

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
UNIVERSITAS BAKRIE
TAHUN 2020**

Judul Penelitian

Sistem Pengelolaan dan Distribusi Darah di Palang Merah Indonesia

Bidang Penelitian

Supply Chain

oleh

**ADI BUDIPRIYANTO
ELVANITA AVISENA**



**Universitas Bakrie
Kampus Kuningan Kawasan Epicentrum
Jl. HR Rasuna Said Kav. C-22, Jakarta, 12920**

MODEL DISTRIBUSI DARAH MENGGUNAKAN PENDEKATAN TRAVELING SALES PROBLEM

Adi Budipriyanto, Elvanita Avisena

ABSTRAK

PMI bertanggung jawab dalam mendistribusikan produk darah secara harian ke Bank Darah Rumah Sakit (BDRS). Dengan jumlah BDRS dan jumlah permintaan darah yang uncertain setiap harinya mengakibatkan rute pendistribusian darah harian juga akan berbeda-beda. Rute distribusi yang diterapkan hanya mempertimbangkan kapasitas, lokasi dan pengalaman pengemudi, tanpa mengetahui rute tersebut sudah optimal atau belum. Salah satu cara untuk mengoptimalkan sistem distribusi darah adalah dengan melakukan pengoptimalan pada aktivitas transportasi distribusi. Maka dikembangkan model penyelesaian *Traveling Sales Problem (TSP)* dengan metode Algoritma *Tabu Search*. Penggunaan model TSP bertujuan untuk mendapatkan rute distribusi yang paling optimum dengan tetap memperhatikan kendala operasional seperti permintaan yang stokastik dan kapasitas kendaraan. Data yang digunakan adalah data pengiriman satu hari di UTD PMI DKI Jakarta. Penerapan metode *Tabu Search* diawali dengan pembentukan solusi awal yang nantinya solusi awal tersebut dioptimalkan dengan menggunakan algoritma *Tabu Search* secara manual. Hasil pengolahan data menghasilkan total jarak tempuh pada rute distribusi usulan yang telah dioptimalisasi adalah sebesar 214,55 km. Sementara rute solusi awal memiliki jarak tempuh total 361,5 km. Sehingga *Tabu Search* dapat melakukan pengurangan jarak sebesar 147 km atau sebesar 40,6%. Dan berhasil mengurangi biaya pengiriman per-kilometer sebesar Rp. 100,518 atau sebesar 42,7%.

Kata Kunci : Optimasi Rute, Vehicle Routing Problem, Tabu Search

1. PENDAHULUAN

Darah merupakan produk biologis yang hanya dapat diproduksi oleh manusia yang bertugas untuk mengedarkan nutrisi dan oksigen serta sisa metabolisme dari dan keseluruh tubuh. Tidak ada produk substitusi bagi darah ataupun proses kimia yang menghasilkan produk darah. Oleh karena itu darah dianggap sebagai komoditas yang langka. Darah terus dibutuhkan untuk perawatan korban kecelakaan, kanker, transplantasi organ, operasi besar lainnya. Sehingga dengan adanya tingkat kebutuhan yang tinggi (*high order fulfillment*) ini, maka darah harus selalu dijaga ketersediaannya untuk mengelola stabilitas pada *healthcare system* baik skala kecil maupun kompleks.

Sesuai dengan amanat UU Kesehatan No 36 tahun 2009 dan PP No 7 tahun 2011 tentang pelayanan darah, bahwa pemerintah menunjuk organisasi sosial Palang Merah

Indonesia bertanggung jawab dalam pelayanan darah (penyelenggaraan donor darah dan pengolahan darah) yang aman, mudah diakses dan dapat menjamin ketersediaan darah sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Berdasarkan dengan standar Lembaga Kesehatan International (WHO), suatu negara harus menjamin kebutuhan darah nasional sebanyak 2% dari jumlah penduduk setiap harinya. Di Indonesia berdasarkan perhitungan WHO, kebutuhan darah 2% dari jumlah penduduk sekitar 260 juta, maka Indonesia membutuhkan 5,2 juta kantong darah Indonesia setiap tahunnya. Namun PMI menyebutkan bahwa kebutuhan tersebut hanya baru terpenuhi sekitar 93% yang berasal dari Palang Merah Indonesia. Menurut (Gunpinar & Centeno, 2016) kondisi ini selain dikarenakan oleh minimnya pendonor, juga bisa disebabkan oleh

pelayanan dan pengelolaan darah masih belum dilakukan secara optimal

Sebagaimana jenis produk perishable lainnya, darah juga memiliki *supply chain*-nya sendiri yaitu *Blood Supply Chain* (BSC). BSC diawali dengan pengumpulan darah dari pendonor yang dilakukan di *blood center* ataupun di *mobile center* yang membawa darah langsung ke *blood center*. *Blood Center* akan melakukan pengujian untuk mengetahui darah yang terjangkit virus dan penyakit. Darah secara keseluruhan atau yang disebut dengan *Whole Blood* akan dilakukan proses pemisahan menjadi beberapa *Blood Product*. Kemudian dilanjutkan dengan mendistribusikan *blood product* tersebut ke rumah sakit untuk diberikan kepada pasien yang membutuhkan (Duan & Liao, 2014; Profita, 2017; Thonier et al., 2019).

