



Perencanaan Produksi dan Persediaan untuk Mengurangi Keterlambatan dan Biaya Penalti

Fathiya Izzatunnisaa, Endang Prasetyaningsih*

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 11/8/2022

Revised : 21/11/2022

Published : 21/12/2022



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 2

No. : 2

Halaman : 117-128

Terbitan : Desember 2022

ABSTRAK

PT P adalah BUMN yang bergerak sebagai produsen produk Alutsista TNI yang setiap tahun memproduksi Panser Anoa 6x6 berdasarkan kontrak yang disepakati. Kesepakatan tersebut dijadikan acuan untuk menentukan target produksi body hull (salah satu komponen Panser Anoa 6x6) yang juga mempengaruhi kebijakan pemesanan baja tahan peluru sebagai bahan baku body hull di setiap periode yang diimpor dari Australia. Kedatangan baja tersebut sering terlambat hingga menyebabkan proses produksi terhambat dan pada akhirnya menyebabkan keterlambatan pengiriman produk akhir kepada konsumen. Berdasarkan data, pada tahun 2019 terjadi keterlambatan pengiriman Anoa 6x6 selama 8 hari yang menimbulkan biaya penalti sebesar Rp 2.688.000.000,00. Dalam penelitian ini, diusulkan penentuan target produksi body hull didasarkan pada kapasitas produksi yang dimiliki yaitu 3 unit/bulan. Selanjutnya, metode EOQ multi-item single supplier dan Algoritma Goyal digunakan untuk memperbaiki kebijakan pemesanan baja tahan peluru. Berdasarkan hasil perhitungan kedua metode tersebut diperoleh jumlah dan frekuensi pemesanan optimal yang sama untuk semua jenis baja tahan peluru. Setelah dilakukan perbaikan perencanaan produksi, didapatkan tidak ada lagi keterlambatan pengiriman produk akhir, sehingga tidak ada biaya penalti yang harus dikeluarkan. Total biaya yang dikeluarkan berdasarkan kebijakan saat ini adalah Rp 8.071.747.995,24, sedangkan berdasarkan kebijakan usulan adalah Rp 5.536.209.739,78 yang berarti terdapat penghematan sebesar Rp 2.535.538.255,46. **Kata Kunci** : Kapasitas Produksi; EOQ Multi Item Single Supplier; Algoritma Goyal

ABSTRACT

PT P is a state-owned enterprise that engages as a producer of TNI defense equipment products which annually produces Panser Anoa 6x6 under an agreed contract. That agreement is used as a referral to determine the body hull production target that affects the policy of ordering bullet-resistant steel as the raw material of the body hull for each period that imported from Australia. Its arrival is often delayed and causes delivery delays in the production process and delivery of the final product to the customer. According to the data in 2019, there was a delay in delivery of Anoa 6x6 for 8 days which resulted in a penalty fee of IDR 2,688,000,000.00. In this study, it is proposed to determine the production target of body hull by the company's production capacity which is 3 units/month. Further, EOQ multi-item single supplier and Goyal Algorithm were used to improving the bullet-resistant steel ordering policy. The results of both methods are the same optimal quantity and ordering frequency of all bullet-resistant steel. After making improvements to the production planning, it was found that there is no delay in the delivery of the final product to avoid the incurrence of penalty costs. Based on the current policy, the total cost is IDR 8,071,747,995.24, while the proposed policy is IDR 5,536,209,739.78 which means that there is a savings of IDR 2,535,538,255.46.

Keywords : Production Capacity; EOQ Multi Item Single Supplier; Goyal Algorithm

@ 2022 Jurnal Riset Teknik Industri Unisba Press. All rights reserved.

