

Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Kebijakan Persediaan Untuk *Deteriorating Material* Menggunakan Metode *Probabilistic Continuous Review* Dengan Mempertimbangkan Ongkos Kadaluarsa: Studi Kasus Material Polysulfide Sealant Pada PT Dirgantara Indonesia (PERSERO)

1st Fhirra Adinda

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

fhirradinda@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Dr. Dida Diah D., S.T., M.Eng.Sc.

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

didadiah@telkomuniversity.ac.id

3rd Dr. Mohammad Deni A., S.T., M. Math

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

denimath@telkomuniversity.ac.id

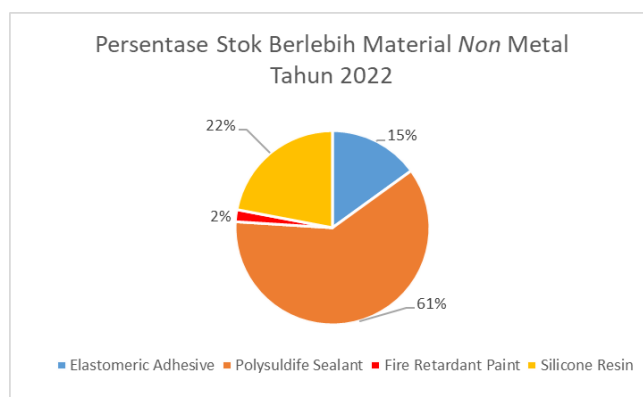
Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk pengendalian persediaan untuk menurunkan total ongkos persediaan dengan mempertimbangkan jenis material yang memiliki umur simpan dan merancang sistem pendukung pengambilan keputusan untuk pengendalian persediaan di PT Dirgantara Indonesia (Persero). Metode *continuous review* (Q, r) digunakan karena sesuai dengan permasalahan yang ada pada material terkait dan Perusahaan. Proses penelitian mencakup tahapan identifikasi permasalahan, pengumpulan data, pengolahan data dengan metode *continuous review*, analisis, dan kesimpulan serta saran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *continuous review* (Q, r) merupakan kebijakan pengendalian persediaan yang tepat untuk material polysulfide sealant di PT Dirgantara Indonesia (Persero), dengan mempertimbangkan karakteristik material yang memiliki umur simpan terbatas dan lead time yang pasti. Penerapan metode ini menghasilkan reorder point sebesar 80 unit dan titik pemesanan optimal sebanyak 91 unit, sehingga berhasil menurunkan total ongkos persediaan sebesar Rp505.499.130 atau 55%. Selain itu, sistem pendukung keputusan yang dirancang mampu memantau umur simpan material dan memberikan pengingat pembelian. Disarankan agar perusahaan secara rutin mengecek stok dan memberikan fokus pada perubahan harga barang.

Kata kunci—*deteriorating material, continuous review* (Q, r), kadaluarsa, decision support system.

I. PENDAHULUAN

Persediaan merupakan beberapa barang-barang yang saat ini sedang disimpan untuk selanjutnya digunakan maupun dijual pada masa atau periode yang akan datang [1]. Pengendalian persediaan merupakan sebuah metode yang digunakan untuk merencanakan, merancang, dan melakukan proses pengadaan persediaan, terutama dalam industri manufaktur yang kompleks seperti PT Dirgantara Indonesia (Persero). PT Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan

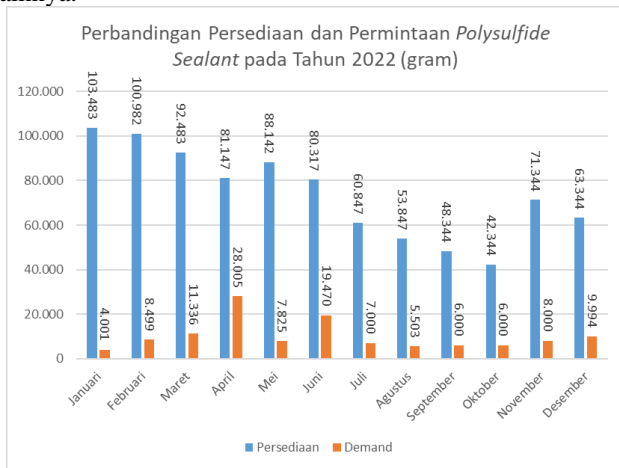
sebuah badan usaha milik negara yang beroperasi dalam bidang usaha kedirgantaraan dengan perancangan dan pembuatan pesawat terbang, perbaikan dan pemeliharaan pesawat serta komponen-komponennya. Salah satu material *nonmetal* dari pembuatan pesawat NC 212i adalah material polysulfide sealant. Bahan ini dikenal dengan ketahanan dan fleksibilitasnya, yang menjadikannya pilihan utama dalam menyambungkan berbagai komponen pesawat.



GAMBAR 1
(Persentase Stok Berlebih Material Non Metal Tahun 2022)

Berdasarkan Gambar 1, menunjukkan bahwa material polysulfide sealant memiliki persentase kelebihan stok yang lebih besar dibandingkan material non metal lainnya, yaitu sejumlah 61%. Oleh karena itu, fokus penelitian ini adalah pada material polysulfide sealant. Polysulfide sealant merupakan sealant nonmetal yang tahan lama, fleksibel, serta mampu menempel kuat pada berbagai material seperti baja, aluminium, dan kaca. Polysulfide sealant ini sering digunakan dalam industri penerbangan,

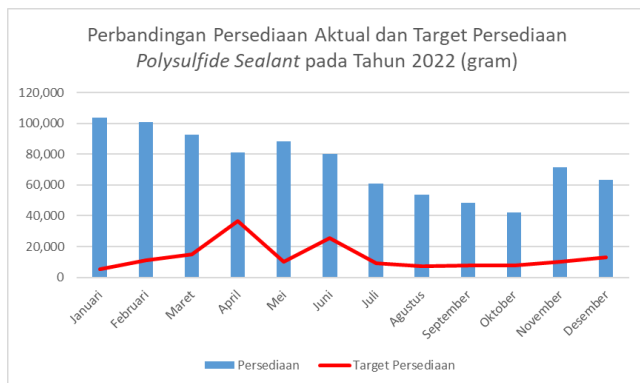
khususnya untuk menyegel rivet dan komponen pesawat lainnya.



GAMBAR 2

(Perbandingan Persediaan dan Permintaan Polysulfide sealant Tahun 2022)

Gambar 2 menunjukkan perbandingan data persediaan dan permintaan material polysulfide sealant di PT Dirgantara Indonesia pada tahun 2022. Terdapat selisih sebesar 764.991 gram antara persediaan dan permintaan. Dari data ini, dapat disimpulkan bahwa setiap bulan persediaan selalu melebihi permintaan, meskipun permintaan selalu terpenuhi, namun dalam kondisi yang tidak ideal. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kelebihan stok material yang tidak digunakan. PT Dirgantara Indonesia menetapkan target persediaan maksimal 30% dari permintaan. Grafik berikut ini memperlihatkan perbandingan antara persediaan aktual dan target persediaan tersebut.



