

# MANAJEMEN PERSEDIAAN DARAH KOMPONEN *PACKED RED CELL* (PRC) MENGGUNAKAN SIMULASI MONTE CARLO (STUDI KASUS: PALANG MERAH INDONESIA SLEMAN)

**Wulan Purnamasari Hasanah**

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta,  
Indonesia

\* Email untuk Korespondensi: [21916035@students.uii.ac.id](mailto:21916035@students.uii.ac.id)

---

## ABSTRAK

Darah merupakan sistem transportasi vital pada tubuh karena bertugas dalam mengedarkan nutrisi dan oksigen. Produk darah memiliki permintaan yang sulit diprediksi dan ketersediaan yang sulit dikendalikan karena umur darah yang pendek. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian persediaan darah agar produk darah tersedia ketika dibutuhkan sehingga tidak berakibat fatal bagi pasien karena hal tersebut service level pada produk darah menjadi salah satu hal yang penting. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi jumlah kekurangan dan kedaluwarsa pada darah agar diketahui jumlah persediaan yang optimal. Pada penelitian ini diawali dengan pengumpulan data terkait komponen darah Packed Red Cells (PRC) untuk golongan darah AB, lalu dikelola dengan membangkitkan bilangan random menggunakan simulasi monte carlo. Pengendalian persediaan ini mempertimbangkan jumlah kekurangan, kedaluwarsa, biaya penyimpanan, dan service level. Berdasarkan hasil simulasi monte carlo dengan 30 kali replikasi, diketahui total biaya penyimpanan minimum komponen darah PRC golongan darah AB adalah Rp 31,390,500 dan terdapat penurunan shortage dari 18 kantong darah menjadi 4 kantong darah dengan service level sebesar 99.02%

### Kata kunci:

Darah, Pengendalian  
Persediaan, Simulasi  
Monte Carlo, Service  
Level

### Keywords:

Blood, Inventory  
Control, Monte Carlo  
Simulation, Service  
Level

*Blood is a vital transport system in the body because it is responsible for circulating nutrients and oxygen. Blood products have unpredictable demand and availability that is difficult to control due to the short lifespan of blood. Therefore, it is necessary to control the blood supply so that blood products are available when needed so that they are not fatal to patients because the service level of blood products is one of the important things. This study aims to reduce the number of deficiencies and expiration in blood so that the optimal amount of supply is known. In this study, it began with the collection of data related to the blood component of Packed Red Cells (PRC) for blood type AB, then managed by generating random numbers using a Monte Carlo simulation. This inventory control takes into account the number of shortages, expiration, storage costs, and service levels. Based on the results of the Monte Carlo simulation with 30 replications, it is known that the total minimum storage cost of blood components of PRC blood type AB is Rp 31,390,500 and there is a decrease in the shortage from 18 blood bags to 4 blood bags with a service level of 99.02%*

---

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).*

*This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.*

---

## PENDAHULUAN

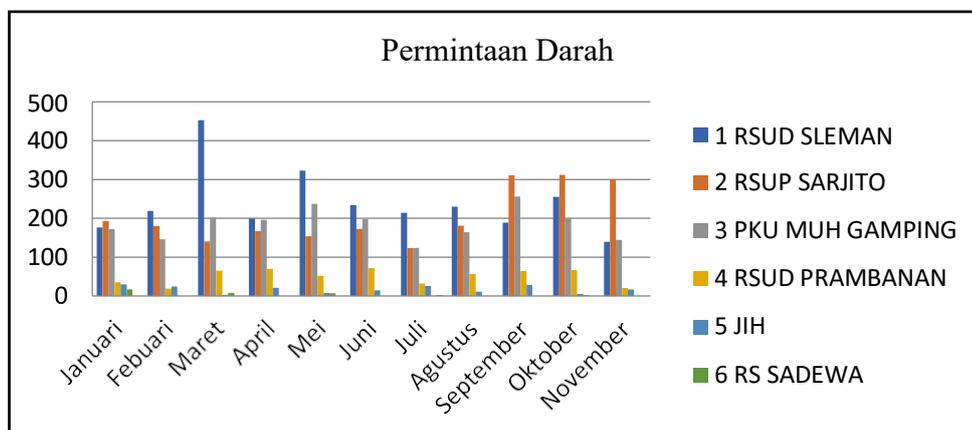
Darah merupakan bagian tubuh berupa organ cair, mengalir di dalam pembuluh darah, terdiri dari komponen cair (plasma) dan komponen padat (berbagai jenis sel darah) (Firani, 2018). Bagian ini sangat penting bagi tubuh karena mengangkut berbagai zat yang dibutuhkan oleh tubuh seperti sari makanan, oksigen, karbon dioksida, dan sisa kegiatan kimiawi (limbah) lainnya. Kekurangan darah dalam tubuh dapat

mengakibatkan berbagai macam penyakit hingga kematian. Oleh sebab itu pasokan darah menjadi hal yang perlu diperhatikan. Salah satu usaha untuk memenuhi pasokan darah bagi masyarakat adalah dengan didirikannya Palang Merah Indonesia (PMI) sebagai penyedia kantong darah (Tandra, 2017).

Palang Merah Indonesia (PMI) adalah salah satu organisasi kemanusiaan yang memiliki status badan hukum dan bergerak di bidang kesehatan dan sosial kemanusiaan. Organisasi ini memiliki peranan penting dalam menyediakan dan mendistribusikan kantong darah, oleh sebab itu terdapat berbagai kegiatan yang dilakukan PMI seperti menyelenggarakan donor darah (aksi donor darah) (HASANAH, 2022). Pada PP No.18 Tahun 1980, dijelaskan bahwa pemerintah memberikan tugas khusus kepada PMI untuk melakukan Upaya Kesehatan Transfusi Darah (UKTD). Kegiatan dalam UKTD bersifat mandiri berupa seleksi penyumbang darah, penyiapan darah, pengamanan darah, penyimpanan darah, dan penyampaian darah. Dalam penyampaian darah, PMI harus bekerja secara efisien dari segi waktu dan biaya agar permintaan darah tetap terpenuhi walaupun penuh dengan ketidakpastian.

Pengelolaan (rantai pasok) darah dibagi menjadi beberapa tahap yaitu pengumpulan, produksi, *inventory*, dan distribusi (Osorio et al., 2018). Rantai pasok ini tidak mudah untuk dilakukan karena produk darah mudah rusak. Tidak hanya hal tersebut yang menyulitkan pemenuhan kebutuhan darah, namun sulitnya menemukan pendonor juga menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi karena hanya 5% dari populasi donor yang memenuhi syarat untuk mendonorkan darahnya (Organization, 2019). Oleh sebab itu dibutuhkan pengolahan rantai pasok secara efektif sehingga memudahkan pengelolaan darah yang berkualitas. Pengelolaan darah secara efisien dan berkualitas diharapkan dapat mengurangi angka kematian yang disebabkan oleh kekurangan darah atau kasus lainnya. Pada kondisi pandemi ini, rantai pasok darah cukup terganggu karena persediaan darah menurun setiap harinya, sehingga diperlukan proteksi dan mitigasi khusus untuk berbagai ancaman seperti ancaman infeksi untuk rantai pasok yang tersedia (Organization, 2019). PMI sebagai organisasi yang menyediakan darah harus memiliki langkah yang cepat dan tetap dalam menghadapi kondisi ini, diketahui kebutuhan darah di Yogyakarta meningkat sedangkan stok kantong darah kian hari kian menurun. PMI Yogyakarta mengalami penurunan 1.000 kantong setiap bulannya pada tahun 2021 akibat pandemi.

