

INTISARI

Perancangan jaringan *blood supply chain* (BSC) yang efisien merupakan aspek krusial dalam sektor kesehatan, terutama dalam mengatasi tantangan keterbatasan donor darah sukarela dan fluktuasi ketersediaan darah. Ketidakpastian pasokan ini berdampak langsung pada volume pengumpulan dan pemilihan lokasi donasi yang optimal. Studi ini berfokus pada upaya peningkatan aksesibilitas dan responsivitas sistem BSC melalui pengembangan model jaringan yang mempertimbangkan penempatan lokasi *mobile donation site* secara strategis untuk meningkatkan partisipasi donor dan menjamin ketersediaan pasokan darah yang layak.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini mencakup penentuan lokasi *mobile donation site*, pengelolaan mutu produk darah dengan karakteristik *perishability*, dan pemilihan moda transportasi. Model dikembangkan menggunakan pendekatan dua fase berbasis *Mixed Integer Linear Programming* (MILP) multiobjektif, dengan metode ϵ -constraint untuk menyeimbangkan tujuan sosial dan ekonomi. Fase pertama menggunakan K-Means Clustering untuk menentukan lokasi potensial *mobile donation site*, sementara fase kedua mengoptimalkan distribusi produk darah dari *blood center* ke rumah sakit, termasuk pengelolaan inventory sel darah merah dan trombosit yang memiliki masa simpan dan pola permintaan berbeda. Model juga meminimalkan kedaluwarsa produk dan kekurangan stok untuk mengurangi pemborosan serta biaya operasional.

Eksperimen numerik dilakukan pada dua studi kasus di Indonesia dengan data harian selama 60 periode. Studi kasus pertama melibatkan tiga UDD PMI dan 55 rumah sakit di wilayah Bantul, Sleman, dan Kota Yogyakarta dalam empat skenario berbeda. Hasil menunjukkan bahwa jumlah klaster (K) yang lebih sedikit menghasilkan nilai fungsi objektif yang lebih rendah. Studi kasus kedua memperluas cakupan menjadi tiga UDD dan 118 rumah sakit di Provinsi Yogyakarta, Jawa Tengah, dan Jawa Timur. Dengan batas waktu komputasi dua jam, diperoleh solusi terbaik untuk kedua fungsi tujuan. Analisis titik kritis menunjukkan rentang biaya Rp 4.003.518.000 hingga Rp4.008.213.000 dan total waktu antara 5045,247 hingga 5023,918 hari. Analisis sensitivitas memberikan wawasan manajerial, di antaranya kebutuhan peningkatan kapasitas produksi atau kualitas *blood center* pada kasus pertama, serta kebutuhan pendirian *mobile site* tambahan pada kasus kedua untuk memenuhi permintaan dalam dan luar wilayah layanan.

Kata Kunci: *Blood Supply Chain Network, Perishability, Multi-Period, Two Phase Optimization, K-mean clustering, ϵ –constraint programming, Mix Integer Linear Programming.*

ABSTRACT

The design of an efficient blood supply chain (BSC) network is a crucial aspect of the healthcare sector, particularly in addressing the challenges of limited voluntary blood donors and fluctuating blood availability. This supply uncertainty directly affects the volume of blood collection and the optimal selection of donation locations. This study focuses on improving the accessibility and responsiveness of the BSC system by developing a network model that strategically determines the placement of mobile donation sites to increase donor participation and ensure adequate blood supply.

The problems addressed in this research include the selection of mobile donation site locations, the management of multiple blood products with perishability characteristics, and the selection of transportation modes. The model is developed using a two-phase, multi-objective Mixed Integer Linear Programming (MILP) approach, with the ϵ -constraint method applied to balance social and economic objectives. The first phase utilizes K-Means Clustering to determine potential locations for mobile donation sites, while the second phase focuses on optimizing the distribution of blood products from blood centers to hospitals, including the inventory management of red blood cells and platelets, which have different shelf lives and demand patterns. The model also aims to minimize product expiration and stockouts to reduce waste and operational costs.

Numerical experiments were conducted on two case studies in Indonesia using daily data over 60 periods. The first case study involved three PMI donor units (UDDs) and 55 hospitals in the Bantul, Sleman, and Yogyakarta City areas across four different scenarios. The results showed that a smaller number of clusters (K) led to lower objective function values. The second case study expanded the scope to include three UDDs and 118 hospitals across Yogyakarta, Central Java, and East Java provinces. With a two-hour computation limit, the best solutions for both objectives were obtained. Turning point analysis revealed a cost range between IDR 4,003,518,000 and IDR 4,008,213,000 and a total time range between 5045.247 and 5023.918. Sensitivity analysis provided managerial insights, including the need to increase production capacity or improve the quality of certain blood centers in the first case, and the need to establish additional mobile donation sites in the second case to meet demand both within and beyond the service coverage areas.

Keywords: *Blood Supply Chain Network, Perishability, Multi-Period, Two Phase Optimization, K-mean clustering, ϵ –constraint programming, Mix Integer Linear Programming.*