GAMBAR 3

(Perbandingan Persediaan Aktual dan Target Persediaan Polysulfide Sealant pada Tahun 2022 (gram))

Berdasarkan Gambar 3, persediaan aktual melebihi target sebesar 728.501 gram, yang menyebabkan kelebihan stok di gudang dan ketidaksesuaian antara target persediaan dan kondisi aktual. Kelebihan persediaan ini mempengaruhi ongkos simpan dan juga berkontribusi pada ongkos kadaluarsa, karena material polysulfide sealant memiliki umur simpan hanya tiga bulan. Ketika material melebihi umur simpannya, ia tidak dapat digunakan dalam produksi, sehingga menjadi kadaluarsa. Pada tahun 2022, sebanyak 31.000 gram material polysulfide sealant kadaluarsa, dengan ongkos kadaluarsa yang harus ditanggung PT Dirgantara Indonesia sebesar Rp7.727.804.

Masalah utama yang dihadapi PT Dirgantara Indonesia adalah persediaan yang melebihi target maksimal persediaan,

total ongkos persediaan yang juga melambung karena tidak adanya kebijakan pengendalian persediaan dari PT Dirgantara Indonesia untuk material polysulfide sealant. Faktor utama penyebab masalah ini adalah kurangnya kebijakan pengendalian persediaan, tidak adanya sistem peringatan pemesanan ulang, dan kadaluarsa material karena umur simpannya yang singkat.

Untuk mengatasi masalah ini, diusulkan beberapa solusi yang berfokus pada pengendalian persediaan. Solusi ini meliputi perancangan kebijakan persediaan untuk menentukan jumlah dan waktu pembelian, serta pengembangan sistem monitoring berupa dashboard untuk memantau persediaan dan memberikan peringatan saat material mendekati kadaluarsa.

II. KAJIAN TEORI

A. Persediaan

Persediaan adalah aset yang mencakup barang-barang yang dimiliki oleh perusahaan dengan tujuan untuk dijual selama periode operasional tertentu dan mencakup barang yang masih dalam proses pengerjaan atau produksi, serta bahan baku yang menunggu penggunaannya dalam tahap produksi [2].

B. Jenis Persediaan

Jenis persediaan berdasarkan tujuannya adalah sebagai berikut [1]:

1. Persediaan pengaman (*safety stock*)

Persediaan pengaman atau safety stock merupakan jenis persediaan yang bertujuan untuk mengantisipasi adanya ketidakpastian dalam demand dan persediaan.

2. Persediaanantisipasi (*stabilization stock*)

Jenis persediaan ini merupakan persediaan yang dilaksanakan dengan tujuan untuk menghadapi ketidakpastian dari permintaan yang berfluktuasi dan sudah dapat diprediksi.

3. Persediaan dalam pengiriman (*transit stock*)

Persediaan jenis ini merupakan persediaan yang sedang berada dalam pengiriman.

C. Fungsi Persediaan

Persediaan memiliki peran penting untuk perusahaan dalam menjalankan bisnisnya. Adapun fungsi-fungsi persediaan yaitu sebagai berikut [3]:

1. Fungsi *decoupling*

Fungsi ini merupakan sebuah fungsi yang dimana Perusahaan mengadakan persediaan dengan pengelompokan operasional yang terpisah-pisah.

2. Fungsi *economic size*

Fungsi *economic size* merupakan sebuah penyimpanan yang diadakan dalam jumlah besar dengan penentuan pertimbangan karena adanya diskon dari pembelian bahan baku maupun diskon kualitas yang didukung oleh kapasitas simpan di gudang yang memadai.

3. Fungsi antisipasi

Persediaan dalam fungsi antisipasi berguna untuk estimasi penyelamatan barang jika terdapat ketidakpastian material dari pemasok. Fungsi antisipasi ini juga memiliki tujuan untuk menjaga alur produksi barang agar tidak terjadi pemberhentian pekerjaan atau *job stop*.

D. Biaya Persediaan

Dalam pelaksanaannya, persediaan memerlukan beberapa biaya-biaya yang menyangkut operasional persediaan. Biaya-biaya tersebut adalah sebagai berikut:

1. Biaya Pembelian

Biaya pembelian merupakan suatu biaya yang dikeluarkan apabila Perusahaan melakukan pembelian barang atau persediaan [4]. Biaya pembelian sekurangnya akan memuat biaya barang yang dibeli serta biaya kirim dari *supplier* ke perusahaan.

2. Biaya Pengadaan

Biaya pengadaan merupakan biaya yang timbul saat dilakukannya pengadaan barang. Biaya ini terbagi menjadi dua, yaitu *order cost* (biaya pemesanan) dan *set up cost* (biaya persiapan).

3. Biaya Simpan

Biaya simpan merupakan biaya yang ada saat menyimpan barang di gudang. Berikut ini merupakan biaya-biaya yang termasuk kedalam biaya simpan:

- Biaya Gudang
- Biaya administrasi
- Biaya kerusakan/penyusutan barang

4. Biaya Kekurangan

Biaya kekurangan merupakan biaya yang timbul akibat adanya ketidakmampuan dalam memenuhi permintaan barang. Ketidakmampuan dalam pemenuhan permintaan berakibat kepada kerugian Perusahaan dalam aspek produksi dan biaya. Umumnya, jika suatu Perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan pelanggan, akan ada denda yang harus dibayarkan Perusahaan kepada pembeli. Selain itu, tidak dipenuhinya permintaan juga akan berakibat kepada kepuasan dan kesetiaan pembeli terhadap Perusahaan.

E. Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan merupakan sebuah bentuk kegiatan kebijakan pengendalian yang mengurus bagian persediaan dengan tujuan menjaga Tingkat persediaan, menentukan waktu pesan untuk pemenuhan persediaan serta menentukan jumlah pesan untuk pemenuhan persediaan. Pengendalian persediaan berguna untuk menjaga persediaan agar dapat selalu memenuhi kebutuhan atau permintaan dengan meminimalkan biaya-biaya yang ada.

F. Jenis Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan merujuk kepada berapa banyak dan kapan barang akan di pesan atau diproduksi kembali [5]. Terdapat dua jenis pengendalian persediaan yaitu pengendalian persediaan *probabilistic* dan *deterministic*.

G. Persediaan Deterministik

Persediaan deterministic merupakan salah satu metode pengelolaan persediaan yang informasinya didapatkan secara pasti. Berikut ini merupakan beberapa metode dari persediaan deterministic, yaitu sebagai berikut:

1. EOQ (*Economic Order Quantity*)

Dalam pengertiannya yang dikemukakan oleh Gitosudarmo (2002), EOQ memuat jumlah pembelian yang ekonomis diantara yang lainnya, yang dapat diartikan sebagai

melakukan pembelian dengan kuantitas yang selalu seperhitungannya dan akan mengakibatkan penanggungan biaya yang minimal oleh perusahaan.

2. POQ (*Periodic Order Quantity*)

POQ atau *Periodic Order Quantity* merupakan metode pengendalian persediaan deterministic yang digunakan untuk menentukan permintaan berdasarkan periode, konsepnya sam dengan EOQ tetapi pada POQ, ia merubah jumlah pemesanan menjadi periode pemesanan [6].