Corresponding Author : *endangpras@gmail.com

Indexed : Garuda, Crossref, Google Scholar

DOI : <https://doi.org/10.29313/jrti.v2i2.1250>

A. Pendahuluan

PT P merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak sebagai produsen produk Alutsista TNI dan produk komersial. Salah satu divisi yang ada di PT P adalah Divisi Kendaraan Khusus yang memproduksi dua jenis kendaraan tempur yaitu tank dan panser [1]. Salah satu jenis panser yang diproduksi adalah Panser Anoa 6x6 yang terdiri dari tujuh varian, yaitu Anoa 6x6 *APC (Armoured Personnel Carrier)*, Anoa 6x6 *Amphibious*, Anoa 6x6 *Command*, Anoa 6x6 *Recovery*, Anoa 6x6 *Mortar*, Anoa 6x6 *Logistic*, dan Anoa 6x6 *Ambulance*.

Berdasarkan hasil wawancara, berbagai varian Anoa 6x6 diproduksi setiap tahun untuk memenuhi permintaan Kemhan RI dengan jumlah permintaan yang pasti dan disepakati dalam suatu kontrak. Salah satu isi dari kontrak tersebut adalah melakukan pembayaran secara termin berdasarkan jumlah unit produk akhir yang harus selesai di setiap akhir periode. Batas waktu untuk memenuhi seluruh permintaan adalah 15 bulan yang kemudian dibagi menjadi 3 periode, sehingga terdapat 3 termin dengan jumlah unit produk akhir yang berbeda-beda. Kesepakatan tersebut dijadikan acuan untuk melakukan perencanaan produksi yang kemudian mempengaruhi kebijakan pemesanan baja tahan peluru sebagai bahan baku untuk membuat badan kendaraan (*body hull*) Panser Anoa 6x6. Ketujuh varian Anoa 6x6 memiliki desain dan ukuran *body hull* yang sama. Komponen penyusun *body hull* terdiri dari dinding, dinding atap, lantai, *rampdoor*, *hatch*, pintu depan, pelindung kaca depan, dan pelindung kaca samping. Masing-masing komponen tersebut dibuat menggunakan baja tahan peluru dengan ketebalan yang berbeda-beda yang kemudian diklasifikasikan ke dalam lima jenis baja tahan peluru.

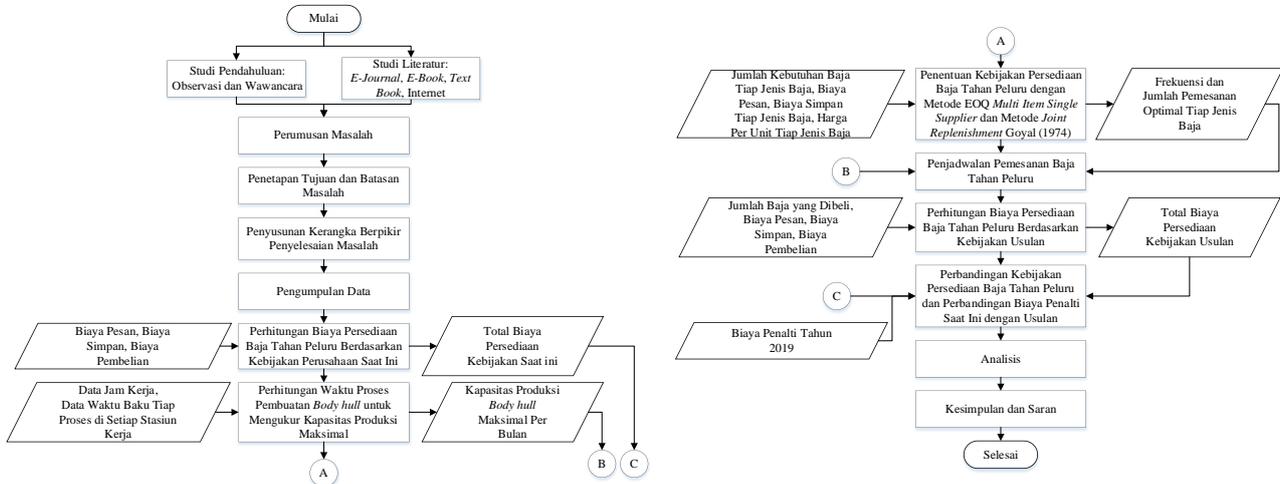
Selama ini, pemesanan kelima jenis baja tahan peluru dilakukan secara bersamaan sebanyak 3 kali. Pemesanan dilakukan setelah jumlah kebutuhan setiap jenis baja untuk memenuhi target produksi *body hull* pada setiap termin diketahui. Dikarenakan target produksi *body hull* pada setiap periode tidak sama, maka jumlah kebutuhan setiap jenis baja pada setiap periode berbeda-beda, sehingga jumlah setiap jenis baja yang dipesan pada setiap pemesanan juga berbeda-beda. Baja tahan peluru diimpor dari Australia dan membutuhkan waktu pemesanan selama 90 hari. Kedatangan baja tahan peluru tersebut sering mengalami keterlambatan hingga menyebabkan proses produksi pada Departemen Fabrikasi terhambat dan *body hull* terlambat untuk dikirim ke departemen berikutnya yang pada akhirnya terjadi keterlambatan pengiriman produk akhir ke konsumen. Berdasarkan data, pada tahun 2019 terjadi keterlambatan kedatangan baja tahan peluru pada pemesanan kesatu selama 12 hari dan pemesanan ketiga selama 10 hari, sehingga terjadi keterlambatan pengiriman Anoa 6x6 selama 8 hari yang membuat perusahaan harus membayar penalti sebesar Rp2.688.000.000,00.