PMI kabupaten Sleman merupakan salah satu Unit Donor Darah (UDD) di Yogyakarta yang memasok kantong darah untuk berbagai RS di Yogyakarta. Pada masa pandemi yang berkelanjutan, PMI kabupaten Sleman mengalami kesulitan dalam pemenuhan kebutuhan darah, hal ini terjadi karena permintaan darah yang tinggi sedangkan jumlah donor yang menurun. Berikut merupakan grafik permintaan darah di PMI Kabupaten Sleman dari bulan Januari 2021 – November 2021:



Gambar 1 Permintaan Darah Pada Masa Pandemi (Sumber : PMI Kabupaten Sleman)

Permintaan darah yang tidak pasti dengan umur darah yang pendek menyebabkan penyimpanan kantong darah tidak dapat dilakukan dengan jumlah yang berlebih karena karakteristik dari darah yang mudah rusak agar terhindar dari pemborosan sumber dayayang terbatas (Khoiri et al., 2021; Profita, 2017). Sehingga diperlukan metode yang tepat dalam peramalan persediaan darah, tujuan dari peramalan ini adalah untuk mengatur jumlah persediaan kantong darah sehingga PMI dapat merespon dengan cepat ketika terdapat kebutuhan kantong darah dan tidak terjadi *overstock* (Kurniawan, 2016). Terdapat beberapa metode untuk

meramalkan persediaan kantong darah, salah satunya dengan metode simulasi. Metode ini dianggap tepat karena permintaan dan pasokan darah tidak menentu sehingga memudahkan peramalan yang sulit diselesaikan menggunakan metode matematis ataupun analitis. Simulasi merupakan metode yang digunakan untuk permasalahan yang kompleks dan memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi sehingga mampu menyelesaikan permasalahan yang memiliki karakteristik stokastik dan dinamis (AWANDANI, 2021).

Produk darah sendiri merupakan salah satu rantai pasok yang dipenuhi dengan ketidakpastian sehingga sering terjadi kekurangan persediaan darah. Tidak hanya kekurangan persediaan darah, Pada PMI kabupaten Sleman sering mengalami *overstock* sehingga menyebabkan produk darah *expired*, hal ini terjadi karena produk darah sendiri memiliki umur yang pendek. Produk darah yang disediakan PMI kabupaten Sleman tidak hanya *whole blood*, melainkan terdapat berbagai macam produk lainnya seperti *Packed Red Cell* (PRC), *Thrombocyte Concentrate* (TC), dan *Plasma Kovalesen* (PK). Tiap produk darah memiliki masa ketahanan atau umur legal berbeda-beda, ketika produk darah tersebut sudah melebihi umur legal maka harus dibuang karena akan terjadi kontaminasi dengan produk yang lainnya sehingga menyebabkan kerugian bagi PMI (Nugraha, 2022). Tidak hanya *overstock* namun sering kali PMI kabupaten Sleman mengalami kekurangan kantong darah sehingga tidak dapat memenuhi kebutuhan masyarakat. Pada PMI Kabupaten Sleman produk darah PRC menjadi salah satu produk yang memiliki tingkat permintaan tinggi, oleh karena itu dibutuhkan kebijakan yang tepat bertujuan untuk pemenuhan tingkat pelayanan dengan meminimalkan jumlah *expired* dan *shortage* khususnya produk darah PRC golongan darah AB, dikarenakan golongan darah AB adalah salah satu golongan darah yang langka dengan persentase 5,88% dari populasi dunia.

Pada penelitian sebelumnya pengembangan model untuk meminimalkan biaya *inventory* pada komponen darah trombosit dengan mempertimbangkan *safety stock* dilakukan dengan menggunakan simulasi monte carlo, hal ini dilakukan karena hasil simulasi dapat menentukan kebijakan yang tepat untuk kasus tersebut (Mansur et al., 2020). Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa belum adanya pertimbangan produksi pada produk selain komponen darah trombosit yaitu *Packed Red Cell* (PRC) dengan pertimbangan biaya, masa ketahanan, dan persediaan darah yang disimulasikan menggunakan Monte Carlo pada aplikasi *Microsoft Excel* dalam membangkitkan bilangan acak. Model simulasi monte carlo dapat membantu dalam menentukan kebijakan yang tepat dalam pengendalian persediaan kantong darah dengan *budget* minimum sehingga dapat membantu PMI kabupaten Sleman untuk mengurangi kekurangan persediaan darah atau kerusakan darah akibat kedaluwarsa.

Penelitian terdahulu yang berjudul *Aboveground Biomass Estimation in Forests with Random Forest and Monte Carlo-Based Uncertainty Analysis*: Zizhao Li, Shoudong Bi, Shuang Hao, Yuhuan Cui pada tahun 2022, membahas penggunaan simulasi Monte Carlo dalam mengestimasi biomassa di atas permukaan tanah dengan metode *random forest*. Teknik ini digunakan untuk mengurangi kesalahan yang disebabkan oleh variabilitas residual dan mengukur pengaruh kombinasi variabel yang berbeda terhadap ketidakpastian model (Li et al., 2022).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi cara mengatasi kekurangan dan kedaluwarsa pada komponen *Packed Red Cell* (PRC) golongan darah AB guna meminimalkan biaya inventaris di PMI Kabupaten Sleman. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan kebijakan yang dapat mengoptimalkan inventaris pada komponen darah *Packed Red Cell* (PRC) golongan darah AB agar memenuhi tingkat layanan dengan biaya minimum di PMI Kabupaten Sleman. Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini adalah bermanfaat bagi keilmuan teknik industri, dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya terkait simulasi Monte Carlo, dan sebagai masukan bagi PMI Kabupaten Sleman terkait manajemen inventaris untuk komponen darah *Packed Red Cell* (PRC) golongan darah AB agar dapat mencapai hasil yang optimal dengan biaya minimum.

## METODE

Penelitian ini dilakukan di PMI Kabupaten Sleman yang berlokasi di Jalan Dr. Rajiman, Triharjo, Sleman, Yogyakarta, dengan fokus pada Unit Donor Darah (UDD) dan kegiatan pendataan stok darah. Objek penelitian adalah *Packed Red Cell* (PRC) golongan darah AB, menggunakan data kuantitatif dan kualitatif. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan petugas PMI, sementara data sekunder didapat dari studi literatur dan data perusahaan terkait. Penelitian ini melibatkan beberapa tahap: studi literatur dan lapangan, perumusan masalah dan tujuan, pengumpulan data, pengolahan data menggunakan *Microsoft Excel*, analisis dan pembahasan, serta penarikan kesimpulan dan saran. Tujuan utama penelitian adalah meminimalkan biaya dan memenuhi standar *service level* dengan mengoptimalkan *inventory* komponen darah PRC golongan darah AB menggunakan simulasi Monte Carlo. Hasil analisis dibandingkan berdasarkan jumlah *expired* dan *shortage* darah dengan total biaya persediaan untuk evaluasi manajemen persediaan di PMI

Kabupaten Sleman. Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan di PMI Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data yang diambil berupa data persediaan darah Packed Red Cell (PRC) golongan darah AB. Data lain yang dibutuhkan berupa permintaan darah PRC golongan darah AB untuk mengetahui jumlah shortage, expired, dan tingkat pelayanan PMI Kabupaten Sleman. Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode simulasi monte carlo. Simulasi ini dipilih karena metode ini dapat mereplikasi sistem secara berulang dan terus menerus, dengan memilih nilai random pada setiap variabel dari distribusi probabilitasnya, dimana dapat menghasilkan sebuah distribusi probabilitas dari nilai sistem secara keseluruhan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

#### *Profil PMI Kabupaten Sleman*

Palang Merah Indonesia (PMI) Kabupaten Sleman merupakan salah satu kantor cabang PMI yang menangani bidang sosial kemanusiaan seperti donor darah, rekrutmen relawan, dan lain-lain di daerah Sleman dan sekitarnya. Pada PMI Kabupaten Sleman terdapat beberapa produk darah yang disediakan, salah satunya adalah *Packed Red Cell* (PRC) yang digunakan untuk penanganan operasi, anemia, *blood disorder*, dan lain-lain. Pasokan darah pada PMI Kabupaten Sleman didapatkan dari hasil donor darah relawan (pendonor). Penggunaan darah di PMI Kabupaten Sleman setiap bulannya tidak dapat dipastikan, sehingga stok darah perlu diperhatikan agar tidak mengalami kekurangan atau kelebihan karena terdapat usia penggunaan darah.