3. ROP (*Reorder Point*)

ROP atau *Reorder Point* merupakan ambang batas pemesanan ulang, jika inventori sudah mencapai titik yang ditentukan, maka harus dilakukan pemesanan ulang [5].

H. Persediaan Probabilistik

Terdapat dua klasifikasi persediaan *probabilistic* yaitu metode *continuous review* dan *periodic review*.

1. *Continuous Review*

Metode persediaan *continuous review* merupakan metode persediaan yang dimana persediaan akan dilakukan pemantauan dan peninjauan secara terus-menerus untuk memastikan ketersediaan barang. *Continuous review* terbagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

- Continuous Review* (s,Q)
- Continuous Review* (s,S)

2. *Periodic Review*

Metode persediaan *periodic review* merupakan metode persediaan yang dimana persediaan dilakukan pengecekan pada periode-periode tertentu. *Periodic review* terbagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

- Periodic Review* (R,S)
- Periodic Review* (R,s,S)

I. Metode *Continuous Review* (Q,r)

Metode *continuous review* (Q,r) merupakan metode persediaan yang sama dengan metode *continuous review* (Q,s) yaitu metode persediaan yang pemantauannya dilakukan secara terus-menerus dengan menjadikan reorder point (r) sebagai acuan. Jika tingkat persediaan sudah mencapai titik *reorder point* (r), maka harus segera dilakukan pemesanan ulang. Total ongkos inventory akan dihitung dengan menjumlahkan ongkos simpan (OS), ongkos kekurangan barang (OK), ongkos pembelian (OP) dan ongkos kadaluarsa (OO) untuk setiap unit pesanan, yaitu sebagai berikut:

$$TOI1 = OP + OS + OK + OOD \quad (1)$$

J. Formulasi Metode *Continuous Review* (Q,r)

Berikut merupakan formulasi metode *continuous review* (Q,r) yang digunakan:

1. Menghitung jumlah pemesanan awal

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{h}} \quad (2)$$

2. Menghitung nilai probabilitas kekurangan persediaan

$$\alpha_n = \frac{h \cdot Q_n}{c_u \cdot D} \quad (3)$$

3. Menghitung titik pemesanan kembali awal

$$r_1 = DL + Z_{\alpha_1} \cdot \sigma\sqrt{L} \quad (4)$$

4. Menentukan nilai jumlah kekurangan persediaan

$$N = \sigma\sqrt{L}[f(Z_{\alpha_1}) - Z_{\alpha_1}\Psi(Z_{\alpha_1})] \quad (5)$$

5. Menghitung nilai Q_2

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \cdot N]}{h}} \quad (6)$$

6. Menghitung nilai α_n dan r_2

$$r_1 = DL + Z_{\alpha_2} \cdot \sigma\sqrt{L} \quad (7)$$

7. Membandingkan nilai r_1 dan r_2

Bandingkan nilai r_1 dan r_2 dari perhitungan sebelumnya, jika nilai $r_1 = r_2$ maka iterasi akan selesai dan nilai q akan didapatkan. Jika nilai $r_1 \neq r_2$, maka iterasi akan dilanjutkan.

K. Formulasi Metode *Continuous Review with Fixed Lifetime and Perishable Items (Q,r)*

Berikut merupakan formulasi metode *continuous review with fixed lifetime and perishable item (Q,r)* yang dikembangkan [7]:

1. Kemungkinan jumlah kekurangan produk (ES)

$$ES = \int_r^\infty (d_L - r) f_L(d_L) dd_L = \sigma\sqrt{L}[f(Z_{\alpha_1}) - Z_{\alpha_1}\Psi(Z_{\alpha_1})] = N \quad (8)$$

2. Kemungkinan produk kadaluarsa (ER)

$$ER = \left(\int_0^{r+Q} (r+Q-x) f_m + L(dm+L) dx - \int_0^r (r-x) f_m + L(dm+L) dx \right) \quad (9)$$

3. Inventory level (OH)

$$OH = r - (DL) + \frac{1}{2}Q \quad (10)$$

4. Waktu siklus (ET)

$$ET = \frac{Q - ER}{D} \quad (11)$$

5. Total biaya persediaan

$$TIC = K + C \cdot Q + W \cdot ER + C_u \cdot ES + h \cdot OH \quad (12)$$

L. Uji Normalitas Data

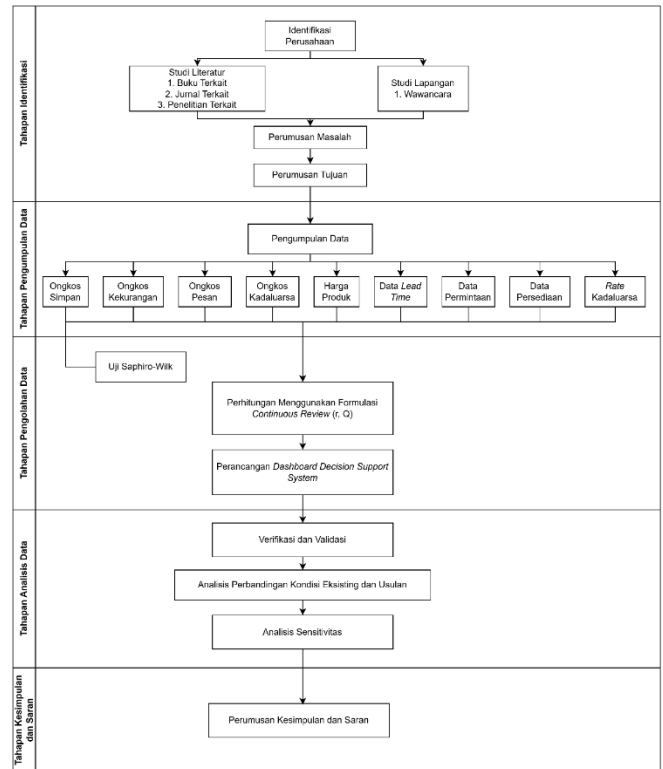
Uji normalitas data digunakan untuk memastikan data memiliki distribusi yang normal atau tidak melalui uji hipotesis [8]. Uji normalitas memiliki peranan penting untuk analisis data. Dengan mengetahui jenis distribusi data yang ada, dapat membantu untuk menentukan metode analisis yang akan digunakan dan akan menghasilkan hasil Keputusan yang lebih akurat. Berikut ini merupakan hipotesis uji normalitas data:

H0 = Data berdistribusi normal

H1 = Data tidak berdistribusi normal

III. METODE

A. Sistematika Penyelesaian Masalah



GAMBAR 4
(Sistematika Penyelesaian Masalah)

1. Tahapan Identifikasi

Tahapan identifikasi dimulai dari tahap identifikasi Perusahaan, pencarian literatur berdasarkan sumber-sumber terkait, melakukan studi lapangan dengan mewawancarai pihak divisi terkait, perumusan masalah serta pembuatan tujuan yang sesuai dengan masalah yang ada.

