

OPTIMASI MANAJEMEN PERSEDIAAN DARAH MENGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO

Anggriani Profita, Dutho Suh Utomo, Ferry Fachriansyah
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman
Kampus Gunung Kelua, Jl. Sambaliung No. 9, Samarinda, 75119
Email: profita@ft.unmul.ac.id

ABSTRAK

Persediaan darah merupakan bagian penting dalam penjaminan kesehatan masyarakat. Hal tersebut berdampak besar bagi keberhasilan pada hampir seluruh prosedur perawatan medis. Kesenjangan antara donasi dan kebutuhan darah semakin meningkat, sedangkan tidak ada alternatif lain untuk memenuhi kebutuhan darah mengingat darah diberikan oleh pendonor secara sukarela. Selain itu, hingga saat ini, tidak ada produk maupun proses kimia yang dapat digunakan untuk menghasilkan darah. Oleh karenanya, darah dianggap sebagai sumber daya yang langka. Meminimalkan kekurangan persediaan darah dan pemborosan darah akibat kadaluarsa merupakan tantangan utama dalam pengelolaan persediaan darah. Tidak tersedianya darah meningkatkan risiko mortalitas dan morbiditas pasien, sementara tingkat persediaan yang tinggi meningkatkan risiko kerusakan darah yang berakibat pada tingginya biaya persediaan dan tidak efisiennya penggunaan darah.

Penelitian ini dilaksanakan di UTDC PMI Kota Balikpapan yang bertujuan untuk merancang model simulasi persediaan darah serta menetapkan tingkat persediaan darah optimal menggunakan simulasi Monte Carlo. Dalam simulasi ini, variabel kontrol adalah besaran darah masuk, adapun variabel respon adalah total biaya yang merupakan hasil dari penjumlahan biaya kekurangan darah dan darah rusak. Hasil simulasi dengan 8 kali replikasi diperoleh nilai optimal darah masuk untuk golongan darah A, B, O, dan AB berturut-turut sebanyak 22 kantong, 19 kantong, 28 kantong, dan 9 kantong darah per hari. Adapun total biaya persediaan yang minimum adalah Rp 1.956.500; Rp 1.772.550; Rp 2.485.350; dan Rp 1.100.700 berturut-turut untuk golongan darah A, B, O, dan AB.

Kata Kunci: *Darah, Manajemen Persediaan, Simulasi, Monte Carlo*

Pendahuluan

Darah merupakan produk biologis yang terdiri dari jaringan yang bertugas untuk mengedarkan zat-zat nutrisi dan oksigen, serta sisa-sisa metabolisme dari dan ke seluruh bagian tubuh. Darah hanya dapat diproduksi oleh manusia, dan didonorkan dalam jumlah yang terbatas. Saat ini, tidak ada produk substitusi bagi darah maupun proses kimia yang dapat menghasilkan darah. Dengan demikian, darah dianggap sebagai komoditas yang langka dan sangat berharga (Gregor, dkk., 1982; Ghandforoush dan Sen, 2010; Beliën dan Forcé, 2012; Gunpinar dan Centeno, 2015).

Rantai pasok darah merupakan sistem kompleks yang melibatkan parameter berbeda yang saling berhubungan dan berbagai pemangku kepentingan seperti rumah sakit, bank darah, dan donor. Rantai pasok ini

memiliki aspek sensitif lainnya yaitu tingkat pemenuhan kebutuhan yang tinggi (*high order fulfillment*), yang merupakan permasalahan hidup dan mati bagi pasien (Katsaliaki, dkk., 2014). Di samping itu, Ghandforoush dan Sen (2010) menyatakan bahwa komponen dari rantai pasok darah yang efektif adalah pengelolaan biaya yang efisien, pengiriman darah sesuai dengan permintaan rumah sakit, dan optimasi manajemen internal. Kompleksitas dalam rantai pasok darah harus dikelola secara hati-hati guna memenuhi kebutuhan pasien baik secara kuantitas maupun kualitas (Zahraee, dkk., 2015).

