

**PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL  
EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING*  
RAMAH LINGKUNGAN**

**TUGAS AKHIR**

Oleh:

**PUTU WISNU ARDIA CHANDRA**

**NIT: 56192110020**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA  
PROGRAM SARJANA TERAPAN  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

**Juli 2025**

**PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL  
EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING*  
RAMAH LINGKUNGAN**

**TUGAS AKHIR**

Karya tulis sebagai salah satu syarat lulus pendidikan  
Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara  
Program Sarjana Terapan

Oleh:

**PUTU WISNU ARDIA CHANDRA**

**NIT: 56192110020**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA BANDAR UDARA  
PROGRAM SARJANA TERAPAN  
POLITEKNIK PENERBANGAN PALEMBANG**

**Juli 2025**

## ABSTRAK

### PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING* RAMAH LINGKUNGAN

Oleh:

**PUTU WISNU ARDIA CHANDRA**  
**NIT: 56192110020**

**Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara**  
**Program Sarjana Terapan**

Struktur beton atap terminal rentan mengalami retakan akibat mutu beton tidak sesuai standar, bangunan melampaui umur ergonomis, penurunan tanah dan iklim tidak stabil. Timbulnya retakan menyebabkan kebocoran dan kerusakan fasilitas terminal yang menurunkan kenyamanan penumpang. Beberapa penanganan dilakukan teknisi dengan melapisi *crack* menggunakan serat *fiber* lalu di *coating* dengan cat *waterproofing* konvensional. Namun, kebocoran kembali terjadi dalam waktu singkat. Sehingga, penerapan inovasi material *waterproofing* berbasis aspal emulsi CRS-1P dan *rubber deposit* sebagai *filler* perlu dilakukan. Tujuannya untuk mengoptimalkan penggunaan aspal dan mengetahui pengaruh penambahan kadar *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P terhadap sifat *waterproofing*. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif eksperimental dengan membandingkan hasil pengujian *waterproofing* pada campuran aspal emulsi CRS-1P dengan variasi kadar *rubber* 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%. Data primer hasil uji laboratorium dianalisis menggunakan regresi linier sederhana untuk mendapatkan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan kadar *rubber deposit* hingga 10% pada aspal emulsi CRS-1P mampu membentuk komposit campuran dengan sempurna. Selain itu, penelitian ini berpotensi mengurangi kebutuhan aspal dan mendukung pengelolaan limbah berkonsep *eco airport*. Berdasarkan analisis regresi linear sederhana menunjukkan penambahan *rubber deposit* pada aspal tidak menurunkan kinerja dalam menangani kebocoran. Sehingga, *rubber deposit* dapat digunakan sebagai *filler* campuran.

**Kata Kunci:** Aspal Emulsi CRS-1P, Kebocoran, Material *Waterproofing*, *Rubber Deposit*

## **ABSTRACT**

### **UTILIZATION OF RUBBER DEPOSIT WASTE AND CRS-1P ASPHALT EMULSION AS AN ECO-FRIENDLY WATERPROOFING MATERIAL**

*By:*

**PUTU WISNU ARDIA CHANDRA**  
**NIT: 56192110020**

***Program Study of Airport Engineering Technology  
Applied Bachelor's Program***

*The concrete structure of the terminal roof is prone to cracks due to substandard concrete quality, building beyond ergonomic age, land subsidence and unstable climate. The occurrence of cracks causes leakage and damage to terminal facilities that reduce passenger comfort. Several treatments were carried out by technicians by coating the crack using fibre and then coating it with conventional waterproofing paint. However, the leakage occurred again in a short time. So, the application of waterproofing material innovation based on CRS-1P emulsified asphalt and rubber deposit as filler needs to be done. The aim is to make efficient use of asphalt and to determine the effect of adding rubber deposit levels to CRS-1P emulsified asphalt on waterproofing properties. This research uses an experimental quantitative method by comparing the results of waterproofing tests on CRS-1P emulsified asphalt mixtures with variations in rubber content of 0%, 10%, 20%, 30%, and 40%. Primary data from laboratory tests were analysed using simple linear regression to obtain conclusions. The results showed that the addition of rubber deposit content up to 10% in CRS-1P emulsified asphalt was able to form a composite mixture perfectly. In addition, this research has the potential to reduce the need for asphalt and support waste management with the concept of eco airport. Based on simple linear regression analysis, the addition of rubber deposit to the asphalt did not affect its performance in handling leaks. However, rubber deposit can still be used as a mixture filler because it does not have a negative effect.*

**Keywords:** *CRS-1P Emulsified Asphalt, Leakage, Waterproofing Material, Rubber Deposit*

## PENGESAHAN PEMBIMBING

Tugas Akhir: “PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING* RAMAH LINGKUNGAN” telah diperiksa dan disetujui untuk diuji sebagai salah satu syarat lulus pendidikan Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang.



Nama : PUTU WISNU ARDIA CHANDRA

NIT : 56192110020

PEMBIMBING I

Ir. VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19861008 200912 1 004

PEMBIMBING II

SUKAHIR, S.Si.T., M.T.

Pembina (IV/a)

NIP. 19740714 199803 1 001

KETUA PROGRAM STUDI

Ir. M. INDRA MARTADINATA, S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19810306 200212 1 001

## PENGESAHAN PENGUJI

Tugas Akhir: “PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING* RAMAH LINGKUNGAN” telah dipertahankan dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana Terapan Angkatan ke-2, Politeknik Penerbangan Palembang – Palembang. Tugas Akhir ini telah dinyatakan LULUS Program Sarjana Terapan pada tanggal 15 Juli 2025.

KETUA



Ir. DWI CANDRA YUNIAR, S.H., S.ST., M.Si.

Pembina (IV/a)

NIP. 19760612 199803 1 001

SEKRETARIS



Ir. VIKTOR SURYAN, S.T., M.Sc.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19861008 200912 1 004

ANGGOTA



WILDAN NUGRAHA, S.E., MS.ASM.

Penata Tk.1 (III/d)

NIP. 19890121 200912 1 002

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putu Wisnu Ardia Chandra  
NIT : 56192110020  
Program Studi : Teknologi Rekayasa Bandar Udara Program Sarjana  
Terapan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir berjudul “PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING* RAMAH LINGKUNGAN” merupakan karya asli saya bukan merupakan hasil plagiarisme.

Demikian pernyataan ini, saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi berupa pencabutan gelar akademik dari Politeknik Penerbangan Palembang.

Demikian pernyataan ini, saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 15 Juli 2025

Yang Membuat Pernyataan



Putu Wisnu Ardia Chandra

NIT. 56192110020

## PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Program Sarjana Terapan yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Politeknik Penerbangan Palembang, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Politeknik Penerbangan Palembang. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kaidah ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Sitasi hasil penelitian Tugas Akhir ini dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia sebagai berikut:

Chandra, P. W. A. (2025): PEMANFAATAN LIMBAH *RUBBER DEPOSIT* DAN ASPAL EMULSI CRS-1P SEBAGAI MATERIAL *WATERPROOFING* RAMAH LINGKUNGAN, Tugas Akhir Program Sarjana Terapan, Politeknik Penerbangan Palembang.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara, Politeknik Penerbangan Palembang.

*Dipersembahkan kepada*

*Ayahanda I Wayan Arya, Ibunda I Gusti Ayu Deliyana Utami, Adinda Kadek  
Wahyu Ardia Putra, Adinda Komang Wiguna Ardia Utama dan Keluarga Besar*

## KATA PENGANTAR

*Om Swastyastu,*

Puji syukur diucapkan kepada Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang telah memberikan petunjuk dan kemudahan kepada peneliti sehingga berhasil menyusun dan menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Pemanfaatan Limbah *Rubber Deposit* dan Aspal Emulsi CRS-1P sebagai Material *Waterproofing* Ramah Lingkungan” tepat pada waktunya. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh sebab itu, peneliti ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ida Sang Hyang Widhi Wasa yang telah memberkati karunia-NYA kepada peneliti dalam melaksanakan seluruh aktivitas di Politeknik Penerbangan Palembang.
2. Ayah, Ibu, Adik, Pacar dan segenap keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa secara penuh kepada peneliti sehingga penyusunan Tugas Akhir dapat berjalan dengan baik dan lancar.
3. Bapak Dr. Capt. Ahmad Hariri, S.T., S.Si.T., M.Si. selaku Direktur Politeknik Penerbangan Palembang yang telah memberikan dukungan akademik selama proses perkuliahan.
4. Bapak Ir. M. Indra Martadinata, S.S.T., M.Si. selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang yang telah memberikan saran, panduan dan dukungan akademik selama penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr. Ir. Setiyo, M.M. selaku dosen pembimbing mahasiswa *On the Job Training* (OJT) di Bandar Udara International Juanda Surabaya yang telah memberikan saran dan masukan demi keberlanjutan penelitian.
6. Bapak Ir. Viktor Suryan, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing I dan pendamping pelaksanaan penelitian di laboratorium yang telah memberikan masukan dan kritik yang sangat konstruktif demi kemajuan pelaksanaan penelitian.