2. Tahapan Pengumpulan Data

Tahapan pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan data yang akan digunakan untuk perhitungan, penelitian dan perancangan. Data-data tersebut meliputi:

- Data permintaan
- Data *lead time* produk
- Data ongkos simpan
- Data ongkos pesan
- Data ongkos kadaluarsa
- Data persediaan
- Data harga produk
- Data *rate* kadaluarsa

3. Tahapan Pengolahan Data

Tahapan pengolahan data dilakukan setelah pengumpulan data dilakukan. Pengolahan data dilakukan dengan metode perhitungan kebijakan persediaan *continuous review (r,Q)*.

4. Tahapan Analisis

Tahapan analisis data dilakukan dengan metode kebijakan persediaan *continuous review (r,Q)*. Selain itu, akan dilakukan analisis untuk dashboard pembantu pembuatan keputusan terhadap kebijakan persediaan yang sudah diperhitungkan.

5. Tahapan Kesimpulan dan Saran

Tahapan kesimpulan dan saran memuat seluruh simpulan hasil pengolahan dan analisis data. Tahap ini juga membahas saran untuk Perusahaan dalam menanggapi permasalahan terkait material yang bersangkutan dan memberikan saran kepada peneliti selanjutnya.

B. Batasan dan Asumsi

Berikut ini merupakan Batasan yang terdapat dalam penelitian ini:

1. Data yang akan diolah hanya data tahun 2022 untuk material *polysulfide sealant*.

2. Dashboard dapat menghitung *probabilistic demand* dan membantu pengambilan

Asumsi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Permintaan bersifat *probabilistic* dengan distribusi normal.
2. Kondisi keuangan perusahaan dan pembayaran untuk material yang dipesan dianggap stabil dan mampu terlaksana dengan baik.
3. *Lead time* pemesanan dianggap konstan tiga bulan.
4. Waktu pemakaian material konstan tiga bulan.
5. Harga barang dianggap konstan untuk setiap waktu.
6. Ongkos kadaluarsa dianggap sama dengan harga barang.
7. Ongkos kekurangan dianggap sebanding dengan harga barang yang tidak dapat disanggupi.
8. Ongkos simpan merupakan biaya listrik dan pemeliharaan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Data Permintaan

Permintaan polysulfide sealant pada tahun 2022 digunakan sebagai acuan untuk perhitungan permintaan pada periode berikutnya.

TABEL 1
Data Permintaan Polysulfide Sealant Tahun 2022

Bulan	Permintaan Polysulfide Sealant (Unit)
Januari	4
Februari	9
Maret	12
April	28
Mei	8
Juni	20
Juli	7
Agustus	6
September	6
Oktober	6
November	8
Desember	10

B. Data Lead Time

Berdasarkan informasi yang didapatkan dari wawancara dengan salah satu karyawan pada divisi material planner, *lead time* untuk *polysulfide sealant* adalah tiga bulan.

C. Data Harga

Daftar harga *polysulfide sealant* berdasarkan berat kemasan disajikan dalam Tabel 2:

TABEL 2

Data Harga Polysulfide sealant

Material	Harga
<i>Polysulfide sealant</i>	Rp. 2.492.836

D. Biaya Pesan

Rincian biaya pemesanan *polysulfide sealant* disajikan dalam Tabel 3:

TABEL 3

Rincian Biaya Pemesanan Polysulfide sealant

Jenis Biaya	Harga
Pengiriman	Rp 2,260,286 / Kg
Quality control di manufaktur	Rp 3,132,500 / test report
Bea cukai	Rp 130,000
Total	Rp 5,522,786 / Kg test report

TABEL 4

Biaya Pesan Polysulfide sealant

Material	Biaya Pesan
<i>Polysulfide sealant</i>	Rp 2.761.393

E. Biaya Simpan

Biaya simpan *polysulfide sealant* dihitung sebesar 10% dari harga material, seperti yang terlihat pada Tabel 4:

TABEL 5

Biaya Simpan Polysulfide sealant

Material	Biaya Simpan
<i>Polysulfide sealant</i>	Rp 249.283,6

F. Biaya Outdate

Biaya outdate atau biaya akibat kadaluarsa material dihitung sebesar 5% dari harga material. Rincian biaya *outdate* disajikan pada Tabel 5:

TABEL 4

Biaya Outdate Polysulfide sealant

Material	Biaya Outdate
<i>Polysulfide sealant</i>	Rp 124.642

G. Biaya Kekurangan

Biaya kekurangan ditetapkan sebesar 0.001% dari harga produk (pesawat NC212), dengan nilai sebagai berikut:

$$O_K = 0.01\% \times Rp. 157.750.000.000 = Rp. 15.775.000$$

H. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data dilakukan untuk mengetahui apakah data permintaan berdistribusi normal atau tidak. Berdasarkan uji Kolmogorov-Smirnov, didapatkan signifikansi sebesar $0,064 > 0,05$, sehingga H_0 tidak ditolak. Ini menunjukkan bahwa data permintaan polysulfide sealant tahun 2022 berdistribusi normal.

I. Perhitungan Total Biaya Persediaan Eksiting

Perhitungan total biaya persediaan eksisting melibatkan biaya simpan, biaya pesan (termasuk pengiriman dan *quality control*), serta biaya *outdate*. Perhitungan ini dilakukan untuk dua alternatif pembelian, yaitu *made by order* dan *ready stock*. Berdasarkan komponen-komponen biaya, total biaya polysulfide sealant adalah:

1. *Lead time* (L) = 3 bulan = 0.25 tahun
2. Umur hidup (m) = 6 bulan = 0.5 tahun
3. Rata-rata persediaan (μ) = 148 unit /tahun
4. Frekuensi pemesanan (f) = 4 kali /tahun
5. Jumlah pembelian (Q) = 146 unit /tahun
6. Jumlah outdate = 62 unit /tahun
7. Biaya pesan (A) = Rp. 2.761.393 /unit
8. Biaya simpan (h) = Rp. 249.284 /unit
9. Biaya produk *outdate* (W) = Rp. 124.642 /unit
10. Biaya kekurangan (C_U) = Rp. 39.437.500
11. Harga produk (C) = Rp. 2.493.836 /unit

Berdasarkan komponen-komponen biaya di atas, dapat dihitung total biaya *polysulfide sealant* sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Ongkos Pesan}(O_P) &= A \times Q \\ &= Rp. 2.761.393 /unit \times 146 \text{ unit/tahun} \\ &= Rp. 403.991.796 /tahun \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ongkos Pembelian}(O_S) &= C \times Q \\ &= Rp. 2.493.836 /unit \times 146 \text{ unit/tahun} \\ &= Rp. 364.848.207 /tahun \end{aligned}$$

$$\text{Ongkos Outdate}(O_{OT})$$

$$\begin{aligned}
&= W \times \text{Jumlah material outdate} \\
&= \text{Rp. } 124.642 / \text{unit} \times 62 \text{ unit/tahun} \\
&= \text{Rp. } 7.727.804 / \text{tahun}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ongkos Kekurangan}(O_K) &= C_u \times \text{Jumlah kekurangan} \\
&= \text{Rp. } 39.437.500 \times 2 \\
&= \text{Rp. } 78.875.000 / \text{tahun}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ongkos Simpan}(O_H) &= h \times \text{Jumlah persediaan} \\
&= \text{Rp. } 249.284 \times 243 \text{ unit} \\
&= \text{Rp. } 60.575.915 / \text{tahun}
\end{aligned}$$