Bank darah dan rumah sakit, sebagai bagian penting dalam pasokan darah, berupaya untuk meminimalkan kekurangan darah maupun darah yang kadaluarsa. Tantangan utama dalam hal ini adalah ketidakpastian permintaan darah, terbatasnya masa simpan

darah, serta tingginya *service level* yang diharapkan (Duan dan Liao, 2013). Sehubungan dengan karakteristik darah yang mudah rusak, bank darah maupun rumah sakit harus menghindari untuk menyimpan kantung darah dalam jumlah berlebih agar terhindar dari pemborosan sumber daya yang terbatas. Di lain sisi, kekurangan pasokan darah dapat berakibat pada pembatalan prosedur perawatan yang dapat meningkatkan tingkat kematian. Oleh karena itu, baik kelebihan maupun kekurangan persediaan darah perlu untuk diminimalkan (Haijema, dll., 2007; Haijema, dll., 2009; Duan dan Liao, 2013; Gunpinar dan Centeno, 2015). Pelayanan penyediaan darah di Indonesia dilaksanakan oleh Unit Transfusi Darah (UTD). UTD merupakan fasilitas pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan donor darah, penyediaan darah, dan pendistribusian darah. Kebutuhan pelayanan darah yang berkualitas semakin dituntut guna mendukung pencapaian sasaran pembangunan kesehatan nasional dan *Millenium Development Goals* (MDGs). Pelayanan darah yang berkualitas diharapkan dapat mengurangi kematian akibat perdarahan pada ibu bersalin maupun kasus perdarahan lainnya, juga menunjang penanganan kelainan darah yang membutuhkan transfusi (Kementerian Kesehatan RI, 2013).

Tugas utama dari UTD adalah melakukan peramalan terhadap permintaan dan penyediaan darah, serta menentukan tingkat persediaan darah. Oleh karena itu, sasaran utama UTD adalah memenuhi permintaan darah secara efisien baik dari segi biaya maupun waktu dalam lingkungan yang penuh ketidakpastian. Tingkat persediaan untuk setiap golongan darah tergantung pada *service level* yang dikehendaki, dengan tetap memperhatikan biaya operasional dalam upaya memenuhi permintaan darah (Ghandforoush dan Sen, 2010; Zahraee, dkk., 2015; Zepeda, dkk., 2016). UTDC PMI Balikpapan merupakan satu dari sepuluh penyedia darah yang berlokasi di Kalimantan Timur. Unit ini melayani permintaan darah dari kota Balikpapan serta beberapa kabupaten di sekitarnya, yaitu Penajam Paser Utara (PPU), Paser, dan Kutai Kartanegara. UTDC PMI Balikpapan berperan

penting dalam menentukan tingkat persediaan yang tepat untuk masing-masing golongan darah dalam jangka waktu tertentu. Dengan cakupan pelayanan yang cukup luas, memastikan ketersediaan darah di UTDC PMI Balikpapan menjadi sangat penting. Namun, hal ini sukar dilakukan mengingat ruang lingkup area pelayanan yang berimbas pada peningkatan ketidakpastian permintaan darah.

Terdapat beberapa metode dan pendekatan yang dapat diaplikasikan untuk menghitung *trade-off* antara kekurangan persediaan darah dan kerusakan darah akibat kadaluarsa. Perhitungan ini bertujuan untuk meminimalkan kesenjangan antara permintaan dan persediaan darah, dengan biaya sebagai salah aspek pertimbangan dalam perhitungan. Mengingat kompleksitas jaringan dan kegiatan operasional dalam rantai pasok darah, pendekatan analitis cenderung menjadi kurang memadai dan akurat untuk memodelkan kompleksitas sesuai realitas. Dalam rangka menyelesaikan permasalahan yang sukar diselesaikan menggunakan metode pemrograman matematika, maka metode optimasi berbasis simulasi dapat dijadikan sebagai alternatif penyelesaian masalah yang cukup menjanjikan. Penggunaan simulasi seringkali mengarah kepada hasil yang optimal maupun mendekati optimal (Haijema, dkk., 2007; Beliën dan Forcé, 2012; Duan dan Liao, 2013; Chu, dkk., 2015).

Secara spesifik, dalam hal manajemen persediaan, simulasi memungkinkan penggunaannya untuk meniru pengelolaan persediaan yang bervariasi dan memiliki jangka waktu yang panjang dalam hitungan menit dengan hasil yang rinci berdasarkan ukuran-ukuran yang dapat dikuantifikasi (Karels dan Noordman, 2012; Beliën dan Forcé, 2012; Katsaliaki, dkk., 2014). Simulasi menawarkan pendekatan yang reliabel untuk mempelajari dan mengevaluasi model sistem persediaan yang memiliki karakteristik stokastik dan dinamis (Beliën dan Forcé, 2012; Katsaliaki, dkk., 2014; Chu, dkk., 2015).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang model simulasi persediaan darah di UTDC PMI Balikpapan. Model ini mempertimbangkan biaya kekurangan

persediaan darah dan biaya kerusakan darah akibat terlalu lama dalam penyimpanan. Penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan tingkat persediaan darah yang optimal untuk setiap golongan darah menggunakan simulasi Monte Carlo. Hal ini memungkinkan para pengambil keputusan untuk melakukan pengelolaan persediaan darah dengan lebih baik, sehingga UTDC PMI Balikpapan dapat meningkatkan *service level* guna memenuhi permintaan darah.

