

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam era persaingan industri yang semakin ketat, perusahaan dituntut untuk mampu mengelola rantai pasok secara efisien dan responsif. Salah satu hal yang penting dalam pengelolaan rantai pasok adalah mengatur proses produksi dan distribusi secara terintegrasi. Namun, dalam pelaksanaannya, proses produksi dan distribusi sering direncanakan secara terpisah. Kondisi tersebut dapat menyebabkan jadwal produksi tidak sesuai dengan jadwal pengiriman, sehingga dapat terjadi keterlambatan pengiriman, penumpukan stok, dan peningkatan biaya operasional. Keterlambatan pengiriman dapat memberikan dampak negatif bagi perusahaan, seperti berkurangnya jumlah konsumen serta menurunnya kepercayaan dan kredibilitas perusahaan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah *Production Routing Problem* (PRP), yaitu permasalahan yang menggabungkan perencanaan produksi dan distribusi dalam satu proses.

Dalam kondisi nyata, proses distribusi dapat dibatasi oleh *time windows* (batas waktu pengiriman), sedangkan proses produksi dapat memiliki *setup time* (waktu yang diperlukan untuk menyesuaikan mesin ketika terjadi pergantian produk). Penggabungan kedua kondisi tersebut dikenal sebagai *Production Routing Problem with Time Windows and Setup Times* (PRP-TWST). Permasalahan PRP-TWST memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi dan termasuk dalam permasalahan *NP-hard*. Oleh karena itu, metode eksak akan semakin sulit digunakan ketika ukuran permasalahan semakin besar. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah metode metaheuristik karena mampu mencari solusi yang baik dalam waktu yang lebih singkat.

Salah satu metode metaheuristik yang dapat digunakan adalah *Cuckoo Search* (CS). Algoritma CS digunakan untuk menghasilkan dan mengeksplorasi solusi baru dalam ruang pencarian. Untuk meningkatkan proses pencarian solusi, CS dapat dikombinasikan dengan metode pencarian lokal, seperti *Variable Neighborhood Search* (VNS). VNS bekerja dengan menggunakan beberapa lingkungan pencarian

untuk memperbaiki solusi dan mencari solusi yang lebih baik. Gabungan kedua metode tersebut disebut *Variable Neighborhood Search-Cuckoo Search* (VNS-CS).

Pendekatan algoritmik yang terinspirasi dari perilaku alam dapat dikaitkan dengan seruan Al-Qur'an yang mendorong manusia untuk memperhatikan dan mempelajari berbagai fenomena alam sebagai tanda-tanda kebesaran Allah SWT. Allah berfirman:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمُوتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ وَالْفُلْكِ الَّتِي تَجْرِي فِي الْبَحْرِ بِمَا يَنْفَعُ النَّاسَ وَمَا أَنْزَلَ اللَّهُ مِنَ السَّمَاءِ مِنْ مَّاءٍ فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا وَبَثَّ فِيهَا مِنْ كُلِّ دَابَّةٍ وَتَصْرِيفِ الرِّيْحِ وَالسَّحَابِ الْمُسَخَّرِ بَيْنَ السَّمَاءِ وَالْأَرْضِ لَآيَاتٍ لِّقَوْمٍ يَعْقِلُونَ ﴿١٦٤﴾

“Sesungguhnya pada penciptaan langit dan bumi, pergantian malam dan siang, kapal yang berlayar di laut dengan (muatan) yang bermanfaat bagi manusia, apa yang diturunkan Allah dari langit berupa air, lalu dengan itu dihidupkan-Nya bumi setelah mati (kering), dan Dia tebarkan di dalamnya bermacam-macam binatang, dan perkisaran angin dan awan yang dikendalikan antara langit dan bumi, (semua itu) sungguh merupakan tanda-tanda (kebesaran Allah) bagi orang-orang yang mengerti.” (QS. Al-Baqarah: 164)

Ayat tersebut menunjukkan bahwa berbagai ciptaan Allah SWT memiliki keteraturan yang dapat diperhatikan dan dipelajari oleh manusia. Salah satunya adalah perilaku hewan yang menjadi inspirasi dalam pengembangan beberapa metode optimasi. Hal ini dapat dilihat pada algoritma Cuckoo Search yang terinspirasi dari perilaku burung cuckoo dalam mencari tempat untuk bertelur. Dengan demikian, penggunaan metode yang terinspirasi dari alam dalam penelitian ini dapat dikaitkan dengan upaya manusia untuk mempelajari dan mengambil manfaat dari keteraturan yang terdapat di alam.

Selain VNS-CS, penelitian ini menggunakan *Variable Neighborhood Search-Particle Swarm Optimization* (VNS-PSO) sebagai metode pembanding. *Particle Swarm Optimization* (PSO) menggunakan informasi dari solusi yang telah diperoleh untuk membantu proses pencarian solusi yang lebih baik. Sementara itu, VNS digunakan untuk memperbaiki solusi melalui beberapa lingkungan pencarian. Penggabungan PSO dan VNS diharapkan dapat memberikan proses pencarian solusi yang lebih baik pada permasalahan PRP-TWST.

