan-Bahan Penelitian

Penelitian ini menggunakan bahan sebagai berikut:

1. Agregat Kasar

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang tertahan saringan No. 8 (2,36 mm) (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

2. Agregat halus

Berdasarkan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, agregat halus yang digunakan pada penelitian ini adalah agregat yang lolos saringan No. 8 (2,36 mm) (*Diretorate General of Highways, 2020*).

3. Filler

Filler yang digunakan sebagai pengisi rongga antar agregat halus dan agregat kasar dalam penelitian ini adalah abu batu yang lolos saringan No. 200.

4. Plastik *Polypropylene*

Pada penelitian ini digunakan bahan tambah yakni berupa plastik *Polypropylene*.

5. Minyak Jelantah

Minyak goreng bekas yang telah di pakai lebih dari lima kali.

3.4 Peralatan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Satu set alat saringan/ayakan (*Sieve*)

Alat saringan digunakan untuk memisahkan gradasi agregat berdasarkan ukuran.

2. Alat uji pemeriksaan agregat

Peralatan yang digunakan dalam pengujian agregat antara lain:

- a. Alat uji AIV dan ACV untuk mengetahui kekuatan agregat.
- b. Alat uji berat jenis untuk mengetahui berat jenis agregat.
- c. Mesin *Los Angeles* dalam melakukan uji abrasi untuk mengetahui keausan agregat.
- d. Alat-alat penunjang seperti oven, timbangan, *container*.

3. Alat uji *Marshall*

Uji karakteristik campuran agregat dilakukan dengan metode *Marshall*,

Peralatan yang akan digunakan antara lain:

- a. Mesin Tekan *Marshall*, terdiri atas kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji dengan kapasitas 2500 kg dan ketelitian 12,5 kg, serta dilengkapi arloji tekan dengan ketelitian 0,25 mm beserta perlengkapannya.
- b. Cetakan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 4 inci (10,16 cm) dan tinggi 3 inci (7,62 cm), dilengkapi pelat dasar serta leher penghubung.
- c. Alat pemadat *Marshall* otomatis (*Automatic Compactor*), digunakan untuk memadatkan campuran dengan 75 tumbukan pada masing-masing sisi (atas dan bawah).
- d. *Ejector* atau *extruder*, digunakan untuk mengeluarkan benda uji yang telah dipadatkan dari dalam cetakan.
- e. Bak perendam (*water bath*), dilengkapi dengan sistem pengatur suhu untuk menjaga temperatur perendaman benda uji.
- f. Peralatan pendukung, meliputi wadah pencampur, oven, wajan logam, sendok pengaduk, kompor, sarung tangan tahan panas, termometer, timbangan, jangka sorong, tipe-x untuk penandaan benda uji, dan perlengkapan tambahan lainnya.

4. Alat Uji *Compression Testing Machine* (CTM)

Alat uji yang digunakan dalam metode kuat tekan antara lain:

- a. Mesin Uji Tekan (*Compression Testing Machine/CTM*) berfungsi memberikan beban tekan secara bertahap hingga benda uji mengalami kerusakan. Mesin ini dilengkapi sistem hidrolik dan manometer digital atau analog untuk menunjukkan besar beban yang diterima, dengan kapasitas umumnya 1000–2000 kN dan ketelitian sekitar ± 1 kN.
- b. Cetakan benda uji berbentuk hexagon (segi enam), dengan panjang sisi 8 cm dan tinggi 6 cm yang digunakan untuk pembuatan benda uji kuat

tekan. Cetakan terbuat dari baja dan dilengkapi baut pengikat agar hasil cetakan rapat serta presisi.

- c. Pelat tekan (*bearing plates*) merupakan pelat baja datar yang diletakkan di atas dan bawah benda uji saat pengujian untuk mendistribusikan beban secara merata, sehingga hasil pengujian lebih akurat.
- d. Kepala penekan berbentuk bola (*spherically seated head*) berfungsi menyesuaikan posisi benda uji agar beban terdistribusi merata dan mencegah terjadinya konsentrasi tegangan yang dapat memengaruhi hasil.
- e. Alat pengukur deformasi (*dial gauge* atau LVDT) digunakan untuk mengukur perubahan bentuk atau deformasi benda uji selama menerima beban tekan, dengan ketelitian hingga 0,01 mm.
- f. Peralatan pendukung meliputi oven untuk pengeringan benda uji, timbangan digital, jangka sorong atau mistar ukur untuk pengukuran dimensi, wadah penyimpanan benda uji, serta sarung tangan pelindung untuk menjaga keselamatan kerja.