#### *Permintaan Darah PMI Kabupaten Sleman*

Pada penelitian ini permintaan darah PMI Kabupaten Sleman khusus komponen darah *Packed Red Cell* (PRC) golongan darah AB merupakan variabel kontrol. Data permintaan darah yang digunakan mulai dari bulan Januari 2021 – Desember 2021. Berikut merupakan data permintaan darah PRC di PMI Kabupaten Sleman yang ditunjukkan pada tabel 1 :

Tabel 1 Jumlah Permintaan Darah PRC Golongan Darah AB

| Tanggal | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sept | Okt | Nov | Des |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1       | 3   | 2   | 5   | 0   | 17  | 0   | 0   | 3   | 5    | 1   | 10  | 1   |
| 2       | 0   | 2   | 2   | 11  | 0   | 3   | 0   | 2   | 12   | 2   | 0   | 2   |
| 3       | 2   | 2   | 5   | 2   | 0   | 5   | 3   | 4   | 6    | 4   | 4   | 4   |
| 4       | 4   | 3   | 6   | 2   | 2   | 4   | 1   | 0   | 0    | 0   | 7   | 4   |
| 5       | 1   | 5   | 3   | 0   | 0   | 8   | 9   | 10  | 0    | 4   | 1   | 5   |
| 6       | 2   | 1   | 0   | 2   | 5   | 0   | 5   | 2   | 14   | 0   | 0   | 10  |
| 7       | 8   | 0   | 0   | 4   | 4   | 6   | 0   | 6   | 2    | 2   | 0   | 0   |
| 8       | 1   | 3   | 4   | 9   | 5   | 0   | 3   | 5   | 1    | 5   | 5   | 11  |
| 9       | 0   | 3   | 0   | 5   | 9   | 2   | 0   | 2   | 4    | 2   | 6   | 2   |
| 10      | 1   | 2   | 6   | 3   | 5   | 1   | 0   | 0   | 2    | 2   | 1   | 3   |
| 11      | 6   | 2   | 2   | 6   | 0   | 0   | 3   | 0   | 1    | 9   | 0   | 5   |
| 12      | 2   | 4   | 0   | 2   | 0   | 5   | 3   | 0   | 12   | 1   | 0   | 0   |
| 13      | 0   | 2   | 6   | 4   | 0   | 0   | 0   | 6   | 2    | 0   | 1   | 7   |
| 14      | 5   | 1   | 3   | 0   | 0   | 7   | 2   | 4   | 1    | 0   | 0   | 0   |
| 15      | 1   | 0   | 0   | 5   | 0   | 2   | 2   | 2   | 2    | 2   | 3   | 3   |
| 16      | 2   | 6   | 3   | 3   | 1   | 3   | 0   | 4   | 9    | 0   | 0   | 2   |
| 17      | 0   | 0   | 4   | 1   | 2   | 2   | 0   | 0   | 3    | 1   | 0   | 0   |
| 18      | 5   | 8   | 0   | 2   | 3   | 1   | 4   | 17  | 0    | 2   | 3   | 1   |
| 19      | 4   | 0   | 2   | 4   | 0   | 2   | 2   | 3   | 0    | 2   | 1   | 0   |
| 20      | 0   | 0   | 3   | 2   | 7   | 1   | 3   | 6   | 0    | 1   | 1   | 2   |
| 21      | 6   | 2   | 1   | 2   | 1   | 0   | 2   | 5   | 1    | 2   | 1   | 0   |
| 22      | 5   | 4   | 4   | 1   | 4   | 2   | 1   | 2   | 1    | 1   | 11  | 1   |
| 23      | 6   | 5   | 7   | 4   | 3   | 1   | 7   | 1   | 5    | 0   | 5   | 7   |
| 24      | 2   | 0   | 0   | 2   | 8   | 5   | 6   | 2   | 1    | 0   | 2   | 9   |
| 25      | 0   | 7   | 6   | 1   | 2   | 5   | 0   | 6   | 2    | 3   | 0   | 0   |
| 26      | 4   | 0   | 2   | 2   | 3   | 0   | 2   | 10  | 6    | 8   | 2   | 4   |
| 27      | 5   | 0   | 5   | 3   | 0   | 3   | 7   | 1   | 6    | 3   | 3   | 1   |
| 28      | 2   | 7   | 6   | 2   | 11  | 2   | 0   | 2   | 4    | 2   | 0   | 0   |
| 29      | 3   |     | 2   | 1   | 3   | 5   | 3   | 0   | 5    | 6   | 5   | 4   |

|    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|
| 30 | 3 | 2 | 3 | 0 | 4 | 6 | 4 | 7 | 2 | 3  | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 3 | 0 | 5 | 0 | 5 | 0 | 0 | 10 |   |

### Penerimaan Darah (Donor) PMI Kabupaten Sleman

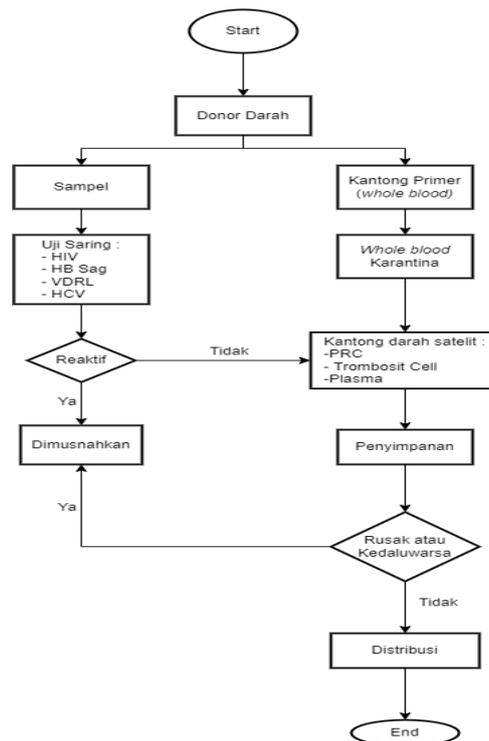
Penerimaan donor darah komponen PRC golongan darah AB setiap bulannya tidak dapat diprediksi hal ini dikarenakan golongan AB termasuk golongan darah yang langka. pada penelitian ini penerimaan darah adalah variabel bebas. Berikut merupakan penerimaan darah PRC golongan AB mulai dari bulan Januari 2021 – Desember 2021 yang ditampilkan pada tabel 2 :