1. Metode Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada studi kasus yang dilaksanakan di UTDC PMI Balikpapan. Tujuannya adalah untuk mengembangkan model simulasi persediaan darah dan menentukan tingkat persediaan optimal untuk setiap golongan darah menggunakan simulasi Monte Carlo. Studi kasus merupakan suatu metode yang secara sistematis mempelajari suatu fenomena. Metode ini direkomendasikan untuk penelitian kompleks yang melibatkan beberapa variabel (Melander, 2014). Di ranah penelitian manajemen rantai pasok, studi kasus sangat bermanfaat karena melalui metode ini para peneliti dapat mengumpulkan data yang banyak dan beragam (Kähkönen, 2011).

Penelitian ini diawali dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dengan pihak pengelola UTDC PMI Balikpapan untuk mengetahui sistem pengelolaan persediaan darah saat ini. Data sekunder dikumpulkan melalui data internal yang meliputi data pasokan darah, data permintaan darah, dan data kerusakan darah yang terjadi sepanjang Desember 2015 hingga Februari 2016.

Data yang terkumpul kemudian digunakan untuk menghitung jumlah replikasi (n) yang bertujuan untuk mengurangi variansi. Untuk memperoleh n , dilakukan replikasi awal (n_0) sebanyak 10 kali terhadap data permintaan darah dan data kerusakan darah. Melalui replikasi awal, maka diperoleh nilai rata-rata, deviasi standar, serta variansi dari data-data tersebut. Kemudian, *half width* dapat dihitung sebagai:

$$\text{Half width} = \frac{(t_{n-1, n/2}) \times s}{\sqrt{n}}$$

Dari hasil perhitungan *half width*, persentase error terhadap nilai rata-rata dapat dihitung sebagai:

$$\% \text{ error} = \frac{\text{half width}}{\text{rata - rata}} \times 100\%$$

Langkah terakhir adalah menghitung jumlah replikasi simulasi (n') menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$n' = \left[\frac{(Z_{\alpha/2} \times s)}{\text{half width}} \right]^2$$

Setelah jumlah replikasi dihitung, selanjutnya dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model simulasi untuk memastikan bahwa model telah mewakili sistem nyata yang terjadi di UTDC PMI Balikpapan. Jika model telah diverifikasi dan valid, kemudian model dapat digunakan untuk mensimulasikan tingkat persediaan darah yang optimal untuk setiap golongan darah.

2. Hasil dan Pembahasan

2.1 Manajemen Persediaan Darah di UTDC PMI Balikpapan

Darah yang tersedia di UTDC PMI Balikpapan diperoleh dari pendonor. Terdapat tiga pola guna memperoleh darah, yaitu melalui *Mobile Unit* (MU), pendonor langsung yang mendatangi UTDC PMI Balikpapan, dan donor pengganti yang dibawa oleh keluarga pasien. Namun, pola ketiga tidak dipertimbangkan dalam studi kasus ini mengingat darah yang diperoleh melalui pola ini tidak mengalami proses penyimpanan sebagaimana halnya pada kedua pola lainnya.