7. Bapak Sukahir, S.Si.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan dan nasihat selama proses penelitian ini.
8. Bapak Muhammad Habid Ocherudy selaku *Airport Air Side Facilities Supervisor* Bandar Udara International Juanda Surabaya yang telah membimbing dan mendampingi pelaksanaan penelitian di lapangan.
9. Bapak Ahmad Bastomi selaku *Airport Land Side Facilities Engineer* Bandar Udara International Juanda Surabaya yang telah memberikan bantuan dan dukungan langsung selama pelaksanaan penelitian di lapangan.
10. Seluruh dosen, admin, *staff* pengajar dan teknisi Program Studi Teknologi Rekayasa Bandar Udara Politeknik Penerbangan Palembang yang berkontribusi dalam memberikan ilmu pengetahuan dan pengalaman berharga selama perkuliahan.
11. Seluruh keluarga besar Politeknik Penerbangan Palembang mulai dari sahabat, rekan seperjuangan, kakak dan adik asuh serta pihak lainnya yang secara langsung maupun tidak langsung telah membantu peneliti dalam penulisan Tugas Akhir ini.

Demikianlah Tugas Akhir ini, peneliti berharap ilmu ini dapat memberi kontribusi terhadap perkembangan dunia penerbangan. Peneliti menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak yang berkepentingan.

***Om Santih, Santih, Santih, Om.***

Palembang, 15 Juli 2025

Penulis,



Putu Wisnu Ardia Chandra

NIT. 56192110020

## DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| ABSTRAK .....                           | iii   |
| <i>ABSTRACT</i> .....                   | iv    |
| PENGESAHAN PEMBIMBING .....             | v     |
| PENGESAHAN PENGUJI .....                | vi    |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN .....        | vii   |
| PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR .....    | viii  |
| HALAMAN PERUNTUKAN .....                | ix    |
| KATA PENGANTAR .....                    | x     |
| DAFTAR ISI .....                        | xii   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                   | xv    |
| DAFTAR GAMBAR .....                     | xvi   |
| DAFTAR TABEL .....                      | xvii  |
| DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG .....      | xviii |
| Bab I Pendahuluan .....                 | 1     |
| A. Latar Belakang .....                 | 1     |
| B. Rumusan Masalah .....                | 4     |
| C. Batasan Masalah .....                | 4     |
| D. Tujuan .....                         | 4     |
| E. Manfaat.....                         | 4     |
| F. Sistematika Penulisan .....          | 6     |
| Bab II Tinjauan Pustaka .....           | 7     |
| A. Teori Penunjang .....                | 7     |
| 1. Kebocoran Bangunan .....             | 7     |
| 2. Material <i>Waterproofing</i> .....  | 8     |
| 3. Limbah .....                         | 9     |
| 4. Produksi <i>Rubber Deposit</i> ..... | 10    |
| 5. Aspal Emulsi CRS-1P .....            | 13    |
| 6. Konsep <i>Eco-Airport</i> .....      | 15    |
| B. Penelitian Terdahulu .....           | 17    |

|  |    |
|--|----|
| Bab III Metodologi Penelitian .....              | 26 |
| A. Metode Penelitian .....                       | 26 |
| B. Prosedur Penelitian .....                     | 26 |
| 1. Studi Pustaka .....                           | 27 |
| 2. Observasi Lapangan .....                      | 28 |
| 3. Pembuatan Skema Penelitian .....              | 28 |
| 4. Pembuatan Material <i>Waterproofing</i> ..... | 28 |
| 5. Pengujian Laboratorium .....                  | 28 |
| 6. Analisis Data .....                           | 28 |
| 7. Evaluasi Akhir .....                          | 29 |
| 8. Penarikan Kesimpulan .....                    | 29 |
| C. Lokasi dan Waktu Penelitian .....             | 29 |
| D. Alat dan Bahan Penelitian .....               | 29 |
| 1. Alat Penelitian .....                         | 29 |
| 2. Bahan Penelitian .....                        | 32 |
| E. Pelaksanaan Penelitian .....                  | 34 |
| 1. Preparasi Sampel .....                        | 34 |
| 2. Metode Pengeringan .....                      | 34 |
| 3. Metode Penyaringan .....                      | 34 |
| 4. Pembuatan Material .....                      | 35 |
| F. Teknik Analisis Data .....                    | 36 |
| 1. Analisis Eksperimental .....                  | 36 |
| 2. Analisis Kuantitatif .....                    | 39 |
| G. Jadwal Pelaksanaan .....                      | 43 |
| Bab IV Hasil dan Pembahasan .....                | 45 |
| A. Hasil .....                                   | 45 |
| 1. Pelaksanaan Eksperimen .....                  | 45 |
| 2. Pengujian Kuantitatif .....                   | 62 |
| B. Pembahasan .....                              | 65 |
| Bab V Simpulan dan Saran .....                   | 73 |
| A. Simpulan .....                                | 73 |
| B. Saran .....                                   | 73 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| DAFTAR PUSTAKA ..... | 74 |
| LAMPIRAN .....       | 81 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Lampiran A. Pengujian Kadar Air (SNI 03-1971-1990) .....                | 81  |
| Lampiran B. Pengujian Berat Jenis (ASTM C 128-93) .....                 | 83  |
| Lampiran C. Pengujian Berat Volume (ASTM C 29/C 29M-91) .....           | 86  |
| Lampiran D. Pengujian Efisiensi Campuran Material .....                 | 88  |
| Lampiran E. Pengujian Waktu Mengering (SNI 3564:2014) .....             | 95  |
| Lampiran F. Pengujian Rembesan Air (ASTM D4798) .....                   | 97  |
| Lampiran G. Pengujian Ketahanan Cuaca (ASTM D4798/D4798M) .....         | 99  |
| Lampiran H. Pengujian Daya Sebar (SNI 8665:2018) .....                  | 101 |
| Lampiran I. Tampilan Data Uji pada Aplikasi IBM SPSS Statistic 26 ..... | 104 |
| Lampiran J. Hasil Turnitin Tugas Akhir .....                            | 105 |
| Lampiran K. Lembar Bimbingan Tugas Akhir .....                          | 106 |
| Lampiran L. Dokumentasi Bimbingan Tugas Akhir .....                     | 110 |
| Lampiran L. Video Tahapan Pengujian Campuran .....                      | 111 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar II.1 Kebocoran bangunan di Terminal 1 .....                                    | 8  |
| Gambar II.2 Penerapan <i>waterproofing coating</i> .....                              | 9  |
| Gambar II.3 Tempat pembuangan akhir .....   | 10 |
| Gambar II.4 Tampilan hasil pembersihan <i>rubber deposit</i> pada <i>runway</i> ..... | 11 |
| Gambar II.5 Tampilan limbah <i>rubber deposit</i> di tempat pembuangan .....          | 12 |
| Gambar II.6 Tampilan limbah aspal emulsi .....  | 15 |
| Gambar II.7 Desain <i>eco-airport</i> .....   | 16 |
| Gambar III.1 <i>Flowchart</i> penelitian .....  | 27 |
| Gambar IV.1 Pengujian kadar air material .....  | 48 |
| Gambar IV.2 Proses pengecekan kondisi SSD material .....                              | 49 |
| Gambar IV.3 Pengujian berat jenis material .....                                      | 51 |
| Gambar IV.4 Pengujian berat volume material .....                                     | 53 |
| Gambar IV.5 Pengujian efisiensi campuran material .....                               | 54 |
| Gambar IV.6 Grafik pengujian efisiensi material .....                                 | 54 |
| Gambar IV.7 Pengujian waktu mengering .....   | 56 |
| Gambar IV.8 Pengujian rembesan air .....  | 57 |
| Gambar IV.9 Pengujian ketahanan cuaca .....   | 59 |
| Gambar IV.10 Media uji daya sebar .....   | 60 |
| Gambar IV.11 Pengujian daya sebar .....   | 61 |
| Gambar IV.12 Hasil uji normalitas .....   | 63 |
| Gambar IV.13 Hasil uji heteroskedastisitas .....                                      | 64 |
| Gambar IV.14 Hasil uji linearitas .....   | 64 |
| Gambar IV.15 Hasil uji hipotesis .....  | 65 |
| Gambar IV.16 Hasil pengujian campuran terbaik .....                                   | 70 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel II.1 Jadwal pembersihan <i>rubber deposit</i> .....     | 12 |
| Tabel III.1 Alat penelitian .....                             | 30 |
| Tabel III.2 Bahan penelitian .....                            | 33 |
| Tabel III.3 Rancangan <i>job mix design</i> .....             | 35 |
| Tabel III.4 Jadwal pelaksanaan penelitian .....               | 43 |
| Tabel IV.1 Rekap data pemeriksaan kadar air material .....    | 46 |
| Tabel IV.2 Rekap data pemeriksaan berat jenis material .....  | 50 |
| Tabel IV.3 Rekap data pemeriksaan berat volume material ..... | 52 |
| Tabel IV.4 Rekap data pengujian waktu mengering .....         | 55 |
| Tabel IV.5 Rekap data pengujian rembesan air .....            | 56 |
| Tabel IV.6 Rekap data pengujian ketahanan cuaca .....         | 58 |
| Tabel IV.7 Rekap data pengujian daya sebar .....              | 61 |
| Tabel IV.8 Rekap data penurunan air .....                     | 62 |