Tabel 2 Jumlah Penerimaan Darah PRC Golongan Darah AB

| Tanggal | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sept | Okt | Nov | Des |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|
| 1       | 1   | 2   | 2   | 0   | 1   | 4   | 0   | 3   | 2    | 1   | 0   | 1   |
| 2       | 2   | 1   | 3   | 0   | 0   | 3   | 1   | 1   | 4    | 3   | 0   | 3   |
| 3       | 1   | 1   | 1   | 8   | 0   | 1   | 2   | 1   | 2    | 4   | 0   | 3   |
| 4       | 0   | 9   | 2   | 0   | 1   | 3   | 1   | 4   | 0    | 2   | 2   | 8   |
| 5       | 3   | 4   | 10  | 0   | 10  | 2   | 1   | 4   | 3    | 1   | 4   | 1   |
| 6       | 2   | 1   | 12  | 9   | 2   | 6   | 0   | 1   | 2    | 5   | 10  | 1   |
| 7       | 3   | 5   | 13  | 8   | 3   | 1   | 4   | 1   | 3    | 0   | 4   | 2   |
| 8       | 2   | 2   | 4   | 10  | 1   | 0   | 1   | 5   | 5    | 3   | 0   | 1   |
| 9       | 0   | 5   | 1   | 2   | 0   | 2   | 0   | 1   | 1    | 5   | 12  | 2   |
| 10      | 1   | 3   | 5   | 10  | 1   | 3   | 1   | 2   | 1    | 9   | 1   | 6   |
| 11      | 1   | 6   | 6   | 1   | 0   | 2   | 0   | 2   | 1    | 1   | 5   | 0   |
| 12      | 4   | 2   | 2   | 7   | 0   | 12  | 2   | 0   | 9    | 3   | 0   | 6   |
| 13      | 0   | 1   | 2   | 0   | 0   | 7   | 0   | 6   | 0    | 5   | 4   | 2   |
| 14      | 2   | 0   | 6   | 0   | 0   | 9   | 0   | 9   | 1    | 1   | 13  | 2   |
| 15      | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 4   | 1   | 3   | 1    | 4   | 2   | 2   |
| 16      | 3   | 4   | 2   | 3   | 1   | 8   | 1   | 1   | 14   | 3   | 1   | 2   |
| 17      | 2   | 0   | 4   | 3   | 6   | 1   | 1   | 12  | 5    | 2   | 2   | 1   |
| 18      | 1   | 13  | 0   | 6   | 2   | 2   | 4   | 1   | 2    | 4   | 6   | 5   |
| 19      | 3   | 0   | 1   | 2   | 3   | 2   | 2   | 2   | 2    | 4   | 4   | 12  |
| 20      | 13  | 3   | 2   | 3   | 1   | 4   | 1   | 3   | 0    | 7   | 4   | 3   |
| 21      | 3   | 5   | 14  | 0   | 2   | 2   | 1   | 10  | 1    | 3   | 4   | 3   |
| 22      | 0   | 2   | 3   | 7   | 2   | 1   | 12  | 7   | 1    | 3   | 1   | 16  |
| 23      | 14  | 0   | 3   | 1   | 5   | 3   | 8   | 1   | 7    | 3   | 1   | 3   |
| 24      | 8   | 5   | 3   | 2   | 1   | 0   | 1   | 1   | 5    | 4   | 5   | 2   |
| 25      | 1   | 7   | 2   | 1   | 2   | 10  | 5   | 0   | 6    | 0   | 3   | 3   |
| 26      | 2   | 4   | 2   | 0   | 5   | 2   | 4   | 7   | 8    | 1   | 2   | 4   |
| 27      | 1   | 7   | 1   | 0   | 1   | 11  | 11  | 2   | 1    | 1   | 4   | 0   |
| 28      | 1   | 3   | 6   | 5   | 0   | 0   | 1   | 7   | 2    | 8   | 8   | 1   |
| 29      | 3   |     | 4   | 4   | 1   | 0   | 1   | 5   | 1    | 2   | 3   | 1   |
| 30      | 2   |     | 2   | 0   | 1   | 0   | 6   | 1   | 2    | 1   | 5   | 0   |
| 31      | 2   |     | 0   |     | 0   |     | 0   | 2   |      | 1   |     | 2   |

### Sistem Persediaan Darah PMI Kabupaten Sleman

Persediaan Darah di PMI Kabupaten Sleman dimulai dengan donor darah dari pendonor hingga kantong darah disalurkan. Setelah donor darah, kantong darah akan diuji untuk mengetahui bahwa darah tersebut layak untuk diproses, kemudian setelah uji saring darah akan dibedakan menjadi dua, yaitu kantong darah primer berupa *whole blood* dan kantong darah satelit berupa komponen darah seperti PRC, Plasma, Tromosit, dan lain-lain. Kantong darah tersebut akan disimpan di *blood bank* hingga darah tersebut didistribusikan, jika sebelum didistribusikan kantong darah sudah habis masa usia pemakaian maka kantong darah akan dimusnahkan. Berikut merupakan bagan untuk pengelolaan darah pada PMI Kabupaten Sleman :



Gambar 2 Alur Pengelolahan Darah

### Data Biaya

Pada penelitian ini data biaya dibutuhkan untuk penentuan total biaya persediaan, dimana komponen biaya yang dibutuhkan berupa biaya pengadaan dan biaya konsumsi untuk pendonor, biaya penyimpanan darah, biaya kedaluwarsa ketika darah yang telah dibuat harus dibuang karena *expired*, dan biaya pembelian darah dari PMI lain ketika pasokan darah habis. Berikut merupakan tabel biaya pada PMI kabupaten Sleman :

Tabel 3 Biaya Pengadaan

|                 |    |            |
|-----------------|----|------------|
| Biaya Pengadaan | Rp | 200,000.00 |
| Biaya Konsumsi  | Rp | 15,000.00  |

Tabel 4 Biaya Penyimpanan

|                   |    |          |
|-------------------|----|----------|
| Biaya Penyimpanan | Rp | 5,500.00 |
|-------------------|----|----------|

Tabel 5 Biaya Komponen kedaluwarsa

| Jenis Darah | Harga Besar Pengganti Pengelolahan Darah |
|-------------|--|
| PRC         | Rp 200,000.00                            |

Tabel 4. 6 Biaya Kekurangan Darah

| Jenis Darah | Harga Besar Pengganti Pengelolahan Darah |
|-------------|--|
| PRC         | Rp 360,000.00                            |

### Pengembangan Skenario

Pembangunan skenario dilakukan untuk mengoptimalkan biaya persediaan, pada simulasi monte carlo, hal ini bertujuan untuk meminimalkan biaya *inventory* dan memenuhi standar *service level*. Berikut merupakan skenario yang dikembangkan :

#### Model Awal

Model awal adalah deskripsi dari kebijakan PMI Kabupaten Sleman saat ini.

### Skenario 1

Pada skenario 1, model akan diberikan kebijakan berupa penambahan kantong darah PRC golongan darah AB dari PMI lain. Penambahan ini hanya dapat dilakukan 11 kantong dalam satu bulan hal ini didapatkan dari jumlah rata-rata penambahan kantong darah PRC golongan darah AB dari Januari 2021 – Desember 2021. Tujuan dari skenario ini untuk meminimalkan jumlah *shortage* sehingga dapat meningkatkan *service level* PMI Kabupaten Sleman. Berikut merupakan tambahan kantong darah PRC golongan AB tiap bulan pada tahun 2021 yang ditunjukkan pada tabel 6 :

Tabel 6 Tambahan Kantong Darah PRC Golongan Darah AB

| Bulan     | Jumlah Kantong Tambahan |
|-----------|-------------------------|
| Januari   | 7                       |
| Februari  | 13                      |
| Maret     | 12                      |
| April     | 9                       |
| Mei       | 14                      |
| Juni      | 8                       |
| Juli      | 10                      |
| Agustus   | 7                       |
| September | 15                      |
| November  | 11                      |
| Desember  | 12                      |
| Rata-Rata | 11                      |

Berikut adalah Simulasi monte carlo pada skenario 1, dimana terdapat beberapa penjelasan untuk informasi pada skenario 1 :

1. Tambahan merupakan tambahan kantong darah PRC jika PMI Kabupaten Sleman mengalami kekurangan.  
= IF ( $shortage < 0$ , "AMBIL", "TIDAK")
2. Stok PRC merupakan stok kantong darah komponen PRC dalam 30 hari  
=  $11 - Shortage$   
= IF (stok hari sebelumnya -  $shortage \leq 0$ , stok hari sebelumnya -  $shortage$ )
3. *Shortage* PRC baru merupakan kekurangan kantong darah setelah diberikan kantong PRC tambahan  
= IF (Stok PRC tambahan -  $Shortage$  hari ini  $\geq 0$ , (Stok PRC tambahan -  $Shortage$  PRC)\*-1)

### Skenario 2

Pada skenario ini akan ditambahkan kantong PRC dari PMI lain sama seperti skenario 1 dan meningkatkan jumlah donor sebesar 12% sehingga dapat mengurangi *shortage* tanpa meningkatkan *expired*. Pada tabel 7 dijelaskan terkait perbandingan antara jumlah donor model awal dengan skenario 2.