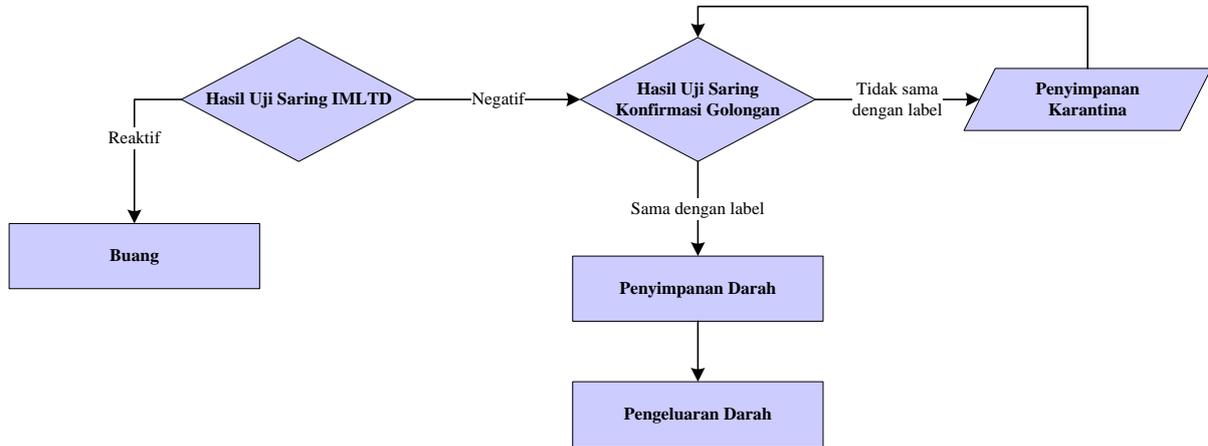
Pelayanan transfusi darah sangat rentan terhadap penyakit infeksi menular. Oleh karena itu, darah yang telah dikumpulkan harus melalui *screening test* untuk mengetahui apakah darah terinfeksi oleh penyakit-penyakit menular seperti hepatitis, HIV, sifilis, dan lain-lain. Jika darah positif terkontaminasi, maka darah tersebut dikatakan reaktif sehingga tidak dapat digunakan dan harus dibuang. Darah yang masuk dalam kategori negatif pada *screening test* akan masuk ke tahapan uji saring konfirmasi golongan darah. Golongan darah yang sesuai

akan ditransfusikan kepada resipien. Keseluruhan proses ini diilustrasikan dalam Gambar 1 sebagai berikut.

2.2 Perhitungan Jumlah Replikasi

Untuk mengurangi variansi, maka simulasi harus dilakukan sebanyak n kali replikasi.

Dalam hal ini, dilakukan replikasi awal (n_0) sebanyak 10 kali terhadap rata-rata permintaan darah dan kerusakan darah. Hasil 10 kali replikasi ini ditampilkan pada Tabel 1 berikut ini.



Gambar 1. Proses Pengelolaan Darah di UTDC PMI Balikpapan

Tabel 1. Hasil 10 Kali Replikasi Awal

| n | Rata-rata Permintaan Darah | | | | Rata-rata Kerusakan Darah | | | | Total |
|------------------------|----------------------------|--------|--------|-------|---------------------------|-------|-------|-------|---------------|
| | A | B | O | AB | A | B | O | AB | |
| 1 | 21,080 | 18,470 | 28,570 | 6,580 | 0,114 | 0,142 | 0,139 | 0,027 | 75,120 |
| 2 | 21,210 | 18,560 | 28,700 | 6,060 | 0,111 | 0,141 | 0,138 | 0,023 | 74,943 |
| 3 | 20,880 | 18,380 | 28,660 | 6,100 | 0,120 | 0,141 | 0,138 | 0,027 | 74,447 |
| 4 | 20,760 | 18,400 | 28,680 | 6,620 | 0,111 | 0,141 | 0,137 | 0,025 | 74,874 |
| 5 | 20,910 | 18,400 | 28,680 | 6,040 | 0,940 | 0,142 | 0,141 | 0,025 | 75,278 |
| 6 | 21,040 | 18,390 | 28,520 | 6,140 | 0,114 | 0,144 | 0,140 | 0,025 | 74,513 |
| 7 | 21,110 | 18,300 | 28,760 | 5,570 | 0,112 | 0,143 | 0,138 | 0,025 | 74,157 |
| 8 | 20,330 | 18,360 | 28,860 | 6,070 | 0,111 | 0,143 | 0,137 | 0,026 | 74,037 |
| 9 | 20,820 | 18,360 | 28,800 | 6,050 | 0,111 | 0,143 | 0,137 | 0,026 | 74,448 |
| 10 | 20,870 | 18,340 | 28,680 | 5,570 | 0,111 | 0,142 | 0,140 | 0,025 | 73,877 |
| Rata-rata | | | | | | | | | 74,569 |
| Deviasi Standar | | | | | | | | | 0,472 |
| Variansi | | | | | | | | | 0,223 |

Mengacu kepada hasil perhitungan pada Tabel 1, maka diperoleh nilai deviasi standar sebesar 0,472. Langkah selanjutnya adalah menentukan nilai t tabel yang akan digunakan untuk menghitung *half width*. Dengan tingkat

signifikansi sebesar 5%, n sebanyak 10, maka nilai dari $t_{(n-1; \alpha/2)} = t_{(9; 0,025)} = 2,26$.

