BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Jalan adalah prasarana transportasi untuk mempermudah dan menghubungkan suatu tempat ke tempat lainnya. Jalan yang baik tidak hanya mempermudah pergerakan antarwilayah, tetapi juga membantu pada segi pertumbuhan ekonomi. Namun, kondisi jalan di indonesia masih menghadapi berbagai kendala. Berdasarkan laporan Statistik Transportasi Darat 2023 dari Badan Pusat Statistik (BPS) menunjukkan bahwa lebih dari 34% jalan di Indonesia berada dalam kondisi tidak optimal.

Secara umum, seiring waktu umur jalan bertambah, fungsi strukturalnya akan semakin menurun. Degradasi awal pada perkerasan biasanya dialami jalan yang baru dibangun atau baru diperbaharui, dan kerap terjadi dalam jangka waktu yang relatif singkat (Sudarno dkk, 2018). Kerusakan jalan bisa disebabkan oleh lingkungan yang berair yang mengalami siklus basah dan kering secara menerus dan berulang. Terutama akibat pengaruh iklim tropis yang ekstrem.

Pergantian antara musim hujan dan kemarau menyebabkan lapisan jalan mengalami siklus basah dan kering. Saat musim hujan, air meresap ke dalam pori-pori campuran aspal dan melemahkan ikatan antara agregat dan pengikat, sementara

pada musim panas, suhu tinggi menyebabkan penyusutan termal dan retak mikro. Kombinasi dari kedua kondisi ini mempercepat degradasi struktural, menurunkan umur layanan perkerasan, dan meningkatkan biaya pemeliharaan jalan (Hoy dkk., 2017)

Tantangan utama dalam penggunaan aspal beton adalah degradasi material akibat perubahan suhu, kelembaban, serta beban lalu lintas yang tinggi, yang dapat menyebabkan retak dan deformasi permanen pada perkerasan (Baskara, 2019). Penelitian oleh Lu dkk (2021) Tentang pengaruh siklus kering dan basah terhadap stabilitas campuran aspal menunjukkan bahwa stabilitas campuran aspal menurun drastis setelah beberapa siklus kelembaban dan pengeringan, terutama ketika suhu siklus tinggi. Siklus ini mempercepat pembentukan retakan mikro dan makro yang memperlemah integritas struktural campuran.

Sebagai alternatif dari aspal beton umum, penggunaan geopolimer mulai dikembangkan sebagai inovasi yang lebih ramah lingkungan. Geopolimer merupakan material berbasis silikat dan aluminat seperti fly ash yang dapat diaktifkan menggunakan larutan alkali seperti NaOH dan Na_2SiO_3. Berdasarkan penelitian oleh Hoy dkk (2017) Penambahan geopolimer dalam campuran aspal beton dapat menambah performa dari aspal beton

Limbah hasil pengerukan pelabuhan berpotensi digunakan sebagai bahan tambahan dalam campuran geopolimer. Sedimen hasil pengerukan pelabuhan memiliki kandungan silika dan alumina yang cukup tinggi, menjadikannya bahan

yang sesuai untuk pembuatan material geopolimer. Berdasarkan data tahunan PT Pengerukan Indonesia (Rukindo) volume pengerukan yang dilakukan setiap tahun cukup besar, dan meningkat tiap tahunnya.

Tabel 1.1 Volume Pengerukan PT. Rukindo
Sumber : (Laporan tahunan rukindo)

Tahun	Volume Pengerukan
2019	1,638.277 m^3
2020	1,680.000 m^3
2021	2,800.000 m^3
2022	3,818.692 m^3

Sedimen hasil pengerukan ini sebagian besar terdiri dari lumpur, pasir, dan tanah yang sering terkontaminasi logam berat seperti Pb, Zn, dan Cu. Penelitian oleh Silitonga (2016) pada sedimen Pelabuhan Belawan menunjukkan bahwa kadar logam b erat melebihi ambang batas yang ditetapkan oleh baku mutu lingkungan. Diperlukan pengolahan yang mampu mengikat unsur-unsur tersebut. Salah satu metode yang efektif adalah melalui proses geopolimerisasi dengan alkali aktivator seperti NaOH dan Na_2SiO_3. Aktivator ini tidak hanya berperan dalam membentuk struktur geopolimer yang kuat dan stabil, tetapi juga mampu mengikat logam berat.

Metode wet and dry test digunakan karena paling mendekati kondisi nyata yang dihadapi jalan di Indonesia. Pergantian musim hujan dan kemarau membuat

lapisan aspal beton terus-menerus mengalami proses perendaman dan pengeringan. Siklus ini mempercepat kerusakan, mulai dari melemahnya ikatan antarpartikel hingga terbentuknya retakan. Tanpa uji ini, sulit untuk mengetahui secara pasti seberapa kuat campuran aspal beton geopolimer dalam menghadapi lingkungan tropis yang lembab dan bersuhu tinggi. Oleh sebab itu, wet and dry test menjadi cara yang tepat untuk menilai apakah campuran inovatif berbasis geopolimer benar-benar mampu memberikan solusi dalam memperpanjang umur layanan jalan di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini diarahkan untuk melihat bagaimana pengaruh siklus wet and dry test memengaruhi kekuatan dan daya tahan campuran aspal beton geopolimer. Campuran dibuat dengan aspal dan memanfaatkan sedimen hasil pengerukan pelabuhan dan fly ash sebagai bahan pengisi, serta divariasikan dengan alkali aktivator NaOH dan Na_2SiO_3. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditemukan formulasi yang lebih optimal dan mampu bertahan terhadap kondisi iklim tropis ekstrem di Indonesia.