Setelah mendapatkan ongkos pesan, ongkos simpan, ongkos outdate dan ongkos kekurangan, total ongkos inventory untuk material polysulfide sealant dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
\text{TOI}_1 &= O_p + O_s + O_{OT} + O_K + O_H \\
&= \text{Rp. } 403.991.796 + \text{Rp. } 364.848.207 \\
&\quad + \text{Rp. } 7.727.804 + \text{Rp. } 0 \\
&\quad + \text{Rp. } 60.575.915 \\
&= \text{Rp. } 916.018.722 / \text{tahun}
\end{aligned}$$

J. Perhitungan Total Biaya Persediaan Eksisting Menggunakan Continuous Review (Q,r) With Fixed Lifetime

1. Perhitungan Nilai Q dan r Optimal

Berikut ini merupakan data yang dibutuhkan untuk menghitung nilai Q dan r yang optimal untuk material polysulfide sealant.

1. Demand (D) = 243 unit
2. Leadtime (L) = 3 bulan = 0.25 tahun
3. Standar deviasi demand (σ) = 14 unit
4. Biaya pesan (A) = Rp. 2,761,393
5. Biaya simpan (h) = Rp. 249,284
6. Biaya kekurangan (c_u) = Rp. 39,437,500
7. Biaya kadaluarsa (W) = Rp. 124.642 /unit
8. Harga material (C) = Rp. 2.492.836

Iterasi 1

a. Mencari nilai Q_1 menggunakan formula Wilson

$$\begin{aligned}
Q_1 &= \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{h}} = \sqrt{\frac{2 \times \text{Rp. } 2,761,393 \times 243}{\text{Rp. } 249,284}} \\
&= 74 \text{ Kaleng } 500 \text{ gram/pesan}
\end{aligned}$$

b. Mencari nilai α sebagai nilai probabilitas kekurangan persediaan berdasarkan nilai Q_1

$$\alpha_1 = \frac{h \cdot Q_1}{c_u \cdot D} = \frac{\text{Rp } 249,283.6 \cdot 74}{\text{Rp } 39,437,500 \cdot 243} = 0.0019$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai α_1 yang didapatkan adalah 0,0032. Jika dilihat pada tabel distribusi normal, berdasarkan nilai α_1 maka didapatkan nilai $Z_{\alpha_1} = 2.9$, $f(Z_{\alpha_1}) = 0.0059$ dan $\Psi(Z_{\alpha_1}) = 0.0005$.

c. Mencari nilai r_1

$$\begin{aligned}
r_1 &= DL + Z_{\alpha_1} \cdot \sigma\sqrt{L} \\
r_1 &= 243 \cdot 0.25 + 2.9 \cdot 14\sqrt{0.25} = 81 \text{ unit}
\end{aligned}$$

d. Mencari nilai N atau nilai kekurangan persediaan

$$\begin{aligned}
N &= \sigma\sqrt{L}[f(Z_{\alpha_1}) - Z_{\alpha_1}\Psi(Z_{\alpha_1})] \\
N &= 14\sqrt{0.25}[0.0059 - 2.9 \cdot 0.0005] = 0.031
\end{aligned}$$

e. Mencari nilai Q_2

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \cdot N]}{h}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 243 [\text{Rp. } 2,761,393 + \text{Rp } 39,437,500 \cdot 0.031]}{\text{Rp } 249,283.6}}$$

= 88 unit

f. Mencari nilai α_2 sebagai nilai probabilitas kekurangan persediaan berdasarkan nilai Q_2 .

$$\alpha_2 = \frac{h \cdot Q_2}{c_u \cdot D} = \frac{\text{Rp } 249,283.6 \cdot 88}{\text{Rp } 39,437,500 \cdot 243} = 0.0023$$

Berdasarkan nilai α_2 , maka didapatkan nilai $Z_{\alpha_2} = 2.85$, $f(Z_{\alpha_1}) = 0.0069$ dan $\Psi(Z_{\alpha_2}) = 0.0006$.

g. Mencari nilai r_2

$$\begin{aligned}
r_2 &= DL + Z_{\alpha_2} \cdot \sigma\sqrt{L} \\
r_2 &= 243 \cdot 0.25 + 2.85 \cdot 14\sqrt{0.25} = 80 \text{ Unit}
\end{aligned}$$

h. Membandingkan nilai r_1 dan nilai r_2 , jika:

1. $r_1 = r_2$ maka iterasi akan selesai dengan $r^* = r_2$ dan $q^* = Q_2$
2. $r_1 \neq r_2$ maka iterasi akan berlanjut dan dimulai dari tahap d.

Berdasarkan ketentuan di atas dan perhitungan yang sudah dilakukan, nilai $r_1 \neq r_2$ yang berarti bahwa iterasi harus terus berlanjut hingga mendapatkan nilai $r_1 = r_2$ yang akan menghasilkan nilai Q yang optimum. Karena nilai r_1 dan r_2 masih berbeda, maka akan dilanjutkan ke iterasi berikutnya.

Iterasi 2

a. Mencari nilai N

$$\begin{aligned}
N &= \sigma\sqrt{L}[f(Z_{\alpha_1}) - Z_{\alpha_1}\Psi(Z_{\alpha_1})] \\
N &= 14\sqrt{0.25}[0.0069 - 2.85 \cdot 0.0006] = 0.036
\end{aligned}$$

b. Mencari nilai Q_3

$$\begin{aligned}
Q_3 &= \sqrt{\frac{2D[A + c_u \cdot N]}{h}} \\
&= \sqrt{\frac{2 \cdot 243 [\text{Rp. } 2,761,393 + \text{Rp } 39,437,500 \cdot 0.036]}{\text{Rp } 249,283.6}} \\
&= 91 \text{ unit}
\end{aligned}$$

c. Mencari nilai α_3 sebagai nilai probabilitas kekurangan persediaan berdasarkan nilai Q_3 .

$$\alpha_3 = \frac{h \cdot Q_3}{c_u \cdot D} = \frac{\text{Rp } 249,283.6 \cdot 91}{\text{Rp } 39,437,500 \cdot 243} = 0.0023$$

Berdasarkan nilai α_3 , maka didapatkan nilai $Z_{\alpha_3} = 2.85$, $f(Z_{\alpha_1}) = 0.0069$ dan $\Psi(Z_{\alpha_2}) = 0.0006$.

d. Mencari nilai r_3

$$\begin{aligned}
r_3 &= DL + Z_{\alpha_3} \cdot \sigma\sqrt{L} \\
&= 243 \cdot 0.25 + 2.85 \cdot 14\sqrt{0.25} = 80 \text{ unit}
\end{aligned}$$

e. Membandingkan nilai r_2 dan nilai r_3

Nilai r_2 dan r_3 sudah setara, yaitu 78 maka iterasi berhenti sampai disini. Berdasarkan perhitungan dan ketentuan di atas, maka didapatkan kebijakan inventory optimal, yaitu:

$$Q^* = Q_3 = 91 \text{ unit}$$

$$r^* = r_3 = 80 \text{ unit}$$

Jumlah pemesanan optimal berada pada angka 91 unit dengan titik pemesanan ulang sebesar 80 unit.