BSC adalah kegiatan yang kompleks, hal ini dikarenakan *blood product* bersifat *perishable* dan juga memiliki perbedaan *shelf live* (umur simpan). Selain itu tidak hanya memiliki demand yang stokastik, namun dalam pengumpulan darah-nya pun juga stokastik (Najafi et al., 2017). PMI yang bertanggung jawab dalam pelayanan darah harus memastikan ketersediaan darah dan mampu mendistribusikannya ke setiap Rumah sakit yang membutuhkan darah. Dengan permintaan kuantitas dan jenis komponen darah yang berbeda-beda, menyebabkan kegiatan pendistribusian darah menjadi sangat kompleks (Ganesh et al., 2014). Sehingga diperlukan suatu sistem distribusi darah yang baik sehingga produk darah dapat tersedia pada waktu, tempat dan jumlah yang tepat sesuai dengan permintaan dari Rumah sakit. Salah satu cara untuk mengoptimalkan sistem distribusi darah adalah dengan melakukan pengoptimalan pada aktivitas transportasi distribusi.

Pada BSC jika kita melihat dari sudut pandang *blood banks* yang bertindak sebagai *supplier* dan Rumah sakit bertindak sebagai *buyer*, Pihak *supplier* menginginkan pengiriman darah dilakukan seefisien mungkin dengan cara melakukan pengiriman dalam jumlah besar dengan frekuensi yang minimum untuk meminimumkan biaya transportasi. Sementara dari sudut pandang *buyer*, pengiriman produk darah dilakukan sesering mungkin meskipun dalam jumlah yang kecil agar tidak menumpuknya inventory darah terlalu besar karena sifat *perishable* dan agar dapat selalu memenuhi kebutuhan harian dari Rumah Sakit.

Dengan demikian akan terjadi *trade-off* antara *supplier* dan *buyer*. *trade-off* tersebut dapat diatasi dengan menerapkan konsep *Transport Sales Problem* (TSP). TSP akan membantu dalam penentuan sejumlah rute, dimana masing-masing rute tersebut dilalui oleh satu kendaraan yang memiliki *fixed started & end point*, sehingga kebutuhan/perintaan semua Rumah sakit dapat terpenuhi dengan tetap memenuhi kendala operasional seperti kapasitas kendaraan dan biaya transportasi (Saraswati et al., 2017)

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model yang optimal sehingga dapat digunakan oleh PMI khususnya wilayah DKI Jakarta untuk mengintegrasikan *demand* stokastik dan rute distribusi. Dengan integrasi tersebut dapat diketahui kondisi optimal pada proses pengiriman dalam memenuhi permintaan dari Rumah sakit yang *uncertain*.

2. STUDI LITERATUR

2.1. *Blood Supply Chain*

Supply Chain adalah sekumpulan kegiatan yang mengatur seluruh kegiatan dari hulu ke hilir yang diawali dengan pengadaan yang dilakukan oleh pemasok, dilanjutkan dengan proses produksi/manufaktur, hingga distribusi untuk menyampaikannya pada konsumen akhir. Seperti komoditas lainnya, darah juga memiliki *supply chain*-nya sendiri yang disebut *Blood Supply Chain* (BSC). Sebagaimana dengan *supply chain* pada umumnya, BSC juga terdiri dari 4 unsur utama yaitu (1) para pendonor yang bertindak sebagai pemasok, (2) *Collection Centre* yang bertindak sebagai manufaktur dalam menyelenggarakan donor darah dan melakukan pengujian, (3) *Blood Bank* yang bertindak sebagai pergudangan dan distributor, (4) Rumah sakit yang bertindak sebagai ritel untuk menyampaikan produk darah ke konsumen akhir yaitu pasien.

Mengelola BSC di negara berkembang khususnya Indonesia adalah suatu kegiatan yang rumit dan kompleks. Menurut (Zahraee et al. 2015) kompleksitas dalam BSC harus dikelola secara hati-hati karena melibatkan parameter yang berbeda namun saling berhubungan agar dapat memenuhi kebutuhan pasien baik secara kuantitas maupun kualitas. Kompleksitas dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Menurut (Katsaliaki, Mustafee, and Kumar 2014) faktor utamanya adalah tingkat pemenuhan permintaan yang tinggi (*high order fulfillment*)

karena untuk kepentingan hidup dan mati bagi pasien. Sedangkan menurut (Duan and Liao 2013) faktor-faktornya adalah adanya demand yang uncertain, masa simpan darah yang terbatas, serta tingginya service level yang diharapkan. Namun dengan sifat darah yang perishable, yang menjadi tantangan utama dalam pengelolaan BSC adalah kegiatan pengendalian persediaan dan pendistribusian darah harus terintegrasi secara optimal agar dapat selalu memenuhi permintaan pelanggan dengan cepat, biaya yang minimal, dan kualitas produk yang tetap terjaga.

2.2. Integrasi Persediaan Darah Rumah Sakit dan Distribusi

Menurut (Van Dijk et al. 2009; Duan and Liao 2013; Gunpinar and Centeno 2015) dengan sifat darah yang mudah rusak, Blood Banks maupun rumah sakit harus dapat melakukan manajemen persediaan darah dengan baik. Guna menghindari untuk menyimpan darah berlebih agar tidak terjadi wastages atau pemborosan, namun jika terjadi kekurangan atau shortages dapat mengakibatkan terganggunya perawatan bahkan meningkatkan kematian pasien. Oleh karena itu *wastages* maupun *shortages* perlu untuk diminimalkan. Dengan demand dari Rumah Sakit yang uncertain, sehingga PMI sangat berperan besar dalam memenuhi demand stokastik tersebut.

