

BAB V

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian, dan hasil analisis yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan analisis spasial multi-kriteria, AHP dan analisis *least cost path* berbasis model *cost* anisotropis dalam perencanaan trase jalan tol dapat memberikan hasil analisis trase yang dapat meminimalisir *cost*, yang dibuktikan dari hasil penelitian dimana 60% dari ruang jalan hasil analisis berada pada topografi datar hingga landai, dengan 60% arah trase jalan mampu menghindari arah matahari terbit dan tenggelam. Persentase sebesar 60% merupakan persentase yang cukup tinggi mengingat daerah penelitian memiliki kondisi topografi yang beragam, mulai dari daerah bertopografi datar hingga bergunung.
2. Semakin banyak kriteria yang dilibatkan dalam analisis spasial multi-kriteria, model *cost* yang diperoleh semakin kompleks dan dapat menegaskan satu kriteria dengan kriteria lainnya, yang berakibat pada tidak sensitifnya analisis trase jalan terhadap kriteria tertentu, utamanya pada kriteria yang mempunyai nilai bobot rendah, dan atau kriteria yang sumber datanya tidak terlalu rinci. Walaupun demikian, kesimpulan ini tidak bersifat mutlak karena terdapat kemungkinan model *cost* dapat lebih sensitif terhadap kriteria dengan nilai bobot rendah, asalkan diterapkan strategi pemberian nilai *cost* terhadap alternatif kriteria yang tepat dan merepresentasikan kondisi *cost* secara nyata di lapangan.
3. Keberadaan kriteria dengan masukan dan keluaran berupa nilai biaya riil seperti Nilai Lahan (yang digunakan di dalam penelitian ini) dapat bermanfaat untuk memperkirakan anggaran dan biaya proyek, serta mendukung tahap penilaian ekonomi *cost benefit* proyek, yang sangat diperlukan dalam perencanaan dan implementasi program pembangunan

jalan tol di Indonesia, guna memperoleh produk perencanaan jalan yang tepat, baik dari sisi investasi ekonomi maupun kemanfaatan untuk sistem aktivitas wilayah.

4. Berdasarkan hasil evaluasi yang telah dilakukan, trase yang diperoleh dari penelitian ini dapat meminimalisir beban (*cost*) dari aspek ancaman bencana, preservasi kawasan lindung, topografi, dan beban konstruksi, dibanding dengan trase preferensi pemerintah. Dilihat dari aspek penggunaan lahan, trase hasil analisis juga berdampak negatif lebih kecil terhadap keberlanjutan lahan pertanian yang ada di wilayah penelitian. Dan terakhir, trase hasil analisis juga lebih pendek sekitar 8 kilometer dari trase kajian pemerintah, yang memungkinkan waktu dan jarak tempuh yang lebih efektif dan efisien untuk pengguna jalan. Kesimpulan ini mengindikasikan bahwa masih ada alternatif trase yang lebih peka terhadap kelestarian lingkungan dan keberlanjutan ketahanan pangan daripada trase preferensi pemerintah.

5.2 Rekomendasi dan Tindak Lanjut Penelitian

5.2.1 Rekomendasi Untuk Pelaksana Pembangunan Infrastruktur Transportasi

Pelaksana pembangunan infrastruktur transportasi, baik pemerintah pusat maupun pemerintah daerah diharapkan dapat memanfaatkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini untuk melakukan *review* lebih lanjut dari rencana trase Jalan Tol Bawen – Yogyakarta, mengingat trase yang diperoleh dari kajian pemerintah memiliki beberapa kelemahan, terutama dari aspek kebencanaan, dukungan terhadap kawasan lindung, dukungan terhadap upaya penguatan ketahanan pangan, dan beban konstruksi yang lebih tinggi, dibanding dengan trase yang diperoleh dari hasil analisis penelitian.