Pendekatan metaheuristik tersebut telah digunakan pada beberapa penelitian

sebelumnya. Penelitian terdahulu mengembangkan model PRP-TWST dan menggunakan algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma dapat mengurangi keterlambatan pengiriman [1]. Penelitian lain menggabungkan penjadwalan produksi dan perutean kendaraan dengan mempertimbangkan *setup time* dan pengiriman dalam bentuk *batch*, tetapi belum mempertimbangkan *time windows* seperti pada penelitian ini [2]. Selanjutnya, penelitian mengenai penggabungan PSO dan VNS pada permasalahan *flow-shop* menunjukkan bahwa kombinasi kedua metode tersebut dapat menghasilkan solusi yang lebih baik [3]. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa VNS merupakan metode yang fleksibel dan dapat digunakan pada berbagai permasalahan optimasi di bidang logistik [4]. Selain itu, VNS juga telah digunakan pada permasalahan *job-shop scheduling* dengan kendala transportasi, tetapi penelitian tersebut berfokus pada minimasi *makespan* [5].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan pendekatan yang telah digunakan pada penelitian terdahulu dengan menerapkannya pada data operasional nyata perusahaan. Penelitian ini menggunakan algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO untuk menyelesaikan permasalahan integrasi produksi dan distribusi dengan mempertimbangkan *time windows* dan *setup time*. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang menggunakan data simulasi atau data *benchmark*, penelitian ini menggunakan data operasional nyata dari CV. Cihanjuang Inti Teknik (Bandrek Hanjuang). Kinerja kedua algoritma kemudian dibandingkan menggunakan data dan kondisi pengujian yang sama untuk mengetahui algoritma yang memberikan hasil terbaik.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara di CV. Cihanjuang Inti Teknik, proses produksi telah memiliki urutan pengerjaan produk sesuai dengan kebutuhan operasional perusahaan. Namun, perusahaan belum memiliki sistem penjadwalan produksi dan distribusi yang terintegrasi dengan metode optimasi. Penentuan jadwal produksi masih mengacu pada pengalaman dan kebiasaan operasional, sedangkan proses distribusi belum menggunakan perencanaan rute yang terstruktur. Kondisi tersebut membuat perusahaan belum memiliki model yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dan menghasilkan alternatif jadwal produksi dan distribusi berdasarkan data operasional yang dimiliki.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk membangun model penjadwalan produksi dan distribusi menggunakan algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO berdasarkan data operasional Bandrek Hanjuang di CV.

Cihanjuang Inti Teknik. Model yang dibangun mempertimbangkan kapasitas mesin, *setup time*, kapasitas kendaraan, dan *time windows* pelanggan. Tujuan utama penelitian ini adalah meminimalkan *total tardiness* atau total keterlambatan pengiriman dengan tetap memenuhi seluruh kendala yang berlaku. Selanjutnya, kedua algoritma dibandingkan berdasarkan hasil yang diperoleh, seperti *total tardiness* dan *makespan*. Dengan menggunakan data operasional nyata perusahaan, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan penjadwalan produksi dan distribusi yang lebih terstruktur serta memberikan alternatif metode yang dapat digunakan untuk membantu perusahaan dalam mengatur proses produksi dan distribusi. Oleh karena itu, penulis mengambil judul "**Analisis Perbandingan Algoritma Hibrida VNS-CS dan VNS-PSO untuk PRP dengan Time Windows dan Setup Times (Studi Kasus: Bandrek Hanjuang-CV Cihanjuang Inti Teknik)**".

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana memformulasikan permasalahan PRP-TWST pada data nyata Bandrek Hanjuang dari perusahaan CV. Cihanjuang Inti Teknik?
2. Bagaimana penerapan algoritma VNS-CS dan VNS-PSO dalam menyelesaikan PRP-TWST berdasarkan data nyata tersebut?
3. Bagaimana perbandingan kinerja algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO dalam menghasilkan jadwal produksi dan rute distribusi berdasarkan indikator *total tardiness* dan *makespan*?

1.3 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan agar pembahasan tetap fokus dan terarah, yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada penerapan algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO untuk menyelesaikan PRP-TWST.
2. Data yang digunakan merupakan data operasional nyata Bandrek Hanjuang dari CV. Cihanjuang Inti Teknik, meliputi data permintaan produk, kapasitas mesin, waktu *setup*, kapasitas kendaraan, waktu perjalanan (*travel time*), *time window* pengiriman, serta informasi proses produksi yang digunakan perusahaan sebagai dasar penyusunan model.
3. Data penelitian diambil secara acak pada tiga periode pengamatan dengan

selang waktu tiga bulan, yaitu November 2025, Februari 2026, dan Mei 2026.