Karena kekritisan dan daya tahan produk rantai pasokan darah yang telah disebutkan di atas, maka PMI harus mendistribusikan produk darah dengan optimal sehingga tidak ada kekurangan di rumah sakit, dan wastages dapat dijaga seminimal mungkin, sementara biaya distribusi atau *routing cost* juga dapat diminimalkan. Sudah banyak penelitian yang menitikberatkan terhadap pengoptimasian persediaan *perishable product*, namun hanya sedikit penelitian yang mengoptimasikan rute distribusi pada perishable product, khususnya darah.

Penelitian yang dilakukan (Saptadi, Pritasari, and Adi W 2010) yaitu menentukan kebijakan pengiriman menggunakan model persediaan yang terintegrasi dengan dengan distribusi dalam *supply chain multi-echelon* pada produk roti. Hasil yang didapatkan adalah ketentuan frekuensi pengiriman yang paling optimal dengan kenaikan dari segi keuntungan dan mengurangi produk roti yang rusak.

Penelitian yang dilakukan oleh (Irawan and Rusdiansyah n.d.) mengembangkan model *periodic inventory routing problem* untuk

penjadwalan tangki multi kapasitas. Dari hasil running LINGO, dapat disimpulkan bahwa model yang dikembangkan memiliki performansi yang cukup baik dibandingkan kondisi eksisting dengan penurunan presentase SPBU yang memerlukan replenishment serta penghematan biaya sewa truk serta menjamin retailer tidak mengalami stockout.

Dari contoh penelitian diatas, semua penelitian tersebut menggunakan metode Vehicle Routing Problem, bertujuan untuk mencari rute yang optimal dengan meminimumkan jarak tempuh perjalanan dan juga biaya distribusi tanpa melebihi kapasitas armada pengiriman dalam menghadapi demand stokastik.

2.3. Vehicle Routing Problem

Vehicle Routing Problem (VRP) bertujuan untuk mendefinisikan permasalahan penentuan distribusi dimana seorang *salesman* berasal dari suatu depot dan harus kembali ke depot tersebut pada akhir perjalanan (Cahya et al., 2015). VRP juga bertujuan untuk mengatasi permasalahan rute dalam melakukan distribusi, tiap kendaraan yang dipakai untuk perjalanan memiliki kapasitas tertentu. Dalam suatu rute, total *demand* tidak boleh melebihi kapasitas dari armada pengiriman yang sedang melewati rute tersebut (Karim et al., 2017).

Untuk mengatasi permasalahanan distribusi, beberapa peneliti menggunakan teknik solusi VRP dalam mengatasi rute pendistribusian objeknya. Pada penelitian (Archetti et al., 2007) menggunakan formulasi pemrograman linier campuran-bilangan bulat untuk satu kendaraan dan kemudian menggunakan *algoritma Branch-and-cut (B&C)* untuk menyelesaikan model menjadi optimal. Pada penelitian (Budiman & Widyadana, 2013) mengembangkan *multi-tour VRP* dengan menggunakan Algoritma *Particle Swarm Optimization (PSO)* untuk memecahkan masalah dalam mengalokasikan rute distribusi. Dilakukan juga perbandingan dengan algoritma lain yaitu *column generation* untuk memvalidasi algoritma PSO. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa algoritma PSO.

Namun diantara metode-metode yang telah dilakukan pada beberapa penelitian Algoritma *Tabu search* memiliki kelebihan yaitu adanya *Tabu List* yang fleksibel yaitu struktur memori nya tidak kaku dan lebih bisa disesuaikan dengan karakteristik demand yang fluktuatif. Sehingga pengolahan datanya

dapat dilakukan dengan mudah diberbagai keadaan dengan waktu yang lebih singkat.

2.4. Algoritma Tabu Search

Tabu search adalah salah satu metode meta-heuristik yang berbasis local heuristik diterapkan untuk memecahkan Vehicle Routing Problem (VRP). Menurut (Miswanto, Fernando, and Aditya Firmansyah 2018) Konsep dasar dari Tabu Search adalah suatu algoritma yang menuntun setiap tahapannya agar dapat menghasilkan fungsi tujuan yang paling optimum tanpa terjebak ke dalam solusi awal yang ditemukan selama tahapan ini berlangsung. Tujuan dari algoritma ini adalah untuk mencegah terjadinya perulangan dan ditemukannya solusi yang sama pada suatu iterasi yang akan digunakan lagi pada iterasi selanjutnya.

Tabu Search sering digunakan untuk mendapatkan solusi yang paling mendekati optimal dari sebuah masalah dengan melakukan proses pencarian bergerak dari satu solusi ke solusi berikutnya atau disebut dengan move. Agar tidak terjadi pengulangan, tabu search menggunakan struktur memori yang dinamakan dengan tabu list. Tabu list akan menyimpan data atau atribut yang baru diterima yang disebut dengan tabu active untuk digunakan sebagai proses penelusuran solusi-solusi yang belum pernah ada. Jika pada solusi tersebut terdapat elemen yang active maka disebut dengan tabu. Sehingga proses akan mengabaikan solusi tersebut dan melanjutkan ke pencarian solusi selanjutnya untuk menghindari terjadinya pengulangan. Kemudian apabila sudah tidak ada lagi solusi yang tidak menjadi anggota tabu list, maka nilai terbaik yang baru saja diperoleh merupakan solusi yang sebenarnya (Supithak 2011).