Oleh karena itu, dilakukan perhitungan kapasitas produksi untuk mengetahui jumlah *output* baku *body hull* yang dapat diproduksi oleh perusahaan setiap bulan. Penentuan *output* baku dilakukan untuk menentukan *output* yang dihasilkan dalam satu siklus dengan menggunakan waktu baku pada setiap proses produksi dan kapasitas tersedia yang dimiliki perusahaan [2]–[4]. Hasil *output* baku tersebut akan digunakan untuk menentukan target produksi usulan. Kemudian, untuk memperbaiki kebijakan pemesanan baja tahan peluru digunakan metode *EOQ multi item single supplier* dan *joint replenishment* [5]. *EOQ multi item single supplier* merupakan metode yang dapat digunakan untuk sistem persediaan yang melakukan pemesanan beberapa jenis bahan baku dari satu *supplier* yang sama dengan mempertimbangkan biaya yang ekonomis [6], [7].

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, perumusan masalah dalam penelitian ini yaitu: “Bagaimana kebijakan perencanaan produksi *body hull* dan kebijakan persediaan baja tahan peluru menggunakan metode *EOQ multi item single supplier* dan *joint replenishment* (Goyal, 1974) untuk mengurangi risiko keterlambatan pengiriman produk?”. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan kebijakan perencanaan produksi *body hull*, menentukan kebijakan pemesanan baja tahan peluru, membandingkan total biaya persediaan kebijakan perusahaan saat ini dengan kebijakan setelah perbaikan, serta membandingkan total biaya yang dikeluarkan perusahaan sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan kebijakan perencanaan produksi.

B. Metode Penelitian

Peneliti menggunakan metode teknik analisis komparatif dengan pendekatan kuantitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara dan observasi, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen Divisi Kendaraan Khusus. Berikut merupakan kerangka pemikiran dari penelitian ini yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

C. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan Biaya Persediaan Kebijakan Saat Ini

Bahan baku *body hull* adalah baja tahan peluru jenis A, B, C, D dan E. Biaya persediaan dapat dihitung apabila komponen-komponen biaya persediaan telah diketahui [8], [9]. Biaya persediaan meliputi harga satuan *item* (*unit cost*), komponen-komponen biaya pesan (*ordering cost*) yang diantaranya biaya administrasi, biaya transportasi, biaya pemeriksaan, dan biaya biaya lain yang berkaitan dengan pengiriman, serta komponen-komponen biaya simpan (*holding cost*) yang diantaranya adalah biaya gudang, biaya penanganan material, biaya tenaga kerja, dan biaya lain yang berkaitan dengan penyimpanan [10]. Komponen-komponen biaya persediaan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Biaya Persediaan