K. Perhitungan Nilai Kekurangan Produk (ES)

Berikut ini merupakan perhitungan nilai kekurangan produk (ES) dengan formulasi chiu.

$$\begin{aligned}
&\int_r^{\infty} (d_L - r) f_L(d_L) dd_L = \sigma L [f(Z_{\alpha_1}) - Z_{\alpha_1}\Psi(Z_{\alpha_1})] \\
&= 14\sqrt{0.25} [0.0198 - 2.45 \cdot 0.0023] = 1 \text{ unit}
\end{aligned}$$

L. Perhitungan Nilai Kemungkinan Produk Usang (ER)

ER merupakan nilai kemungkinan produk usang, dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$ER = \left(\int_0^{r+Q} (r+Q-x) f m + L(dm+L) dx \right) - \int_0^r (r-x) f m + L(dm+L) dx$$

Dengan,

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\left(\frac{-1}{2} \frac{(m+L) - ((m+L) \cdot d)}{\sigma}\right)^2}$$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 3.14 \cdot 14^2}} e^{\left(\frac{-1}{2} \frac{(0.5+0.25) - ((0.5+0.25) \cdot 486)}{14}\right)^2} = 0$$

$$ER = \left(\int_0^{76+139} (76+139-x)(0) dx \right) - \int_0^{76} (76-x)(0) dx = 0$$

M. Perhitungan Nilai Inventory Level (OH)

OH merupakan nilai *inventory level*, dan dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$OH = r - (D \cdot L) + \frac{1}{2}Q$$

$$OH = 76 - (243 \cdot 0.25) + \frac{1}{2} \cdot 113 = 74$$

N. Perhitungan Total Ongkos Inventory

Berikut ini merupakan rumus dan perhitungan total ongkos *inventory*.

$$TOC = K + C \cdot Q + W \cdot ER + P \cdot ES + h \cdot OH$$

$$TOC = Rp.130.968.659 + Rp.281.803.468 + Rp.124.642 + Rp.39.437.500 + Rp.18.446.986 = Rp 410.519.592 /tahun$$

O. Hasil Perancangan

Hasil perancangan pada tugas akhir ini adalah nilai pemesanan yang optimal, nilai *reorder point* dan *decision support system* menggunakan *macro Excel*. Berikut ini merupakan nilai pemesanan optimal dan *reorder point* yang dihitung menggunakan *continuous review (Q,r) with fixed lifetime and perishable items* untuk material *polysulfide sealant*.

TABEL 6
Nilai Pemesanan Optimal dan *Reorder Point*

	Q	r
Polysulfide Sealant	91 unit	80 unit

Berikut merupakan perbandingan antara total biaya persediaan aktual dan total biaya persediaan usulan yang dihitung menggunakan metode *continuous review (Q,r) with fixed lifetime and perishable items* untuk material *polysulfide sealant*.

TABEL 7
Total Ongkos Persediaan *Polysulfide Sealant*

Total Ongkos Persediaan <i>Polysulfide Sealant</i>	
Aktual	Rp 916,018,722
Usulan	Rp 410.519.592

P. Verifikasi Hasil Perancangan

1. Nilai Q awal

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot A \cdot D}{h}}$$

$$\frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{\text{Rp}}{\text{Pesanan}} \cdot \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}}}{\frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}}}}$$

$$\frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}} = \frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}}$$

2. Jumlah pemesanan optimal

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D[A + c_u \cdot N]}{h}}$$

$$\frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}} \left[\frac{\text{Rp}}{\text{Pesanan}} + \frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \text{Unit} \right]}{\frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}}}}$$

$$\frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}} = \frac{\text{Unit}}{\text{Pesanan}}$$

3. Titik Pemesanan Ulang

$$r = DL + Z_\alpha \cdot \sigma \sqrt{L}$$

$$\frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}} = \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}} \cdot \text{Tahun} + \frac{\text{Unit}}{\text{Tahun}} \cdot \text{Tahun}$$

$$\text{Unit} = \text{Unit}$$

4. Total Ongkos Inventory

$$TOC = K + C \cdot Q + W \cdot ER + P \cdot ES + h \cdot OH$$

$$\frac{\text{Rp}}{\text{Tahun}} = \text{Unit} \frac{\text{Rp}}{\text{Pesanan}} + \frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \text{Unit} + \frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \text{Unit} + \frac{\text{Rp}}{\text{Unit}} \cdot \text{Unit} + \frac{\text{Rp}}{\text{Tahun}} \cdot \text{Unit} + \frac{\text{Rp}}{\text{Tahun}} \cdot \text{Unit}$$

$$\frac{\text{Rp}}{\text{Tahun}} = \frac{\text{Rp}}{\text{Tahun}}$$

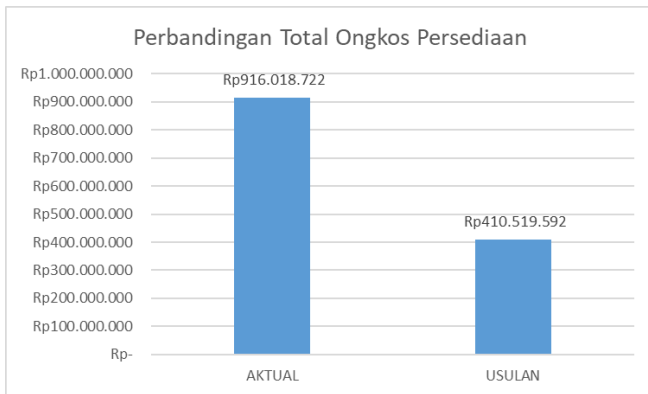
Q. Verifikasi Hasil Perancangan

Pemenuhan target kinerja dalam sistem persediaan mencakup beberapa aspek penting. Total biaya persediaan berhasil dikurangi sebesar 18,58% dari total biaya aktual. Jumlah pemesanan optimal ditetapkan pada 113 unit, sedangkan titik pemesanan ulang optimal ditentukan pada 78 unit. Selain itu, sebuah sistem pendukung keputusan dirancang menggunakan Microsoft Excel, yang dilengkapi dengan menu-menu untuk membantu perusahaan dalam memenuhi kebijakan persediaan. Stakeholder juga menetapkan bahwa persediaan maksimal harus 30% dari total permintaan, dan sisa masa simpan material dapat diketahui melalui sistem ini. Semua ini dilakukan dengan tujuan meminimalkan total biaya persediaan sesuai dengan standar acuan yang ditetapkan.

R. Evaluasi Hasil Perancangan

Evaluasi hasil perancangan bertujuan untuk mengetahui perbandingan kondisi aktual dan kondisi usulan berdasarkan rancangan yang sudah dilakukan.