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur pada penelitian ini akan dijelaskan sebagai berikut:

3.5.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai dasar dalam memperoleh landasan teori yang relevan dengan penelitian ini. Sumber referensi yang digunakan berasal dari berbagai literatur seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, serta laporan hasil penelitian sebelumnya.

3.5.2 Persiapan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta plastik *Polypropylene*. Bahan-bahan tersebut diperoleh melalui tahapan sebagai berikut:

1. Agregat Kasar, Agregat Halus, dan *Filler*
 - a. Susun saringan secara berurutan dari ukuran terbesar di bagian atas hingga ukuran terkecil di bagian bawah.
 - b. Masukkan agregat ke dalam susunan saringan, kemudian lakukan proses pengayakan.
 - c. Setelah selesai diayak, ambil agregat yang tertahan pada masing-masing saringan dan pisahkan berdasarkan ukuran butirannya.
 - d. Ulangi langkah a, b, dan c hingga jumlah agregat yang dibutuhkan terpenuhi.

Agregat yang telah melalui proses pengayakan harus berada dalam kondisi kering, tidak lembab, serta bebas debu dan kotoran. Kebersihan dan kekeringan agregat menjadi faktor penting agar *binder* plastik *Polypropylene* dapat menempel dan melapisi butiran agregat dengan optimal. Jika agregat masih mengandung air atau partikel halus, kualitas ikatan akan menurun dan dapat berdampak pada rendahnya nilai stabilitas campuran saat di uji. Oleh sebab itu, agregat perlu dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan proses pencampuran.

2. Plastik *Polypropylene*

Jenis plastik yang digunakan adalah plastik *Polypropylene* yang diperoleh melalui Bank Sampah yang berada di jalan Airan Raya, Bandar Lampung. Selanjutnya, plastik tersebut dibawa ke Laboratorium Inti Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung untuk dilakukan proses pengujian dan penelitian.

3.5.3 Pengujian Bahan

Untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan dalam penelitian ini sesuai dengan standar spesifikasi yang telah ditetapkan, diperlukan serangkaian pengujian terlebih dahulu.

1. Pengujian Agregat

Sebelum agregat digunakan sebagai bahan pengisi pada campuran perkerasan *Wearing Course*, dilakukan pengujian untuk memastikan gradasi agregat sesuai dengan ketentuan spesifikasi. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan meliputi analisis saringan, pengujian berat jenis dan penyerapan air, pengujian *Aggregate Impact Value* (AIV), *Aggregate Crushing Value* (ACV), serta pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles*. Seluruh pengujian tersebut mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 yang diterbitkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia.

Tabel 3.1 Standar pemeriksaan agregat.

No.	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136:2012
2	Berat Jenis (berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu) dan Penyerapan Agregat Kasar	SNI 03-1969-1990
3	Berat Jenis (berat jenis bulk, berat jenis SSD, dan berat jenis semu) dan Penyerapan Agregat Halus	SNI 03-1969-1990
4	<i>Aggregate Impact Value</i> (AIV)	BS 812:Part 3 : 1975
5	<i>Aggregate Crushing Value</i> (ACV)	BS 812:Part 3 : 1975
6	<i>Los Angeles Test</i>	SNI 03-2417-2008