No	Komponen biaya	Biaya
Harga satuan (per lembar)		
1	Baja A	Rp 39.187.500,00
	Baja B	Rp 34.817.500,00
	Baja C	Rp 22.277.500,00
	Baja D	Rp 17.717.500,00
	Baja E	Rp 12.587.500,00
Biaya pesan (per satu kali pesan)		
2	Biaya administrasi	Rp 150.800,00
	Biaya listrik, internet, dan telekomunikasi	Rp 7.642,11
	Biaya transportasi lokal	Rp 6.500.000,00
	Biaya <i>unloading</i> baja A, B, C per lembar	Rp 10.000,00
	Biaya <i>unloading</i> baja D, E per lembar	Rp 7.500,00
Biaya simpan (per periode)		
3	Depresiasi gudang	Rp 520.833,33
	Pemeliharaan gudang dan fasilitas	Rp 5.397.513,46
	Listrik gudang	Rp 1.585.160,28
	Asuransi	Rp16.666.666,67
	Tenaga kerja	Rp16.189.085,98

Pada tahun 2019, PT P mendapatkan total permintaan sebanyak 28 unit Panser Anoa 6x6 (13 unit APC, 5 unit *Command*, dan 10 unit *Logistic*), sehingga jumlah *body hull* yang harus diproduksi juga sebanyak 28 unit. Untuk memenuhi permintaan tersebut, dilakukan pemesanan baja tahan peluru sesuai dengan jumlah kebutuhan setiap periode. Adapun data jumlah pembelian setiap jenis baja dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Jumlah Pembelian Baja

Jenis baja	Jumlah pembelian (lembar)			
	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Total
Baja A	19	49	36	104
Baja B	5	11	7	23
Baja C	2	3	2	7
Baja D	2	7	4	13
Baja E	2	2	2	6

Berikut merupakan hasil perhitungan total biaya persediaan baja tahan peluru pada kebijakan perusahaan saat ini yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Total Biaya Persediaan kebijakan Saat Ini

No	Jenis biaya	Biaya
Biaya pembelian		
	Baja A	Rp 4.075.500.000,00
	Baja B	Rp 800.802.500,00
1	Baja C	Rp 155.942.500,00
	Baja D	Rp 230.327.500,00
	Baja E	Rp 75.525.000,00
	Total biaya pembelian	Rp 5.338.097.500,00
Biaya pesan		
	Biaya pesan	Rp 19.975.326,34
	Biaya <i>unloading</i> pemesanan kesatu	Rp 285.000,00
2	Biaya <i>unloading</i> pemesanan kedua	Rp 690.000,00
	Biaya <i>unloading</i> pemesanan ketiga	Rp 490.000,00
	Total biaya pesan	Rp 21.440.326,34
3	Total biaya simpan	Rp 24.210.168,90
Total biaya persediaan		Rp 5.383.747.995,24

Berdasarkan Tabel 3 diketahui bahwa total biaya persediaan baja tahan peluru selama 1 horison perencanaan untuk memenuhi permintaan tahun 2019 berdasarkan kebijakan perusahaan saat ini adalah Rp 5.383.747.995,24.

Perhitungan Waktu Proses dan Output Baku Produksi Body Hull

Perhitungan waktu proses pembuatan komponen-komponen *body hull* pada setiap stasiun kerja dilakukan untuk mengetahui total waktu proses produksi 1 unit *body hull*. Waktu proses tersebut diperoleh dari waktu baku setiap komponen *body hull* di setiap stasiun kerja dan jumlah jam kerja yang dimiliki perusahaan per hari. Rekapitulasi hasil perhitungan waktu proses seluruh komponen untuk memproduksi 1 unit *body hull* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Proses Produksi Body Hull

Nama proses	Waktu proses (hari/unit)
Pembuatan dinding	4,05
Pembuatan atap	1,19
Pembuatan lantai	0,31
Pembuatan <i>ramp door</i>	1,85

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Proses Produksi *Body Hull* (Lanjutan)