Selanjutnya, *half width* dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Half width} &= \frac{(t_{n-1, n/2}) \times s}{\sqrt{n}} \\ &= \frac{2,26 \times 0,472}{\sqrt{10}} \\ &= 0,337\end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai *half width* sebesar 0,337, maka persentase *error* terhadap rata-rata adalah sebesar:

$$\begin{aligned}\% \text{ error} &= \frac{\text{half width}}{\text{rata - rata}} \times 100\% \\ &= \frac{0,337}{74,569} \times 100\% \\ &= 0,5\%\end{aligned}$$

Nilai persentase *error* adalah 0,5% dan telah memenuhi syarat, sehingga *half width* dapat diterima. Langkah selanjutnya adalah menghitung jumlah replikasi yang dilakukan pada studi kasus. Jumlah replikasi yang harus dilakukan dihitung sebagai:

$$\begin{aligned}n' &= \left[\frac{(z_{\alpha/2} \times s)}{\text{half width}} \right]^2 \\ &= \left[\frac{(1,96 \times 0,472)}{0,337} \right]^2 \\ &= 7,52 \\ &\approx 8 \text{ kali}\end{aligned}$$

2.3 Verifikasi dan Validasi Model

Terdapat dua jenis verifikasi, yaitu verifikasi konseptual dan verifikasi logis. Verifikasi model secara konseptual merupakan pengujian relevansi asumsi-asumsi dan teori-teori yang dipegang oleh pengambil keputusan, serta analisis cara pandang (*point of view*) terhadap permasalahan. Dalam hal ini, penentuan tingkat persediaan darah di UTDC PMI Balikpapan menggunakan simulasi Monte Carlo telah sesuai dan tepat sasaran. Hal ini dapat dilihat melalui penggunaan variabel-variabel yang sesuai, yaitu dengan menggunakan pasokan darah, permintaan darah, serta kerusakan darah untuk menghitung kekurangan darah.

Adapun verifikasi logis meninjau rumusan serta batasan-batasan model. Dalam model simulasi ini, variabel kontrol adalah jumlah darah yang masuk ke UTDC PMI Balikpapan, sedangkan variabel respon adalah total biaya yang merupakan hasil dari penjumlahan biaya kekurangan darah dan darah rusak. Tabel 2 memuat verifikasi logis terhadap beberapa variabel dalam model. Berdasarkan tabel tersebut, telah dapat digambarkan hubungan yang jelas untuk setiap variabel. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa model ini telah terverifikasi.

Setelah diverifikasi, maka model harus divalidasi terlebih dahulu sebelum dapat disimulasikan. Dalam penelitian ini, dilakukan validasi model melalui pengujian statistik menggunakan uji-t terhadap data historis dan hasil simulasi. Jika hasil performansi tidak berbeda secara signifikan, maka model simulasi telah valid dan dapat digunakan untuk menentukan tingkat persediaan darah yang optimal di UTDC PMI Balikpapan.

Validasi diawali dengan terlebih dahulu menentukan jenis distribusi dari data historis yang telah dikumpulkan. Data yang digunakan pada tahap ini adalah data permintaan darah dan darah rusak. Jenis distribusi permintaan dan kerusakan darah untuk setiap golongan darah dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Verifikasi Logis

| No. | Variabel | Formulasi | Keterangan |
|-----|------------------------|--|--|
| 1 | Pasokan darah | | <i>Input</i> yang diperoleh melalui data internal organisasi, sehingga hanya dituliskan secara langsung tanpa menggunakan formulasi. |
| 2 | Stok awal | = pasokan = pasokan + sisa | Untuk stok awal, diasumsikan bahwa persediaan awal adalah 0 kantong darah. Adapun stok awal periode berikutnya dihitung dengan menambahkan sisa kantong darah periode sebelumnya dengan pasokan darah. |
| 3 | Permintaan darah | | Merupakan bilangan acak yang dibangkitkan dengan memperhatikan data masa lalu. |
| 4 | Kekurangan darah | = IF (pasokan < kebutuhan; permintaan – pasokan; 0) | Kekurangan pasokan darah terjadi apabila pasokan darah kurang dari permintaan darah. |
| 5 | Sisa awal | = IF (stok awal > permintaan; stok awal – permintaan; 0) | Kantong darah yang tersisa setelah UTDC PMI Balikpapan memenuhi permintaan darah. |
| 6 | Persentase darah rusak | = darah rusak/pasokan darah x 100% | Merupakan persentase kerusakan darah terhadap seluruh pasokan darah yang masuk ke UTDC PMI Balikpapan. |
| 7 | Darah rusak | = sisa awal x persentase darah rusak | Jumlah darah yang rusak di suatu periode tertentu |
| 8 | Sisa akhir | = sisa awal – darah rusak | Merupakan jumlah persediaan kantong darah di akhir periode, yang akan menjadi stok awal bagi periode berikutnya. |