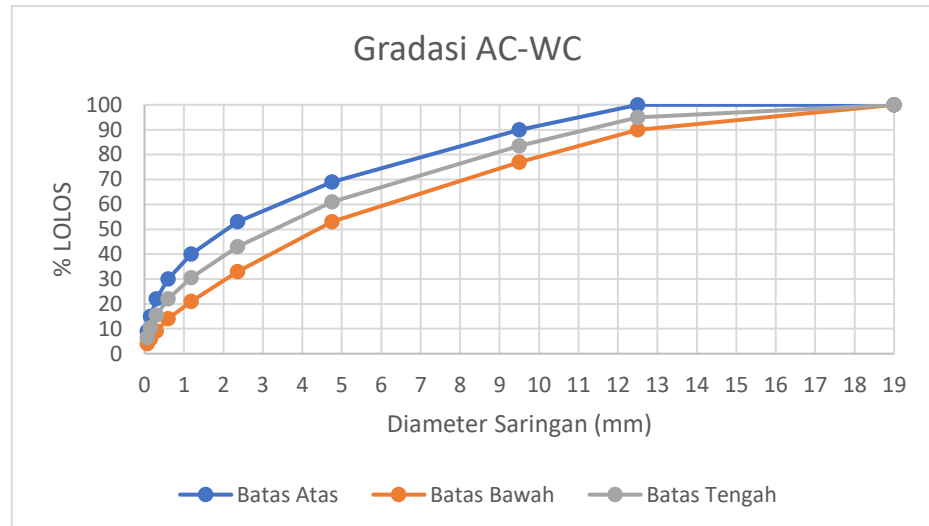
Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) Divisi 6.

3.5.4 Perancangan Gradasi Agregat

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga (2018) Revisi 2, gradasi agregat yang digunakan untuk lapisan perkerasan *Wearing Course* dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 3.2 Gradasi agregat lapis aspal beton AC-WC.

Ukuran Ayakan		% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat	% Berat yang Lolos	% Berat yang Tertahan
ASTM	(mm)			
3/4"	19	100	100	0
1/2"	12,5	90-100	95	5
3/8"	9,5	77-90	83,5	11,5
No. 4	4,75	53-69	61	22,5
No. 8	2,36	33-53	43	18
No. 16	1,18	21-40	30,5	12,5
No. 30	0,6	14-30	22	8,5
No. 50	0,3	9-22	15,5	6,5
No. 100	0,15	6-15	10,5	5
No. 200	0,075	4-9	6,5	4
Pan		-	-	6,5
Total				100



Gambar 3.3 Rencana gradasi campuran aspal AC-WC.

3.5.5 Jumlah Benda Uji

Pada penelitian ini, digunakan tiga variasi kadar plastik *Polypropylene* untuk menguji stabilitas campuran. Setiap variasi kadar plastik dibuat sebanyak tiga sampel. Selain itu, dilakukan pula pengujian kuat tekan dengan menggunakan tiga variasi kadar plastik *Polypropylene*, di mana masing-masing variasi dibuat sebanyak tiga sampel. Dengan demikian, total benda uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah 21 sampel. Rincian jumlah benda uji dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Jumlah benda uji

Variasi Kadar Plastik dan Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji
<i>Marshall</i> 7,5 %	3
<i>Marshall</i> 10 %	3
<i>Marshall</i> 12,5 %	3
<i>Marshall</i> 13,75%	1

Tabel 3.4 Jumlah benda uji (Lanjutan)

<i>Marshall 15 %</i>	3
<i>Marshall 17,5 %</i>	3
<i>Compression Testing Machine 7,5%</i>	1
<i>Compression Testing Machine 10%</i>	1
<i>Compression Testing Machine 12,5%</i>	1
<i>Compression Testing Machine 15%</i>	1
<i>Compression Testing Machine 17,5%</i>	1
Total	21

3.5.6 Pembuatan Benda Uji *Marshall*

Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan melalui tahapan berikut:

- a. Menimbang agregat sesuai dengan proporsi campuran yang telah dihitung untuk setiap benda uji.
- b. Mengeringkan dan memanaskan agregat dalam oven hingga mencapai suhu sekitar 150°C. Jika menggunakan bahan pengikat cair, pemanasan dilakukan hingga $\pm 140^\circ\text{C}$ di atas suhu pencampuran.
- c. Minyak jelantah dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu yang cukup sebelum plastik PP dimasukkan.
- d. Plastik *Polypropylene* dilelehkan di dalam minyak sambil terus diaduk untuk memastikan campuran tetap homogen dan tidak menggumpal. Pengawasan suhu sangat diperlukan karena pemanasan berlebih dapat memicu terjadinya flambe atau kobaran api pada wajan, sehingga kontrol suhu menjadi faktor penting dalam menjaga keamanan selama proses pencairan.
- e. Menuangkan agregat panas ke dalam plastik cair sambil diaduk hingga agregat terlapisi plastik secara merata pada suhu $\pm 145^\circ\text{C}$.