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

| SINGKATAN | Nama   | Penggunaan<br>Pertama Kali<br>pada Halaman |
|-----------|--|--|
| CCTV      | <i>Closed Circuit Television</i>                   | 1  |
| FIDS      | <i>Flight Information Display System</i>           | 1  |
| PT        | Perseroan Terbatas                                 | 1  |
| CRS-1P    | <i>Cationic Rapid Setting-1 Polymer</i>            | 2  |
| APBD      | Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah             | 6  |
| APBN      | Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara             | 6  |
| TPA       | Tempat Pembuangan Akhir                            | 10   |
| VIM       | <i>Void in Mix</i>                                 | 17   |
| CAED      | Campuran Aspal Emulsi Dingin                       | 18   |
| CSS-1H    | <i>Cationic Slow Setting-1 High Viscosity</i>      | 18   |
| CRS-1     | <i>Cationic Rapid Setting-1</i>                    | 19   |
| IPAL      | Instalasi Pengolahan Air Limbah                    | 20   |
| KIT       | Kawasan Industri Terpadu                           | 20   |
| KS        | <i>Korean Standard</i>                             | 20   |
| PU        | <i>Polyurethane</i>                                | 23   |
| SWT       | <i>Sewage Treatment Plant</i>                      | 23   |
| AC-WC     | <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>             | 24   |
| ASTM      | <i>American Society for Testing and Materials</i>  | 24   |
| SNI       | Standar Nasional Indonesia                         | 24   |
| SPSS      | <i>Statistical Package for the Social Sciences</i> | 28   |
| OJT       | <i>On the Job Training</i>                         | 29   |
| SSD       | <i>Saturated Surface Dry</i>                       | 30   |
| K-S       | <i>Kolgomorov-Smirnov</i>                          | 41   |
| SRESID    | <i>Studentized Residuals</i>                       | 41   |
| ZPRED     | <i>Standardized Predicted Value</i>                | 41   |
| IBM       | <i>International Business Machines</i>             | 62   |

## LAMBANG

|                 |                      |    |
|-----------------|----------------------|----|
| CH <sub>4</sub> | Metana               | 9  |
| CO              | Karbon monoksida     | 9  |
| CO <sub>2</sub> | Karbon dioksida      | 9  |
| C=O             | Gugus karbonil       | 18 |
| R <sup>2</sup>  | Nilai determinasi    | 22 |
| W               | Massa benda          | 36 |
| V               | Volume               | 37 |
| a               | Konstanta            | 40 |
| b               | Koefisien variabel X | 40 |
| H <sub>o</sub>  | Hipotesis nol        | 40 |
| X               | Variabel bebas       | 40 |
| Y               | Variabel terikat     | 40 |
| H <sub>a</sub>  | Hipotesis alternatif | 41 |
| L               | Luas                 | 60 |
| l               | Lebar                | 60 |
| p               | Panjang              | 60 |
| s               | Sisi                 | 60 |

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Menurut siaran pers PT Angkasa Pura I (Persero) 103/SP.H/X/2018, Bandara International Juanda Surabaya merupakan bandara terbesar kedua di Indonesia dari segi trafik penumpang pesawat. Bandara ini telah menerapkan konsep *eco-airport* untuk mengurangi emisi karbon dunia sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 40 Tahun 2012 tentang Pembangunan dan Pelestarian Lingkungan Hidup Bandar Udara dan regulasi yang tertuang dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP 124/VI/2009 mengenai Pedoman Pelaksanaan Bandara Ramah Lingkungan (*Eco Airport*). Bandara ini memiliki fasilitas terminal yang terdiri dari terminal penumpang dan terminal kargo. Kedua terminal ini telah dilengkapi fasilitas vital untuk meningkatkan kenyamanan dan pelayanan penumpang, seperti: CCTV, FIDS, *X-ray*, *conveyor*, sistem pendingin, sistem transmisi dan distribusi listrik, sistem penerangan dan lainnya (Asman & Wakhidah, 2022). Meskipun berbagai peningkatan telah dilakukan terdapat tantangan lain yang perlu mendapat perhatian khususnya terkait dengan kondisi struktural bangunan yang berpotensi mengalami gangguan akibat faktor lingkungan dan teknis konstruksi.

Perlu diketahui permasalahan struktur atap pada bangunan terminal merupakan masalah serius yang sering terjadi di bandara se-Indonesia terutama pada bangunan dengan atap beton. Beton umumnya rentan mengalami retakan dan patahan pada pondasi, kolom, balok maupun atap akibat mutu beton yang tidak sesuai standar, usia bangunan yang melampaui umur ergonomis dan penurunan tanah yang memicu pergerakan struktur (Sary & Jaya, 2021). Selain itu iklim tropis dan curah hujan di Indonesia yang semakin tidak stabil akibat efek rumah kaca turut mempercepat timbulnya retakan (*crack*) yang berpotensi menyebabkan rembesan air (Masagala, 2022). Rembesan ini akan membuat beton lembab dan akhirnya memicu kebocoran. Kebocoran tersebut dapat mengakibatkan kerusakan atau ketidakberfungsian fasilitas di terminal,

sehingga berdampak pada kenyamanan dan keselamatan penumpang ketika berada di terminal.

Dalam menangani kebocoran pada gedung terminal bandara dapat dilakukan dengan melapisi *crack* dengan pelapis anti bocor atau *waterproofing* untuk mencegah infiltrasi air ke dalam struktur bangunan (Septiawan, 2018). Menurut bapak Ahmad Bastomi selaku *Airport Land Side Facilities Engineer* mengemukakan bahwa di Terminal Bandara International Juanda Surabaya telah dilakukan upaya pencegahan kebocoran dengan melapisi *crack* kecil dengan serat *fiber* lalu dilanjutkan dengan proses *coating* menggunakan cat *waterproofing* yang tersedia di pasaran. Namun, metode tersebut dinilai kurang efektif karena kondisi iklim yang tidak stabil menyebabkan lapisan *waterproofing* mudah aus, mengalami degradasi dan kehilangan daya rekatnya terhadap permukaan beton. Akibatnya, kebocoran kembali terjadi dalam waktu singkat, sehingga perawatan secara berulang perlu dilakukan. Oleh sebab itu, diperlukan inovasi yang lebih efektif agar masalah kebocoran di terminal dapat diminimalkan secara optimal.

Salah satu inovasi yang dapat dikembangkan dalam upaya mitigasi kebocoran pada struktur bangunan terminal adalah pemanfaatan aspal sebagai material *waterproofing*. Aspal yang digunakan berjenis aspal emulsi CRS-1P yang memiliki keunggulan dalam kemudahan aplikasi tanpa proses pemanasan, sehingga lebih ramah lingkungan dan dapat mengurangi emisi karbon selama proses pengerjaan (Susanto, 2020). Selain itu, aspal emulsi CRS-1P mudah ditemukan karena sering digunakan dalam pemeliharaan preventif perkerasan lentur di landasan dengan metode *fog sealing* ataupun *patching*. Secara teknis, aspal ini memiliki daya rekat yang baik terhadap permukaan perkerasan dan dapat membentuk lapisan kedap air yang efektif dalam mencegah infiltrasi air pada struktur bangunan (Sjelly dkk., 2020). Namun untuk meningkatkan sifat ketahanan dan durabilitas sebagai *waterproofing*, aspal emulsi CRS-1P perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan bahan pengisi (*filler*) yang dapat

memperkuat struktur lapisan, meningkatkan elastisitas, dan memperpanjang umur layanan material dalam menghadapi cuaca ekstrem.

*Rubber deposit* adalah limbah anorganik yang berpotensi digunakan sebagai *filler* tambahan dalam aspal emulsi CRS-1P untuk meningkatkan sifat *waterproofing* (Putri dkk., 2022). Sifat elastis dan daya tahan tinggi pada *rubber* memungkinkan peningkatan elastisitas serta stabilitas aspal emulsi, sehingga material ini lebih mampu menahan deformasi akibat perubahan suhu dan bebas dinamis pada struktur yang telah terlapisi (Prastanto dkk., 2018). Secara teknis, pemanfaatan *rubber deposit* sebagai *filler* dapat memperpanjang umur lapisan *waterproofing* dengan mencegah retakan pada perkerasan dalam jangka waktu yang lebih lama. Limbah *rubber* ini dihasilkan secara rutin dari proses pemeliharaan perkerasan *runway*, sebagaimana diatur dalam KP 94 Tahun 2015. Proses ini menggunakan *water blasting system*, yaitu penyemprotan air bertekanan tinggi pada permukaan *runway* untuk mengangkat residu *rubber*. Kemudian residu *rubber* akan di vakum dan disimpan dalam tangki kendaraan *rubber deposit removal*, sebelum akhirnya dibuang ke tempat pembuangan limbah. Namun dibandingkan dibuang, residu ini dapat dimanfaatkan kembali untuk meningkatkan kinerja *waterproofing* yang sejalan dengan konsep *eco-green airport* dalam aspek pengelolaan limbah berbasis prinsip 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*).

