

## Implementation of Robust Optimization Model to Controlling the Inventory Costs of Consumable Medical Equipment at Malahayati Islamic Hospital

### Penerapan Model Optimisasi *Robust* untuk Pengendalian Biaya Persediaan Alat Kesehatan Habis Pakai Pada RS Islam Malahayati

Linna Syahputri<sup>1\*</sup>, Hendra Cipta<sup>2\*</sup>

*\* Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, University Islam Negeri Sumatera Utara Medan*

*Email: linna0703201012@uinsu.ac.id<sup>1</sup>, hendracipta@uinsu.ac.id<sup>2</sup>*

*Received: 26 March 2024, revised: 1 May 2024, accepted: 3 May 2024*

#### Abstract

Inventory management is critical to hospitals capacity to meet patient requests. Because of the fluctuating patient volume, hospitals frequently have trouble managing their inventory of consumable medical equipment. An optimization model must therefore be used to control inventories. One hospital that calculates inventory costs using traditional methods is Malahayati Islamic Hospital. This leads to high inventory expenses and storage costs when acquiring medical supplies like three-count syringes. anything meant to lower the cost of inventories. An optimization model that can use linear programming techniques to discover the optimal solution even in situations when the data is unclear is referred to as strong optimization. By applying a strong optimization model, it shows that the results of calculating the inventory costs of consumable medical equipment at the Malahayati Islamic Hospital can save costs of 24.71% of the total inventory costs of the Malahayati Islamic Hospital.

**Keywords:** Inventory costs, Robust Optimization, Uncertainty.

#### Abstrak

Pengendalian persediaan sangat penting untuk Rumah Sakit agar dapat memenuhi kebutuhan pasien. Masalah umum dalam pengendalian persediaan pada Rumah Sakit adalah jumlah pasien yang tidak pasti sehingga Rumah Sakit kesulitan dalam melakukan pengendalian persediaan alat kesehatan habis pakai. RS Islam Malahayati merupakan salah satu Rumah Sakit yang menggunakan metode konvensional dalam menghitung biaya persediaan yang menyebabkan biaya persediaan dan biaya penyimpanan yang dikeluarkan untuk pemesanan alat kesehatan habis pakai seperti alat suntik (*sprit*) 3cc masih tinggi, sehingga perlu melakukan pengendalian persediaan dengan model optimisasi *robust* yang bertujuan untuk



meminimalkan biaya persediaan. Optimisasi *robust* merupakan model optimisasi yang dapat menyelesaikan permasalahan dengan ketidakpastian (*uncertainty*) data dan untuk memperoleh solusi yang optimal maka menggunakan penyelesaian secara *linear programming*. Dengan menerapkan model optimisasi *robust* menunjukkan bahwa hasil perhitungan biaya persediaan alat kesehatan habis pakai pada RS Islam Malahayati dapat menghemat biaya sebesar 24,71% dari total biaya persediaan RS Islam Malahayati.

**Kata kunci:** Pengendalian biaya persediaan, Optimisasi *Robust*, Ketidakpastian

## 1. PENDAHULUAN

Rumah sakit harus mampu memberikan pelayanan yang lebih baik, bermutu, dan terjangkau bagi masyarakat, sesuai dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2009 [11]. Pelayanan rumah sakit saat ini tergolong dalam pelayanan kesehatan sosio-ekonomi yang artinya selain memberikan pelayanan sosial, rumah sakit juga menghasilkan keuntungan dengan tetap memperhatikan prinsip ekonomi [16]. Agar rumah sakit dapat memberikan layanan kesehatan terbaik, organisasinya perlu dikelola dengan baik.

Sistem pelayanan kesehatan rumah sakit, berfokus pada layanan kefarmasian berkualitas tinggi yang dibutuhkan pasien, seperti peralatan kesehatan habis pakai dengan harga terjangkau. Menjaga kelangsungan proses operasional rumah sakit memerlukan pengendalian yang cermat terhadap persediaan peralatan kesehatan habis pakai. Hal tersebut mengingat bahwa mencapai 50% sampai 60% dari pemasukan rumah sakit berasal dari pengelolaan perbekalan farmasi [12]. Untuk mencapai keuntungan yang maksimal, proses pengadaan alat kesehatan pada rumah sakit harus berjalan dengan lancar dan rumah sakit tidak akan lepas dari masalah persediaan.