- f. Membersihkan peralatan cetak serta permukaan penumbuk. Cetakan yang digunakan berbentuk silinder dengan tinggi 6,35 cm dan diameter 10,16 cm.
- g. Menempatkan cetakan di atas landasan pematat dan menahannya menggunakan pemegang cetakan. Kemudian, meletakkan kertas saring atau kertas penghisap sesuai ukuran dasar cetakan.
- h. Memasukkan campuran ke dalam cetakan dan menusuknya menggunakan spatula panas sebanyak 15 kali di sekeliling pinggiran dan 10 kali di bagian tengah untuk menghilangkan rongga udara.
- i. Melakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali pada masing-masing sisi (atas dan bawah) dengan tinggi jatuh 457,2 mm. Selama proses ini, pastikan sumbu palu pematat selalu tegak lurus terhadap alas cetakan.
- j. Setelah pemadatan selesai, melepas keping alas dan mengeluarkan benda uji dari cetakan, kemudian memberi tanda pada setiap sampel. Benda uji dibiarkan selama ± 24 jam pada suhu ruang.
- k. Membersihkan benda uji dari kotoran, lalu mengukur tinggi benda uji menggunakan jangka sorong (ketelitian 0,1 mm) pada tiga sisi. Setelah itu, menimbang benda uji dengan ketelitian 0,1 gram untuk mendapatkan berat kering.
- l. Merendam benda uji dalam air selama 30 menit untuk menentukan kadar penyerapan air, kemudian menimbangnya di dalam air guna memperoleh berat jenuh.
- m. Mengeringkan permukaan luar benda uji dengan kain lembut, lalu menimbang kembali untuk mendapatkan berat kering permukaan jenuh (SSD – *Saturated Surface Dry*).

3.5.7 Pembuatan Benda Uji Kuat Tekan

Langkah-langkah pembuatan benda uji dalam penelitian ini dilakukan sebagai berikut:

- a. Menimbang agregat sesuai dengan persentase campuran yang telah dihitung untuk setiap benda uji.
- b. Mengeringkan dan memanaskan agregat di dalam oven hingga mencapai suhu sekitar $\pm 150^{\circ}\text{C}$. Jika menggunakan bahan pengikat cair, pemanasan dilakukan hingga $\pm 140^{\circ}\text{C}$ di atas suhu pencampuran.
- c. Masukkan minyak jelantah lalu dipanaskan terlebih dahulu hingga mencapai suhu yang cukup sebelum plastik PP dimasukkan.
- d. Plastik PP dilelehkan di dalam minyak sambil terus diaduk untuk memastikan campuran tetap homogen dan tidak menggumpal. Pengawasan suhu sangat diperlukan karena pemanasan berlebih dapat memicu terjadinya *flambe* atau kobaran api pada wajan, sehingga kontrol suhu menjadi faktor penting dalam menjaga keamanan selama proses pencairan.
- e. Menuangkan agregat panas ke dalam plastik yang telah mencair, kemudian mengaduknya hingga seluruh agregat terlapisi plastik secara merata dengan suhu sekitar $\pm 145^{\circ}\text{C}$.
- f. Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk. Cetakan yang digunakan berbentuk hexagon (segi enam).
- g. Meletakkan cetakan di atas landasan pematat, menahannya dengan pemegang cetakan, lalu menempatkan kertas saring atau kertas penghisap yang telah dipotong sesuai ukuran dasar cetakan.
- h. Memasukkan campuran ke dalam cetakan dan menusuk campuran menggunakan spatula panas sebanyak 15 kali di bagian pinggir dan 10 kali di bagian tengah untuk mengeluarkan udara dan meratakan campuran.
- i. Melakukan pemadatan menggunakan alat dongkrak hingga campuran menjadi padat dan stabil.
- j. Setelah pemadatan selesai, melepas keping alas, mengeluarkan benda uji dari cetakan, memberi tanda pada setiap sampel, dan mendiampkannya selama ± 24 jam pada suhu ruang.
- k. Membersihkan benda uji dari kotoran, kemudian mengukur tinggi benda uji menggunakan jangka sorong dengan ketelitian 0,1 mm pada

tiga sisi, serta menimbanginya dengan ketelitian 0,1 gram untuk memperoleh berat kering.