Tabel 3. Jenis Distribusi Data

| Golongan Darah | Data yang Digunakan | Jenis Distribusi | Parameter |
|----------------|---------------------|--------------------------|------------------------------|
| A | Permintaan darah | <i>Negative Binomial</i> | <i>Probability</i> = 0,19088 |
| | | | <i>Scale</i> = 4 |
| | Darah rusak | <i>Maximum Extreme</i> | <i>Likeliest</i> = 0,06358 |
| | | | <i>Scale</i> = 0,08858 |
| B | Permintaan darah | <i>Negative Binomial</i> | <i>Probability</i> = 0,21757 |
| | | | <i>Scale</i> = 4 |
| | Darah rusak | <i>Maximum Extreme</i> | <i>Likeliest</i> = 0,08242 |
| | | | <i>Scale</i> = 0,10453 |
| O | Permintaan darah | <i>Negative Binomial</i> | <i>Probability</i> = 0,1744 |
| | | | <i>Scale</i> = 5 |
| | Darah rusak | <i>Maximum Extreme</i> | <i>Likeliest</i> = 0,08427 |
| | | | <i>Scale</i> = 0,09289 |
| AB | Permintaan darah | <i>Negative Binomial</i> | <i>Probability</i> = 0,1802 |
| | | | <i>Scale</i> = 1 |
| | Darah rusak | <i>Logistic</i> | <i>Mean</i> = 0,0253 |
| | | | <i>Scale</i> = 0,09248 |

Setelah jenis distribusi permintaan darah dan kerusakan darah untuk setiap golongan darah diketahui, maka uji-t terhadap data historis dan hasil simulasi telah dapat dilakukan. Hasil uji-t terhadap data permintaan darah untuk golongan darah A selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4. Adapun analisis terhadap hasil uji-t tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Hipotesis
 H_0 = Tidak ada perbedaan antara data historis dengan hasil simulasi
 H_1 = Ada perbedaan antara data historis dengan hasil simulasi
- 2) Tingkat signifikansi
 $\alpha = 0,05 \leftrightarrow \alpha/2 = 0,025$
- 3) Daerah kritis
 $T_{hitung} > T_{tabel}$, H_0 ditolak, dan

- $T_{hitung} < T_{tabel}$, H_0 diterima
- 4) Statistik uji
 $n = 10$; $k = 2$
 $v = n - k = 10 - 2 = 8$
 $T_{tabel} = T_{critical\ two\ tail} = 2,262157163$
 $T_{hitung} = T_{stat} = -1,504765337$
- 5) Keputusan
 $T_{hitung} < T_{tabel}$, H_0 diterima atau berada pada wilayah penerimaan H_0
- 6) Kesimpulan
 Tidak ada perbedaan yang berarti antara data historis dengan hasil simulasi. Oleh karena itu, maka model simulasi ini valid dan siap digunakan untuk mensimulasikan tingkat persediaan darah yang optimal untuk setiap golongan darah.

Tabel 4. Hasil Uji-t Permintaan Golongan Darah A

| t-Test: Paired Two Sample for Means | | |
|-------------------------------------|--------------|------------|
| | Variable 1 | Variable 2 |
| Mean | 19,01428571 | 20,901 |
| Variance | 16,69138322 | 0,060499 |
| Observation | 10 | 10 |
| Pearson Correlation | 0,513029379 | |
| Hypothesized Mean Difference | 0 | |
| Df | 9 | |
| T Stat | -1,504765337 | |
| P(T<=t) one-tail | 0,083321331 | |
| t Critical one-tail | 1,833112933 | |
| P(T<=t) two-tail | 0,166642663 | |
| t Critical two-tail | 2,262157163 | |

2.4 Tingkat Persediaan Darah yang Optimal

Pendekatan yang dilakukan dalam simulasi adalah membangkitkan data dalam jumlah yang cukup, kemudian dilakukan pengulangan (replikasi) agar hasil simulasi yang telah dijalankan dapat dianalisis.