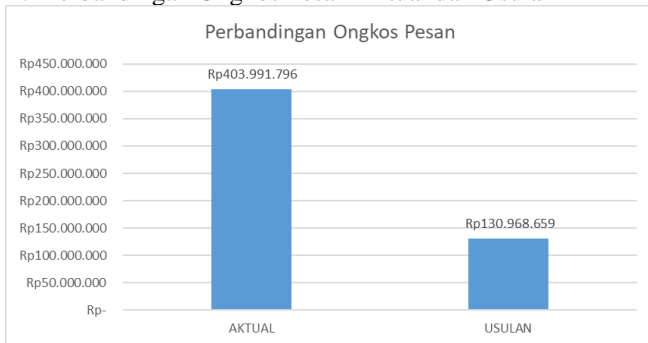
S. Perbandingan Total Biaya Persediaan Aktual dan Usulan



GAMBAR 5
(Perbandingan Total Ongkos Persediaan)

Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya persediaan aktual adalah sebesar Rp. 916.018.722 sedangkan total biaya persediaan usulan adalah sebesar Rp. 410.519.592, yang menunjukkan penurunan sebesar 55%.

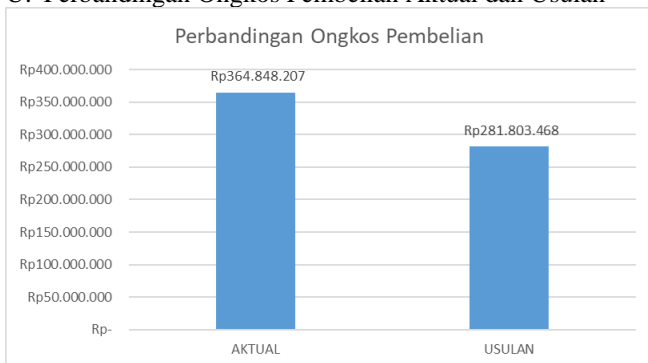
T. Perbandingan Ongkos Pesan Aktual dan Usulan



GAMBAR 6
(Perbandingan Ongkos Pesan)

Total ongkos pesan aktual adalah Rp. 403.991.796, sedangkan ongkos pesan usulan adalah Rp. 130.968.659, menunjukkan penurunan sebesar 68%.

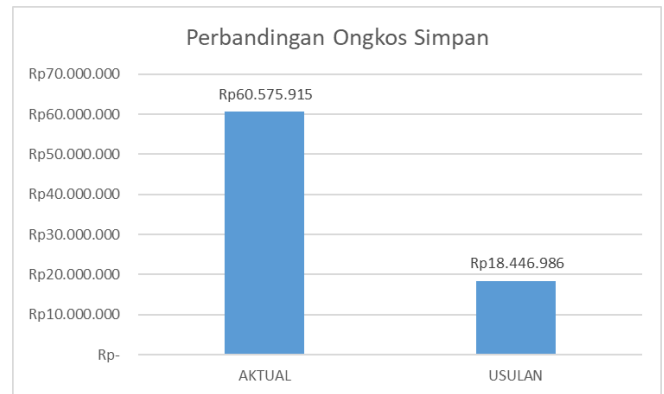
U. Perbandingan Ongkos Pembelian Aktual dan Usulan



GAMBAR 7
(Perbandingan Ongkos Pembelian)

Ongkos pembelian aktual adalah Rp. 364.848.207, sedangkan ongkos pembelian usulan adalah Rp. 281.803.468, menunjukkan penurunan sebesar 23%.

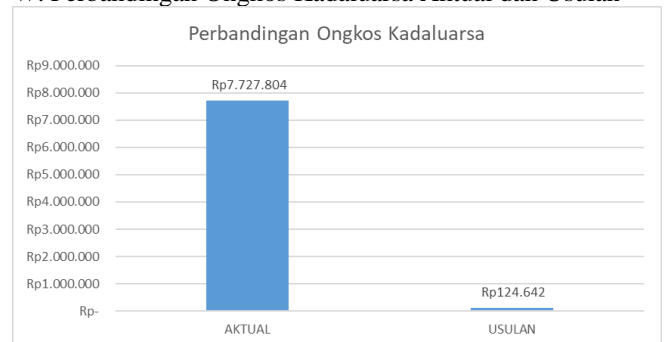
V. Perbandingan Ongkos Simpan Aktual dan Usulan



GAMBAR 8
(Perbandingan Ongkos Simpan)

Ongkos simpan aktual adalah Rp. 60.575.915, sedangkan ongkos simpan usulan adalah Rp. 18.446.986, menunjukkan penurunan sebesar 70%.

W. Perbandingan Ongkos Kadaluarsa Aktual dan Usulan



GAMBAR 9
(Perbandingan Ongkos Kadaluarsa)

Ongkos kadaluarsa aktual adalah Rp. 7.727.804, sedangkan ongkos kadaluarsa usulan adalah Rp. 124.642, menunjukkan penurunan sebesar 98%.

X. Perbandingan Ongkos Kekurangan Aktual dan Usulan



GAMBAR 10
(Perbandingan Ongkos Kekurangan)

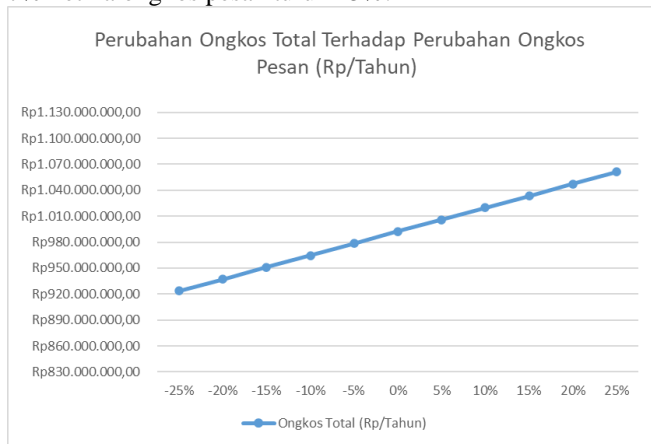
Ongkos kekurangan aktual adalah Rp. 78.875.000, sedangkan ongkos kekurangan usulan adalah Rp. 39.437.500, menunjukkan penurunan sebesar 50%.

Y. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menguji dampak perubahan parameter tertentu terhadap total ongkos persediaan.

1. Sensitivitas terhadap Ongkos Pesan

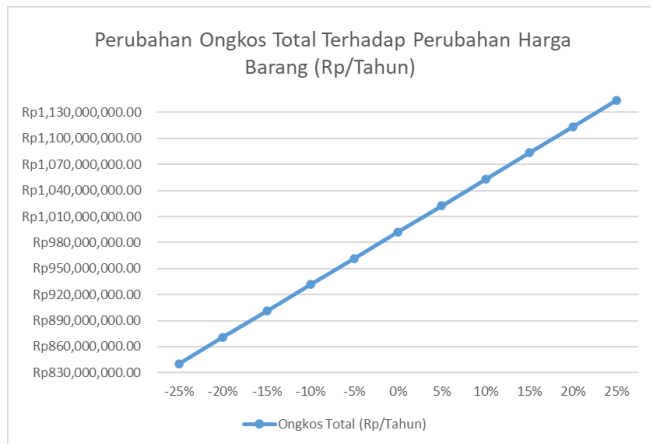
Uji sensitivitas menunjukkan bahwa total ongkos persediaan naik 7% ketika ongkos pesan naik 25%, dan turun 7% ketika ongkos pesan turun 25%.



