

INTISARI

Penelitian ini mengembangkan model optimasi rantai pasok hortikultura berbasis *two-stage stochastic programming* (TSSP) yang secara eksplisit mempertimbangkan ketidakpastian harga dan kondisi iklim, serta mengintegrasikan mekanisme pemerataan keuntungan antar wilayah. Model mencakup tiga aktor utama, yaitu petani, pengepul utama, dan pedagang di pasar induk. Pada tahap pertama, keputusan nonantisipatif berupa alokasi luas tanam ditetapkan sebelum realisasi ketidakpastian, sedangkan pada tahap kedua dilakukan keputusan recourse berupa penyesuaian aliran distribusi setelah skenario ketidakpastian terungkap (saat panen). Kinerja model dievaluasi melalui perbandingan dengan model deterministik dan kondisi eksisting, serta dianalisis menggunakan indikator keuntungan dan pemenuhan permintaan pasar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model TSSP menghasilkan kinerja terbaik dengan total keuntungan mencapai sekitar Rp777,036,342,000 per tahun, lebih tinggi 10% dibandingkan model deterministik dan lebih tinggi 12,4% dari model eksisting. Nilai keuntungan tersebut telah mempertimbangkan mekanisme pemerataan keuntungan antar wilayah dengan batas deviasi sekitar 25%, sehingga efisiensi sistem tetap terjaga tanpa mengabaikan aspek keadilan distribusi manfaat. Selain itu, pada simulasi implementasi pola tanam selama 5 tahun terlihat bahwa pembelian dari pengepul cadangan dapat dikurangi, yang mengindikasikan bahwa sistem mampu memperbaiki keseimbangan pasokan melalui keputusan tanam dan distribusi yang lebih adaptif. Temuan ini menegaskan bahwa pendekatan stokastik tidak hanya meningkatkan keuntungan, tetapi juga memperkuat resiliensi produksi rantai pasok hortikultura komoditas cabai.

Kontribusi utama penelitian ini meliputi: (1) pengembangan model optimasi rantai pasok hortikultura berbasis TSSP yang mengintegrasikan ketidakpastian harga dan iklim secara simultan; (2) formulasi kerangka evaluasi kinerja ekonomi dan keseimbangan sistem sebagai indikator kuantitatif resiliensi rantai pasok; dan (3) penyediaan landasan kuantitatif bagi pengambil keputusan dalam merancang strategi produksi dan distribusi yang lebih adaptif dan berkeadilan. Secara praktis, model yang diusulkan menghasilkan rekomendasi kebijakan yang lebih terarah pada penguatan aktor hulu (petani), melalui penentuan pola tanam optimal, pengaturan waktu dan skala produksi yang lebih sinkron dengan dinamika harga dan cuaca, dan perlunya intervensi berupa akses informasi iklim–harga untuk membangun pola tanam adaptif. Selain itu, model ini memberikan dasar bagi penataan distribusi dan koordinasi antar pelaku agar fluktuasi pasokan dapat ditekan, sehingga sistem rantai pasok cabai lebih stabil, efisien, dan berkeadilan.

Kata kunci: resiliensi, rantai pasok hortikultura, cabai, *two-stage stochastic programming*, ketidakpastian harga, ketidakpastian iklim, optimasi.

ABSTRACT

This study develops a horticultural supply chain optimization model based on two-stage stochastic programming (TSSP) that explicitly accounts for price and climate uncertainties while incorporating a mechanism to promote profit fairness across regions. The model comprises three main supply chain actors: farmers, primary collectors, and wholesalers at a central wholesale market. In the first stage, non-anticipative decisions on planting-area allocation are made before uncertainty is realized, whereas in the second stage, recourse decisions are made to adjust distribution flows after the uncertainty scenarios are revealed at harvest. The model performance is evaluated by comparison with a deterministic model and the existing system and is assessed using profit and market demand fulfillment indicators.

The results show that the TSSP model achieves the best performance, with a total annual profit of approximately IDR 777.04 billion, which is 10% higher than that of the deterministic model and 12.4% higher than that of the existing system. This profit is achieved while incorporating a profit-fairness mechanism across regions with a deviation tolerance of approximately 25%, thereby maintaining system efficiency while accounting for the equitable distribution of benefits. Furthermore, a five-year simulation of the implementation of the optimized planting pattern shows that procurement from backup suppliers can be reduced, indicating that the system can improve supply-demand balance through more adaptive planting and distribution decisions. These findings demonstrate that the stochastic approach not only improves profitability but also strengthens the production resilience of the chili horticultural supply chain.

The main contributions of this study are: (1) the development of a TSSP-based horticultural supply chain optimization model that simultaneously incorporates price and climate uncertainties; (2) the formulation of a framework for evaluating economic performance and system balance as quantitative indicators of supply chain resilience; and (3) the provision of a quantitative basis for decision-makers to design more adaptive and equitable production and distribution strategies. In practical terms, the proposed model provides policy recommendations that place greater emphasis on strengthening upstream actors (farmers) through the determination of optimal planting patterns, better alignment of production timing and scale with price and weather dynamics, and interventions that improve access to climate and price information to support adaptive planting decisions. In addition, the model provides a basis for improving distribution arrangements and coordination among supply chain actors to reduce supply fluctuations, thereby contributing to a more stable, efficient, and equitable chili supply chain.

Keywords: resilience, horticultural supply chain, chili, two-stage stochastic programming, price uncertainty, climate uncertainty, optimization.