Pemanfaatan kombinasi aspal emulsi CRS-1P dan limbah *rubber deposit* sebagai material *waterproofing* diharapkan solusi ini tidak hanya mampu mengatasi kebocoran pada Terminal Bandara International Juanda Surabaya, tetapi juga berkontribusi terhadap konsep bandara ramah lingkungan (*eco-airport*) dengan mengurangi limbah anorganik ini melalui proses daur ulang. Penambahan *rubber deposit* sebagai *filler* ke dalam aspal mampu meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan penggunaannya. Campuran ini diperkirakan lebih efektif dibandingkan cat *waterproofing* yang umumnya diterapkan oleh pihak teknis bandara. Namun sebelum diterapkan perlunya dilakukan pengujian laboratorium untuk mengevaluasi sifat dan ketahanannya

secara komprehensif. Oleh karena itu peneliti ingin mengangkat suatu inovasi berjudul “Pemanfaatan Limbah *Rubber Deposit* dan Aspal Emulsi CRS-1P Sebagai Material *Waterproofing* Ramah Lingkungan”.

## **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah penambahan *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P dapat meningkatkan efisiensi penggunaan material aspal secara berkelanjutan?
2. Bagaimana pengaruh dari penambahan variasi kadar *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P dalam meningkatkan sifat material *waterproofing*?

## **C. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini dibatasi pada eksperimen laboratorium terhadap variasi kadar *rubber deposit* 0%, 10%, 20%, 30%, 40% untuk memperoleh data kuantitatif. Fokus penelitian untuk menguji sifat fisik material, analisis efisiensi campuran material, waktu pengeringan, tingkat rembesan air, ketahanan terhadap cuaca dan daya sebar material. Selain itu, dilakukan analisis statistik untuk mengetahui pengaruh penambahan kadar *rubber deposit* dalam aspal emulsi CRS-1P terhadap sifat *waterproofing* material.

## **D. Tujuan**

Adapun tujuan penelitian yang penulis angkat dalam penelitian ini diantaranya:

1. Mengetahui potensi penambahan *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P terhadap efisiensi penggunaan material aspal secara berkelanjutan.
2. Mengidentifikasi pengaruh dari penambahan variasi kadar *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P terhadap sifat *waterproofing* material.

## **E. Manfaat**

Adapun beberapa manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya:

**1. Mengurangi Limbah dan Mendukung Ekonomi Sirkular**

Penelitian ini membantu mengurangi limbah *rubber deposit* yang umumnya dibuang ke tempat pembuangan akhir bandara dan dibiarkan begitu saja. Dengan melaksanakan *recycle* limbah menjadi material *waterproofing*, nilai tambah dapat tercipta dan mampu membuka peluang ekonomi baru di sektor industri bahan bangunan.

**2. Meningkatkan Ketahanan Struktur terhadap Cuaca dan Kebocoran**

Material *waterproofing* berbasis campuran aspal emulsi dan *rubber deposit* memiliki fleksibilitas tinggi dan daya tahan yang lebih baik terhadap perubahan suhu, kelembaban dan cuaca ekstrem. Hal ini dapat memperpanjang umur atap dan infrastruktur bangunan, sehingga mengurangi biaya perawatan dan perbaikan dalam jangka panjang.

**3. Mendukung Konsep *Eco-Airport* dan Pembangunan Berkelanjutan**

Dengan menggunakan bahan ramah lingkungan, penelitian ini sejalan dengan konsep *eco airport* yang bertujuan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan material hasil daur ulang dapat mendukung prinsip pembangunan berkelanjutan dengan mengoptimalkan sumber daya yang ada dan mengurangi jejak karbon. Hal ini sejalan dengan Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP/124/VI/2009 tentang Pedoman Pelaksanaan Bandar Udara Ramah Lingkungan (*Eco-Airport*) dan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

**4. Menekan Biaya Pemeliharaan Fasilitas Sisi Darat Bandara**

Pemanfaatan material *waterproofing* dari *rubber deposit* dan aspal emulsi diharapkan mampu mengurangi biaya pemeliharaan, khususnya dalam mengatasi kebocoran pada bangunan bandara. Dengan sifat yang lebih tahan lama dan efisien, biaya yang sebelumnya digunakan untuk perbaikan berulang dapat ditekan seminimal mungkin sehingga menjadi lebih ekonomis dalam kurun waktu yang lebih lama. Hal ini juga selaras dengan arahan Presiden Prabowo Subianto mengenai efisiensi anggaran nasional, sebagaimana tertuang dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia

Nomor 1 Tahun 2025 tentang Efisiensi Belanja dalam Pelaksanaan Anggaran Pendapatan Belanja Negara (APBN) dan Anggaran Pendapatan Belanja Daerah (APBD) Tahun Anggaran 2025.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan Tugas Akhir yang penulis buat dapat diuraikan sebagai berikut:

##### **BAB I PENDAHULUAN**

Berisikan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

##### **BAB II LANDASAN TEORI**

Mencangkup deskripsi teoritis yang mendukung penelitian, hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai perbandingan dan kerangka berpikir yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

##### **BAB III METODE PENELITIAN**

Memaparkan metode penelitian yang digunakan, prosedur penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan penelitian, pelaksanaan penelitian, teknik analisis data dan jadwal pelaksanaan penelitian.

##### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Menjelaskan mengenai pelaksanaan eksperimen laboratorium yang dimulai dari pengujian fisik material, efisiensi campuran material, waktu mengering, rembesan air, ketahanan cuaca dan daya sebar. Setelah itu, pelaksanaan pengujian kuantitatif dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan *rubber deposit* pada campuran aspal emulsi CRS-1P sebagai material *waterproofing*.

##### **BAB V SIMPULAN DAN SARAN**

Menjelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari seluruh proses yang telah dilakukan selama pembuatan Tugas Akhir.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Teori Penunjang**

##### **1. Kebocoran Bangunan**

Kebocoran pada konstruksi bangunan khususnya yang sering terjadi di Terminal 1 Bandara International Juanda Surabaya merujuk pada kondisi dimana terdapat rembesan atau aliran air yang masuk melalui celah atau retakan dalam struktur bangunan termasuk atap, dinding dan lantai (Ariyanto, 2020). Kebocoran ini disebabkan oleh banyak faktor, seperti:

- a. Faktor struktural. Struktur bangunan yang mengalami degradasi akibat usia yang melebihi umur ergonomis dapat menyebabkan keretakan pada beton, dinding dan sambungan antar material yang mampu menjadi jalur masuknya air. Pada area seperti atap bangunan, pembuatan sistem drainase perlu dilakukan karena apabila tidak dilakukan akan memicu kebocoran akibat air yang menggenang pada atap.
- b. Faktor material. Penggunaan material yang tidak sesuai mutu akan mempercepat kerusakan bangunan. Sehingga, diperlukan pemilihan material yang lebih baik dan disesuaikan dengan kondisi lapangan.
- c. Faktor makhluk hidup. Hewan pengganggu seperti rayap dan semut mampu mempengaruhi degradasi konstruksi bangunan dengan cepat. Hal ini karena sekitar 10% serangga di daerah beriklim tropis umumnya bersarang di celah bangunan dan akan memicu kebocoran di kemudian harinya.
- d. Faktor iklim dan cuaca. Perubahan cuaca yang ekstrem termasuk hujan deras dan angin kencang juga dapat mempercepat degradasi struktur bangunan dan menjadi pemicu kebocoran. Hal ini karena air hujan yang menggenang akan memperbesar celah retakan yang akan berpotensi kebocoran pada bangunan.
- e. Faktor pemeliharaan. Pemeliharaan bangunan yang tidak dilaksanakan secara rutin akan memicu degradasi struktur dan

memicu kebocoran. Beberapa aktivitas pemeliharaan yang perlu dilakukan diantaranya: pengecatan, pembersihan saluran drainase, penambalan *crack* dan sebagainya.

Berdasarkan faktor pemicu kebocoran pada konstruksi bangunan diperlukan pendekatan komprehensif dalam hal pemilihan material, teknik konstruksi dan pemeliharaan yang baik dalam mencegah kebocoran terkhusus di Terminal 1 Bandara International Juanda Surabaya.