Pengendalian persediaan merupakan upaya yang dilakukan perusahaan dalam mengoptimalkan kebutuhan operasional untuk mendapatkan keuntungan yang maksimal dengan resiko yang kecil [14]. Persediaan berkaitan dengan penyimpanan alat kesehatan habis pakai pada rumah sakit. Dengan ketersediaan alat kesehatan habis pakai yang memadai, diharapkan bahwa suatu rumah sakit dapat melakukan proses pemesanan alat kesehatan habis pakai maupun obat-obatan sesuai dengan permintaan maupun kebutuhan pasien. Selain itu, persediaan yang mencukupi di gudang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam kegiatan pemesanan kembali kebutuhan rumah sakit dan menghindari kekurangan kebutuhan rumah sakit dalam melayani pasien. Keterlambatan dalam memenuhi kebutuhan terhadap pasien dapat berdampak negatif pada reputasi rumah sakit. Sebab itu, rumah sakit harus mengelola persediaan alat kesehatan habis pakai dengan baik agar dapat mengoptimalkan kelancaran operasional dalam hal jumlah, waktu, mutu, dan biaya.

Terdapat *trade-off* ketika rumah sakit menyimpan barang dalam jumlah yang berbeda [13]. Rumah sakit dapat memenuhi kebutuhan pasien dan mencegah kehabisan stok jika menyimpan persediaan dalam jumlah besar. Namun, peralatan kesehatan habis pakai dalam jumlah besar akan menimbulkan biaya penyimpanan yang harus ditanggung rumah sakit. Rumah sakit dapat menyimpan persediaan dalam jumlah kecil, sehingga biaya penyimpanan juga akan minimal. Namun demikian, dunia usaha harus melakukan pemesanan berulang kali untuk peralatan kesehatan habis pakai guna memenuhi permintaan, sehingga akan menaikkan harga pemesanan. Akibatnya, terdapat *trade-off* antara menyimpan persediaan dalam jumlah besar dan sedikit.

Salah satu Rumah Sakit di Kota Medan yang banyak merawat pasien yang perawatannya membutuhkan banyak peralatan kesehatan habis pakai adalah Rumah Sakit Islam Malahayati. RS Islam Malahayati biasanya menggunakan perkiraan jumlah stok yang tersisa daripada menggunakan teknik tertentu untuk mengontrol persediaan peralatan kesehatan habis pakai.

Kekhawatiran akan kelangkaan dan ketidakpastian permintaan dapat menyebabkan apotek rumah sakit membeli peralatan kesehatan kesehatan pakai dalam jumlah berlebihan.

Penelitian mengenai pengendalian persediaan peralatan kesehatan habis pakai diperlukan untuk membantu tujuan RS Islam Malahayati untuk memiliki ketersediaan peralatan yang sesuai dengan persediaan yang lebih hemat biaya. Optimisasi *robust* adalah salah satu teknik yang digunakan untuk mengelola persediaan peralatan kesehatan sekali pakai. Pendekatan optimasi yang dikenal sebagai optimasi *robust* memperhitungkan ketidakpastian data sekaligus menentukan solusi terbaik [5]. Hal ini terkait dengan ketidakpastian parameter dalam masalah optimasi yang bersifat deterministik. Optimisasi *robust* tidak mengasumsikan bahwa parameter yang tidak pasti adalah variabel acak dengan distribusi yang sudah diketahui, melainkan menggambarkan ketidakpastian dalam parameter tersebut.

Penggunaan optimasi yang kuat menjadi fokus utama penelitian ini. Ketika suatu rencana mempertahankan stabilitasnya dalam menghadapi perubahan pada beberapa kriteria perencanaan, maka rencana tersebut dianggap kuat karena dapat secara efektif menangani ketidakpastian. Optimasi *robust* berupaya meminimalkan total biaya persediaan dengan merencanakan dan mengendalikan persediaan pada tingkat optimal untuk mengurangi ketidakpastian permintaan. Model optimasi *robust* yang diperkenalkan oleh Bertsimas dan Thiele, merupakan strategi untuk menghadapi masalah yang tidak pasti. Pengoptimalan *robust* bertujuan untuk mengatasi masalah ketidakpastian data dengan memastikan bahwa solusi tersebut layak dan optimal, terutama ketika parameter berada pada kondisi terburuknya. Dalam penelitian ini, dilakukan penerapan model optimisasi *robust* yang ditemukan oleh Bertsimas dan Thiele dalam teori inventarisasi yang tidak pasti. Penelitian ini difokuskan pada konteks pengendalian biaya persediaan alat kesehatan habis pakai di lingkungan Rumah Sakit Islam Malahayati. Melalui pendekatan ini, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil dari model tersebut dengan biaya aktual yang dikeluarkan oleh rumah sakit dalam pengelolaan persediaan alat kesehatan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di RS Islam Malahayati tepatnya di Jalan Pangeran Diponegoro NO. 2-4, Petisah Tengah, Medan Petisah, Kota medan, Sumatera Utara selama dua bulan. Jenis penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah penelitian terapan. Adapun data yang digunakan adalah data penggunaan alat suntik (*sprit*) 3cc pada RS Islam Malahayati selama tahun 2023. Data lainnya yang digunakan adalah data biaya pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan dan biaya kekurangan yang dikeluarkan oleh RS Islam Malahayati. Penelitian ini dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB.