Nama proses	Waktu proses (hari/unit)
Pembuatan pintu depan	1,14
Pembuatan pelindung kaca depan	0,16
Pembuatan pelindung kaca samping	0,30
Perakitan <i>body hull</i>	0,98
Total waktu proses (hari/unit)	9,98

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa total waktu proses untuk membuat 1 unit *body hull* adalah 9,98 hari. Jika diasumsikan dalam 1 bulan terdapat 30 hari kerja (26 hari kerja ditambah dengan 4 hari lembur), maka *output* baku produksi *body hull* dalam 1 bulan dapat dihitung menggunakan persamaan (1):

$$\begin{aligned}
 \text{Output baku per bulan} &= \frac{\text{jumlah hari kerja per bulan}}{\text{total waktu proses per unit}} \\
 &= \frac{30 \text{ hari}}{9,98 \text{ hari/unit}} \\
 &= 3,006 \approx 3 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Kebijakan Persediaan dengan EOQ Multi Item Single Supplier

Langkah-langkah perhitungan jumlah pemesanan optimal dengan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) *multi item single supplier* adalah sebagai berikut:

Menentukan frekuensi optimal (m^*)

Perhitungan frekuensi optimal pemesanan untuk baja A, baja B, baja C, baja D, dan baja E:

$$m^* = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n H_j R_j}{2 \sum_{j=1}^n C_j}}$$

$$m^* = \sqrt{\frac{(H_1 \times R_1) + (H_2 \times R_2) + (H_3 \times R_3) + (H_4 \times R_4) + (H_5 \times R_5)}{2 \times C}}$$

$$m^* = \sqrt{\frac{(\text{Rp } 888.843,91 \times 104) + (\text{Rp } 789.724,35 \times 23) + (\text{Rp } 505.294,30 \times 7) + (\text{Rp } 401.865,19 \times 13) + (\text{Rp } 285.507,44 \times 6)}{2 \times \text{Rp } 6.658.442,11}}$$

$$m^* = \sqrt{\frac{\text{Rp } 92.439.766,97 + \text{Rp } 18.163.660,04 + \text{Rp } 3.537.060,08 + \text{Rp } 5.224.247,44 + \text{Rp } 1.713.044,63}{\text{Rp } 13.316.884,23}}$$

$$m^* = \sqrt{\frac{\text{Rp } 121.077.799,15}{\text{Rp } 13.316.884,23}}$$

$$m^* = \sqrt{9,09}$$

$$m^* = 3,01 \approx 3 \text{ kali}$$

Menentukan jumlah pemesanan untuk sekali pesan *item* (Q_i)

Perhitungan jumlah pemesanan baja A, baja B, baja C, baja D, dan baja E untuk sekali pesan:

$$Q_j = \frac{R_j}{m^*}$$

$$Q_1 = \frac{104}{3} = 34,67 \approx 35 \text{ lembar}$$

$$Q_2 = \frac{23}{3} = 7,67 \approx 8 \text{ lembar}$$

$$Q_3 = \frac{7}{3} = 2,33 \approx 3 \text{ lembar}$$

$$Q_4 = \frac{13}{3} = 4,33 \approx 5 \text{ lembar}$$

$$Q_5 = \frac{6}{3} = 2 \text{ lembar}$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas diketahui bahwa jumlah pemesanan optimal Q_1 (baja A) yaitu 35 lembar, Q_2 (baja B) yaitu 8 lembar, Q_3 (baja C) yaitu 3 lembar, Q_4 (baja D) yaitu 5 lembar, dan Q_5 (baja E) yaitu 2 lembar.