Gambar II.1 Kebocoran bangunan di Terminal 1  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

## 2. **Material *Waterproofing***

*Waterproofing* merupakan sebuah cara yang digunakan untuk mencegah kebocoran suatu bangunan. Pada umumnya teknik ini dilakukan dengan melapisi permukaan yang diperlukan dengan bahan pelapis anti bocor. Beberapa area yang dapat diberi pelapis anti bocor, seperti: *basement*, balkon, dinding, kamar mandi, *ground water tank*, atap beton dan area lainnya yang sering mengalami kebocoran. Cara kerja dari lapisan *waterproofing* adalah menutupi pori-pori permukaan bangunan untuk menghalangi air masuk dan meresap pada permukaan tersebut (Fajri dkk., 2024). Pada umumnya *waterproofing* memiliki berbagai metode implementasi, seperti: *waterproofing coating*, *waterproofing membrane*, *waterproofing integral*, *waterproofing injection* dan masih banyak lagi. Di antara metode-metode tersebut, *waterproofing coating* merupakan metode terpopuler dalam pemeliharaan bangunan. Metode ini dirancang untuk melindungi permukaan bangunan dari rembesan dengan cara melapisi permukaan material sehingga membentuk lapisan kedap air yang melindungi struktur di bawahnya (Nakanishi dkk., 2019).

Keunggulan utama metode *waterproofing coating* adalah kemudahan aplikasi. Pengguna dapat menggunakannya pada semua jenis permukaan, baik vertical seperti dinding dan horizontal seperti lantai atau atap datar. Selain itu, jenis ini dapat diterapkan pada permukaan miring seperti genteng. Melihat dari sifat fleksibilitasnya, pelapis anti-air jenis ini menjadi salah satu solusi *waterproofing* yang paling populer dan praktis (Safiuddin & Soudki, 2015). *Waterproofing coating* juga tersedia dalam berbagai jenis bahan, seperti: aspal cair, sika, resin, cat anti air, dan sebagainya. Setiap bahan memiliki kelebihan tersendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis permukaan yang akan dilapisi. Dengan sifatnya yang mudah diaplikasikan dan kemampuan melindungi berbagai jenis permukaan, *waterproofing coating* sering dipilih untuk mencegah masalah seperti retak, rembesan air atau kerusakan akibat kelembapan yang berlebihan dan kebocoran.



Gambar II.2 Penerapan *waterproofing coating*  
(Sumber: PT.Tosadah, 2025)

### 3. Limbah

Menurut Undang Undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Nomor 32 Tahun 2009, limbah merupakan zat sisa dari suatu kegiatan dan/atau usaha. Dengan kata lain, limbah dapat disebut sebagai sampah. Berdasarkan wujudnya, limbah diklasifikasikan menjadi limbah padat (karet, plastic, kaca), limbah cair (air sabun dan air berminyak) dan limbah gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ) (Rizki & Syamsudin, 2014). Berdasarkan kualifikasi senyawa penyusunnya, limbah dikategorikan menjadi limbah organik (mudah terurai), limbah anorganik (sulit terurai) dan limbah bahan berbahaya dan beracun (berbahan kimia berbahaya). Selain itu, menurut sumbernya limbah umumnya dihasilkan oleh domestik (rumah tangga),

industry, pertanian, elektronik dan medis. Limbah yang menumpuk akan menjadi berbahaya apabila dibiarkan begitu saja karena dapat mencemari lingkungan, mengganggu estetika dan menjadi sumber penyakit, sehingga, perlu beberapa upaya untuk mengatasi masalah tersebut. Beberapa upaya tersebut diantaranya: proses daur ulang sampah anorganik (*reduce, reuse* dan *recycle*) menjadi produk yang tepat guna, pengelolaan komposting limbah organik sebagai pupuk tanaman, insinerasi dan sebagainya (Kerdiati & Darmastuti, 2023). Saat ini, penerapan pengelolaan limbah di Bandara International Juanda Surabaya saat ini masih belum optimal. Limbah sisa dari berbagai aktivitas di bandara umumnya hanya dilakukan pembuangan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) tanpa dilakukan proses daur ulang sampah. Oleh sebab itu, perlunya kreativitas dan peran agen perubahan untuk meminimalkan dampak lingkungan yang ditimbulkan.



Gambar II.3 Tempat pembuangan akhir  
(Sumber: *detik.com*, 2025)

#### 4. **Produksi *Rubber Deposit***

*Rubber deposit* merupakan residu yang dihasilkan oleh aktivitas operasional kebandarudaraan yang apabila tidak dimanfaatkan dengan baik akan menjadi masalah lingkungan.

##### a. **Gambaran Umum *Rubber Deposit***

*Rubber deposit* adalah suatu lapisan karet yang melekat pada permukaan *runway* yang timbul akibat gesekan roda pesawat udara pada saat adanya aktivitas pendaratan (*landing*) yang akumulasinya tinggi di permukaan *runway* (Cahyo dkk., 2022). Dengan tingginya jumlah *rubber deposit*, maka pembersihan perlu dilakukan sesegera mungkin agar tidak mengurangi friksi antara roda pesawat dan landasan. Dalam menentukan jumlah ketebalan *rubber deposit* pada

permukaan *runway*, maka direkomendasikan suatu tes kekesatan yang dilakukan untuk menetapkan kestabilan proses pendaratan dan lepas landas pesawat udara. Adanya *rubber deposit*, dapat mengakibatkan roda pesawat tidak bisa langsung menyentuh permukaan *runway* dengan sempurna apalagi pada saat kondisi basah (Chandra dkk., 2024). Sehingga, perlu dilakukan pembersihan berkala agar tidak membahayakan keselamatan penerbangan.



Gambar II.4 Tampilan hasil pembersihan *rubber* pada *runway*  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

**b. Pembersihan *Rubber Deposit* pada *Runway***

Frekuensi pergerakan pesawat udara merupakan salah satu yang menentukan ketebalan dari *rubber deposit* pada *runway*. Semakin banyak pergerakan pesawat dalam suatu bandara maka semakin tebal *rubber deposit* yang dihasilkan, sehingga pembersihan *rubber deposit* ditentukan oleh pergerakan pesawat setiap harinya. Adapun frekuensi pesawat per hari di landas pacu dan cara pembersihannya telah ditetapkan pada KP 94 Tahun 2015.

Proses pembersihan *rubber deposit* pada *runway* di Indonesia dilakukan dengan dua cara, yakni: penggunaan tenaga manusia dengan cara disikat menggunakan bahan kimia dan menggunakan kendaraan khusus (Saputri & Ginusti, 2022). Dalam proses pembersihan *rubber* menggunakan bahan kimia (*magnus*) membutuhkan biaya yang cukup besar dalam penggunaan jangka panjang, sehingga Bandara International Juanda Surabaya menggunakan kendaraan *rubber deposit removal* dengan kapasitas tangki penampungan sebesar 1.000 galon AS atau setara dengan 3,78 m<sup>3</sup> atau 3.758 liter.

Dengan penerapan kendaraan ini mampu mengangkat *rubber* yang menempel pada permukaan *runway* secara efektif dan efisien biaya operasional. *Rubber deposit* yang berhasil dibersihkan akan ditampung di dalam tangki kendaraan dan dibuang begitu saja di tanah lapang tanpa ada solusi penyelesaiannya. Sehingga, *rubber deposit* dikategorikan sebagai limbah ketika tidak dimanfaatkan dengan baik.



Gambar II.5 Tampilan limbah *rubber* di tempat pembuangan  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

Berdasarkan rekomendasi Kementerian Perhubungan pada KP Nomor 94 Tahun 2015 pada Sub Bab 5.4.1 terdapat jadwal pembersihan *rubber deposit* yang wajib dilakukan sebagaimana Tabel II.1. Dengan total rata-rata pergerakan pesawat udara untuk *take off* dan *landing* di *runway*. Bandara Juanda adalah sebanyak  $\pm 350$  pergerakan setiap harinya. Sesuai dengan rekomendasi dalam KP Nomor 94 tahun 2015 bahwa  $\geq 210$  pergerakan per hari maka pembersihan harus dilakukan maksimum setiap 2 bulan sekali. Guna memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan maka Bandara International Juanda saat ini melakukan pembersihan *rubber deposit* pada *runway* dengan kendaraan *rubber deposit removal* yang dimiliki.

Tabel II.1 Jadwal pembersihan *rubber deposit*

| Frekuensi Pendaratan Per Hari | Pembersihan Rutin |
|-------------------------------|-------------------|
| $\leq 15$                     | Setiap 2 Tahun    |
| 16 – 30                       | Setiap 1 Tahun    |
| 31 – 90                       | 6 Bulan Sekali    |
| 91 - 150                      | 4 Bulan Sekali    |
| 151 – 210                     | 3 Bulan Sekali    |
| $\geq 210$                    | 2 Bulan Sekali    |

(Sumber: KP 94 Tahun 2015)

## 5. Aspal Emulsi CRS-1P

### a. Pengertian

Aspal emulsi CRS-1P (*Cationic Rapid Setting-1 Polymer*) adalah jenis aspal emulsi kationik yang diformulasikan dengan polimer untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketahanannya (Fadhilah dkk., 2022). Emulsi ini memiliki muatan positif (kationik), yang memungkinkan daya rekat optimal pada agregat bermuatan negatif, serta waktu pengerasan yang cepat, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang membutuhkan penyelesaian segera. Penambahan polimer dalam CRS-1P memberikan keunggulan tambahan dibandingkan aspal emulsi biasa, seperti peningkatan elastisitas, ketahanan terhadap deformasi, dan daya tahan yang lebih baik terhadap beban lalu lintas. Oleh karena itu, CRS-1P sering digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk perbaikan jalan cepat, pelapisan tipis (*tack coat*) sebelum pengaspalan ulang, serta restorasi permukaan yang mengalami retak atau aus (Salomón & Palasch, 2002). Dengan kombinasi sifat cepat mengering, daya rekat tinggi, serta ketahanan terhadap cuaca dan tekanan lalu lintas, aspal emulsi CRS-1P menjadi solusi efektif untuk proyek konstruksi yang mengutamakan efisiensi, kualitas, dan daya tahan jangka panjang.