Langkah prosedur pada penelitian ini adalah

- a. Menghitung mean ( $\bar{d}$ ) dari jumlah data penggunaan alat suntik ( $d_k$ ) dengan persamaan:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=0}^{T-1} d_k}{k+1} \quad (2.1)$$

- b. Menghitung standar deviasi ( $z_k$ ) dari jumlah data penggunaan alat suntik dengan persamaan:

$$z_k = \frac{(d_k - \bar{d}_k)}{\hat{d}_k}, \quad z_k \in [-1, 1] \quad (2.2)$$

$$\hat{d}_k = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^{T-1} (d_k - \bar{d}_k)^2}{T-1}} \quad (2.3)$$

- c. Selidiki apakah standar deviasi ( $z_k$ ) telah memenuhi kendala, jika belum maka cari standar deviasi yang optimal dengan persamaan:

Memaksimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1} \hat{d}_k z_k \quad (2.4)$$

Dengan kendala

$$\sum_{k=0}^{T-1} z_k \leq \zeta \quad ; \quad 0 \leq z_k \leq 1 \quad \forall k, \quad (2.5)$$

- d. Menghitung nilai rata-rata ( $\bar{d}_k$ ) baru data penggunaan alat suntik dari setiap periode ke- $k$  dengan persamaan:

$$\bar{d}_k = d_k - \hat{d}_k \cdot z_k^* \quad (2.6)$$

- e. Menghitung variabel  $q_k, v_k, y_k, u_k, r_k$  dari fungsi objektif dan fungsi kendala dengan persamaan:

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{T-1} (c u_k + K v_k + y_k) \quad (2.7)$$

Dengan kendala

$$y_k \geq h \left( x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0, 1, \dots, 11 \quad (2.8)$$

$$y_k \geq p \left( -x_0 - \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0, 1, \dots, 11 \quad (2.9)$$

$$q_k + r_k \geq \hat{d}_k, \quad \forall k \quad (2.10)$$

$$0 \leq u_k \leq M v_k, \quad v_k \in \{0, 1\}, \quad k = 0, 1, \dots, 11 \quad (2.11)$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G \quad ; \quad u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, r_k \geq 0, \forall k \quad (2.12)$$

- f. Hitung total biaya persediaan alat suntik dengan metode optimisasi robust dan kebijakan rumah sakit dengan persamaan:

$$TIC_k = (c \times d_k) + \left( h_k \times \frac{d_k}{2} \right) + \left\{ K \times \frac{\sum_{k=0}^{T-1} d_k}{d_k} \right\} \quad (2.13)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah penggunaan alat suntik (*sputit*) 3cc pada tahun 2023 disajikan pada Tabel 3.1 berikut:

**Tabel 3.1** Data penggunaan alat suntik (*sputit*) 3cc

Bulan	$k$	$d_k$
Januari	0	4.209
Februari	1	3.395

Maret	2	4.165
April	3	3.191
Mei	4	3.895
Juni	5	3.748
Juli	6	4.333
Agustus	7	3.560
September	8	4.606
Oktober	9	4.616
November	10	4.459
Desember	11	4.782

Dengan biaya-biaya persediaan, antara lain:

- Biaya pembelian alat suntik (*sprit*) 3cc adalah Rp. 1.098/pcs
- Biaya pengadaan alat suntik (*sprit*) 3cc adalah Rp. 35.250/pcs
- Biaya penyimpanan alat suntik (*sprit*) 3cc adalah Rp. 500/pcs/tahun
- Biaya kekurangan alat suntik (*sprit*) 3cc adalah Rp. 1.361/pcs

Berdasarkan model optimisasi *robust* yang dikembangkan oleh Bertsimas and Thiele menyatakan bahwa untuk mencapai solusi yang optimal data dapat diasumsikan dengan mengikuti distribusi Gaussian atau distribusi normal [2]. Dalam optimisasi *robust* untuk mencari solusi yang optimal terhadap ketidakpastian data dapat dilakukan dengan mempertimbangkan rentang yang memungkinkan untuk parameter distribusi Gaussian dengan memasukkan konsep seperti keterbatasan atau ketidakpastian dalam parameter distribusi seperti standar deviasi.

