

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini berhasil merancang model *Closed-loop Supply chain* (CLSC) jeruk *dual channel* yang terintegrasi. Model yang dikembangkan menggabungkan aliran maju (*forward flow*) yang mencakup distribusi produk dari petani ke saluran tengkulak dan wisata petik jeruk, serta aliran balik (*reverse flow*) berupa pengumpulan dan pengolahan limbah. Model yang dikembangkan mampu merepresentasikan aliran distribusi produk melalui dua saluran utama, yaitu tengkulak (X1) dan wisata petik (X2), serta aliran pengelolaan limbah melalui pemanfaatan kembali (Y1) dan pembuangan (Y2). Integrasi kedua aliran tersebut menunjukkan bahwa sistem CLSC dapat dibangun secara komprehensif untuk menggambarkan interaksi antara distribusi produk dan pengelolaan limbah dalam satu sistem rantai pasok tertutup.
2. Penelitian ini juga telah berhasil memformulasikan dan mengoptimalkan model matematis CLSC jeruk *dual channel* secara multiobjektif dengan mempertimbangkan aspek keberlanjutan ekonomi dan lingkungan sebagai dasar pengambilan keputusan sistem. Proses optimasi menggunakan algoritma *Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm II* (NSGA-II) menghasilkan solusi Pareto optimal, di mana salah satu solusi terbaik yang dipilih menunjukkan komposisi variabel keputusan X1 sebesar 39.78%, X2 sebesar 60.22%, Y1 sebesar 81.84%, dan Y2 sebesar 18.16%. Pada kondisi tersebut, sistem menunjukkan keseimbangan antara kinerja ekonomi dan lingkungan, di mana distribusi produk lebih dominan pada jalur wisata petik, sementara pengelolaan limbah lebih banyak diarahkan pada proses pemanfaatan kembali. Hasil ini menunjukkan adanya trade-off antara aspek ekonomi dan lingkungan, sehingga keputusan optimal tidak bersifat tunggal, melainkan bergantung pada preferensi keberlanjutan yang diinginkan dalam sistem.

4.2 Saran

1. Pengelolaan *reverse flow* perlu lebih diarahkan pada peningkatan proporsi pemanfaatan limbah (Y1) dibandingkan pembuangan (Y2), mengingat hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan Y1 memberikan kontribusi yang lebih baik terhadap keberlanjutan sistem. Dengan demikian, pengembangan fasilitas pengolahan limbah menjadi kompos atau produk bernilai tambah perlu diprioritaskan.
2. Dalam proses pengambilan keputusan, disarankan agar hasil solusi Pareto tidak dipilih secara sembarangan, tetapi disesuaikan dengan prioritas sistem, baik yang berorientasi pada peningkatan profit, pengurangan dampak lingkungan, maupun keseimbangan keduanya. Hal ini penting karena setiap solusi memiliki karakteristik trade-off yang berbeda.
3. Implementasi model CLSC yang dikembangkan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi operasional di lapangan, terutama terkait kapasitas distribusi dan pengelolaan limbah, agar hasil optimasi dapat diimplementasikan secara realistis dan tidak hanya bersifat teoritis.
4. Future research:
 - a. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan model *Closed-Loop Supply Chain* (CLSC) menjadi model multi-period atau dinamis, sehingga dapat merepresentasikan perubahan kondisi sistem dari waktu ke waktu, khususnya terkait fluktuasi produksi, permintaan, dan volume return limbah.
 - b. Metode optimasi dapat diperluas dengan membandingkan NSGA-II dengan metode multiobjektif lainnya seperti NSGA-III, MOPSO (*Multi-Objective Particle Swarm Optimization*), atau pendekatan hybrid untuk mengevaluasi konsistensi dan kualitas solusi yang dihasilkan.
 - c. Penelitian berikutnya dapat memasukkan unsur ketidakpastian (uncertainty) dalam model, seperti ketidakpastian permintaan, harga jual, biaya transportasi, dan tingkat return limbah, dengan

menggunakan pendekatan fuzzy programming atau stochastic optimization agar model lebih adaptif terhadap kondisi nyata.

- d. Penelitian selanjutnya dapat mengintegrasikan *pendekatan Life Cycle Assessment* (LCA) untuk mengevaluasi dampak lingkungan secara lebih menyeluruh pada setiap tahapan rantai pasok, mulai dari produksi, distribusi, hingga pengelolaan limbah. Integrasi LCA memungkinkan analisis yang tidak hanya berfokus pada biaya dan keuntungan, tetapi juga pada dampak lingkungan seperti emisi, limbah, dan konsumsi energi secara lebih komprehensif.
- e. Pengembangan selanjutnya juga dapat memperluas aspek keberlanjutan dengan mengintegrasikan dimensi sosial secara lebih kuantitatif, misalnya melalui pengukuran indeks kesejahteraan petani, tingkat penyerapan tenaga kerja, serta kontribusi ekonomi lokal, sehingga model CLSC tidak hanya mencakup aspek ekonomi dan lingkungan, tetapi juga aspek sosial secara lebih komprehensif dalam kerangka triple bottom line sustainability.