GAMBAR 11 (Perubahan Ongkos Total terhadap Perubahan Ongkos Pesan (Rp/Tahun))

2. Sensitivitas terhadap Harga Barang

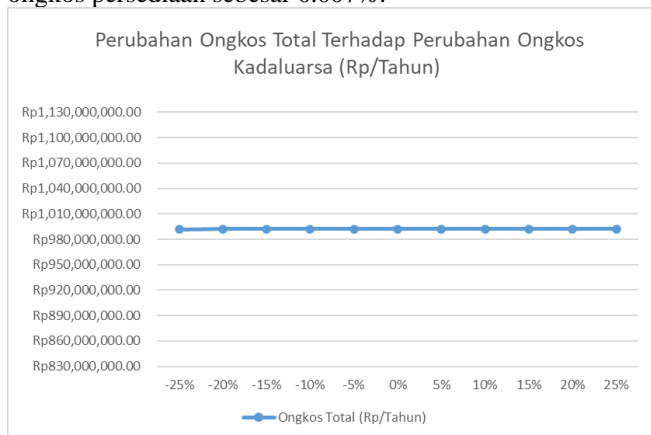
Total ongkos persediaan naik 15% ketika harga barang naik 25%, dan turun 15% ketika harga barang turun 25%.



GAMBAR 12 (Perubahan Ongkos Total terhadap Perubahan Harga Barang (Rp/Tahun))

3. Sensitivitas terhadap Ongkos Kadaluaarsa

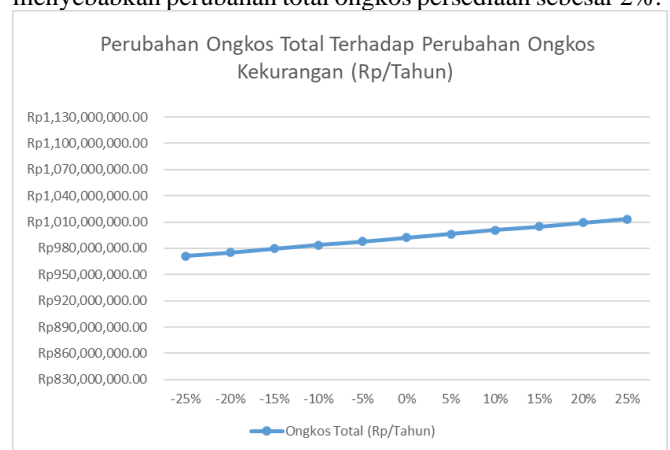
Uji sensitivitas menunjukkan bahwa perubahan ongkos kadaluarsa sebesar 25% hanya menyebabkan perubahan total ongkos persediaan sebesar 0.007%.



GAMBAR 13 (Perubahan Ongkos Total terhadap Perubahan Ongkos Kadaluaarsa (Rp/Tahun))

4. Sensitivitas terhadap Ongkos Kekurangan

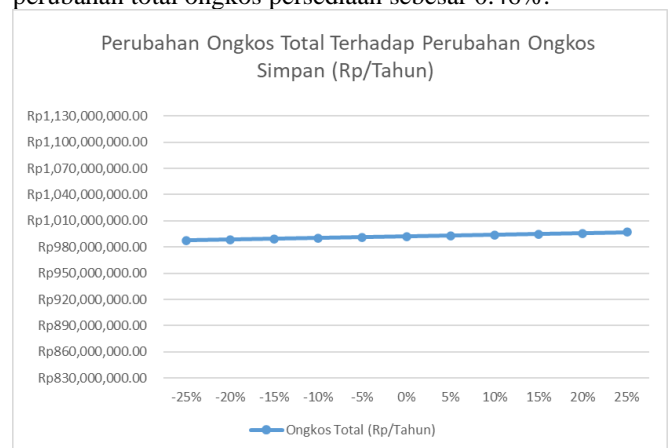
Perubahan ongkos kekurangan sebesar 25% menyebabkan perubahan total ongkos persediaan sebesar 2%.



GAMBAR 14 (Perubahan Ongkos Total terhadap Perubahan Ongkos Kekurangan (Rp/Tahun))

5. Sensitivitas terhadap Ongkos Simpan

Perubahan ongkos simpan sebesar 25% menyebabkan perubahan total ongkos persediaan sebesar 0.46%.



GAMBAR 15 (Perubahan Ongkos Total terhadap Perubahan Ongkos Simpan (Rp/Tahun))

V. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan kebijakan pengendalian persediaan dengan metode *continuous review* (Q, r) merupakan strategi yang tepat untuk menurunkan total ongkos persediaan pada material yang memiliki umur simpan terbatas dan mudah kadaluarsa. Metode ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik material yang memiliki *lead time* pasti atau tidak berubah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *reorder point* sebesar 80 unit dan titik pemesanan optimal adalah 91 unit. Implementasi metode ini berhasil menurunkan total ongkos persediaan sebesar Rp505.499.130, atau sekitar 55%. Selain itu, sistem pendukung pengambilan keputusan yang dirancang mencakup pemantauan waktu pakai dan umur simpan material, serta memberikan pengingat untuk proses pembelian.

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar PT Dirgantara Indonesia secara rutin mengecek keadaan stok, mulai dari tanggal kadaluarsa dan jumlah material yang

tersedia, untuk mengurangi risiko kadaluarsa dan lebih mengontrol persediaan. Perusahaan juga perlu memperhatikan perubahan harga barang. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengeksplorasi metode pengendalian persediaan lain sebagai pembanding terhadap metode *continuous review* (Q, r) serta menyempurnakan sistem pendukung keputusan yang telah dirancang dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Ristono, "Manajemen Persediaan," Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [2] F. Rangkuti, "Manajemen Persediaan," Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada, 2004.
- [3] M. P. Tampubolon, "Manajemen Operasional," Jakarta: Ghalia Indonesia, 2004.
- [4] S. N. Bahagia, "Sistem Inventori," Bandung: ITB Press, 2006.
- [5] N. Vandeput, *Inventory Optimization: Models and Simulations*. Walter de Gruyter GmbH & Co KG, 2020.
- [6] Yomit, "Manajemen Persediaan," Yogyakarta: Ekonisia, 2005.
- [7] H. N. Chiu, "An Approximation To The Continuous Review Inventory Model With Perishable Items And Lead Times," *Eur J Oper Res*, vol. 87, no. 1, pp. 93–108, 1995.
- [8] R. E. Walpole, R. H. Myers, S. H. Myers, and K. Ye, "Probability & Statistics for Engineers & Scientists (9th ed.)," Prentice Hall, 2012.