### b. Keunggulan Menggunakan Aspal Emulsi CRS-1P

Penggunaan aspal emulsi CRS-1P memiliki beberapa keunggulan dibandingkan jenis aspal lainnya, diantaranya:

- 1) Tanpa pemanasan. Penggunaan cairan aspal emulsi ini tidak memerlukan pemanasan dalam aplikasinya di lapangan, sehingga menjadi lebih praktis dan hemat energi.
- 2) Cepat *setting*. Aspal ini mampu mengering dalam waktu 5 sampai 10 menit. Oleh karena itu, pengerjaan konstruksi akan menjadi lebih cepat dan mengurangi waktu tunggu.
- 3) Dapat diterapkan pada permukaan yang basah. Aspal ini dapat diterapkan pada permukaan struktur yang masih basah dengan

syarat tidak terdapat genangan air. Jadi tidak perlu menunggu permukaan kering terlebih dahulu.

- 4) Dapat dilarutkan dengan air. Aspal emulsi dapat dilarutkan dengan air bersih dengan rasio 60:40 atau 50:50 dan dapat diaplikasikan dengan volume 0,32 – 0,60 lt/m<sup>2</sup> sesuai kebutuhan.
- 5) Daya lekat yang baik. Aspal emulsi ini dibuat dengan aspal 60/70 sehingga memiliki daya lekat terbaik pada permukaan perkerasan lama dan baru.
- 6) Tidak mengalami *bleeding*. Penggunaan *cutback* berlebih akan menimbulkan *bleeding* karena minyak yang naik ke lapisan baru membuat aspal menjadi lunak dan muncul ke permukaan setelah dilewati lalu lintas. Namun aspal emulsi CRS-1P ini mampu menghindari kemungkinan terjadinya hal tersebut.
- 7) Ramah lingkungan. Aspal jenis ini menggunakan minyak dalam jumlah yang sangat sedikit sebagai pelarut, sehingga tidak menghasilkan uap yang berkontribusi terhadap polusi. Selain itu, penerapan aspal ini dapat mengurangi konsumsi bahan bakar, sehingga secara otomatis menjadikannya pilihan yang lebih ramah lingkungan.

**c. Penerapan Aspal Emulsi CRS-1P di Bandara**

Dalam kegiatan pemeliharaan *runway* di Bandara Juanda Surabaya menggunakan jenis aspal emulsi CRS-1P. Jenis aspal ini mengandung polimer dan digunakan sebagai lapisan perekat (*tack coat*) atau laburan aspal (buras atau burtu), sehingga sangat cocok digunakan dalam kegiatan *fog sealing* saat pemeliharaan *runway*, *pothole patching*, dan pekerjaan *overlay* karena memiliki waktu *setting* yang cepat. Perlu diketahui bahwa kegiatan *fog sealing* ini bertujuan merekatkan retakan (*crack*) kecil pada *runway* agar tidak meluas yang dapat mengganggu keselamatan penerbangan. Kemudian apabila *runway* sudah memiliki banyak *crack* yang parah dan sudah dilakukan *patching* berkali-kali tetapi struktur perkerasan tetap rusak maka kegiatan *overlay* perlu dilakukan. Dari kegiatan pemeliharaan *runway*

dengan menggunakan jenis aspal emulsi ini akan menghasilkan limbah aspal yang hingga kini belum dimanfaatkan secara maksimal. Berikut ini merupakan beberapa contoh limbah aspal emulsi yang tidak digunakan dan disimpan dalam drum:



Gambar II.6 Tampilan limbah aspal emulsi  
(Sumber: Dokumentasi Penulis, 2025)

## 6. Konsep *Eco-Airport*

*Eco-airport* merupakan konsep bandara berkelanjutan yang diciptakan untuk mengurangi dampak lingkungan dari hasil kegiatan operasional bandara itu sendiri. Menurut Masrun dkk., (2016) menyatakan bahwa konsep ini perlu dilakukan dengan merubah kebiasaan, pola pikir, teknologi dan pengetahuan di bidang penerbangan sipil dalam pengelolaan bandara hijau. Adapun regulasi yang mengatur konsep *eco-airport* di Indonesia tertera dalam Peraturan Direktur Jenderal Perhubungan Udara Nomor: SKEP 124/VI/2009 tentang Pedoman Pelaksanaan Bandara Ramah Lingkungan (*Eco Airport*). Regulasi ini memperhatikan beberapa faktor penting, seperti: mekanisme penghijauan, pengelolaan air bersih, penghematan energi, pengelolaan limbah dan pencemaran udara. Adapun tujuan dari terselenggarakannya konsep ini sebagai berikut:

- a. Membangun bandara berstandar international dengan fokus pengelolaan pada lingkungan berkelanjutan.
- b. Mengimplementasikan pengelolaan bandara yang holistik, harmonis dan selaras dengan lingkungannya.
- c. Menyelenggarakan bandara yang dapat mendukung tercapainya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*)

- d. Lingkungan sekitar bandara diharapkan dapat mencegah dan mengurangi polusi, memanfaatkan penggunaan luas lahan di sekitar bandara, membangun konektivitas dengan bandara lain dan meningkatkan keselarasan dengan wilayah di sekitar bandara.



Gambar II.7 Desain *eco-airport*  
(Sumber: Suryan dkk., 2024)

Dalam konferensi *ASEAN-JAPAN-Eco-Airport Guideline* menegaskan bahwa terdapat beberapa aspek penting yang perlu diperhatikan dalam penerapan konsep *eco-airport* untuk mendukung operasional penerbangan, diantaranya:

- a. Aspek udara. Industri penerbangan berisiko tinggi menghasilkan polutan yang timbul dari kegiatan operasional, seperti: nitrogen oksida, karbon monoksida, karbon dioksida dan debu.
- b. Aspek tanah. Tumpahan pelumas, bahan bakar dan material lainnya ketika perawatan pesawat akan mengakibatkan polusi tanah
- c. Aspek air. Penggunaan air dalam jumlah besar untuk berbagai keperluan, seperti: fasilitas sanitasi, pencucian pesawat dan lainnya akan menyebabkan kontaminasi pada air tanah.
- d. Aspek energi. Konsumsi energi yang tidak diperhitungkan dalam kegiatan operasional bandara, seperti: gas, listrik, dan bahan bakar akan berkontribusi terhadap efek pemanasan global.
- e. Aspek limbah. Limbah yang dihasilkan dari kegiatan manusia di bandara haruslah dilakukan pengelolaan agar tidak mencemari lingkungan. Pengelolaan dapat dilakukan dengan menerapkan prinsip 3R (*Reduce, Reuse dan Recycle*).
- f. Aspek lingkungan alami. Bandara tidak berdiri sendiri dan membutuhkan dukungan alam sekitarnya, sehingga bandara yang

berorientasi pada kelestarian lingkungan berarti tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan disekitarnya.

Upaya menuju bandara berbasis lingkungan yang ideal harus mempertimbangkan setiap aspek yang telah disebutkan diatas. Apabila salah satu aspek diabaikan, maka proses pengembangannya dapat mengalami hambatan. Hal ini karena setiap elemen pada aspek tersebut saling terhubung dan mempengaruhi satu sama lain (Agustini, 2019). Selain 6 (enam) komponen utama dalam manajemen lingkungan yang telah dijelaskan, eraturan Direktur jenderal Perhubungan Udara Nomor SKEP/124/VI/2009 juga mencangkup beberapa aspek tambahan, seperti: sosial, ekonomi, budaya dan kesehatan masyarakat sebagai bagian dari pendekatan keberlanjutan dalam pengelolaan bandara.

Hasil dari kegiatan pemeliharaan *runway* dengan metode *fog sealing* untuk menutup permukaan perkerasan pada *runway* dan aktivitas pembersihan sisa karet di permukaan landasan pacu (*rubber deposit removal of runway*) merupakan salah satu contoh komponen limbah yang dihasilkan oleh operasional bandara. Maka sesuai dengan komponen nomor 5 (lima) dalam konsep *eco-airport*, bandara wajib mengatasi permasalahan tersebut dengan proses mitigasi pengelolaan yang efektif dan efisien agar limbah tersebut menjadi lebih tepat guna dan/atau tepat penanganan bagi lingkungan hidup.