Tabel 7 Perbandingan Tingkat *Supply* Skenario 2

| Model Awal | Peningkatan donor 12% |
|------------|-----------------------|
| 0          | 0                     |
| 1          | 2                     |
| 2          | 3                     |
| 3          | 4                     |
| 4          | 5                     |
| 5          | 6                     |
| 6          | 7                     |
| 7          | 8                     |
| 8          | 9                     |
| 9          | 10                    |
| 10         | 11                    |
| 11         | 12                    |
| 12         | 13                    |
| 13         | 14                    |
| 14         | 15                    |
| <u>16</u>  | <u>17</u>             |

### Skenario 3

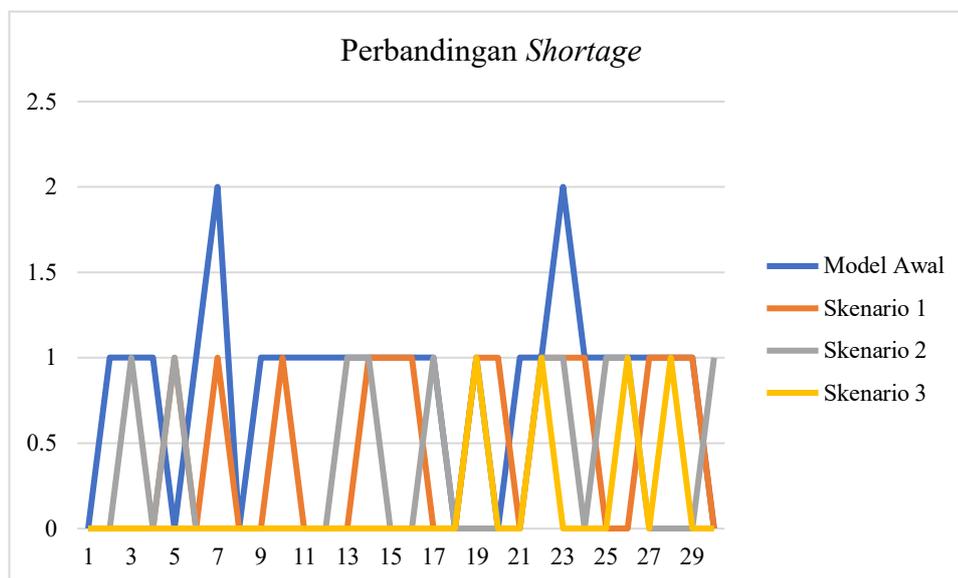
Pada skenario 3, jumlah tambahan kantong PRC golongan darah AB tetap sama dengan skenario sebelumnya tetapi peningkatan jumlah donor dinaikan menjadi 15% dengan tujuan untuk mengoptimalkan *inventory*. Berikut merupakan perbandingan jumlah donormodel awal dengan skenario 3 yang ditampilkan pada tabel 8 :

Tabel 8 Perbandingan Tingkat Supply Skenario 3

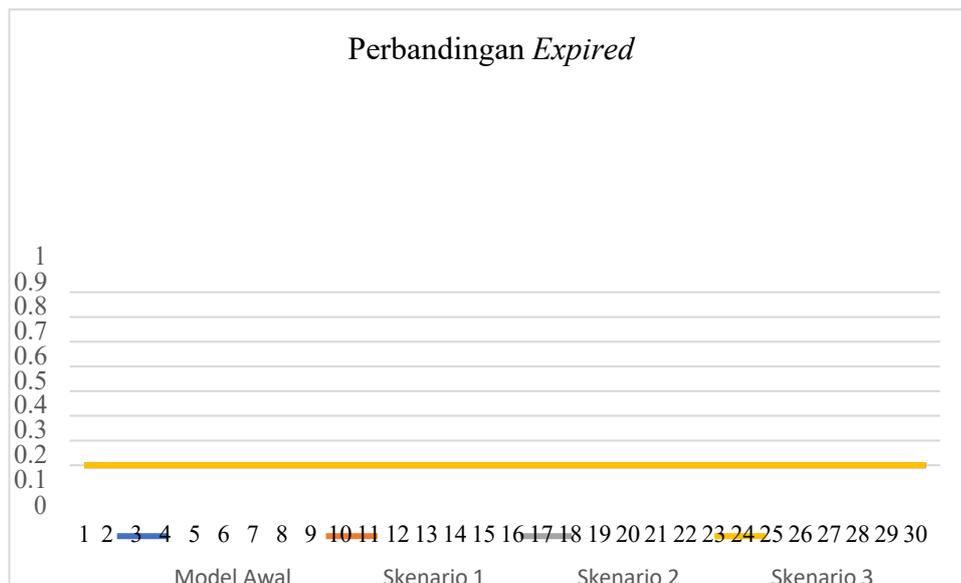
| Model Awal | Skenario 3 |
|------------|------------|
| 0          | 0          |
| 1          | 2          |
| 2          | 3          |
| 3          | 4          |
| 4          | 5          |
| 5          | 6          |
| 6          | 7          |
| 7          | 8          |
| 8          | 9          |
| 9          | 10         |
| 10         | 11         |
| 11         | 12         |
| 12         | 13         |
| 13         | 15         |
| 14         | 16         |
| 16         | 18         |

### Perbandingan Tingkat Kedaluwarsa, *Shortage*, dan Biaya

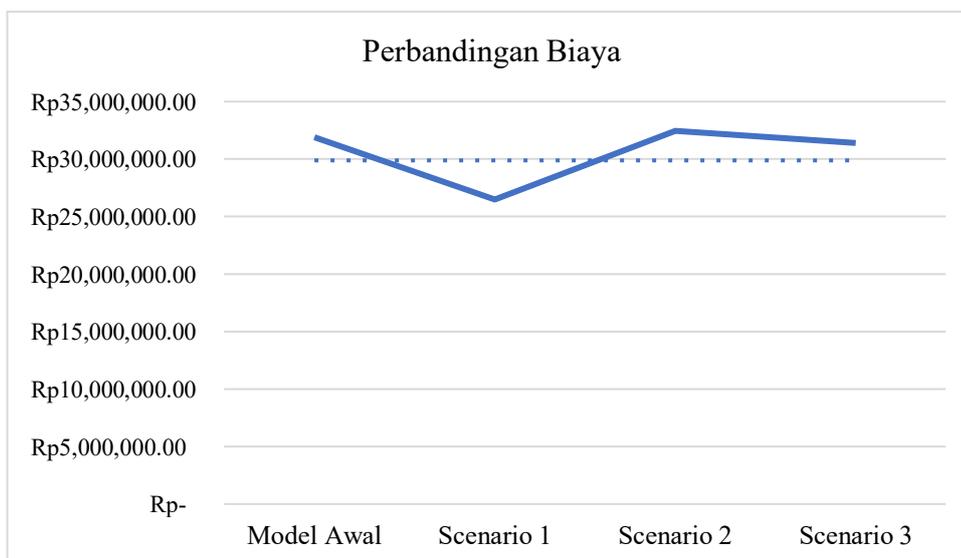
Dari simulasi yang dilakukan dengan model awal, skenario 1, skenario 2, dan skenario 3 dengan jumlah replikasi sebanyak 30 kali menghasilkan kebijakan yang berbeda-beda, dimana terdapat perbandingan antara jumlah *shortage* dan *expired* pada komponen PRC. Berikut merupakan perbandingan hasil simulasi yang dilakukan :



Gambar 3 Perbandingan Jumlah Shortage Hasil Simulasi



Gambar 4 Perbandingan Jumlah Expired Hasil Simulasi



Gambar 5 Perbandingan Biaya Hasil Simulasi

Pada simulasi ini dilakukan replikasi atau pengulangan sebanyak 30 kali, baik pada model awal maupun skenario yang dibuat sehingga menghasilkan kebijakan yang berbeda. Model awal adalah simulasi yang dilakukan tanpa adanya tambahan kebijakan, melainkan sesuai dengan kebijakan PMI Kabupaten Sleman saat ini, sedangkan skenario 1 merupakan kebijakan yang ditambahkan seperti penambahan kantong darah PRC golongan darah AB dari PMI lain sebanyak 11 kantong, kemudian untuk skenario 2 dan 3 sama seperti skenario 1 yaitu terdapat penambahan kantong darah PRC golongan darah AB dengan jumlah yang sama. Namun terdapat perbedaan antara skenario 1 dengan skenario 2 dan 3 yaitu pada skenario 2 dan 3 dilakukan peningkatan jumlah donor sebanyak 12% dan 15% untuk menurunkan *shortage* tanpa adanya peningkatan *expired* sehingga dapat memenuhi standar *service level* yang ditetapkan.