Algoritma Tabu search meta-heuristik memiliki empat parameter utama yang harus ditentukan (Seifbarghy and Samadi 2014), yaitu :

a) Menentukan initial solution (Solusi awal)

Solusi awal dihasilkan dengan menggunakan pendekatan heuristik. Ini digunakan untuk mendapatkan solusi yang tepat dan dilanjutkan dengan diperbaiki menggunakan algoritma tabu search.

b) Solusi Neighborhood

Solusi Neighborhood merupakan solusi alternatif yang diperoleh dengan melakukan perpindahan node (move). Setiap perpindahan node (move) akan menghasilkan satu solusi Neighborhood.

c) Tabu List

Tabu list berisi atribut move yang telah ditemukan sebelumnya. Ukuran Tabu List akan bertambah seiring meningkatnya ukuran masalah.

d) Kriteria Pemberhentian.

Kriteria pemberhentian (termination criteria) bisa dihentikan berdasarkan kriteria tertentu, misalnya sejumlah iterasi yang ditentukan pengguna, sejumlah waktu tertentu atau sejumlah iterasi berurutan tanpa peningkatan nilai fungsi objektif terbaik.

3. Metodologi Penelitian

3.1. Objek Penelitian

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah UTD PMI DKI Jakarta dan Rumah sakit yang dilayani oleh UTD PMI DKI Jakarta, meliputi proses pendistribusian darah oleh PMI Jakarta ke rumah sakit yang dilayani.

3.2. Teknik pengumpulan data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara pengamatan langsung ke lapangan (survey) dan indepth interview untuk mendapatkan data-data permintaan darah di setiap rumah sakit, jarak antar rumah sakit, jarak PMI cabang Jakarta Selatan ke setiap rumah sakit dan kapasitas kendaraan yang digunakan PMI untuk melakukan kegiatan pendistribusian.

4. Pengumpulan dan Pengolahan Data

4.1. Pengumpulan Data

Berikut merupakan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian.

4.1.1. Sistem Distribusi pada PMI DKI Jakarta

Sistem pendistribusian darah yang dilakukan oleh UTD PMI DKI Jakarta adalah pendistribusian secara harian berdasarkan permintaan dari 48 BDRS. Jumlah BDRS dan Jumlah permintaan darah selalu berubah-ubah setiap harinya. Pada saat melakukan pengiriman, Pihak UTD PMI Jakarta Selatan tidak melakukan perencanaan untuk menentukan titik kirim mana yang dikunjungi terlebih dahulu setiap rutenya. Penentuan urutan titik kirim yang akan dikunjungi diserahkan sepenuhnya pada supir masing-masing kendaraan. Umumnya, pengemudi mengirimkan darah ya ke BDRS yang berlokasi lebih dekat dahulu baru bergerak menjauh. Apabila kapasitas tidak mencukupi, maka pengemudi hanya akan mengambil sampai batas kapasitas kendaraan dan

sisanya akan dikirimkan pada kunjungan berikutnya. UTD PMI DKI Jakarta juga harus menerapkan sistem rantai dingin disesuaikan dengan suhu optimal yang dibutuhkan pada masing-masing komponen darah.

4.1.2. Depot

Depot merupakan titik awal dimana pendistribusian darah dimulai. Pada kasus ini yang bertindak sebagai depot adalah UTD PMI DKI Jakarta yang berada di Jl. Kramat Raya No.47 RT 03/RW 004 Kec. Senen, Jakarta Pusat.

4.1.3. Armada Pengiriman

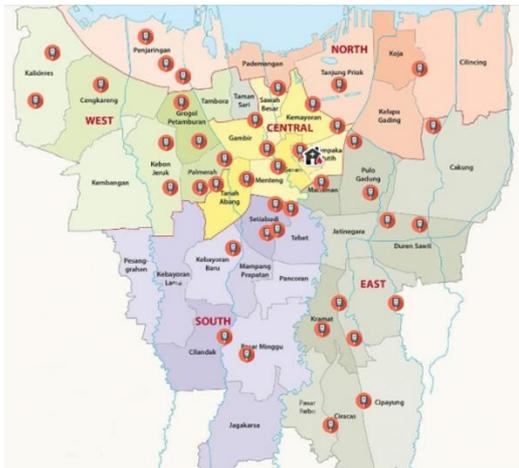
UTD PMI Jakarta dalam melakukan pengiriman menggunakan kendaraan mobil dropping yang dikhususkan untuk mengirimkan darah ke Rumah sakit yang dilayani. Mobil tersebut memiliki kapasitas 400 kantong darah.

4.1.4. Biaya Pengiriman

Biaya pengiriman diperoleh melalui perhitungan terhadap biaya variabel yang berubah apabila terjadi perubahan pada jarak tempuh, yaitu biaya bahan bakar. Biaya bahan bakar per kilometer adalah Rp. 650,00

4.1.5. Lokasi Bank Darah Rumah Sakit (BDRS)

UTD PMI Jakarta mendistribusikan darah ke 48 Rumah sakit, tersebar di daerah Jakarta.