## **B. Penelitian Terdahulu**

Menurut penelitian Horas dkk (2018) meneliti pengaruh penambahan serbuk ban bekas pada campuran aspal emulsi dingin untuk perkerasan jalan. Penelitian ini menggunakan kadar aspal 8% dari berat agregat dengan variasi serbuk ban bekas sebesar 2%, 4% dan 6% dari berat total campuran. Hasil pengujian menunjukkan hasil bahwa *Void in Mix* (VIM) meningkat seiring penambahan serbuk ban, namun masih berada dalam batas spesifikasi yang diizinkan. Persamaannya, kedua penelitian ini memanfaatkan limbah karet

sebagai bahan tambahan campuran aspal emulsi yang bertujuan untuk meningkatkan karakteristik material dengan pendekatan ramah lingkungan. Perbedaannya, penelitian sebelumnya berfokus pada karakteristik campuran untuk aplikasi perkerasan jalan, sementara penelitian ini mengembangkan material *waterproofing coating* berbasis limbah *rubber deposit* dan aspal emulsi CRS-1P untuk melapisi permukaan atap beton Terminal 1.

Penelitian Thesman dkk (2019) meneliti pengaruh serbuk ban bekas sebagai pengganti agregat halus pada Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan *filler fly ash* tipe C. Tujuannya mengetahui pengaruh substitusi agregat halus dengan serbuk ban bekas dalam kadar 25%, 50%, 75% dan 100% terhadap CAED. CAED yang digunakan adalah aspal CSS-1h sebanyak 8% dan *fly ash* sebagai *filler* sebanyak 2% dari berat tital agregat halus. Hasil menunjukkan semakin tinggi kadar serbuk ban, stabilitas campuran menurun akibat meningkatnya nilai VIM. Kadar optimal adalah 25% karena memenuhi spesifikasi stabilitas dan VIM. Persamaan dengan penelitian ini adalah sama-sama menggunakan limbah karet ban dan aspal emulsi dalam pemanfaatan produk cat ramah lingkungan. Adapun perbedaannya terletak pada jenis aspal dan asal limbah tersebut. Penelitian sebelumnya menggunakan aspal emulsi berjenis CSS-1H dengan *filler* karet ban kendaraan dan *fly ash* pada campuran, sedangkan pada penelitian ini menggunakan aspal emulsi CRS-1P dengan *filler* limbah *rubber deposit* hasil pemeliharaan perkerasan sisi udara sesuai KP 94 Tahun 2015.

Penelitian yang dilakukan oleh Ge dkk (2020) mengevaluasi karakteristik residu dari aspal emulsi yang dimodifikasi dengan karet serta efektivitas penggunaan *crumb rubber* sebagai bahan pengikat. Hasil menunjukkan bahwa metode evaporasi tidak sepenuhnya menghilangkan kandungan air dan performa aspal emulsi sangat dipengaruhi oleh jenis aspal murni yang digunakan, terutama seiring dengan meningkatnya kadar karet dalam campuran. Gugus C=O terbukti efektif dalam mengukur tingkat penuaan residu aspal. Persamaannya, kedua penelitian ini memanfaatkan limbah karet dalam

pengembangan material berbasis aspal emulsi dan berorientasi pada peningkatan kinerja material. Keduanya juga mendukung pemanfaatan limbah sebagai solusi ramah lingkungan dalam konstruksi. Perbedaannya, penelitian sebelumnya berfokus pada karakteristik residu dan performa aspal emulsi untuk di aplikasikan di jalan, sedangkan penelitian ini berfokus pada efisiensi dan pengaruh penambahan *rubber deposit* ke dalam aspal emulsi CRS-1P dalam meningkatkan sifat *waterproofing* pada atap Terminal 1.

Pada penelitian Sary & Jaya (2021) yang mengkaji kerusakan beton pada atap dak rumah tinggal untuk mengidentifikasi penyebab utama kerusakan yang sering terjadi di Indonesia. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa sebagian besar atap dak beton rumah tinggal tidak dilakukan pemeliharaan intensif ditambah mutu yang tidak sesuai standar SNI. Hal ini menyebabkan keretakan pada permukaan beton yang menyebabkan kebocoran pada rumah tinggal. Sehingga membutuhkan penggunaan lapisan pelindung seperti *waterproofing sheet*, kawat ayam, *screed*, hingga penerapan cat *waterproofing* sebagai lapisan akhir. Persamaan dengan kedua penelitian terletak pada perlindungan atap dak beton dari rembesan air melalui penggunaan material *waterproofing*. Perbedaannya, penelitian sebelumnya menitik beratkan pada identifikasi penyebab kerusakan akibat pelaksanaan konstruksi yang tidak sesuai standar dan solusi melalui penerapan material *waterproofing* konvensional, sedangkan penelitian ini menerapkan *recycle* limbah yang tidak digunakan menjadi produk *waterproofing* ramah lingkungan yang mampu meningkatkan performa konstruksi.

Rezki dkk (2022) meneliti pentingnya aplikasi lapis perekat dalam struktur perkerasan. Penelitian ini menggunakan perangkat BISAR 3.0 untuk menganalisis nilai tegangan geser maksimum pada pembebanan *overload* 1000 kN yaitu 0,561 MPa pada struktur perkerasan. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi lapis perekat jenis aspal emulsi CRS-1 dan CRS-1P menunjukkan kuat geser masing-masing sebesar 1,610 MPa dan 1,390 MPa yang melebihi batas maksimum. Masing-masing jenis lapis perekat memiliki nilai *rate of sprayed*

sebesar  $0,35 \text{ I/m}^2$  dan *curing time* selama 45 menit. Persamaan dengan penelitian ini adalah menggunakan aspal emulsi CRS-1P dan mengevaluasi performanya sebagai pelapis permukaan. Perbedaan penelitian sebelumnya berfokus pada fungsi struktural lapis perekat dalam perkerasan jalan untuk mendukung daya ikat antar lapisan, sedangkan penelitian ini menekankan perlindungan permukaan beton dari air menggunakan material tambahan berbasis limbah karet.

Yoon dkk (2022) meneliti bahan pelapis tahan air berbasis aspal karet larut air yang umum digunakan untuk mencegah kebocoran dari dalam struktur. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan sifat fisik material melalui penambahan aditif dengan rasio campuran yang berbeda. Sebanyak 27 kombinasi diuji dan 14 diantaranya dievaluasi berdasarkan daya rekat dan ketahanan fatik berdasarkan standar KS F 3211-'15. Hasilnya menunjukkan bahwa beberapa kombinasi mampu mencapai 98-104% dari standar mutu. Hal ini membuktikan bahwa penambahan bahan aditif dapat menghasilkan material *waterproofing* dengan kinerja yang lebih baik. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada tujuan untuk meningkatkan performa material *waterproofing* melalui modifikasi komposisi bahan yang diujikan secara laboratorium. Adapun perbedaannya terletak pada jenis bahan yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan aspal karet larut air dan bahan aditif sintetis dengan fokus pada pengembangan standar performa industri (KS F 3211), sedangkan penelitian ini menggunakan *recycle* limbah *rubber deposit* sebagai *filler* tambahan pada aspal emulsi CRS-1P sebagai material *waterproofing* ramah lingkungan.

Penelitian menurut Gustiono & Pudyastuti (2023) membahas perencanaan *test* rendam dan penanggulangan kebocoran pada kolam air dalam proyek pembangunan IPAL Terintegrasi dan Jaringan Perpipaan KIT Batang Fase 1-450 Ha. Pada penelitian ini menekankan pentingnya *test* rendam untuk mendeteksi penurunan volume air akibat kebocoran. Solusi yang diterapkan adalah menginjeksi lokasi kebocoran dengan material *polyurethane* yang

mampu mengembang hingga dua meter untuk menutup rongga dan menghentikan kebocoran. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada penggunaan *test* rendam sebagai metode untuk mengukur tingkat rembesan air atau kebocoran pada media uji. Adapun perbedaannya terletak pada metode penanggulangan kebocoran. Penelitian sebelumnya menggunakan metode injeksi *polyurethane*, sedangkan peneliti saat ini menggunakan metode *coating* berbahan dasar limbah *rubber deposit* dan aspal emulsi CRS-1P.

Penelitian yang dilakukan oleh Khadim & Al-Mosawe (2023) mengembangkan inovasi campuran aspal keras dengan *crumb rubber* untuk meningkatkan daya tahan dan sifat mekanis material. Hasil menunjukkan bahwa penambahan 8% *crumb rubber* dapat meningkatkan stabilitas Marshall sebesar 20% untuk aspal penetrasi 40/50 dan 34% untuk 50/60 serta meningkatkan ketahanan terhadap kelembaban. Persamaan kedua penelitian terletak pada pemanfaatan limbah karet sebagai *filler* tambahan campuran aspal. Perbedaannya, penelitian sebelumnya menggunakan aspal yang dipanaskan terlebih dahulu sebelum proses pencampuran dilakukan, sementara penelitian ini menggunakan aspal emulsi CRS-1P yang memungkinkan proses pencampuran dengan *filler rubber deposit* dilakukan tanpa proses pemanasan. Pendekatan ini cenderung lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi emisi karbon selama proses aplikasi material.