Pada Bagian 3.2, ditentukan bahwa replikasi dilakukan sebanyak 8 kali. Rata-rata kekurangan darah dan darah rusak yang diperoleh dari 8 kali replikasi selanjutnya dikalikan dengan besaran harga satuan kantong darah yaitu Rp 360.000,-

yang merujuk kepada Undang-undang No. 36 Tahun 2009 dan Peraturan Pemerintah RI No. 7 Tahun 2011 tentang Penataan Sistem Pembiayaan Pelayanan Penyediaan Darah. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah jumlah darah yang masuk ke UTDC PMI Balikpapan, sehingga simulasi dilakukan untuk menentukan titik optimal jumlah pengambilan darah oleh pihak UTDC PMI Balikpapan. Tabel 5 berikut ini merangkum hasil simulasi

(rata-rata kekurangan darah dan rata-rata darah rusak) dengan 8 kali replikasi untuk setiap golongan darah.

Tabel 5. Hasil Simulasi Tiap Golongan Darah

| Golongan Darah | Jumlah Darah Masuk/Hari | Rata-rata Kekurangan Darah | Rata-rata Darah Rusak | Total Biaya |
|----------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------|
| A | 20 kantong | 4,81 | 1 | Rp 2.089.800 |
| | 21 kantong | 4,73 | 1 | Rp 2.061.900 |
| | 22 kantong | 4,06 | 1,38 | Rp 1.956.600 |
| | 23 kantong | 3,8 | 2 | Rp 2.089.350 |
| | 24 kantong | 4,16 | 2 | Rp 2.218.500 |
| B | 18 kantong | 4,57 | 1 | Rp 2.003.400 |
| | 19 kantong | 3,92 | 1 | Rp 1.772.550 |
| | 20 kantong | 3,52 | 2 | Rp 1.986.750 |
| | 21 kantong | 4,33 | 3 | Rp 2.279.700 |
| | 22 kantong | 3,38 | 3 | Rp 2.295.000 |
| O | 26 kantong | 7,81 | 1 | Rp 3.172.500 |
| | 27 kantong | 6,63 | 1 | Rp 2.745.000 |
| | 28 kantong | 5,90 | 1 | Rp 2.485.350 |
| | 29 kantong | 5,98 | 2 | Rp 2.871.000 |
| | 30 kantong | 6,34 | 2 | Rp 3.003.750 |
| AB | 7 kantong | 3,66 | 0 | Rp 1.315.800 |
| | 8 kantong | 2,53 | 0,88 | Rp 1.225.350 |
| | 9 kantong | 2,06 | 1 | Rp 1.100.700 |
| | 10 kantong | 2,15 | 1 | Rp 1.132.650 |
| | 11 kantong | 2,76 | 1 | Rp 1.354.950 |

Berdasarkan Tabel 5, dapat dilihat bahwa jumlah darah masuk yang optimal untuk setiap golongan darah adalah 22 kantong, 19 kantong, 28 kantong, dan 9 kantong berturut-turut untuk golongan darah A, B, O, dan AB. Di samping itu, terdapat kecenderungan meningkatnya jumlah darah yang rusak seiring peningkatan jumlah darah yang masuk per hari. Oleh karena itu, UTDC PMI Balikpapan perlu menjaga agar jumlah darah yang masuk per harinya sesuai dengan jumlah optimal agar biaya persediaan darah dapat diminimalkan.

3. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model pengelolaan persediaan darah di UTDC PMI Balikpapan. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah jumlah darah masuk, adapun variabel respon adalah total biaya yang

merupakan hasil dari penjumlahan biaya kekurangan darah dan darah rusak. Setelah melalui proses verifikasi dan validasi, maka model telah siap disimulasikan untuk menetapkan tingkat persediaan darah yang optimal untuk setiap golongan darah. Dengan replikasi sebanyak 8 kali, diperoleh nilai optimal darah masuk per hari sebanyak 22 kantong, 19 kantong, 28 kantong, dan 9 kantong darah berturut-turut untuk golongan darah A, B, O, dan AB. Adapun total biaya persediaan yang minimum untuk golongan darah A, B, O, dan AB adalah Rp 1.956.500; Rp 1.772.550; Rp 2.485.350; dan Rp 1.100.700.