4. Permintaan pelanggan diasumsikan telah diketahui secara pasti, dan seluruh kendaraan berangkat serta kembali ke satu depot.
5. Model tidak mempertimbangkan aspek perencanaan persediaan, biaya bahan baku, penentuan harga jual, maupun faktor eksternal seperti cuaca, kemacetan, dan gangguan operasional.
6. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kinerja algoritma VNS-CS dan VNS-PSO berdasarkan nilai *makespan* dan *total tardiness* yang dihasilkan.
7. Implementasi algoritma dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* melalui *Google Colab*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memformulasikan permasalahan PRP-TWST berdasarkan data nyata Bandrek Hanjuang di CV. Cihanjuang Inti Teknik.
2. Menerapkan algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO untuk menyelesaikan permasalahan PRP-TWST berdasarkan data nyata tersebut.
3. Membandingkan kinerja algoritma hibrida VNS-CS dan VNS-PSO dalam menghasilkan jadwal produksi dan rute distribusi berdasarkan indikator total *tardiness* dan *makespan*.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut.

1. Menambah referensi terkait penyelesaian *Production Routing Problem with Time Window and Setup Times* (PRP-TWST), khususnya melalui perbandingan algoritma VNS-CS dan VNS-PSO menggunakan data operasional UMKM.
2. Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dalam penerapan algoritma VNS-CS dan VNS-PSO untuk menyelesaikan permasalahan *Production Routing Problem with Time Windows and Setup Times* (PRP-TWST) atau permasalahan optimasi yang sejenis.
3. Memberikan alternatif jadwal produksi dan distribusi yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan oleh pihak Bandrek Hanjuang CV. Cihanjuang Inti Teknik dalam menyusun jadwal yang lebih efisien sesuai dengan asumsi dan batasan pada penelitian ini.

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini bersifat kuantitatif dengan pendekatan pemodelan dan optimasi. Penelitian diawali dengan pengumpulan dan pengolahan data operasional nyata dari Bandrek Hanjuang di CV. Cihanjuang Inti Teknik, yang meliputi urutan produksi, data permintaan pelanggan, kapasitas mesin, waktu penyiapan mesin (*setup time*), kapasitas kendaraan, waktu tempuh, serta batas waktu pengiriman (*time window*).

Selanjutnya, data tersebut digunakan untuk memformulasikan permasalahan *Production Routing Problem with Time Window and Setup Time* (PRP-TWST) ke dalam model matematika yang terdiri atas fungsi objektif dan kendala-kendala penelitian. Model yang telah diformulasikan kemudian diselesaikan menggunakan dua algoritma metaheuristik hibrida, yaitu *Variable Neighborhood Search-Cuckoo Search* (VNS-CS) dan *Variable Neighborhood Search-Particle Swarm Optimization* (VNS-PSO), untuk menghasilkan jadwal produksi dan rute distribusi yang memenuhi seluruh kendala model. Selanjutnya, hasil yang diperoleh dari kedua algoritma dievaluasi berdasarkan nilai *makespan* dan *total tardiness* untuk mengetahui algoritma yang memberikan performa lebih baik.

Tahapan penelitian secara umum meliputi: (1) pengumpulan dan pengolahan data operasional perusahaan, (2) formulasi model PRP-TWST, (3) perancangan representasi solusi dan mekanisme pencarian solusi, (4) implementasi algoritma VNS-CS dan VNS-PSO, (5) pengujian algoritma menggunakan data operasional perusahaan, serta (6) analisis dan perbandingan kinerja kedua algoritma berdasarkan indikator *makespan* dan *total tardiness*. Implementasi algoritma dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *Python* dengan bantuan perangkat lunak *Google Colab*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada skripsi ini, untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur pembahasan, skripsi disusun ke dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, metode penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini memuat kajian teori yang relevan dengan penelitian, meliputi konsep rantai pasok, *Production Routing Problem* (PRP), *tardiness* dan *makespan*, optimasi, pemrograman linier, *Mixed Integer Linear Programming* (MILP), serta algoritma *Cuckoo Search* (CS), *Particle Swarm Optimization* (PSO), dan *Variable Neighborhood Search* (VNS).

BAB III ALGORITMA HIBRIDA VNS-CS DAN VNS-PSO DALAM MENYELESAIKAN PRP DENGAN *TIME WINDOW* DAN *SETUP TIME*

Bab ini berisi pembahasan *Production Routing Problem with Time Windows and Setup Times* (PRP-TWST), MILP untuk PRP-TWST, serta tahapan algoritma hibrida VNS-CS) dan VNS-PSO.

BAB IV STUDI KASUS DAN ANALISIS

Bab ini menyajikan hasil simulasi kondisi awal, hasil implementasi algoritma VNS-CS dan VNS-PSO menggunakan data operasional Bandrek Hanjuang di CV. Cihanjuang Inti Teknik. Selanjutnya dilakukan analisis hasil penjadwalan, serta perbandingan kinerja kedua algoritma berdasarkan indikator seperti *makespan* dan *total tardiness*.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.