Perhitungan Kebijakan Persediaan dengan Joint Replenishment (Goyal, 1974)

Perhitungan jumlah pemesanan optimal dengan metode *joint replenishment* pada sistem *multi item single supplier* dengan Algoritma Goyal (1974) diselesaikan melalui langkah-langkah berikut:

1) Hitung nilai R_j untuk setiap *item*, kemudian urutkan nilai R_j dari nilai yang terkecil ke nilai yang terbesar. Nilai R_j diperoleh dari persamaan berikut:

$$R_j = \frac{h_j D_j}{S_j}$$

Nilai R_j yang sudah diurutkan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengurutan Nilai R_j

j	D_j	h_j	S_j	R_j
1	6	Rp 285.507,44	Rp 7.500,00	Rp 228,41
2	7	Rp 505.294,30	Rp 7.500,00	Rp 471,61
3	13	Rp 401.865,19	Rp 7.500,00	Rp 696,57
4	23	Rp 789.724,35	Rp 10.000,00	Rp 1.816,37
5	104	Rp 888.843,91	Rp 10.000,00	Rp 9.243,98

2) Pada iterasi pertama, diasumsikan bahwa pemesanan dilakukan dengan interval 1 horison perencanaan, sehingga kebijakan awal ini memberikan kombinasi (1,1,...,1) yang dinotasikan k_{j0} . Artinya, *item* pertama dipesan tiap interval 1 horison perencanaan, *item* kedua dipesan tiap interval 1 horison perencanaan, dan seterusnya.

Iterasi pertama:

$$k_{j0} = 1 \text{ untuk } j = 1, 2, 3, 4, 5. \text{ Kombinasi } k_{10}, k_{20}, k_{30}, k_{40}, \text{ dan } k_{5,0}, \text{ adalah } (1,1,1,1,1)$$

3) Ambil *item* pertama dan tentukan nilai k pada *item* pertama untuk iterasi ke-1 dengan membandingkan hasil $B_{11}/A_{11}R_{11}$ (B *item* ke-1 iterasi 1 dibagi A *item* ke 1 iterasi 1 dikali R *item* ke 1 iterasi 1) dengan Tabel 7. Nilai B_{j1} dan A_{j1} dihitung menggunakan Persamaan:

$$B_{j1} = \sum_{j=1}^{j-1} h_j D_j k_{j1} + \sum_{j=j+1}^n h_j D_j k_{j0}$$

Dan:

$$A_{j1} = \sum_{j=1}^{j-1} S_j/k_{j1} + \sum_{j=j+1}^n S_j/k_{j0}$$

Tabel 6. Lower Bound dan Upper Bound dari B/AR untuk Setiap Nilai k

k	1	2	3	4	5	6	7	8
Lower bound	0	2	6	12	20	30	42	56
Upper bound	2	6	12	20	30	42	56	72

Contoh perhitungan B_{11} dan A_{11} :

$$B_{11} = \sum_{j=1}^{1-1} h_j D_j k_{j1} + \sum_{j=1+1}^5 h_j D_j k_{j0}$$

$$B_{11} = 0 + [(h_2 \times D_2 \times 1) + (h_3 \times D_3 \times 1) + (h_4 \times D_4 \times 1) + (h_5 \times D_5 \times 1)]$$

$$B_{11} = 0 + [(7 \times \text{Rp } 505.294,30) + (13 \times \text{Rp } 401.865,19) + (23 \times \text{Rp } 789.724,35) + (104 \times \text{Rp } 888.843,91)]$$

$$B_{11} = \text{Rp } 119.364.734,52$$

$$A_{11} = \sum_{j=1}^{1-1} S_j/k_{j1} + \sum_{j=1+1}^5 S_j/k_{j0}$$

$$A_{11} = 0 + [(S_2/k_{j0}) + (S_3/k_{j0}) + (S_4/k_{j0}) + (S_5/k_{j0})]$$

$$A_{11} = 0 + [(\text{Rp } 7.500,00/1) + (\text{Rp } 7.500,00/1) + (\text{Rp } 10.000,00/1) + (\text{Rp } 10.000,00/1)]$$

$$A_{11} = \text{Rp } 35.000,00$$

$$A_{11} + S = \text{Rp } 35.000,00 + \text{Rp } 6.658.442,11 = \text{Rp } 6.693.442,11$$

Perhitungan $B_{11}/A_{11}R_{11}$:

$$\frac{B_{11}}{(A_{11}+S) R_{11}} = \frac{\text{Rp } 119.364.734,52}{\text{Rp } 6.693.442,11 \times \text{Rp } 228,41} = 0,08$$

Jika dilihat pada Tabel 6 nilai 0,08 berada diantara *lower bound* = 0 dan *upper bound* = 2, maka nilai k_{11} adalah 1.