Gambar 4.1.5 Lokasi Persebaran BDRS di DKI Jakarta

4.1.6. Data Pengiriman

Optimasi rute distribusi juga akan dilakukan untuk rute harian yang akan menghasilkan rute optimal untuk suatu hari tertentu. Sehingga dalam penelitian ini data

yang digunakan adalah pengiriman darah pada suatu hari dibulan Desember 2019, dimana jumlah BDRS yang dilayani adalah sebanyak 27 BDRS.

| NO | Bank Darah Rumah Sakit | Jumlah Kantong Darah |
|--------------|------------------------------------|----------------------|
| 1 | AL MINTOHARJO | 28 |
| 2 | ANAK BUNDA HK | 28 |
| 3 | BUDI ASIH | 38 |
| 4 | BUDI KEMULIAAN | 37 |
| 5 | CIKINI | 30 |
| 6 | CENGKARENG | 53 |
| 7 | CIPTO MANGUNKUSUMO | 43 |
| 8 | GATOT SOEBROTO | 13 |
| 9 | GRHA KEDOYA | 33 |
| 10 | HERMINA KEMAYORAN | 18 |
| 11 | JANTUNG HK | 12 |
| 12 | MEDISTRA | 13 |
| 13 | METROPOLITASN MEDICAL CENTRE (MMC) | 13 |
| 14 | MITRA KEPALA GADING | 17 |
| 15 | MITRA KEMAYORAN | 58 |
| 16 | PIK | 14 |
| 17 | PELNI | 20 |
| 18 | PUSAT PERTAMINA | 23 |
| 19 | PONDOK INDAH-PURI INDAH | 9 |
| 20 | PREMIERE JATINEGARA | 16 |
| 21 | SILOAM KB.JERUK | 10 |
| 22 | SILOAM SEMANGGI (MRCC) | 14 |
| 23 | SILOAM SIMATUPANG | 23 |
| 24 | SINT.CAROLUS | 10 |
| 25 | SUMBER WARAS | 9 |
| 26 | TARAKAN | 24 |
| 27 | UKI | 7 |
| TOTAL | | 613 |

4.1.7. Jarak

Data jarak yang dikumpulkan adalah jarak antara UTD PMI DKI Jakarta dengan masing-masing BDRS dan jarak antar BDRS. Pengambilan data jarak ini dilakukan dengan menggunakan bantuan peta digital. Peta digital yang digunakan merupakan aplikasi Google Maps (www.maps.google.com).

4.2. Pengolahan Data

Algoritma penyelesaian menggunakan Algoritma Tabu Search yang digunakan untuk melakukan optimasi distribusi darah ini, terdiri dari dua tahapan, yaitu tahap pembentukan solusi awal dengan menyesuaikan jumlah permintaan darah dengan kapasitas armada

pengiriman, yang nantinya solusi awal ini akan di-optimalkan kembali menggunakan Tabu Search.

4.2.1. Pengerjaan Solusi Awal

Tahapan pertama adalah pembentukan solusi awal yang dilakukan secara random, kemudian dilakukan pemecahan BDRS dengan dibatasi berdasarkan kapasitas kendaraan distribusi yaitu sebanyak 400 kantong darah dengan permintaan dari BDRS. Jika kapasitas kendaraan sudah tidak dapat memenuhi permintaan BDRS berikutnya, maka kendaraan akan kembali lagi ke depot yaitu UTD PMI DKI Jakarta untuk mengisi muatan kembali dan melanjutkan perjalanan dengan rute yang baru sampai semua node yaitu BDRS dikunjungi. Sehingga didapatkan Rute solusi awal sebagai berikut,

| RUTE | Solusi Awal VRP | Permintaan | Jarak | Biaya Pengiriman |
|-------|--|-------------|----------|------------------|
| 1 | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GHK - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 376 Kantong | 166,3 Km | 108,095 |
| 2 | DEPOT - MTKY - PIK - PN - PP - PIPRI - PJ - SLKJ - SLMG - SLTB - SC - SW - TRK - UKI - DEPOT | 237 Kantong | 195,2 Km | 126,88 |
| TOTAL | | | 361,5 Km | 234,975 |

4.2.2. Pengolahan Solusi Awal dengan Algoritma Tabu Search

Pengolahan dengan algoritma Tabu Search akan dilakukan terhadap 2 Rute yang telah didapatkan pada solusi awal sebelumnya. Namun sebelum melakukan pengolahan, perlu ditentukan kriteria pemberhentian (termination criteria). Dalam penelitian ini kriteria pemberhentian yang dipakai adalah ketika beberapa iterasi dilakukan tanpa ada perbaikan pada nilai fungsi objektif.

RUTE 1

Langkah 1, Diawali dengan solusi awal yang telah didapatkan sebelumnya akan masuk kedalam daftar Tabu List.

Langkah 2, Membuat iterasi dengan melakukan penukaran (move) antara dua titik dari solusi awal. Posisi starting dan end point tetap (fixed), sehingga penukaran hanya dilakukan pada 2 titik antar BDRS dengan

menggunakan matriks jarak rute 1. Dalam penentuan jumlah pertukaran yang dilakukan dalam setiap iterasi dapat menggunakan metode kombinatorial terhadap 14 titik BDRS.

$$C_{(14,2)} = \frac{14!}{2!(14-2)!} = 91$$

Sehingga banyaknya jalur yang akan dicari untuk rute 1 pada setiap iterasi adalah sebanyak 91 jalur

ITERASI 1

- Jalur ke 1 yaitu penukaran antara posisi ke 2 dengan posisi ke 3. Jalur ini menghasilkan jarak tempuh 173,1 Km

DEPOT - AHK - **ALMJ** - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GK - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT

- Jalur ke 2 yaitu penukaran antara posisi ke 2 dengan posisi ke 4. Jalur ini menghasilkan jarak tempuh 171,4 Km

DEPOT - AHK - BA - **ALMJ** - BK - CKN - CKG - CM - GS - GK - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT

Penukaran ini akan berlanjut sampai dengan jalur ke 91 yaitu penukaran posisi 14 ke 15. Penukaran setiap node pada iterasi 1 dapat dilihat pada lampiran.