Pengolahan data dari berbagai skenario menghasilkan hasil yang signifikan, pada model awal dapat diketahui bahwa total biaya yang dikeluarkan untuk biaya persediaan kantong darah PRC 1 periode adalah Rp 31,849,000. Sedangkan biaya yang dikeluarkan setelah kebijakan yang dibuat untuk skenario 1, 2, dan 3 adalah Rp 26,483,000, Rp 32,451,500, dan Rp. 31,390,500.

*Manajemen Persediaan Darah Komponen Packed Red Cell (PRC) Menggunakan Simulasi Monte Carlo*

### Perbandingan *Service Level*

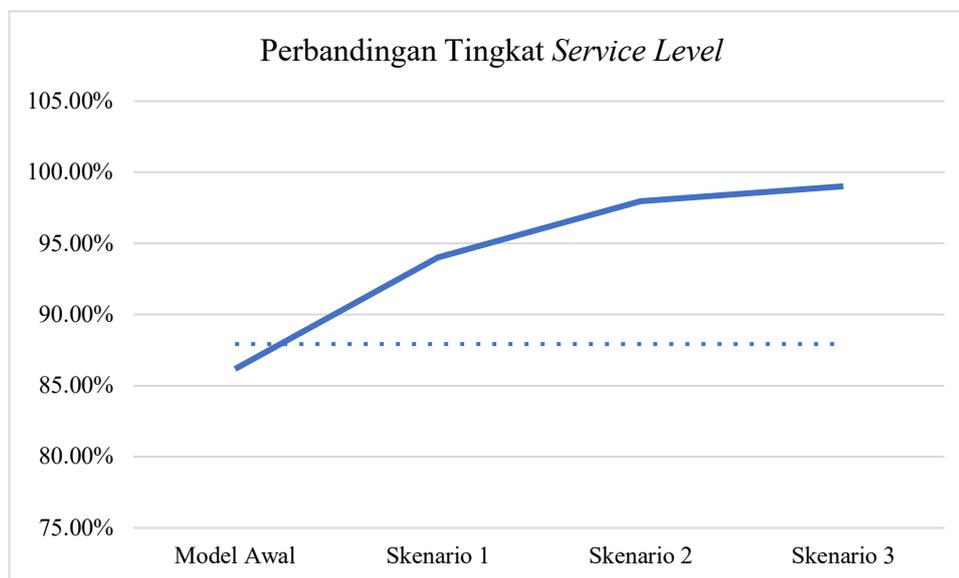
Tingkat pelayanan atau *service level* adalah penilaian kepuasan konsumen terhadap tersedianya barang yang dibutuhkan dengan waktu yang tepat (Dewi & Suparno, 2022). *Service level* pada pelayanan kebutuhan darah tinggi diharapkan, hal ini terjadi karena produk darah merupakan salah satu produk yang sangat dibutuhkan di waktu tertentu, diketahui bahwa standar *service level* di PMI Kabupaten Sleman sebesar 95%. Berikut merupakan rumus dalam perhitungan *service level* tiap simulasi :

$$\text{Service level} = \frac{\text{demand}}{\text{demand} + \text{shortage}} \times 100\%$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan hasil perbandingan *service level* tiap simulasi, sebagai berikut :

Tabel 9 *Service Level*

| Model | Skenario 1 | Skenario 2 | Skenario 3 |
|-------|------------|------------|------------|
| Awal  | 94.02%     | 97.97%     | 99.02%     |
|       | 86.17%     |            |            |



Gambar 6 Perbandingan *Service Level*

### Perbandingan Skenario

Pengoptimalan *inventory* pada PMI Kabupaten Sleman bertujuan untuk meminimalkan biaya *inventory* sehingga dibutuhkan kebijakan terbaik. Namun sebelum diterapkannya kebijakan tersebut perlu dilakukan pengujian agar dapat mengetahui apakah kebijakan yang kita buat dapat diterima atau tidak. Berikut merupakan uji anova dan Bonferroni pada simulasi ini :

1. Uji Anova

Menentukan Hipotesis Uji Anova

H0 :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , Tidak ada perbedaan rata-rata output

H1 :  $\mu_1 \neq \mu_2, \mu_1 \neq \mu_3, \mu_1 \neq \mu_4, \mu_2 \neq \mu_3, \mu_2 \neq \mu_4, \text{ atau } \mu_3 \neq \mu_4$ . Terdapat perbedaan rata-rata output

Kriteria Uji Anova H0

:

$F < F_{crit}$

H1 :  $F > F_{crit}$

Tabel 10 Tabel Pengujian Anova

| Source of Variation | SS          | df | MS          | F           | P-value  | F crit   |
|---------------------|-------------|----|-------------|-------------|----------|----------|
| Between Groups      | 9.51768E+11 | 3  | 3.17256E+11 | 10.91826886 | 2.27E-06 | 2.682809 |
| Within Groups       | 3.37065E+11 | 11 | 290573645   |             |          |          |
| Total               | 4.32242E+11 | 12 |             |             |          |          |

Dari tabel 10 dapat diketahui bahwa nilai  $F > F_{crit}$  yaitu  $10.91826886 > 2.682809$  sehingga  $H_0$  ditolak, karena hal tersebut maka diperlukan uji BonFerroni

2. Uji BonFerroni

Pada pengujian anova diketahui bahwa  $H_0$  ditolak yang dapat diartikan bahwa terdapat perbedaan rata-rata pada simulasi yang dilakukan karena hal tersebut dibutuhkan Uji BonFerroni yang bertujuan untuk mengetahui kelompok yang berbeda. Berikut merupakan Uji BonFerroni pada simulasi ini :

3. Hipotesis Uji BonFerroni :

$H_0$  :  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$ , Tidak ada perbedaan rata-rata output

$H_1$  :  $\mu_1 \neq \mu_2$ ,  $\mu_1 \neq \mu_3$ ,  $\mu_1 \neq \mu_4$ ,  $\mu_2 \neq \mu_3$ ,  $\mu_2 \neq \mu_4$ , atau  $\mu_3 \neq \mu_4$ . Terdapat perbedaan rata-rata output

Tabel 11 Hasil Uji BonFerroni Model Awal dan Skenario 1

|                              | Model Awal | Sc 1     |
|------------------------------|------------|----------|
| Mean                         | 382383.333 | 234966.7 |
| Variance                     | 3.4953E+10 | 3.36E+10 |
| Observations                 | 30         | 30       |
| Pooled Variance              | 3.43E+10   |          |
| Hypothesized Mean Difference | 0          |          |
| df                           | 58         |          |
| t Stat                       | 3.08279567 |          |
| P(T<=t) one-tail             | 0.00156831 |          |
| t Critical one-tail          | 1.67155276 |          |
| P(T<=t) two-tail             | 0.00313662 |          |
| t Critical two-tail          | 2.00171748 |          |

DITERIMA

Tabel 12 Hasil Uji Boferroni Model Awal dan Skenario 2

|                              | Model Awal | Sc 2        |
|------------------------------|------------|-------------|
| Mean                         | 382383.33  | 209516.6667 |
| Variance                     | 3.495E+10  | 30659629023 |
| Observations                 | 30         | 30          |
| Pooled Variance              | 3.281E+10  |             |
| Hypothesized Mean Difference | 0          |             |
| df                           | 58         |             |
| t Stat                       | 3.696389   |             |
| P(T<=t) one-tail             | 0.0002434  |             |
| t Critical one-tail          | 1.6715528  |             |
| P(T<=t) two-tail             | 0.0004868  |             |
| t Critical two-tail          | 2.0017175  |             |

DITERIMA

Tabel 13 hasil Uji BenFerroni Model Awal dan Skenario 3

|                 | Model Awal | Sc 3        |
|-----------------|------------|-------------|
| Mean            | 382383.33  | 137516.6667 |
| Variance        | 3.495E+10  | 16969697989 |
| Observations    | 30         | 30          |
| Pooled Variance | 2.596E+10  |             |

|                         |      |            |
|-------------------------|------|------------|
| Hypothesized Difference | Mean | 0          |
| df                      |      | 58         |
| t Stat                  |      | 5.8858751  |
| P(T<=t) one-tail        |      | 1.05E-07   |
| t Critical one-tail     |      | 1.6715528  |
| P(T<=t) two-tail        |      | 2.1005E-07 |
| t Critical two-tail     |      | 2.00171748 |
| DITERIMA                |      |            |