Penelitian oleh Jati dkk (2023) mengembangkan inovasi *waterproofing coating* berbasis *cement based* dengan memanfaatkan limbah *styrofoam* yang dilarutkan dalam *thinner polyurethane* yang memiliki sifat kedap air dan ditambah *waterglass* sebagai perekat serta *fly ash* dan limbah cangkang kerang sebagai bahan tambah *cementitious*. Dengan metode deskriptif kuantitatif menunjukkan hasil bahwa variasi campuran dengan komposisi rasio 4:1:5 pada *styrofoam*, *waterglass* dan *fly ash* merupakan campuran paling optimal karena telah lolos pada seluruh tahapan pengujian. Inovasi ini dinilai mampu dalam mengurangi limbah dan menghasilkan bahan finishing bangunan yang ramah lingkungan, praktis dan ekonomis. Persamaan dalam penelitian yang dilakukan

peneliti terletak pada pemanfaatan daur ulang limbah anorganik sebagai material *waterproofing* ramah lingkungan dan penerapannya menggunakan metode *coating*. Perbedaannya terletak pada jenis bahan yang digunakan. Peneliti terdahulu menggunakan limbah *styrofoam*, *fly ash* dan cangkang kerang, sedangkan penelitian ini menggunakan limbah *rubber deposit* dan aspal emulsi CRS-1P sebagai bahan utama pembuatan material *waterproofing*.

Pada penelitian Yudian dkk (2023) dilatarbelakangi oleh meningkatnya jumlah pengendara yang menyebabkan kerusakan jalan akibat deformasi dan *crack* pada struktur perkerasan. Solusi yang ditawarkan adalah penggunaan aspal modifikasi berbahan karet alam berjenis lateks. Tujuan penelitian ini adalah memprediksi nilai modulus kekakuan aspal karet alam lateks menggunakan regresi linear berganda dengan variabel penetrasi, titik leleh dan kadar karet. Hasil analisis menunjukkan bahwa model prediksi yang dikembangkan memiliki akurasi tinggi dengan rata-rata galat 3,28% dan nilai determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9917. Persamaan penelitian ini terletak pada penggunaan material karet sebagai bahan campuran aspal untuk meningkatkan performa material melalui pemanfaatan limbah daur ulang. Adapun perbedaannya terletak pada metode yang digunakan, penelitian sebelumnya menganalisis dengan regresi linear berganda, sedangkan penelitian ini diawali dengan pengujian laboratorium, kemudian dilanjutkan dengan analisis statistik menggunakan regresi linear sederhana untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi kadar *rubber deposit* terhadap peningkatan sifat *waterproofing* aspal emulsi CRS-1P.

Fajri dkk (2024) mengkaji pemanfaatan *fly ash* sebagai material *waterproofing coating* untuk mengatasi kebocoran pada bangunan gedung. *Fly ash* yang digunakan dalam produk *geo coating* memiliki keunggulan berupa permeabilitas rendah, lebih tahan terhadap cuaca ekstrem dan lingkungan yang agresif, sehingga efektif memperbaiki retakan pada struktur bangunan. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada pemanfaatan *recycle* limbah anorganik sebagai material *waterproofing* ramah lingkungan dengan metode aplikasi *coating* yang diterapkan pada permukaan atap bangunan.

Perbedaannya adalah penelitian sebelumnya hanya menggunakan *fly-ash* sebagai material *waterproofing*, sedangkan pada penelitian yang diangkat mengkolaborasikan aspal emulsi CRS-1P dan limbah *rubber deposit* dalam membuat material *waterproofing* ramah lingkungan.

Dalam penelitian Fikri Haekal dkk (2024) menganalisis pemanfaatan limbah serbuk kaca sebagai bahan tambahan cat untuk meningkatkan karakteristik *waterproofing* pada cat dinding. Melalui metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif pada variasi kadar serbuk kaca 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% dengan serangkaian uji rembesan air, adhesi, resapan air, berat jenis, daya sebar dan pengujian waktu mengering menunjukkan hasil bahwa penambahan serbuk kaca sebanyak 10% pada cat merupakan campuran dengan komposisi paling optimal dibandingkan dengan variasi lainnya. Hal ini dikarenakan campuran dengan kadar 10% dapat lolos pada seluruh rangkaian pengujian, sehingga mampu mengurangi limbah kaca menjadi produk *waterproofing* ramah lingkungan. Persamaan penelitian ini dengan penelitian yang sedang dilakukan terletak pada pemanfaatan *recycle* limbah anorganik sebagai bahan tambahan pada produk *waterproofing* kualitas tinggi dan ramah lingkungan. Adapun perbedaannya terletak pada jenis material yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan cat dan serbuk kaca sebagai material *waterproofing* yang akan diterapkan pada dinding, sedangkan peneliti menggunakan material aspal emulsi CRS-1P dan limbah *rubber deposit* yang akan diterapkan pada permukaan atap beton Terminal 1 sebagai material *waterproofing*.

Pada penelitian Permatasari dkk (2024) melakukan studi kasus terhadap kebocoran dinding *Sewage Treatment Plant* (SWT) pada proyek pembangunan Hotel Moxy Solo. Proses perbaikan dilakukan melalui metode injeksi menggunakan material PU 300 Pentens yang dilanjutkan dengan *test* rendam selama tujuh hari untuk memastikan keberhasilan perbaikan. Penelitian ini menghasilkan tahapan metode pelaksanaan *waterproofing* yang digunakan di lapangan. Persamaan dengan penelitian ini adalah penggunaan *test* rendam sebagai metode evaluasi tingkat rembesan air pada media uji *waterproofing*.

Sementara itu, perbedaannya terletak pada teknik dan material yang digunakan. Penelitian sebelumnya menggunakan metode injeksi berbahan PU 300 Pentens, sedangkan penelitian ini menggunakan metode *coating* dengan material berbasis limbah *rubber deposit* dan aspal emulsi CRS-1P sebagai solusi *waterproofing* ramah lingkungan.

Menurut Widari dkk (2024) dalam penelitiannya memanfaatkan penambahan limbah *inner-tube rubber* dan abu cangkang kemiri sebagai substansi campuran aspal AC-WC. Penelitian eksperimental ini menggunakan 18 benda uji dan diujikan menggunakan metode Marshall. Hasil diperoleh pada campuran 3% *inner-tube rubber* dan 25% abu cangkang kemiri dengan kadar aspal 6% menghasilkan parameter Marshall yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Persamaan dengan penelitian ini adalah penggunaan limbah karet sebagai *filler* tambahan pada aspal untuk meningkatkan kinerja aspal. Perbedaan dengan penelitian ini ada pada metode implementasi dimana penelitian sebelumnya memerlukan proses pemanasan dalam melakukan pencampuran *filler* dan aspal sebelum diaplikasikan di lapangan, sedangkan penelitian ini menggunakan jenis aspal emulsi CRS-1P yang notabene penerapannya dapat dilakukan tanpa proses pemanasan. Sehingga, penerapan penelitian ini mampu mencegah emisi karbon global.

Zulfa dkk (2025) melakukan studi eksperimental tentang penambahan limbah kaca bening (*float glass*) dan cangkang kerang hijau (*perna viridis*) untuk meningkatkan efektifitas cat *waterproofing*. Tujuannya untuk mengetahui ketahanan air dari cat yang dicampur dengan serbuk kaca bening pada variasi 10%, 15% dan 20% serta serbuk cangkang kerang pada variasi 5%, 7,5% dan 10%, masing-masing dengan volume 1 liter cat konvensional. Berdasarkan hasil pengujian rembesan air menunjukkan campuran belum memenuhi standar SNI. Namun, pengujian daya serap air, berat jenis, daya sebar dan waktu mengering telah memenuhi standar SNI. Pada uji adhesi, seluruh variasi campuran juga telah memenuhi standar ASTM D3359. Penambahan kedua jenis limbah tersebut menghasilkan biaya produksi yang lebih ekonomis

dibandingkan dengan cat konvensional. Persamaan dengan penelitian ini terletak pada pemanfaatan limbah anorganik sebagai bahan tambahan dalam pembuatan material *waterproofing* ramah lingkungan. Kedua penelitian sama-sama menerapkan pengujian rembesan air, berat jenis, waktu mengering dan daya sebar sesuai standar yang berlaku. Sedangkan perbedaan penelitian sebelumnya berfokus pada formulasi cat *waterproofing* dengan bahan dasar limbah kaca dan cangkang kerang yang diterapkan pada dinding. Selain itu, penelitian ini menggunakan limbah *rubber deposit* dan aspal emulsi CRS-1P dengan metode *coating* yang diaplikasikan pada permukaan beton sebagai material *waterproofing* ramah lingkungan.