Langkah 3, Selanjutnya adalah mengevaluasi solusi alternatif dari 91 jalur yang telah dicoba pada iterasi tersebut dan menetapkan solusi tersebut sebagai solusi optimum sementara. Dari iterasi 1 untuk rute 1 diperoleh solusi optimum sementara pada jalur ke 58 yaitu penukaran titik 7 ke titik 10 dengan jarak tempuh 140 Km

DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CM - GS - GK - CKG - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT

Langkah 4, Selanjutnya adalah memilih solusi paling optimum diantara semua daftar solusi alternatif. Apabila solusi tersebut lebih kecil dari solusi awal maka solusi tersebut akan dipilih sebagai solusi optimum yang baru. Nilai solusi optimum pada iterasi 1 jalur ke 58 yaitu 140 Km lebih kecil dari solusi awal yaitu 166,3 Km maka solusi optimum tersebut terpilih sebagai solusi optimum baru dan akan dijadikan iterasi selanjutnya.

Langkah 5, Langkah selanjutnya adalah memperbarui Tabu List. solusi optimum baru yang telah didapatkan akan masuk kedalam daftar tabu list yang nantinya akan dijadikan untuk solusi atau iterasi selanjutnya.

Berikut Tabu List yang berisikan solusi optimum alternatif,

| Tabu List | | |
|-------------|--|----------|
| Solusi Awal | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GHK - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 166,3 Km |
| Iterasi 1 | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CM - GS - GK - CKG - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 140 Km |

ITERASI 2

- Jalur ke 1 yaitu penukaran antara posisi ke 2 dengan posisi ke 3. Jalur ini menghasilkan jarak tempuh 146,8 Km

| |
|--|
| DEPOT - AHK- ALMJ - BA - BK - CKN - CM - GS - GHK - CKG- HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT |
|--|

- Jalur ke 2 yaitu penukaran antara posisi ke 2 dengan posisi ke 4. Jalur ini menghasilkan jarak tempuh 145,1 Km

| |
|--|
| DEPOT - AHK- BA - ALMJ - BK - CKN - CM - GS - GHK - CKG- HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT |
|--|

Penukaran ini akan berlanjut sampai dengan jalur ke 91 yaitu penukaran posisi 14 ke 15. Penukaran setiap node pada iterasi 2 dapat dilihat pada lampiran.

Langkah 7, Selanjutnya adalah mengevaluasi solusi, Dari iterasi 2 untuk rute 1 diperoleh solusi optimum sementara pada jalur ke 35 yaitu penukaran titik 4 ke titik 14 dengan jarak tempuh 125,7 Km.

| |
|--|
| DEPOT - ALMJ - AHK - BK - CKN - CM - GS - GHK - CKG- HRK- JHK - MDR - MMC- BA - MTKG - DEPOT |
|--|

Langkah 8, Nilai solusi optimum pada iterasi 2 jalur ke 35 yaitu 125,7 Km lebih kecil dari solusi Iterasi 1 yaitu 140 Km maka solusi optimum tersebut terpilih sebagai solusi optimum baru dan akan dijadikan iterasi selanjutnya.

Langkah 9, Langkah selanjutnya adalah memperbarui Tabu List dengan solusi optimum baru

| Tabu List | | |
|-------------|--|----------|
| Solusi Awal | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GHK - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 166,3 Km |
| Iterasi 1 | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CM - GS - GK - CKG - HRK - JHK -MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 140 Km |
| Iterasi 2 | DEPOT - ALMJ - AHK - BK - CKN - CM - GS - GHK - CKG - HRK - JHK -MDR - MMC - BA - MTKG - DEPOT | 125,7 Km |

Begitu seterusnya pada iterasi-iterasi selanjutnya

Langkah 10, Langkah selanjutnya adalah pemberhentian, jika kriteria pemberhentian yang sudah ditetapkan sebelumnya telah terpenuhi maka pencarian untuk rute tersebut berhenti. Pada rute 1 pemberhentian dilakukan pada iterasi ke 10 dikarenakan tidak adanya perbaikan pada nilai fungsi objektif setelah dilakukannya beberapa iterasi. Nilai yang dihasilkan beberapa iterasi terakhir mengalami naik turun dan cenderung menghasilkan rute yang sama. Sehingga pada rute 1, solusi yang dipilih adalah solusi optimum iterasi 8.

| | | |
|-----------|---|----------|
| Iterasi 8 | DEPOT - CM- CKN- GS- BK - GHK - CKG- AHK- JHK- ALMJ - MMC - MDR- BA - MTKG- HRK - DEPOT | 97,75 Km |
|-----------|---|----------|

RUTE 2

Semua langkah-langkah tersebut dilakukan juga pada Rute 2. Pada rute 2 pemberhentian dilakukan pada iterasi ke 12 dikarenakan tidak adanya perbaikan pada nilai fungsi objektif setelah dilakukannya beberapa iterasi. Nilai yang dihasilkan beberapa iterasi terakhir mengalami naik turun dan cenderung menghasilkan rute yang sama. Sehingga pada rute 2, solusi yang dipilih adalah solusi optimum iterasi 11.