Tabel 14 Hasil Uji Bonferroni Skenario 1 dan Skenario 2

|                              | <i>Sc 1</i> | <i>Sc 2</i> |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Mean                         | 234966.6667 | 209516.6667 |
| Variance                     | 33646981609 | 30659629023 |
| Observations                 | 30          | 30          |
| Pooled Variance              | 32153305316 |             |
| Hypothesized Mean Difference | 0           |             |
| df                           | 58          |             |
| t Stat                       | 0.549693503 |             |
| P(T<=t) one-tail             | 0.292320075 |             |
| t Critical one-tail          | 1.671552762 |             |
| P(T<=t) two-tail             | 0.58464015  |             |
| t Critical two-tail          | 2.001717484 |             |
| DITOLAK                      |             |             |

Tabel 15 Hasil Uji Benferroni Skenario 1 dan Skenario 3

|                              | <i>Sc 1</i> | <i>Sc 3</i> |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Mean                         | 234966.6667 | 137516.6667 |
| Variance                     | 33646981609 | 16969697989 |
| Observations                 | 30          | 30          |
| Pooled Variance              | 25308339799 |             |
| Hypothesized Mean Difference | 0           |             |
| df                           | 58          |             |
| t Stat                       | 2.372442222 |             |
| P(T<=t) one-tail             | 0.010504144 |             |
| t Critical one-tail          | 1.671552762 |             |
| P(T<=t) two-tail             | 0.021008288 |             |
| t Critical two-tail          | 2.001717484 |             |
| DITERIMA                     |             |             |

Tabel 16 Hasil Uji Bonferroni skenario 2 dan skenario 3

|                              | <i>Sc 2</i> | <i>Sc 3</i> |
|------------------------------|-------------|-------------|
| Mean                         | 209516.6667 | 137516.6667 |
| Variance                     | 30659629023 | 16969697989 |
| Observations                 | 30          | 30          |
| Pooled Variance              | 23814663506 |             |
| Hypothesized Mean Difference | 0           |             |
| df                           | 58          |             |
| t Stat                       | 1.806990633 |             |
| P(T<=t) one-tail             | 0.03797572  |             |
| t Critical one-tail          | 1.671552762 |             |
| P(T<=t) two-tail             | 0.075951439 |             |

|                     |             |
|---------------------|-------------|
| t Critical two-tail | 2.001717484 |
| DITOLAK             |             |

Dari hasil pengujian Bonferroni terdapat 2 hasil yang ditolak yaitu Uji Bonferroni Skenario 1 dengan skenario 2 dan Uji Bonferroni skenario 2 dan skenario 3, hal ini dapat diketahui dari nilai  $P(T \leq t)$  two tail  $< \alpha/n$  (0,025). Hal ini terjadi karena dari kedua uji tersebut tidak terdapat perubahan yang signifikan.

## Pembahasan

### Analisis Model

PMI Kabupaten Sleman adalah salah satu PMI di Indonesia yang menyediakan kantong darah baik berupa PRC, TC, ataupun plasma yang didapatkan dari kegiatan donor darah, namun terdapat permasalahan yang sering muncul yaitu *inventory* untuk kantong darah. Hal ini diakibatkan dari permintaan kantong darah yang tidak menentu menyebabkan *shortage* dan umur darah yang pendek yang menyebabkan kedaluwarsa, akibat hal tersebut *service level* dari PMI Kabupaten Sleman sering tidak memenuhi standar. Oleh karena itu, dilakukan simulasi yang bertujuan untuk meminimalkan jumlah *shortage* dan *expired* sehingga dapat mengoptimalkan *inventory* dan memenuhi standar *service level*. Pada simulasi tersebut data yang dibutuhkan adalah data donor darah komponen PRC golongan darah AB dan data permintaan darah komponen PRC golongan darah AB sebagai input simulasi yang dibangkitkan kemudian muncul sebagai probabilitas. Setelah menjadi probabilitas, data tersebut kemudian direplikasi atau mengalami pengulangan sebanyak 30 kali agar dapat dianalisis.

Simulasi dengan membangkitkan bilangan acak ini menggunakan bantuan *software Microsoft excel*. Setelah dilakukan simulasi maka dilakukan pengujian agar diketahui bahwa model yang dibuat merepresentasikan model riil atau tidak. Model yang dibuat yang telah memenuhi pengujian kemudian digunakan untuk perhitungan biaya *inventory* agar didapatkan kebijakan *inventory* terbaik pada komponen PRC golongan darah AB. Kebijakan *inventory* yang dibuat tidak hanya untuk kepentingan biaya, namun juga harus bisa memenuhi standar *service level* dengan biaya minimal.

### Analisis Hasil

Pengoptimalan dengan batas minimum dan maksimum guna mendapatkan hasil terbaik perlu dilakukan. Pada simulasi ini pencapaian hasil terbaik dibangun dengan simulasi monte carlo. Berikut merupakan skenario yang dibangun menggunakan simulasi monte carlo :

#### Model Awal

Data yang dibangun pada model awal sesuai dengan kebijakan PMI Kabupaten Sleman yang sedang dilaksanakan dalam pengaturan *inventory* produk darah komponen PRC. Darah merupakan salah satu produk yang memiliki umur pendek sehingga dalam penentuan jumlah *inventory* sering terjadi *shortage* maupun *expired* yang berlebih hal ini terjadi karena *supply* darah tidak menentu. Berdasarkan hasil simulasi monte carlo pada model awal dengan replikasi sebanyak 30 kali tingkat *shortage* dan *expired* yang dihasilkan adalah 18 dan 0 kantong darah PRC golongan darah AB, hal ini terjadi karena *supply* yang tidak menentu. Dari simulasi tersebut dapat diketahui bahwa *holding cost* dalam satu periode adalah Rp1,419,000 sedangkan untuk biaya lainnya seperti *Production Cost*, *Ordering Cost*, *Shortage cost*, dan *Expired Cost* dalam satu periode adalah Rp 19,570,000, Rp 1,545,000, Rp 9,360,000, dan Rp 0. Sehingga total *inventory cost* dalam satu periode adalah Rp 31,894,000 dan dengan tingkat *service level* sebesar 86.17%.

#### Skenario 1

Pada skenario 1 kebijakan tambahan pada model akan ditambahkan yaitu dengan menambahkan tambahan kantong darah PRC golongan darah AB dari PMI lain sebanyak 11 kantong darah. Hal ini dilakukan untuk meminimalkan *shortage* di PMI Kabupaten Sleman. Sama halnya dengan model awal, skenario 1 direplikasi sebanyak 30 kali dengan perolehan *shortage* 14 kantong darah tanpa meningkatkan jumlah *expired* atau jumlah *expired* 0 kantong darah. Skenario 1 menghasilkan *holding cost* sebesar Rp 1,353,000, *production cost* sebesar Rp 18,620,000, *ordering cost* sebesar Rp 1,470,000, biaya kekurangan sebesar Rp 5,040,000, dan biaya kedaluwarsa sebanyak Rp0. Dari biaya-biaya tersebut diperoleh total *inventory cost* untuk skenario 1 adalah Rp 26,483,000 dan dengan tingkat *service level* sebesar 94.02%.