Dengan demikian, penelitian ini diberi judul:

"**Analisis Simulasi Kondisi Ekstrem Dengan Wet And Dry Test Terhadap Performa Mekanik Aspal Beton Geopolimer Dengan Alkali Aktivator NaOH dan Na_2SiO_3 Menggunakan Limbah Pengerukan Pelabuhan**."

1.2 Identifikasi masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah:

1. Kondisi jalan di Indonesia masih banyak yang tidak optimal, salah satunya disebabkan oleh kerusakan dini akibat siklus basah–kering pada iklim tropis.
2. Campuran aspal beton konvensional cenderung tidak mampu bertahan lama, karena ikatan antara aspal dan agregat mudah melemah saat terkena air, lalu timbul retakan ketika mengalami pengeringan berulang.
3. Sedimen hasil pengerukan pelabuhan sebenarnya memiliki potensi besar sebagai bahan pengisi dalam pembuatan geopolimer karena kandungan silika dan aluminanya yang tinggi, namun pemanfaatannya dalam campuran aspal beton masih jarang diteliti.
4. Belum ada formulasi campuran aspal beton geopolimer yang jelas dan optimal, terutama dengan variasi alkali aktivator (NaOH dan Na_2SiO_3), yang benar-benar mampu meningkatkan kekuatan mekanik dan ketahanan terhadap kondisi siklus basah–kering di lapangan.

1.3 Pembatasan masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus dan dapat memberikan hasil yang lebih terukur, maka penelitian ini memiliki beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Material pengisi (filler) yang digunakan dibatasi pada sedimen hasil pengerukan pelabuhan dan fly ash.
2. Aktivator alkali yang digunakan terbatas pada larutan Sodium Hidroksida (NaOH) dan Sodium Silikat (Na_2SiO_3), dengan variasi konsentrasi dari NaOH 8M, 10M, 12M dan rasio Na_2SiO_3 1:1 dan 2:1.
3. Penelitian difokuskan pada campuran aspal beton geopolimer berbentuk silinder
4. Simulasi kondisi lapangan dilakukan melalui wet and dry test dengan 6 dan 12 siklus setelah perawatan sampel, dan evaluasi kekuatan mekanik dilakukan dengan Three-Point Bending Test di laboratorium.

1.4 Perumusan masalah

Berdasarkan identifikasi dan batasan masalah, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan sedimen hasil pengerukan pelabuhan yang mengandung logam berat terhadap kekuatan mekanik campuran aspal beton geopolimer?
2. Apakah kombinasi alkali aktivator NaOH dengan variasi konsentrasi 8M, 10M, 12M dan rasio Na_2SiO_3 (1:1 dan 2:1) mampu meningkatkan ikatan geopolimer sekaligus menstabilkan logam berat dalam campuran?

3. Bagaimana performa mekanik campuran aspal beton geopolimer setelah melalui wet and dry test dengan 6 dan 12 siklus, ditinjau dari hasil Three-Point Bending Test?
4. Apa komposisi campuran yang paling optimal untuk menghasilkan aspal beton geopolimer yang kuat, tahan terhadap kondisi basah–kering, serta aman dari sisi stabilisasi logam berat?

1.5 Tujuan penelitian

1. Pengaruh penggunaan sedimen hasil pengerukan pelabuhan yang mengandung logam berat terhadap kekuatan mekanik campuran aspal beton geopolimer.
2. Mengetahui sejauh mana kombinasi alkali aktivator NaOH dengan variasi konsentrasi 8M, 10M, 12M dan rasio Na_2SiO_3 (1:1 dan 2:1) dapat meningkatkan ikatan geopolimer sekaligus menstabilkan logam berat dalam campuran.
3. Mengevaluasi performa mekanik campuran aspal beton geopolimer setelah melalui wet and dry test dengan 6 dan 12 siklus, menggunakan metode Three-Point Bending Test.
4. Menentukan formulasi campuran yang paling optimal untuk menghasilkan aspal beton geopolimer yang kuat, tahan terhadap kondisi basah–kering, serta aman dari sisi stabilisasi logam berat.

1.6 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan bisa memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi material konstruksi jalan yang lebih ramah lingkungan. Dengan menggabungkan limbah pengerukan pelabuhan dan fly ash dalam geopolimer dan bagaimana proses geopolimerisasi dapat membantu mengikat logam berat secara kimiawi, sehingga aman digunakan dalam infrastruktur.