3.5.8 Pengujian Benda Uji sesuai Kondisi Pengujian dengan Alat

Marshall

Langkah-langkah pelaksanaan pengujian benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Benda uji direndam dalam bak perendam (*water bath*) dengan suhu konstan 60°C selama waktu perendaman yang telah ditentukan, sementara sebagian benda uji lainnya dibiarkan pada kondisi udara terbuka selama waktu yang sama.
- b. Setelah waktu perendaman selesai, keluarkan benda uji dari bak atau ambil benda uji dari ruang terbuka, lalu tempatkan pada bagian bawah kepala penekan.
- c. Letakkan segmen atas di atas benda uji, kemudian pasang seluruh rangkaian pada mesin pengujian.
- d. Pasang arloji pengukur alir (*flow meter*) pada posisinya di atas salah satu batang penuntun, dan setel jarum penunjuk ke angka nol. Pastikan selubung tangkai arloji (*sleeve*) tetap stabil terhadap segmen atas kepala penekan.
- e. Sebelum pembebanan dilakukan, naikkan kepala penekan bersama benda uji hingga menyentuh bagian bawah cincin penguji.
- f. Setel jarum arloji tekan pada posisi nol.
- g. Lakukan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan konstan sekitar 50 mm per menit sampai beban maksimum tercapai atau beban mulai menurun, kemudian catat nilai pembebanan maksimum (stabilitas).
- h. Catat nilai alir (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum pengukur pada saat beban maksimum tercapai.

3.5.9 Pengujian Benda Uji sesuai Kondisi Pengujian dengan Alat *Compression Testing Machine (CTM)*

Langkah-langkah pelaksanaan pengujian benda uji adalah sebagai berikut:

- a. Siapkan benda uji berbentuk hexagon dengan ukuran sisi 8 cm dan tinggi 6 cm yang telah didiamkan selama 24 jam setelah proses pemadatan. Pastikan permukaan benda uji bersih dari kotoran atau sisa material agar tidak memengaruhi hasil pengujian.
- b. Tempatkan benda uji di tengah pelat tekan bawah pada *Compression Testing Machine (CTM)* dalam posisi tegak lurus terhadap arah gaya tekan.
- c. Pasang pelat tekan atas secara sejajar di atas benda uji agar gaya tekan dapat terdistribusi merata pada seluruh permukaan.
- d. Pastikan posisi benda uji dan pelat tekan telah sejajar sempurna, kemudian atur jarum pengukur beban (*pressure gauge*) pada posisi nol, untuk satuan dari uji CTM ini umumnya Kilonewton (kN)
- e. Naikkan pelat tekan perlahan hingga menyentuh permukaan benda uji tanpa menyisakan celah antara keduanya.
- f. Lakukan pembebanan secara bertahap dan konstan hingga benda uji menunjukkan tanda retak awal atau mengalami kehancuran.
- g. Catat nilai beban maksimum (P) yang terbaca pada alat sebelum benda uji rusak, yang akan digunakan untuk menghitung nilai kuat tekan campuran.
- h. Hitung nilai kuat tekan (f_c) menggunakan rumus:

$$f_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

f_c = Kuat tekan (Mpa)

P = Beban maksimum (N)

A = Luas penampang benda uji (mm^2)

- i. Ulangi pengujian untuk setiap variasi kadar limbah plastik PP (7,5%, 10%, 12,5%, 15% dan 17,5%) dengan dua benda uji pada masing-masing variasi.

Pengujian kuat tekan pada penelitian ini mengacu pada standar pengujian *paving block*, karena campuran agregat-plastik PP yang digunakan diarahkan untuk aplikasi serupa *paving block* (segi enam). Dengan demikian, nilai kuat tekan yang diperoleh akan dibandingkan dengan persyaratan mutu *paving block* (segi enam) berdasarkan SNI 03-0691-1996.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat pada campuran perkerasan *Wearing Course*, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh terhadap Parameter *Marshall*

Berdasarkan analisis parameter *Marshall* berupa stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, dan VIM, variasi kadar plastik *Polypropylene* menunjukkan pengaruh terhadap kinerja campuran perkerasan *Wearing Course*. Peningkatan stabilitas dan *Marshall Quotient* serta penurunan nilai *flow* menunjukkan bahwa campuran menjadi lebih padat dan kaku. Nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada kadar 15% sebesar 3929 kg, dengan nilai *flow* sekitar 2,1 mm dan *Marshall Quotient* sebesar 2052 kg/mm, yang menunjukkan kinerja mekanis campuran yang optimal dalam menahan beban dan deformasi.