| | | |
|------------|--|----------|
| Iterasi 11 | DEPOT - MTKY - PIK - PIPRI - SLKJ - PP- SLTB - SC - PJ - UKI- SLMG- PN - TRK- SW - DEPOT | 116,8 Km |
|------------|--|----------|

4.2.3. Tabu Search Menggunakan Excel Solver

Pengolahan menggunakan Solver akan membantu dalam penentuan TSP (Travelling Sales Person) sederhana. Program akan melakukan penukaran (move) antara dua titik terhadap solusi awal dengan waktu running program yang dapat ditentukan secara fleksibel dan real time

RUTE 1

Pada pengolahan rute 1 dengan run program selama 300 detik, menghasilkan solusi optimum dengan jarak tempuh 97,35 Km dengan rute sebagai berikut,

DEPOT-CM-CKN-ALMJ-CKG-GHK-
AHK-JHK-BK-MMC-MDR-BA-GS-
HRK - MTKG-DEPOT

Jika dibandingkan dengan pengolahan secara manual, hasil yang diperoleh Rute yang dihasilkan sedikit berbeda, namun ada beberapa titik lokasi yang ditempatkan di posisi yang sama. Sedangkan jarak tempuh yang dihasilkan hanya memiliki perbedaan 0,40 Km.

RUTE 2

Pada pengolahan rute 2 dengan run program selama 300 detik, menghasilkan solusi optimum dengan jarak tempuh 100,4 Km dengan rute sebagai berikut,

DEPOT - SC - PJ - UKI - SLMG -
SLTB - PP - PN - SLKJ - PIPRI - PIK -
SW - TRK - MTKY - DEPOT

Jika dibandingkan dengan pengolahan secara manual, hasil yang diperoleh Rute yang dihasilkan berbeda, Sedangkan jarak tempuh yang dihasilkan memiliki perbedaan 16,4 Km.

RUTE 27 TITIK BDRS

Pengolahan juga dilakukan terhadap 27 titik rumah sakit tanpa memasukan constraint kapasitas 400 kantong, sehingga armada pengiriman tidak kembali ke depot untuk mengisi muatannya kembali. Jalur optimum yang diperoleh menghasilkan jarak tempuh sebesar 63,4 Km.

DEPOT - HRK - MTKY - TRK - BK -
CM - SC - CKN - MMC - SLMG - ALMJ -
PN - JHK - AHK - GS - PIPRI - GHK - UKI -
MTKG - CKG - BA - MDR - PIK - SLKJ -
SLTB - PJ - SW - PP - DEPOT

4.3. Analisis Data

Dari pengujian yang dilakukan pada 27 titik BDRS, dihasilkan rute distribusi dari hasil optimasi dengan algoritma tabu search ini lebih baik dibandingkan dengan rute solusi awal. Tidak optimalnya rute distribusi solusi awal tersebut disebabkan karena penentuan rute hanya didasarkan pada kapasitas dari kendaraan pengiriman.

Berikut ini dapat dilihat perbandingan antara rute solusi awal dengan rute usulan yang telah diolah dengan algoritma Tabu Search.

| | | RUTE | Jarak Rute | Jarak Total |
|------------------|--------|--|------------|-------------|
| Rute Solusi Awal | Rute 1 | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GK - HRK - JHK - MDR - MMC - MTKG - DEPOT | 166,3 Km | 361,5 Km |
| | Rute 2 | DEPOT - MTKY - PIK - PN - PP - PIPRI - PJ - SLKJ - SLMG - SLTB - SC - SW - TRK - UKI | 195,2 Km | |
| Rute Usulan | Rute 1 | DEPOT - CM- CKN- GS- BK - GHK - CKG- AHK- JHK- ALMJ -MMC - MDR- BA - MTKG- HRK - DEPOT | 97,75 Km | 214,55 |
| | Rute 2 | DEPOT - MTKY - PIK - PIPRI - SLKJ - PP- SLTB - SC - PJ - UKI- SLMG- PN - TRK- SW - DEPOT | 116,8 Km | |

Rute 1 mengalami pengurangan jarak yang terjadi sebesar 68,55 km atau sebesar 41 %, Sedangkan untuk rute 2 dapat dilihat pada tabel diatas, mengalami penurunan jarak sebesar 78,2 km atau sebesar 40 %. Dan jika dilihat secara umum, Total jarak tempuh pada rute distribusi usulan yang telah dioptimalisasi mengalami pengurangan jarak sebesar 147 km atau sebesar 40,6%.

Dengan pengoptimalan rute distribusi akan meminimalkan dalam biaya pengiriman per kilometer. Berikut ini merupakan perbandingan antara biaya pengiriman pada

| | | RUTE | Biaya Pengiriman | |
|------------------|--------|--|------------------|-----------|
| Rute Solusi Awal | Rute 1 | DEPOT - ALMJ - AHK - BA - BK - CKN - CKG - CM - GS - GK - HRK - JHK - MDR - MMC - MTKG - DEPOT | Rp108.095 | Rp234.975 |
| | Rute 2 | DEPOT - MTKY - PIK - PN - PP - PIPRI - PJ - SLKJ - SLMG - SLTB - SC - SW - TRK - UKI | Rp126.880 | |
| Rute Usulan | Rute 1 | DEPOT - CM- CKN- GS- BK - GHK - CKG- AHK- JHK- ALMJ -MMC - MDR- BA - MTKG- HRK - DEPOT | Rp63.537 | Rp139.457 |
| | Rute 2 | DEPOT - MTKY - PIK - PIPRI - SLKJ - PP- SLTB - SC - PJ - UKI- SLMG- PN - TRK- SW - DEPOT | Rp75.920 | |

solusi awal dan rute usulan hasil optimasi.