Pengolahan Data dengan Optimisasi *Robust* pada Permasalahan Persediaan

### 3.1 Menghitung Mean dari Data Penggunaan Alat Suntik (*Sprit*) 3cc

Menghitung nilai mean menjadi salah satu parameter untuk memperkirakan kebutuhan persediaan alat kesehatan yang lebih akurat. Nilai mean mempengaruhi pemodelan ketidakpastian dalam permintaan, yang juga akan mempengaruhi keputusan dalam menentukan tingkat persediaan yang optimal. Berdasarkan data penggunaan alat suntik (*sprit*) 3cc pada Tabel 3.1 menghitung nilai mean ( $\bar{d}$ ) yang dengan persamaan (2.1). Menghitung mean dari data penggunaan alat suntik 3cc untuk memahami rata-rata penggunaan alat suntik 3cc dalam suatu periode,

$$\bar{d} = \frac{\sum_{k=0}^{11} d_k}{k+1} = \frac{4.209 + 3.395 + 4.165 + 3.191 + \dots + 4.782}{11+1} = \frac{48.959}{12} = 4.079,917$$

### 3.2 Menghitung Standar Deviasi dari Data Penggunaan Alat Suntik (*Sprit*) 3cc

Perhitungan standar deviasi diperlukan untuk memahami variasi dalam permintaan alat suntik 3cc dari setiap periode. Dalam optimisasi *robust*, standar deviasi disesuaikan untuk mempertimbangkan ketidakpastian dalam permintaan karena jumlah pasien yang berfluktuatif. Dengan menyesuaikan standar deviasi, pengambilan keputusan persediaan dapat menjadi lebih adaptif terhadap ketidakpastian jumlah pasien. Dengan mengetahui nilai  $\bar{d} = 4.079,917$

selanjutnya mencari nilai deviasi maksimum ( $\hat{d}_k$ ) dari ( $d_k$ ). Nilai  $\hat{d}_k$  dapat diketahui dengan persamaan (2.3), terlebih dahulu mencari nilai  $d_k - \bar{d}$  dan  $\sum_{k=0}^{11} (d_k - \bar{d})^2$ .

$$d_0 - \bar{d} = 4.209 - 4.079,917 = 129,083$$

$$d_1 - \bar{d} = 3.395 - 4.079,917 = -684,917$$

$$d_2 - \bar{d} = 4.165 - 4.079,917 = 85,083$$

Sehingga diperoleh  $\sum_{k=0}^{11} (d_k - \bar{d})^2$  pada Tabel 3.2

$$(d_0 - \bar{d})^2 = (4.209 - 4.079,917)^2 = (129,083)^2 = 16.662,507$$

$$(d_1 - \bar{d})^2 = (3.395 - 4.079,917)^2 = (-684,917)^2 = 469.110,840$$

$$(d_2 - \bar{d})^2 = (4.165 - 4.079,917)^2 = (85,083)^2 = 7.239,174$$

**Tabel 3.2** Tabel bantu mencari nilai  $\hat{d}_k$

$k$	$d_k$	$d_k - \bar{d}$	$(d_k - \bar{d})^2$
0	4.209	129,083	16.662,507
1	3.395	-684,917	469.110,840
2	4.165	85,083	7.239,174
3	3.191	-888,917	790.172,840
4	3.895	-184,917	34.194,174
5	3.748	-331,917	110.168,674
6	4333	253,083	64.051,174
7	3.560	-519,917	270.313,340
8	4.606	526,083	276.763,674
9	4.616	536,083	287.385,340
10	4.459	379,083	143.704,174
11	4.782	702,083	492.921,007
$\sum (d_k - \bar{d})^2$			2.962.686,917

Sehingga diperoleh:

$$\hat{d}_k = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^{11} (d_k - \bar{d})^2}{11}} = \sqrt{\frac{2962686,917}{11}} = 518,975$$

Nilai deviasi maksimum adalah  $\hat{d}_k = 518,975$ . Selanjutnya adalah mencari nilai  $z_k$  untuk setiap periode dengan persamaan (2.2).

$$z_0 = \frac{(d_0 - \bar{d})}{\hat{d}_k} = \frac{(4.209 - 4.079,917)}{518,975} = \frac{129,083}{518,975} = 0,249$$

$$z_1 = \frac{(d_1 - \bar{d}_k)}{\hat{d}_k} = \frac{(3.395 - 4.079,917)}{518,975} = -\frac{684,917}{518,975} = -1,320$$

$$z_2 = \frac{(d_2 - \bar{d}_k)}{\hat{d}_k} = \frac{(4.165 - 4.079,917)}{518,975} = \frac{85,083}{518,975} = 0,164$$

Demikian seterusnya hingga nilai  $z_k$  pada setiap periode dapat dilihat pada Tabel 3.3

**Tabel 3.3** Nilai  $z_k$  pada setiap periode ke- $k$

$K$	$d_k$	$z_k$
0	4.209	0,249
1	3.395	-1,320
2	4.165	0,164
3	3.191	-1,71
4	3.895	-0,36
5	3.748	-0,64
6	4.333	0,488
7	3.560	-1,002
8	4.606	1,014
9	4.616	1,033
10	4.459	0,73
11	4.782	1,353

Dikarenakan terdapat nilai  $z_k$  yang tidak memenuhi kendala maka harus mencari nilai  $z_k$

yang optimal atau ( $z_k^*$ ) dengan menambahkan kendala  $\sum_{k=0}^{T-1} |z_k| \leq \zeta \quad k = 0, 1, \dots, T-1$

[2].