2. Pengaruh terhadap Kuat Tekan

Pada pengujian kuat tekan menggunakan *Compression Testing Machine* (CTM), nilai kuat tekan meningkat seiring bertambahnya kadar plastik *Polypropylene* hingga mencapai nilai maksimum pada kadar 15%. Nilai kuat tekan tertinggi diperoleh sebesar 23,36 MPa. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kadar tersebut campuran memiliki tingkat kepadatan dan kekakuan yang paling baik, sehingga mampu menahan beban tekan secara optimal dibandingkan variasi lainnya.

Secara umum, penggunaan limbah plastik *Polypropylene* sebagai bahan pengikat alternatif pada campuran *Wearing Course* menunjukkan potensi yang baik dalam meningkatkan kinerja perkerasan, khususnya dari segi stabilitas dan kekakuan campuran.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi kadar plastik *Polypropylene* yang lebih rinci di sekitar kadar optimum (misalnya 13%–16%) untuk memperoleh nilai kadar optimum yang lebih akurat secara analitis.
2. Disarankan untuk melakukan pengujian tambahan seperti uji kelelahan (*fatigue test*), uji ketahanan terhadap air (*immersion test*), dan uji durabilitas jangka panjang untuk mengetahui performa campuran dalam kondisi lapangan.
3. Perlu dilakukan kajian mengenai aspek *workability* dan kemudahan pencampuran di lapangan, karena peningkatan kadar plastik *Polypropylene* dapat mempengaruhi homogenitas campuran.
4. Untuk aplikasi skala lapangan, diperlukan analisis teknis dan ekonomis guna memastikan bahwa penggunaan limbah plastik *Polypropylene* tidak hanya meningkatkan kinerja teknis, tetapi juga layak secara biaya dan ramah lingkungan.
5. Penelitian selanjutnya dapat membandingkan penggunaan plastik *Polypropylene* sebagai pengganti sebagian aspal dan sebagai bahan tambah (*additive*) untuk mengetahui perbedaan mekanisme pengikatan yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adibroto, F., Ali, S., Fauzi, A., Padilah, I., Padang, P. N., Manis, L., & Barat, S. (2022). Kinerja Campuran Asphalt Concrete Wearing Course Menggunakan Aspal Modifikasi Dengan Limbah Plastik Latar Belakang yang dipadatkan di atas tanah dasar supaya lalu lintas dapat berjalan dengan lancar Kelelehan (Flow), VIM , VMA , MQ dan Stabilitas Marshal. *Teras Jurnal* 12(1), 267–280.
- Buruiana, D. L., Georgescu, P. L., Carp, G. B., & Ghisman, V. (2023). Recycling Micro Polypropylene In Modified Hot Asphalt Mixture. *Scientific Reports*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-30857-9>
- Diretorate General of Highways. (2020). Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2). *Ministry of Public Works and Housing*, Oktober, 1036.
- Ebnesajjad, S. (2023). Construction Applications. *Polyvinyl Fluoride: Technology and Applications of PVF*, 295–316. <https://doi.org/10.1016/B978-1-4557-7885-0.00013-2>
- Hoque, M. A., Sultana, S., Sarker, M. K. U., & Islam, Z. (2023). Recycling Waste Polypropylene to Produce New Composite Materials with Jute Reinforcements. *Advances in Materials Science*, 23(3), 21–32. <https://doi.org/10.2478/adms-2023-0014>
- Hossain, M. T., Shahid, M. A., Mahmud, N., Habib, A., Rana, M. M., Khan, S. A., & Hossain, M. D. (2024). Research And Application Of Polypropylene: A Review. *Discover Nano*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s11671-023-03952-z>.
- Irianto, Djamaluddin, A. R., Pasra, M., & Arsyad, A. (2021). Strength and Toughness Characteristics of Ac-Wc Mixture Containing Pet and Pp Plastic Waste Under Static Compression. *International Journal of GEOMATE*, 20(78), 20–27. <https://doi.org/10.21660/2021.78.68868>
- Irianto, & Tumpu, M. (2020). Compressive Strength of Asphalt Concrete Wearing Course Mixture Containing Waste Plastic Polypropylene. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15(17), 1835–1839.
- Jexembayeva, A., Konkanov, M., Aruova, L., Kirgizbayev, A., & Zhaksylykova, L. (2024). Performance Optimization Approach of Polymer-Modified Asphalt Mixtures with PET and PE Waste. *Polymers*, 16(23). <https://doi.org/10.3390/polym16233308>