Dapat dilihat pada tabel , pada rute solusi awal biaya transportasi pengiriman yang dikeluarkan adalah sebesar Rp. 234,975, sedangkan untuk rute usulan yang telah di optimasi sebesar Rp. 139,457. Dengan demikian, rute optimum ini berhasil mengurangi biaya pengiriman sebesar Rp. 100,518 atau sebesar 42,7%.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

- Sistem pendistribusian darah yang dilakukan oleh UTD PMI DKI Jakarta adalah pendistribusian secara harian

berdasarkan permintaan dari 48 BDRS. Jumlah BDRS dan Jumlah permintaan darah selalu berubah-ubah setiap harinya Sehingga proses pengiriman tidak melakukan perencanaan untuk menentukan titik kirim mana yang dikunjungi terlebih dahulu setiap rutenya.

- Berdasarkan hasil pengolahan data dengan pengembangan Vehicle Routing Problem menggunakan algoritma Tabu Search, menghasilkan dua rute usulan dengan total jarak 214,55 km yang lebih baik dibandingkan dengan rute solusi awal. Total pengurangan jarak yang terjadi adalah sebesar 147 km atau sebesar 40,6%.
- Dengan pengoptimalan rute distribusi akan meminimalkan biaya pengiriman per kilometer, rute optimum ini berhasil mengurangi biaya pengiriman sebesar Rp. 100,518 atau sebesar 42,7%.

5.2. Saran

- Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar acuan dalam penentuan rute distribusi harian yang paling optimum dengan mempertimbangkan jumlah permintaan dan BDRS yang berbeda-beda setiap harinya.
- Dalam penggunaan Algoritma Tabu Search pada penelitian yang akan datang akan lebih baik jika menggunakan parameter yang lebih mendalam seperti mempertimbangkan time windows sehingga dapat meningkatkan kualitas solusi yang dihasilkan.

6. Daftar Pustaka

- Archetti, C., Bertazzi, L., & Speranza, M. G. (2007). *A Branch-and-Cut Algorithm for a Vendor-Managed*. 41(3), 382–391. <https://doi.org/10.1287/trsc.1060.0188>
- Budiman, S. D., & Widyadana, I. G. A. (2013). Penyelesaian Permasalahan Multi-tour Inventory Routing Problem dengan Particle Swarm Optimization. *Jurnal Titra*, Vol. 1, No. 2, Juli 2013, 1(2), 213–220.
- Cahya, D., Nugraha, A., Mahmudy, W. F., Ilmu, M., Informatika, K., Komputer, F. I., Brawijaya, U., & No, J. V. (2015). Optimasi vehicle routing problem with time windows pada distribusi catering menggunakan algoritma genetika. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia*, November, 275–282.
- Duan, Q., & Liao, T. W. (2014). Optimization of blood supply chain with shortened shelf lives and ABO compatibility. *International Journal of Production Economics*, 153, 113–129. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.02.012>
- Ganesh, K., Narendran, T. T., & Anbuudayasankar, S. P. (2014). Evolving cost-effective routing of vehicles for blood bank logistics. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 17(4), 381–415. <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2014.061013>
- Gunpinar, S., & Centeno, G. (2016). An integer programming approach to the bloodmobile routing problem. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 86, 94–115. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.12.005>
- Karim, M. K., Setiawan, B. D., & Adikara, P. P. (2017). Optimasi Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Pada Rute Mobile Grapari (MOGI) Telkomsel Cabang Malang Menggunakan Algoritme Genetika. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIIK) Universitas Brawijaya*, 2(8), 2702–2709.
- Najafi, M., Ahmadi, A., & Zolfagharinia, H. (2017). Blood inventory management in hospitals: Considering supply and demand uncertainty and blood transshipment possibility. *Operations Research for Health Care*, 15, 43–56. <https://doi.org/10.1016/j.orhc.2017.08.006>
- Profita, A. (2017). Optimasi Manajemen Persediaan Darah Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2(1), 16. <https://doi.org/10.33536/jiem.v2i1.101>
- Saraswati, R., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2017). Penyelesaian Capacitated Vehicle Routing Problem Dengan Menggunakan Algoritma Sweep Untuk Penentuan Rute Distribusi Koran : Studi Kasus. *Jurnal Manajemen Pemasaran*, 11(2), 41–44.

<https://doi.org/10.9744/pemasaran.11.2.41-44>

Thonier, V., Cohen-Bacrie, S., Loussert, I., Thornton, N., Djoudi, R., Woimant, G., Boulat, C., Pirenne, F., & Peyrard, T. (2019). Management of the blood supply for a Jk(a-b-) patient with an anti-Jk3 in preparation for an urgent heart transplant: An illustrative example of a successful international cooperation. *Transfusion Clinique et Biologique*, 26(1), 48–55.

<https://doi.org/10.1016/j.tracli.2018.04.002>

2