

## INTISARI

Produksi dalam lingkungan *multi-factory* yang menerapkan *serial batching* pada tahap awal dan *parallel batching* pada tahap lanjutan menghadapi tantangan koordinasi karena keputusan pembentukan *batch* memengaruhi penjadwalan produksi dan pengiriman antarpabrik. Meskipun keterkaitan tersebut berpengaruh terhadap kinerja sistem, sebagian besar penelitian sebelumnya masih membahas *batching* produksi dan pengiriman secara terpisah. Penelitian ini mengembangkan kerangka penjadwalan produksi terintegrasi yang mengoordinasikan *serial batching*, *parallel batching*, dan pengiriman antarpabrik secara simultan. Dua model optimasi dikembangkan, yaitu Model 1 dengan konfigurasi serial dan Model 2 sebagai perluasan Model 1 yang memasukkan keputusan pemilihan pabrik pada tahap produksi kedua sehingga merepresentasikan konfigurasi jaringan. Selain itu, dikembangkan metode metaheuristik *Hierarchical Decision-Layered Adaptive Large Neighborhood Search* (HDL-ALNS) yang mengoordinasikan beberapa lapisan keputusan melalui mekanisme *checkpoint* dan operator *destroy-repair* yang dirancang khusus untuk struktur keputusan *batching*, pemilihan pabrik, dan pengiriman antarpabrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pendekatan yang diusulkan mampu menurunkan total biaya melalui pengelolaan *trade-off* antar komponen biaya secara simultan. HDL-ALNS mampu mereproduksi solusi optimal MILP pada 25 dari 27 dataset uji, sedangkan dua dataset lainnya menghasilkan *optimality gap* di bawah 0,2% dengan waktu komputasi yang jauh lebih singkat. Temuan ini menunjukkan bahwa model dan metode yang dikembangkan efektif untuk mengintegrasikan keputusan produksi dan pengiriman pada sistem manufaktur *multi-factory* serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih efisien dalam praktik industri.

**Kata kunci:** Penjadwalan produksi *multi-factory*; *Serial* dan *parallel batching*  
Penjadwalan dan alokasi *batch* terintegrasi; *Adaptive Large Neighborhood Search*; *Hierarchical decision-layered optimization*

## ABSTRACT

Production in a multi-factory environment employing serial batching in the initial production stage and parallel batching in the subsequent stage poses significant coordination challenges because batch formation decisions directly affect production scheduling and inter-factory transportation. Despite the strong interdependence among these decisions, most previous studies have addressed production batching and transportation planning separately. This research develops an integrated production scheduling framework that simultaneously coordinates serial batching, parallel batching, and inter-factory transportation. Two optimization models are proposed: Model 1 represents a serial configuration, whereas Model 2 extends Model 1 by incorporating factory selection decisions in the second production stage, resulting in a network configuration. Furthermore, a metaheuristic, namely the Hierarchical Decision-Layered Adaptive Large Neighborhood Search (HDL-ALNS), is developed to coordinate multiple decision layers through a checkpoint mechanism and specialized destroy-and-repair operators designed for batching, factory selection, and inter-factory transportation decisions. Computational experiments demonstrate that the proposed approach effectively reduces total cost by simultaneously managing the trade-offs among multiple cost components. HDL-ALNS successfully reproduced the optimal MILP solutions for 25 of the 27 benchmark datasets, while the remaining two datasets achieved optimality gaps of less than 0.2% with substantially shorter computation times. These findings demonstrate that the proposed models and solution method effectively integrate production and transportation decisions in multi-factory manufacturing systems and provide an efficient decision-support approach for industrial practice.

**Keywords:** Multi-factory production scheduling; Serial and parallel batching; Integrated batch allocation and scheduling; Adaptive Large Neighborhood Search; hierarchical decision-layered optimization.