- Liu, Z., Ge, X., Lu, C., Zhang, Z., Duan, Y., & Jiang, Y. (2024). Performance Evolution And Damage Constitutive Model Of High Air Content Hydraulic Concrete Coupled Freeze-Thaw And Loads. *Construction and Building Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139015>
- Nadupuru, Shobha Rani, RK Jain, Deepa A. Joshil, R. M. (2022). Analisis Eksperimental Menggunakan Polipropilena, Poliester Dan Serat Denim Limbah Dalam Konstruksi Jalan. *Materials Today: Proceedings*, 2363-2369.
- Pangestika, S. H., Saptaji, K., Agung, A., & Perwira, N. (2023). Utilization Of Plastic Waste To Improve Properties Of Road Material: A Review. *Mechanical Engineering for Society and Industry* 3(3), 120–136.
- Kementrian PUPR (2023). Buku *Kondisi Jalan Nasional*.
- Purnomo, A. T., Cahyono, A. D., Widyatmoko, D., & Al Hasbi, M. N. (2024). Peningkatan Stabilitas Aspal Dalam Konstruksi Jalan : Pengaruh Komposisi, Faktor Lingkungan, Dan Metode Pengujian Untuk Keberlanjutan Infrastruktur Jalan. *Techno*.
- Putra, M. T., Destania, H. R., & Febryandi, F. (2023). Analisis Karakteristik Marshall Campuran Aspal Modifikasi pada Asphalt Concrete – *Wearing Course* (AC – WC) dengan Penambahan Serbuk Ban Kendaraan. *Jurnal Teknik Sipil*, 19(2), 335–350. <https://doi.org/10.28932/jts.v19i2.5580>
- Riyanto, S., Qomariah, & Asukmajaya, B. R. (2023). Analisis Penambahan Serat Polypropylene Limbah Masker Medis Pada Kinerja Campuran Aspal. *Jurnal Teknik Sipil*, 1–6.
- Susanto, H. A., Merdiana, K., & Indriyati, E. W. (2021). Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Polypropylene (Pp) Terhadap Ketahanan Ravelling Campuran Asphalt Concrete *Wearing Course* (the Effect of Waste Polypropylene (Pp) Plastic To the Ravelling Resistance of Asphalt Concrete *Wearing Course* Mixes). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 38(2), 86–109.
- Świtła, M. (2023). Road Infrastructure Management - the Perspective of the Local Roads Authority. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, 120, 269–283. <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.120.17>
- T, N., Mustakim, M., & Fadly, I. (2024). Perbandingan Kinerja Marshall Pada Campuran Aspal AC-WC Menggunakan Plastik Polypropilene (PP) Dan Plastik High Density Polyethylene (HDPE). *Sultra Civil Engineering Journal*, 5(2), 363–373. <https://doi.org/10.54297/sciej.v5i2.661>
- Tran, Thien Q., Young-sang Kim, Liet Chi Dang c, T. M. D. e. (2023). Tinjauan Mutakhir Tentang Pemanfaatan Pengikat Hijau Baru Dalam Produksi Material Dengan Kekuatan Rendah Yang Terkontrol. *Construction and Building Materials*, 393.
- Ullah, S., Qabur, A., Ullah, A., Aati, K., & Abdelgiom, M. A. (2024). Enhancing High-Temperature Performance of Flexible Pavement with Plastic-Modified Asphalt. *Polymers*, 16(17), 1–20. <https://doi.org/10.3390/polym16172399>

- Unctad. (2025). Global Trade Update (August 2025): Mobilising Trade To Curb Plastic Pollution. *United Nations Conference on Trade and Development*.
- Wasswa, M. D. E. O. (2024). Investigating The Use Of Polypropylene In Hot Mix Asphalt On The Mix. *Uganda Christian University*.
- Xie, C., Ye, Q., Fan, L., Weng, A., & Liu, H. (2024). Study on Rheological Properties of Waste Cooking Oil and Organic Montmorillonite Composite Recycled Asphalt. *Buildings*, *14*(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/buildings14103149>