

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Suatu teknik baru Spectral Analisis of Surface Wave (SASW) atau analisis spektrum gelombang permukaan untuk evaluasi modulus elastisitas perkerasan jalan di Indonesia telah dikaji dalam penelitian ini. Metode ini digunakan untuk mengukur kecepatan gelombang geser pada setiap lapisan perkerasan jalan. Dalam penelitian ini, selain mengkaji sistem SASW yang sesuai untuk implementasi di perkerasan jalan, juga dilakukan pengujian di atas model perkerasan jalan. Suatu beban impuls yang menghasilkan gelombang transien diberikan di atas permukaan jalan. Gelombang seismik yang merambat pada permukaan jalan direkam oleh dua hingga tiga sensor. Dengan menganalisis informasi beda fase dari spektrum gelombang seismik dan jarak sensor yang diketahui, suatu kurva dispersi eksperimen dapat dibangun. Melalui proses inversi kurva tersebut, suatu profil kecepatan gelombang geser dan modulus elastisitas setiap lapisan model perkerasan jalan dapat dihasilkan. Pengukuran gelombang seismik ini dilakukan pada kondisi remangan di bawah 0.001 % dimana perilaku gelombang yang mempengaruhi deformasi bahan yang dilaluinya adalah secara esensial merupakan perilaku elastik linier dan tidak dipengaruhi oleh amplitudo dan tingkat regangan. Berdasarkan penelitian yang dijalankan pada model perkerasan jalan dan simulasi yang dilakukan, beberapa kesimpulan dapat diberikan sebagai berikut.

1. Teknik SASW terbukti baik untuk diterapkan guna pengukuran modulus elastisitas dan profil atau ketebalan setiap lapisan perkerasan pada perkerasan jalan.
2. Untuk menganalisis perambatan dan perilaku gelombang permukaan yang merambat di perkerasan jalan, model kekakuan dinamik 3 D terbukti mampu mengesan perilaku rambatan langsung gelombang permukaan dan interferensi gelombang pantulan tubuh terutama pada lapisan permukaan perkerasan jalan. Model 3 D didasarkan pada perilaku gelombang yang bersifat asimetri yang dimodelkan dalam ruang setengah bola. Model 3 D terbukti lebih baik

dibandingkan dengan model 2 D yang algoritmanya didasarkan pada perilaku gelombang yang bersifat plane (luasan).

3. Spektrum Gabor dan analisis wavelets yang digunakan dalam penelitian ini, secara langsung dapat membantu untuk melakukan pemisahan mode fundamental gelombang permukaan terhadap model yang lebih tinggi yang disebabkan oleh perambatan gelombang tubuh dan pantulannya. Hasil rekonstruksi spektrum fase memberikan panduan yang baik dalam pembangunan kurva dispersi kecepatan gelombang fase. Gangguan akibat sinyal yang dapat dari lingkungan dapat diminimalisasi pengaruhnya terhadap hasil akhir kurva.
4. Inversi kurva dispersi menggunakan matrik kekakuan dinamik 3 D dan proses optimasi menggunakan nilai kemiripan maksimum (maximum likelihood), terbukti mampu menghasilkan profil kecepatan gelombang geser lapisan perkerasan jalan yang baik. Nilai padanan antara kurva dispersi teori dan eksperimen adalah optimal yaitu dengan kesalahan RMS kurang dari 15 %.
5. Nilai modulus elastisitas lapisan permukaan model yang dihasilkan dari profil kecepatan gelombang geser hasil analisis SASW memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan modulus resilien yang diperoleh dari pengujian UTM. Perbedaan ini disebabkan oleh sifat reologi dan respon bahan yang berbeda. Pendekatan yang dilakukan dalam pengujian SASW adalah perilaku bahan pada kondisi elastik sedangkan pada modulus resilien bersifat visko-elastik.
6. Suatu persamaan empirik daya dukung lapisan fondasi dan tanah dasar terkait dengan modulus elastisitas tanahnya terbukti memiliki korelasi positif dan signifikan terhadap modulus elastisitas hasil prediksi dari Shell (1978) berdasarkan nilai DCP dan CBR bahan dari kedua lapisan tersebut.
7. Analisis ketebalan lapisan yang dihasilkan oleh SASW terhadap model perkerasan memiliki perbedaan 10 % untuk lapisan perkerasan dan 16 % untuk lapisan fondasi. Hasil ini dapat diminimalisasi dengan menerapkan sistem SASW terpadu yang diusulkan dalam penelitian ini.
8. Suatu sistem analisis terpadu dari SASW adalah diusulkan dalam penelitian ini. Parameter koefisien pengurangan tak dipengaruhi oleh frekuensi dapat dihasilkan bersamaan dengan profil kekakuan bahan perkerasan. Koefisien ini berguna

B. SARAN

Studi ini merupakan awal dimulainya penelitian berkelanjutan untuk menerapkan teknik SASW dan SASW terpadu untuk evaluasi jalan di Indonesia. Beberapa kegiatan penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk memastikan teknik ini dikembangkan dengan baik dengan berbagai penyesuaian lingkungan dan kondisi perkerasan jalan di Indonesia. Beberapa rekomendasi dan saran diberikan untuk kelanjutan penelitian ini, diantaranya:

1. Hasil penelitian ini masih berbasis model fisik dengan parameter terkontrol, kondisi ini menguntungkan untuk pembangunan sistem SASW di tingkat awal, meskipun demikian, pengujian teknik SASW terpadu ini harus dijalankan pada bermacam-macam kondisi perkerasan jalan yang digunakan di Indonesia. Penambahan studi kasus ini dapat memberikan masukan, penyesuaian dan kalibrasi terhadap sistem sehingga dapat lebih baik dan memiliki basis data yang cukup untuk analisis perkerasan jalan.
2. Perbandingan hasil pengujian SASW perlu dilakukan terhadap pengujian NDT lapangan yang telah diterapkan di Indonesia, misalnya Benkelman Beam dan FWD. Kedua pengujian lapangan ini diketahui mampu menghasilkan respon modulus elastisitas bahan pada tingkat regangan yang lebih realistis dibandingkan dengan pengujian laboratorium.
3. Instrumen SASW dapat ditingkatkan kapasitas samplingnya sehingga mampu mendeteksi anomali pada suatu struktur jalan yang biasanya berada pada frekuensi tinggi, yaitu lebih dari 25 kHz.
4. Analisis koefisien pengurangan bahan perlu dilanjutkan sehingga dapat menghasilkan disain seismik untuk bahan perkerasan jalan dan analisis kekakuan material pada peringkat regangan yang berbeda menggunakan model visko-elastik.
5. Suatu model analitik perlu dilakukan untuk mengetahui perilaku numerik yang sesuai bagi menjelaskan kekakuan bahan pada kondisi elastik dan visko-elastik dalam pengujian perkerasan jalan.