### 3.3 Mencari Standar Deviasi yang Optimal

Langkah ini bertujuan untuk menemukan nilai standar deviasi yang optimal yang digunakan dalam perencanaan persediaan. Standar deviasi yang optimal dapat membantu mengurangi dampak ketidakpastian dalam permintaan sehingga meminimalkan risiko kekurangan maupun kelebihan persediaan. Pada optimisasi *robust*, terdapat adanya ketidakpastian permintaan pada setiap periode maka ditambahkan suatu kendala yaitu:

$$\sum_{k=0}^{T-1} |z_k| \leq \zeta \quad k = 0, 1, \dots, T-1 \quad \text{dengan } \zeta \text{ bernilai 1.}$$

$$\sum_{k=0}^{T-1} |z_k| = 0,249 + 1,32 + 0,164 + 1,713 + 0,356 + 0,640 + 0,488 + 1,002 + 1,014 +$$

$$1,033 + 0,730 + 1,353 = 10,061$$

berdasarkan Tabel 3.3 diperoleh nilai  $\sum_{k=0}^{T-1} |z_k| = 10,061$  maka nilai tersebut belum optimal.

Selanjutnya dicari nilai  $z_k$  yang optimal ( $z_k^*$ ) menggunakan persamaan (2.4) dengan kendala pada persamaan (2.5) pada MATLAB didapatkan nilai  $z_k$  yang optimal atau  $z_k^* = 0,08333$ .

### 3.4 Mencari Nilai Rata-rata Baru

Menghitung nilai rata-rata baru dalam optimisasi *robust* digunakan untuk menyesuaikan rencana persediaan alat suntik 3cc dengan ketidakpastian permintaan. Nilai rata-rata baru dapat memastikan jumlah persediaan tetap mencukupi untuk memenuhi permintaan alat suntik 3ccc dan alat kesehatan yang berfluktuasi. Setelah nilai  $z_k^*$  didapatkan, kemudian mencari nilai  $\bar{d}_k$  baru pada setiap periode merujuk pada persamaan (2.6).

$$\bar{d}_0 = d_0 - \hat{d}_k \cdot z_k^* = 4.209 - 518,975(0,08333) = 4.209 - 43,246 = 4.165,754$$

$$\bar{d}_1 = d_1 - \hat{d}_k \cdot z_k^* = 3.395 - 518,975(0,08333) = 3.395 - 43,246 = 3.351,754$$

$$\bar{d}_2 = d_2 - \hat{d}_k \cdot z_k^* = 4.165 - 518,975(0,08333) = 4.165 - 43,246 = 4.121,754$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan nilai rata-rata baru seperti pada Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Nilai rata-rata baru setiap periode ke- $k$

$K$	$d_k$	$\bar{d}_k$
0	4.209	4.165.754
1	3.395	3.351.754
2	4.165	4.121.754
3	3.191	3.147.754
4	3.895	3.851.754
5	3.748	3.704.754
6	4.333	4.289.754
7	3.560	3.516.754
8	4.606	4.562.754
9	4.616	4.572.754
10	4.459	4.415.754
11	4.782	4.738.754

### 3.5 Menghitung Variabel dari Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

Permasalahan pengendalian biaya persediaan alat suntik 3cc dimodelkan dengan optimisasi *robust* menggunakan *linear programming* sebagai permasalahan yang berbentuk *mix integer linear programming*. Fungsi tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total biaya persediaan dengan mengoptimalkan variabel-variabel kendala. Variabel-variabel kendala mencakup kendala yang harus dipatuhi dalam pengambilan keputusan yaitu kapasitas gudang, biaya penyimpanan dan lainnya. Akan dibentuk fungsi tujuan dan fungsi kendala dengan merujuk pada persamaan (2.7) sampai dengan (2.12) yaitu

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

Dengan kendala

$$y_k \geq h \left( x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0, 1, \dots, 11$$

$$y_k \geq p \left( -x_0 - \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0, 1, \dots, 11$$

$$q_k + r_k \geq \hat{d}_k, \quad \forall k$$



$$0 \leq u_k \leq Mv_k, \quad v_k \in \{0,1\}, \quad k = 0,1,\dots,11$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G \quad ; u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, r_k \geq 0, \forall k$$

Agar permasalahan model optimisasi *robust* dapat diselesaikan dengan perhitungan MATLAB, maka persamaan (2.7) sampai dengan (2.12) diubah menjadi model *Mixed Integer Linear Programming* seperti:

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

Dengan kendala

$$-y_k \leq -h \left( x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k \leq -p \left( -x_0 - \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad k = 0,1,\dots,11$$

$$-q_k - r_k \leq -\hat{d}_k, \quad \forall k$$

$$0 \leq u_k \leq Mv_k, \quad v_k \in \{0,1\}, \quad k = 0,1,\dots,11$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G; \quad u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, r_k \geq 0, \forall k$$

Karena variabel keputusan yang dicari adalah variabel  $q_k, v_k, y_k, u_k, r_k$  sehingga persamaan tersebut diubah ke dalam bentuk berikut ini

Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

Dengan Kendala

➤ Kendala Pertama

$$-y_k \leq -h \left( x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k \leq -hx_0 - h \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) - hq_k \zeta_k - h \sum_{k=0}^{11} r_k \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k + h \sum_{k=0}^{11} u_k + hq_k \zeta_k + h \sum_{k=0}^{11} r_k \leq -hx_0 + h \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k + h \left( \sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \leq h \left( -x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \right) \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

➤ Kendala Kedua

$$-y_k \leq -p \left( -x_0 - \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k \leq px_0 + p \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) - pq_k \zeta_k - \sum_{k=0}^{11} r_k \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k - p \sum_{k=0}^{11} u_k + pq_k \zeta_k + p \sum_{k=0}^{11} r_k \leq px_0 - p \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \quad ; k = 0,1,\dots,11$$

$$-y_k + p \left( -\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \leq p \left( x_0 - \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \right) \quad ; k = 0, 1, \dots, 11$$

➤ Kendala ketiga

$$q_k + r_k \geq \hat{d}_k, \quad \forall k$$

$$-q_k - r_k \leq -\hat{d}_k, \quad \forall k$$

➤ Kendala ke-empat

$$u_k - Mv_k \leq 0, \quad v_k \in \{0, 1\}, \quad k = 0, 1, \dots, 11$$

➤ Kendala ke-lima

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11} (u_k - \bar{d}_k) + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G \quad ; u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, \quad r_k \geq 0, \quad \forall k$$

$$x_0 + \sum_{k=0}^{11} u_k - \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G \quad ; u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, \quad r_k \geq 0, \quad \forall k$$

$$\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G - x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \quad ; u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, \quad r_k \geq 0, \quad \forall k$$

Sehingga persamaannya menjadi: Minimumkan

$$\sum_{k=0}^{11} (cu_k + Kv_k + y_k)$$

Dengan Kendala

$$-y_k + h \left( \sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \leq h \left( -x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \right) \quad ; k = 0, 1, \dots, 11$$

$$-y_k + p \left( -\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \right) \leq p \left( x_0 - \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \right) \quad ; k = 0, 1, \dots, 11$$

$$-q_k - r_k \leq -\hat{d}_k, \quad \forall k$$

$$u_k - Mv_k \leq 0, \quad v_k \in \{0, 1\}, \quad k = 0, 1, \dots, 11$$

$$\sum_{k=0}^{11} u_k + q_k \zeta_k + \sum_{k=0}^{11} r_k \leq G - x_0 + \sum_{k=0}^{11} \bar{d}_k \quad ; u_k \leq d, \quad q_k \geq 0, \quad r_k \geq 0, \quad \forall k$$

Formulasi optimisasi *robust* yang dikembangkan oleh Bertsimas dan Sim pada fungsi kendala adalah  $Ax \leq b$ . Persamaan diatas diubah ke formulasi optimisasi *robust* dalam bentuk matriks dengan ruas kiri adalah matriks  $A$  dan ruas kanan adalah matriks  $b$  agar dapat diselesaikan dengan MATLAB. Dari hasil perhitungan MATLAB diperoleh hasil perhitungan variabel keputusan untuk setiap periode dapat dilihat pada Tabel 3.5

**Tabel 3.5** Hasil perhitungan optimisasi *robust* menggunakan MATLAB

$k$	$u_k$	$q_k$	$r_k$	$v_k$	$y_k$
0	0	518,975	0	1	Rp. 754.995,1152
1	2661	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
2	4007	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
3	3241	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
4	3174	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433

5	3568	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
6	3197	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
7	3063	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
8	3290	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
9	3066	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
10	2938	518,975	0	1	Rp. 379.540,6433
11	4005	517,975	1	1	Rp. 379.540,6433
<b>TOTAL</b>					Rp.4.929.942,1915

### 3.6 Menghitung Total Biaya Persediaan Alat Suntik (*Sprit*) 3cc dengan Optimisasi Robust dan Kebijakan Rumah Sakit

Langkah terakhir adalah menghitung total biaya persediaan dengan optimisasi *robust* dan total biaya persediaan yang dikeluarkan rumah sakit. Hal ini bertujuan untuk membandingkan biaya persediaan sebelum dan sesudah penerapan optimisasi *robust*. Perbandingan ini membantu menganalisis efektivitas dari optimisasi *robust* dalam mengurangi biaya persediaan alat suntik 3cc dan alat kesehatan lainnya.