Hasil simulasi tersebut menekankan pentingnya UTDC PMI Balikpapan untuk memantau dan mengupayakan agar besaran darah yang masuk setiap harinya sesuai dengan titik optimal agar biaya dapat diminimalkan. Beberapa upaya yang dapat dilakukan oleh UTDC PMI Balikpapan

agar dapat mencapai titik optimal tersebut di antaranya:

1) UTDC PMI Balikpapan perlu melakukan pendataan pendonor secara rinci sehingga apabila terdapat jenis golongan darah tertentu yang dibutuhkan pasien maka pendonor tersebut dapat segera dihubungi.

2) Apabila jumlah darah masuk kurang dari nilai darah masuk optimal, maka UTDC PMI Balikpapan perlu meningkatkan aktivitas *Mobile Unit* (MU) dengan mendatangi instansi atau lembaga yang bersedia menjadi kelompok donor.

3) Apabila jumlah darah masuk lebih dari nilai darah masuk optimal, maka UTDC PMI perlu menghentikan pasokan darah untuk sementara waktu guna menghindari kemungkinan kerusakan darah yang lebih besar. Apabila ada pendonor langsung yang mengunjungi UTDC PMI Balikpapan, maka mereka dapat dipersuasi untuk melakukan kegiatan donor darah pada hari lainnya. UTDC PMI Balikpapan dapat menghubungi pendonor tersebut melalui informasi yang diperoleh dari hasil pendataan pendonor.

4. Daftar Pustaka

- Beliën, J., Forcé, H., (2012). Supply chain management of blood products: a literature review. *European Journal of Operational Research* 217, 1 – 16.
- Chu, Y., You, F., Wassick, J. M., Agarwal, A., (2015). Simulation-based optimization framework for multi-echelon inventory systems under uncertainty. *Computers and Chemical Engineering* 73, 1 – 16.
- Duan, Q., Liao, W., (2013). A new age-based replenishment policy for supply chain inventory optimization of highly perishable products. *International Journal of Production Economics* 145, 658 – 671.
- Ghandforoush, P., Sen, T. K., (2010). A DSS to manage platelet production supply chain for regional blood centers. *Decision Support Systems* 50, 32 – 42.
- Gregor, P. J., Forthofer, R. N., Kapadia, A. S., (1982). An evaluation of inventory and transportation policies of a regional blood distribution system. *European Journal of Operational Research* 10, 106 – 113.
- Gunpinar, S., Centeno, G., (2015). Stochastic integer programming models for reducing wastages and shortages of blood products at hospitals. *Computers & Operations Research* 54, 129 – 141.
- Haijema, R., van der Wal, J., van Dijk, N. M., (2007). Blood platelet production: optimization by dynamic programming and simulation. *Computers & Operation Research* 34, 760 – 779.
- Haijema, R., van Dijk, N., van der Wal, J., Sibinga, C. S., (2009). Blood platelet production with breaks: optimization by SDP and simulation. *International Journal of Production Economics* 121, 464 – 473.
- Karels, V. G., Noordman, R. H., (2012). The optimal inventory management of blood products. Tesis Operations Research and Management, Universiteit van Amsterdam.
- Katsaliaki, K., Mustafee, N., Kumar, S., (2014). A game-based approach towards facilitating decision making for perishable products: an example of blood supply chain. *Expert Systems with Applications* 41, 4043 – 4059.
- Kähkönen, A. K., (2011). Conducting a case study in supply chain management. *Operations and Supply Chain Management* 4 (1), 31 – 41.
- Kementerian Kesehatan RI, (2013). Situasi Pelayanan Darah di Indonesia. *Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI*, 1 – 7.
- Melander, L., (2014). Buyer-supplier collaboration in new product development between two equally powerful firms: a case study of ABB and SKF. *Operations and Supply Chain Management* 7 (3), 107 – 113.
- Zahraee, S. M., Rohani, J. M., Firouzi, A., Shahpanah, A., (2015). Efficiency improvement of blood supply chain system using Taguchi method and dynamic simulation. *Procedia Manufacturing* 2, 1 – 5.

Zepeda, E. D., Nyaga, G. N., Young, G. J., (2016). Supply chain risk management and hospital inventory: effects of system affiliation. *Journal of Operations Management* 44, 30 – 47.