#### Skenario 2

Pada skenario 2 terdapat sedikit perbedaan dengan skenario sebelumnya yaitu dengan penambahan kebijakan peningkatan jumlah donor sebanyak 12% yang bertujuan untuk meminimalkan *shortage* tanpa peningkatan *expired* dan memenuhi standar *service level* dengan jumlah replikasi 30 kali, didapatkan hasil bahwa pada skenario ini jumlah *shortage* adalah 10 kantong darah sedangkan jumlah *expired* 0 kantong darah dengan *holding cost* sebesar Rp 1,996,500, *production cost* sebesar

Rp 24,890,00, *ordering cost* sebesar Rp 1,965,000, *shortage cost* sebesar Rp3,600,000, dan *expired cost* sebesar Rp 0. Sehingga dari biaya-biaya tersebut dapat diketahui bahwa total *inventory cost* pada skenario 2 adalah Rp 32,451,500 dan dengan *service level* sebesar 97.97%

### **Skenario 3**

Selanjutnya merupakan skenario terakhir yang dibuat, dimana kebijakan yang dilaksanakan berupa peningkatan jumlah *supply* sebesar 15% dan penambahankantong darah PRC golongan darah AB sebanyak 11 kantong. Dari skenariodidapatkan hasil jumlah *shortage* sebanyak 4 kantong dan jumlah *expired* sebanyak 0 kantong dengan *holding cost* sebesar RP 74,277,500, *Production cost* sebesar Rp25,460,000, *Ordering cost* sebesar Rp 1,965,000, *shortage cost* sebesar Rp 1,440,000, dan *Expired cost* sebesar Rp 0. Dari hasil tersebut diketahui bahwa total *inventory cost* skenario 3 sebesar Rp 31,390,500 dan dengan tingkat *service level* sebesar 99.02%.

Pada simulasi ini, model dikatakan valid dengan pengujian validitas pada simulasi sehingga dapat menjadi pertimbangan dalam pembuatan kebijakan yang tepat dalam penentuan *inventory* sesuai dengan hasil penelitian dari Rahmi Darnis, Gunadi Widi Nurcahyo, dan Yuhandri Yunus (2020) yang menyatakan bahwa metode monte carlo dapat membantu dalam pengambilan keputusan untuk memprediksi persediaan darah di masa mendatang (Darnis et al., 2020). Penelitian ini memiliki berbagai pertimbangan seperti biaya penyimpanan, kekurangan, kadaluarsa, dan tingkat pelayanan dalam pemilihan kebijakan. Hal ini dapat dibuktikan dengan hasil pengujian anova dan Bonferroni yang telah dilakukan terhadap model. Simulasi yang telah dilakukan dilakukan pengujian, daripengujian tersebut dapat diketahui bahwa uji anova pada model awal, skenario 1, skenario2, dan skenario 3 memiliki perbedaan rata-rata sehingga dibutuhkan pengujian lanjutan yaitu Bonferroni. Pada pengujian Bonferroni didapatkan hasil bahwa perbandingan model awal dengan skenario 1 diterima yang berarti terdapat perubahan yang signifikan, lalu untuk perbandingan model awal dengan skenario 2 diterima berarti terdapat perubahan signifikan, kemudian perbandingan model awal dengan skenario 3 diterima. selanjutnya perbandingan skenario 1 dan skenario 2 ditolak yang berarti tidak terdapat perubahan signifikan antara kedua model tersebut, perbandingan skenario 1 dan skenario 3 diterima, perbandingan skenario 2 dan skenario 3 ditolak sehingga dapat diartikan bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan dari kedua skenario tersebut.

Berdasarkan hasil uji dari simulasi dapat disimpulkan bahwa skenario 3 menjadi skenario terbaik dengan berbagai pertimbangan yaitu memiliki total biaya persediaan minimum sebesar Rp 31,390,500 dan memenuhi standar tingkat pelayanan yaitu 99.02%, walaupun pada simulasi ini skenario 1 memiliki biaya yang lebih kecil yaitu Rp 26,483,000 dibandingkan dengan skenario 3 namun pada skenario 1 memiliki *service level* yang tidak memenuhi standar yaitu 94.02% sehingga skenario 1 tidak dapat dijadikan sebagai skenario terbaik hal ini terjadi karena penghematan biaya pada suatu produk memang penting tetapi produk darah adalah salah satu produk yang sangat dibutuhkan sehingga tingkat pelayanan pada produk darah harus terpenuhi agar tidak terjadi kematian akibat kekurangan darah (Yul, 2019).

### **KESIMPULAN**

Dari hasil analisa pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa ada beberapa langkah yang dapat diambil untuk mengatasi kekurangan dan kadaluarsa stok darah guna meminimalkan biaya persediaan. Pertama, penambahan 11 kantong darah PRC golongan darah AB serta peningkatan jumlah suplai sebanyak 15% mampu menurunkan jumlah kekurangan stok dari 18 kantong darah menjadi 4 kantong darah, tanpa meningkatkan jumlah stok kadaluarsa yang tetap berada di angka 0 kantong darah. Hal ini menyebabkan biaya kekurangan stok berkurang dari Rp 6,480,000 menjadi Rp 1,440,000. Kedua, berdasarkan skenario yang telah dibuat, diuji, dan dinyatakan valid, skenario kebijakan yang paling efektif dalam mengoptimalkan persediaan komponen PRC golongan darah AB, sambil tetap memenuhi standar tingkat layanan PMI Kabupaten Sleman, adalah skenario 3. Dalam skenario ini, kebijakan dilakukan dengan penambahan komponen PRC golongan darah AB dari PMI lain sebanyak 11 kantong darah sebagai kantong cadangan dan peningkatan tingkat donor PRC golongan darah AB sebanyak 15%. Kebijakan ini berhasil menurunkan jumlah kekurangan stok tanpa meningkatkan jumlah stok kadaluarsa, sehingga menghasilkan total biaya persediaan minimum sebesar Rp 31,390,500 dan memenuhi standar tingkat layanan yang berlaku yaitu 97.02%.

**REFERENSI**

- AWANDANI, H. (2021). *Penentuan Strategi Pengendalian Persediaan Komponen Darah Packed Red Cell (Prc) Menggunakan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus Palang Merah Indonesia Gunung Kidul)*.
- Darnis, R., Nurcahyo, G. W., & Yunus, Y. (2020). Simulasi Monte Carlo untuk Memprediksi Persediaan Darah. *Jurnal Informasi Dan Teknologi*, 139–144.
- Dewi, R. C., & Suparno, S. (2022). Mewujudkan good governance melalui pelayanan publik. *Jurnal Media Administrasi*, 7(1), 78–90.
- Firani, N. K. (2018). *Mengenal Sel-Sel Darah dan Kelainan Darah*. Universitas Brawijaya Press.
- HASANAH, W. P. (2022). *Manajemen Persediaan Darah Komponen Packed Red Cell (Prc) Menggunakan Simulasi Monte Carlo (Studi Kasus: Palang Merah Indonesia Sleman)*.
- Khoiri, H. A., Isnaini, W., & Elyuda, D. R. (2021). Perencanaan Persediaan Darah di Unit Transfusi Darah (UTD) Palang Merah Indonesia Kota Madiun. *Jurnal INTECH Teknik Industri Universitas Serang Raya*, 7(2), 115–120.
- Kurniawan, A. (2016). *Analisis Tingkat Pemborosan Persediaan Tidak Tahan Lama Dengan Menerapkan Metode Simulasi Monte Carlo Studi Pada Palang Merah Indonesia Di Cabang Kota Yogyakarta*.
- Li, Z., Bi, S., Hao, S., & Cui, Y. (2022). Aboveground biomass estimation in forests with random forest and Monte Carlo-based uncertainty analysis. *Ecological Indicators*, 142, 109246.
- Mansur, A., Mar'ah, F. I., & Amalia, P. (2020). Platelet inventory management system using monte carlo simulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 722(1), 012004.
- Nugraha, G. (2022). *Teknik Pengambilan dan Penanganan Spesimen Darah Merah Manusia*. LIPI Press.
- Organization, W. H. (2019). *Protecting the blood supply during infectious disease outbreaks: guidance for national blood services*. World Health Organization.
- Osorio, A. F., Brailsford, S. C., Smith, H. K., & Blake, J. (2018). Designing the blood supply chain: how much, how and where? *Vox Sanguinis*, 113(8), 760–769.
- Profita, A. (2017). Optimasi Manajemen Persediaan Darah Menggunakan Simulasi Monte Carlo. *Journal of Industrial Engineering Management*, 2(1), 16–24.
- Tandra, H. (2017). *Segala sesuatu yang harus anda ketahui tentang diabetes*. Gramedia Pustaka Utama.
- Yul, F. A. (2019). Pengendalian persediaan darah dengan metode continuous review system pada Palang Merah Indonesia (PMI) Kota Pekanbaru. *Photon: Jurnal Sain Dan Kesehatan*, 9(2), 270–277.