Berdasarkan tabel 3.5, maka diperoleh total biaya persediaan alat suntik (*sprit*) 3cc dengan model optimisasi *robust* sebesar:

$$\begin{aligned}
 c(u) &= \sum_{k=0}^{11} c u_k + K v_k + y_k \\
 &= \left( 1.098 \times \sum_{k=0}^{11} u_k \right) + \left( 35.250 \times \sum_{k=0}^{11} v_k \right) + \sum_{k=0}^{11} y_k \\
 &= (1.098 \times 36.210) + (35.250 \times 12) + (4.929.942,1915) \\
 &= 45.111.522,552
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan optimisasi *robust* biaya persediaan yang didapatkan yaitu sebesar Rp.45.111.522,552 dengan kendala untuk setiap periodenya dapat dilihat pada Tabel 3.5. Berdasarkan perhitungan total biaya persediaan pada RS Islam Malahayati dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.13).

$$TIC_k = (c \times d_k) + \left( h_k \times \frac{d_k}{2} \right) + \left( K \times \frac{\sum_{k=0}^{T-1} d_k}{d_k} \right)$$

Sehingga diperoleh

$$TIC_0 = (c \times d_0) + \left( h_0 \times \frac{d_0}{2} \right) + \left( K \times \frac{\sum_{k=0}^{11} d_k}{d_0} \right)$$

$$TIC_0 = (1.098 \times 4.209) + \left( 41 \times \frac{4.209}{2} \right) + \left( 35.250 \times \frac{48.959}{4.209} \right)$$

$$TIC_0 = (4.621.482) + (86.284,5) + (410.027,263)$$

$$TIC_0 = 5.117.793,763$$

$$TIC_1 = (c \times d_1) + \left( h_1 \times \frac{d_1}{2} \right) + \left( K \times \frac{\sum_{k=0}^{11} d_k}{d_1} \right)$$

$$TIC_1 = (1.098 \times 3.395) + \left( 41 \times \frac{3.395}{2} \right) + \left( 35.250 \times \frac{48.959}{3.395} \right)$$

$$TIC_1 = (3.727.710) + (69.597,5) + (508.337,187)$$

$$TIC_1 = 4.305.644,687$$

Demikian selanjutnya sehingga didapatkan total biaya persediaan pada RS Islam Malahayati adalah Rp.59.917.307,347.

**Tabel 3.6** Total biaya persediaan yang dikeluarkan Rumah Sakit Islam Malahayati

Bulan	$k$	$d_k$	Total Biaya Persediaan
Januari	0	4209	Rp. 5.117.793,763
Februari	1	3395	Rp. 4.305.644,687
Maret	2	4165	Rp. 5.072.911,384
April	3	3191	Rp. 4.109.968,583
Mei	4	3895	Rp. 4.799.639,592
Juni	5	3748	Rp. 4.652.598,179
Juli	6	4333	Rp. 5.244.753,773
Agustus	7	3560	Rp. 4.466.636,615
September	8	4606	Rp. 5.526.497,224
Oktober	9	4616	Rp. 5.536.870,513
November	10	4459	Rp. 5.374.430,018
Desember	11	4782	Rp. 5.709.563,016
<b>Total</b>			<b>Rp. 59.917.307,347</b>

Berdasarkan hasil penerapan model optimisasi *robust* untuk pengendalian biaya persediaan alat kesehatan habis pakai pada RS Islam Malahayati menghasilkan jumlah biaya persediaan sebesar Rp.45.111.522,552 yang mana hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan jumlah biaya persediaan yang dikeluarkan RS Islam Malahayati yaitu sebesar Rp.59.917.307,347. Optimisasi *robust* memberikan solusi berupa pengelolaan persediaan dengan merencanakan dan mengendalikan persediaan pada tingkat optimal dalam menghadapi ketidakpastian jumlah pasien yaitu jumlah alat suntik 3cc yang harus dibeli Rumah Sakit Islam Malahayati pada bulan januari sebesar 0 dan tambahan persediaan sebesar 519 untuk mengantisipasi risiko kekurangan persediaan. Hal yang sama juga berlaku untuk setiap bulan hingga Desember 2023 dapat dilihat pada Tabel 3.5.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penerapan model optimisasi *robust* untuk pengendalian biaya persediaan alat kesehatan habis pakai pada RS Islam Malahayati menghasilkan jumlah biaya persediaan sebesar Rp.45.111.522,552 yang mana hasil ini lebih kecil dibandingkan dengan jumlah biaya persediaan yang dikeluarkan RS Islam Malahayati yaitu sebesar Rp.59.917.307,347. Dari hasil

penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model optimisasi *robust* membantu rumah sakit menghadapi ketidakpastian jumlah pasien dan dapat menjadi landasan untuk pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan persediaan alat kesehatan. Penerapan model optimisasi *robust* untuk pengendalian alat kesehatan habis pakai mampu menurunkan biaya operasional dengan tetap memperhatikan ketersediaan alat kesehatan yang cukup untuk pasien. Meskipun memiliki keunggulan dibandingkan metode lainnya dalam pengendalian biaya persediaan metode ini memiliki keterbatasan dimana model optimisasi *robust* tidak dapat dihitung secara manual sehingga membutuhkan bantuan *software* dalam perhitungannya karena memiliki banyak fungsi kendala.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Akbar, Y. R., & Mar'aini., 2022. Optimasi Produksi Pada Industri Kecil dan Menengah Karya UNISI dengan Penerapan Model Linear Programming. *JIP: Jurnal Invasi Penelitian*, Vol. 2, No.8, 2883-2892.
- [2]. Bertsimas, D., & Thiele, A., 2006. A Robust Optimization Approach to Inventory Level. *Operations Research*, Vol.54, No.1, 150-168.
- [3]. Biswal, M., & Singh, S., 2021. A robust Optimization Model Under Uncertainenvironment: An Application in Production Planning. *Computers & Industrial Engineering*. Vol.155, 107169
- [4]. Chaerani, D., Setiawan, H., & Kartiwa, A., 2020. Penyelesaian Metode Dekomposisi Benders pada Model Optimisasi Robust Masalah Mixed Integer Linear Programming Dua Tahap yang melibatkan Variabel Recourse. *Jurnal Matematika Integratif*, Vol.16, No.1, 19-28.
- [5]. Cipta, H., Suwilo, S., Sutarman, & Mawengkang, H., 2022. Improved Benders decomposition approach to complete robust optimization in box-interval. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, Vol.11, No.5, 2949–2957
- [6]. Diniaty, D., Mustika Rani, S., Anggraini, W., Gilang Permata, E., & Mas, A., 2020. Pengendalian Persediaan Barang Dagang Menggunakan Model Probabilistik (Studi Kasus: Toko XYZ). *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, Vol.18, No.1, 80–87
- [7]. Herjanto, E., 2007. *Manajemen Operasi*. Jakarta: Grasindo.
- [8]. Juniarti, A. T., & Luxviyanta, C. A., 2021. *Metode Pengendalian Persediaan Dengan MRP*. Jawa Tengah: CV. Pena Persada.
- [9]. Maulana, Y. S., Sundari, C., & Abdurohim., 2021. *Operations Management*. Yogyakarta: Zahir Publishing.
- [10]. Mitlif, R. J., Rasheed, M., Shihab, S., Rashid, T., & Abed Hamed, S. H., 2021. Linear Programming Method Application in a Solar Cell. *Journal of Al-Qadisiyah for Computer Science and Mathematics*, Vol.13, No.1, 10-21.
- [11]. Moku, G., Maramis, F. R., & Tucunan, A. A., 2019. Sistem Penyimpanan dan Pendistribusian Logistik Non Medis di Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. V.L Ratumbusang Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, Vol.8, No.7, 85-92.
- [12]. Sidrotullah, M., & Pahmi, K., 2020. Evaluasi Pelaksanaan Standar Pelayanan Farmasi Di Rumah Sakit Umum Daerah Kelas C di Propinsi Nusa Tenggara Barat. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, Vol.2, No.1, 21-30.
- [13]. Silitonga, R., & Julian, K., 2019. Model Pengendalian Sistem Persediaan Dua Eselon dengan Memperhatikan Pengelompokan Pelanggan. *Jurnal Telematika*, Vol.14, No.2,73-78.

- [14]. Syahputra, F. A., Dur, S., & Rakhmawati, F., 2022. Penerapan Metode Just In Time (JIT) dalam Pengendalian Persediaan Budidaya Ikan Lele Untuk Meminimalkan Biaya Persediaan. *TIN: Terapan Informatika Nusantara*, Vol.2, No.10, 580-586.
- [15]. Thevenin, S., Ben-Ammar, O., & Brahimi, N., 2022. Robust Optimization Approaches for Purchase Planning with Supplier Selection under Lead Time Uncertainty. *European Journal of Operational Research*, Vol.303, No.3, 1199-1215.
- [16]. Wibowo, S., Suryawati, C., & Sugiarto, J., 2021. Analisis Pengendalian Persediaan Obat-Obatan Instalasi Farmasi RSUD Tugurejo Semarang Selama Pandemi COVID-19. *Jurnal Manajemen Kesehatan Indonesia*, Vol.9, No.3, 215-224