Metode penentuan trase yang digunakan dalam penelitian ini, yang meliputi analisis spasial multi-kriteria, AHP dan analisis LCP secara anisotropis diharapkan dapat diadopsi dalam proses perencanaan jalan dan transportasi yang menjadi wewenang pemerintah, terutama pada tahap perencanaan umum hingga studi kelayakan. Selain karena dapat memberikan hasil analisis trase melalui proses

ekstraksi yang bersifat otomatis beserta perangkat dan teknik evaluasi hasilnya, metode ini dapat diperluas menjadi pemodelan trase jalan berbasis skenario, sehingga berbagai alternatif skenario dapat diajukan dan dievaluasi lebih lanjut mana yang paling sesuai dan layak untuk diimplementasikan. Formalisasi metode dapat dilakukan dalam bentuk peraturan perundangan, petunjuk teknis, atau NSPK (Norma, Standar, Prosedur dan Kriteria). Selain itu, pendekatan perencanaan trase jalan berbasis analisis spasial multi-kriteria dapat diterapkan di berbagai perangkat lunak Sistem Informasi Geografi yang relatif mudah diakses dengan biaya murah (untuk perangkat lunak berbayar) maupun secara cuma-cuma untuk perangkat lunak bebas pakai.

5.2.2 Rekomendasi Kajian Lebih Lanjut

Penelitian ini masih memiliki kelemahan sebagaimana telah diuraikan di dalam sub bab 1.7.6 dan sub bab 5.1. Guna memperbaiki kelemahan tersebut, penelitian – penelitian lanjutan masih diperlukan dan dapat dilaksanakan di masa mendatang. Hal – hal yang dirasa perlu untuk diteliti dan dikaji lebih lanjut antara lain:

1. Komparasi pendekatan isotropis dan pendekatan anisotropis dalam menentukan trase teroptimal. Kajian ini diperlukan untuk memastikan pendekatan mana yang merupakan pendekatan terbaik dalam perencanaan trase dan prasarana transportasi. Kajian dapat dilakukan di berbagai wilayah yang dengan karakteristik wilayah yang berbeda - beda untuk melihat kinerja setiap pendekatan.
2. Pengujian berbagai algoritma LCP yang berbeda. Analisis LCP yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan algoritma LCP *Dijkstra* (Dijkstra, 1959) dengan pola *queen* (delapan arah). Di sisi lain, berbagai algoritma LCP telah dikembangkan, misalnya *AStar* (Hart *et al.* 1968), *Best First Search*, *AStar Manhattan Heuristics*, *AStar Diagonal Shortcut Heuristics*, atau algoritma LCP yang khusus didedikasikan untuk perencanaan jalan seperti *SmartTerrain* (Yu *et al.* 2003) dan *Baek's Cut and Fill* (Baek dan Choi, 2017). Pendekatan dan algoritma LCP tersebut

diatas dapat menjadi alternatif metode penentuan trase jalan yang mungkin dapat memberikan hasil analisis yang lebih baik. Pola gerakan *Knight* (24 arah) yang telah terimplementasi di dalam perangkat lunak GRASS GIS juga dapat menjadi alternatif cara penentuan trase jalan berdasarkan model *cost surface*, yang lebih mutakhir.

3. Perlunya penyusunan model *cost* berbasis biaya riil (rupiah). Penyusunan model *cost* berbasis biaya riil akan memiliki nilai strategis yang antara lain: (1) memproyeksikan kondisi *cost benefit* yang nyata dari implementasi pembangunan infrastruktur; (2) dapat menjadi informasi dan masukan yang berharga dalam penyusunan rencana anggaran dan biaya program; (3) merepresentasikan kondisi beban (*cost*) yang lebih mendekati kondisi sesungguhnya di lapangan. Informasi biaya riil untuk setiap kriteria dapat disimulasikan menggunakan peraturan dan standar biaya masukan (SBM) infrastruktur yang berlaku, atau berdasarkan pengalaman/laporan realisasi anggaran dan biaya dari pembangunan infrastruktur jalan tol yang telah dilaksanakan.