

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pembangunan infrastruktur jalan yang berkelanjutan merupakan salah satu tantangan utama dalam bidang teknik sipil, khususnya dalam upaya menyediakan perkerasan jalan yang memiliki kinerja mekanik baik, umur layanan panjang, serta ramah lingkungan. Aspal beton merupakan material yang paling umum digunakan pada lapis perkerasan jalan, termasuk lapis aus (*asphalt concrete-wearing course/ AC-WC*), yang secara langsung menerima beban lalu lintas dan pengaruh lingkungan. Oleh karena itu, aspal beton harus memiliki kekuatan lentur yang memadai serta ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan yang dapat mempercepat kerusakan.

Salah satu faktor lingkungan yang berpotensi menurunkan kinerja perkerasan jalan adalah paparan lingkungan asam. Kondisi asam tersebut dapat bersumber dari kegiatan industri, aliran limbah, maupun proses alami seperti terjadinya hujan asam. Paparan asam dalam jangka waktu tertentu dapat menyebabkan degradasi material perkerasan, menurunkan kekuatan mekanik, serta memperpendek umur layanan jalan. Pada material konvensional, kondisi asam dapat melemahkan ikatan antar material sehingga berdampak pada penurunan kekuatan struktural, termasuk kekuatan lentur.

Aspal beton konvensional umumnya menggunakan agregat alam dan aspal minyak bumi sebagai pengikat. Namun, keterbatasan sumber daya alam serta

meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dari penggunaan material konvensional mendorong pengembangan material alternatif yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, seperti aspal beton geopolimer (Ikomudin dkk., 2016).

Aspal beton geopolimer memanfaatkan material berbasis aluminosilikat seperti *fly ash* sebagai bahan pengikat dengan bantuan aktivator alkali, salah satunya natrium hidroksida (NaOH) (Davidovids, 2008). Melalui proses polimerisasi, geopolimer mampu membentuk struktur tiga dimensi yang padat dan stabil, serta memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap serangan kimia dibandingkan material berbasis semen *Portland* (Rozi dkk., 2020).

Penggunaan *fly ash* sebagai bahan utama geopolimer tidak hanya mengurangi limbah industri, tetapi juga meningkatkan performa mekanik yang baik, termasuk kekuatan lentur yang penting untuk aplikasi AC-WC (Mostazid, 2024). Selain itu, Syaputra dkk., (2018) dan Setiati & Irawan, (2018) menyatakan bahwa beton atau aspal berbasis geopolimer memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap serangan lingkungan agresif, khususnya lingkungan asam, sehingga berpotensi meningkatkan daya tahan perkerasan jalan.

Penelitian ini juga menyoroti masalah limbah pengerukan pelabuhan karena volume yang besar dan mengandung logam berat yang menjadi masalah lingkungan serius. Proses pembuangan dan pengelolaan limbah ini memerlukan biaya yang tinggi dan dapat menimbulkan polusi jika tidak ditangani dengan tepat. Namun dengan stabilisasi dan pemanfaatan kembali, sedimen pengerukan pelabuhan

berpotensi digunakan sebagai bahan alternatif konstruksi, termasuk sebagai agregat atau material tambahan pada aspal beton geopolimer (Silitonga, 2016).

Dalam campuran aspal beton geopolimer, komposisi binder memegang peran penting dalam menentukan karakteristik mekanik dan ketahanan campuran. Variasi binder dapat mempengaruhi derajat polimerisasi, ikatan antar partikel, serta kemampuan campuran dalam menahan beban lentur. Selain itu, durasi paparan terhadap lingkungan asam, yang disimulasikan melalui variasi waktu rendaman dalam larutan asam, diduga berpengaruh signifikan terhadap penurunan atau ketahanan kekuatan lentur aspal beton geopolimer.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi waktu rendaman asam (pH 5) untuk mensimulasikan hujan asam dan variasi komposisi binder terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer tipe AC-WC yang dibuat dengan memanfaatkan *fly ash* dan limbah pengerukan pelabuhan serta larutan NaOH sebagai aktivator alkali. Uji kekuatan lentur dilakukan menggunakan metode *Three-Point Bending Test*. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan material perkerasan jalan yang lebih tahan terhadap lingkungan asam, ramah lingkungan, serta mendukung pemanfaatan limbah industri dan kelautan secara berkelanjutan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, terdapat beberapa masalah utama yang teridentifikasi dalam penelitian ini, antara lain:

1. Aspal beton konvensional pada lapis aus (AC-WC) masih rentan mengalami penurunan kinerja mekanik, khususnya kekuatan lentur, akibat paparan lingkungan asam seperti hujan asam.
2. Paparan lingkungan asam dalam jangka waktu tertentu berpotensi melemahkan ikatan antar material pada aspal beton sehingga dapat mempercepat degradasi dan memperpendek umur layanan perkerasan jalan.
3. Ketergantungan pada agregat alam dan aspal berbasis minyak bumi menimbulkan permasalahan keterbatasan sumber daya serta dampak lingkungan, sehingga diperlukan material alternatif yang lebih berkelanjutan.
4. Pemanfaatan aspal beton geopolimer berbasis *fly ash* sebagai binder alternatif masih memerlukan kajian lebih lanjut, khususnya terkait kinerja mekanik dan ketahanannya terhadap lingkungan asam.
5. Limbah pengerukan pelabuhan dalam jumlah besar setiap tahunnya menimbulkan permasalahan lingkungan dan finansial, karena dikategorikan sebagai limbah B3 yang membutuhkan penanganan khusus.

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah yang sangat luas, maka dibuat batasan masalah berikut :

1. Fokus penelitian adalah kinerja mekanik berupa kekuatan lentur pada aspal beton lapis aus (AC-WC) yang terpapar lingkungan asam sebagai simulasi hujan asam dengan variasi waktu rendaman 12 jam dan 24 jam dalam larutan asam sulfat (H_2SO_4) dengan pH 5.

2. Material yang diteliti dibatasi pada aspal beton geopolimer dengan binder yang digunakan adalah dengan variasi 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20% geopolimer (*fly ash*-NaOH).
3. Pemanfaatan limbah pengerukan pelabuhan dibatasi sebagai material alternatif dalam campuran aspal beton geopolimer.

1.4 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diuraikan berdasarkan latar belakang tersebut sebagai berikut:

1. Apakah terdapat pengaruh perbedaan variasi waktu rendaman larutan asam sulfat (pH 5) dari campuran *fly ash*-NaOH dan limbah sedimen pengerukan pelabuhan terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer ?
2. Apakah terdapat pengaruh perbedaan variasi komposisi binder 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20% geopolimer (*fly ash*-NaOH) ?
3. Apakah terdapat interaksi antara variasi waktu perendaman dalam larutan asam sulfat (pH 5) dan variasi komposisi binder 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20% geopolimer (*fly ash*-NaOH) terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditetapkan, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan variasi waktu rendaman larutan asam sulfat (pH 5) 12 jam dan 24 jam dari campuran *fly ash*-NaOH dan limbah sedimen pengerukan pelabuhan terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer.
2. Untuk mengevaluasi pengaruh perbedaan variasi komposisi binder 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20% geopolimer (*fly ash*-NaOH) terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer.
3. Untuk mengevaluasi adanya interaksi antara variasi waktu perendaman 12 jam dan 24 jam dalam larutan asam sulfat (pH 5) dan variasi komposisi binder 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20% geopolimer (*fly ash*-NaOH) terhadap kekuatan lentur aspal beton geopolimer.

1.6 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini, yaitu:

1. Manfaat Teoretis :
 - a. Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wawasan ilmiah di bidang teknik sipil, serta dapat menjadi bahan referensi dan rujukan bagi peneliti selanjutnya khususnya mengenai pengaruh variasi waktu rendaman asam dan variasi komposisi binder 70% aspal minyak : 30% geopolimer (*fly ash*-NaOH) dan 80% aspal minyak : 20%

geopolimer (*fly ash*-NaOH) terhadap kuat lentur aspal beton geopolimer (AC-WC) berbasis limbah pengerukan pelabuhan.

- b. Penelitian ini secara teknis menghasilkan material aspal beton geopolimer yang lebih tahan terhadap serangan asam, sehingga mampu mempertahankan kekuatan lentur dan memperpanjang umur struktur perkerasan jalan di lingkungan yang korosif.

2. Manfaat Praktis :

Dengan memanfaatkan sedimen hasil pengerukan sebagai bahan tambahan dan limbah *fly ash* sebagai bahan baku binder geopolimer dalam campuran aspal beton, penelitian ini memberikan solusi praktis dalam pengelolaan limbah, sekaligus mendukung pembangunan infrastruktur yang ramah lingkungan.