4) Tentukan nilai k item ke-2 untuk mendapatkan k_{21} dengan cara yang sama seperti pada langkah 3 yaitu membandingkan $B_{21}/A_{21}R_{21}$ dengan Tabel 4.23, tetapi pada langkah ini menggunakan k_{j1} item pertama, begitu seterusnya untuk nilai k item ke-3, item ke-4, dan item ke-5 hingga didapatkan kombinasi baru dari $k_{11}, k_{21}, k_{31}, k_{41}, k_{51}$.

Rekapitulasi hasil perhitungan nilai k pada iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai k pada Iterasi Pertama

j	B_{j1}	A_{j1}	$B_{j1}/A_{j1}R_{j1}$	k_{j1}
1	Rp 119.364.734,52	Rp 6.693.442,11	Rp 0,080	1
2	Rp 117.540.719,07	Rp 6.693.442,11	Rp 0,037	1
3	Rp 115.853.531,72	Rp 6.693.442,11	Rp 0,024	1
4	Rp 102.914.119,11	Rp 6.693.442,11	Rp 0,008	1
5	Rp 28.638.012,19	Rp 6.693.442,11	Rp 0,0004	1

Merujuk pada Tabel 7 diperoleh kombinasi nilai k_{j1} atau $k_{11}, k_{21}, k_{31}, k_{41},$ dan k_{51} , yaitu (1,1,1,1,1).

5) Setelah diketahui nilai k_{j1} , dilanjutkan dengan iterasi kedua untuk mendapatkan k_{j2} dengan mengulangi langkah 3 untuk semua item. Dikarenakan pada iterasi pertama diperoleh kombinasi nilai k_{j1} yang sama dengan k_{j0} , hal ini menandakan tidak ada perubahan nilai k sehingga tidak perlu perhitungan iterasi kedua. Dengan kata lain, iterasi berhenti ketika ditemukan nilai k yang sama antara iterasi terakhir dengan sebelumnya.

6) Menghitung frekuensi pembelian setiap item dalam 1 horison

Dikarenakan perhitungan pada akhir iterasi menghasilkan nilai k yang sama pada kelima item yaitu $k_j^* = (1,1,1,1,1)$, maka perhitungan frekuensi pembelian dilakukan hanya dilakukan 1 kali untuk semua item menggunakan persamaan berikut:

$$N^* = \sqrt{\frac{(\sum_{j=1}^n h_j D_j k_j^*)}{(S + \sum_{j=1}^n S_j/k_j^*)}}$$

$$N^* = \sqrt{\frac{(h_1 \times D_1 \times k_1^*) + (h_2 \times D_2 \times k_2^*) + (h_3 \times D_3 \times k_3^*) + (h_4 \times D_4 \times k_4^*) + (h_5 \times D_5 \times k_5^*)}{2(S + \left[\left(\frac{S_1}{k_1^*}\right) + \left(\frac{S_2}{k_2^*}\right) + \left(\frac{S_3}{k_3^*}\right) + \left(\frac{S_4}{k_4^*}\right) + \left(\frac{S_5}{k_5^*}\right)\right])}}$$

$$N^* = \sqrt{\frac{\text{Rp } 1.713.044,63 + \text{Rp } 3.537.060,08 + \text{Rp } 5.224.247,44 + \text{Rp } 18.163.660,04 + \text{Rp } 92.439.766,97}{2 \times (\text{Rp } 6.658.442,11 + (\text{Rp } 7.500,00 + \text{Rp } 7.500,00 + \text{Rp } 7.500,00 + \text{Rp } 10.000,00 + \text{Rp } 10.000,00))}}$$

$$N^* = \sqrt{\frac{\text{Rp } 121.077.799,15}{\text{Rp } 13.401.884,23}}$$

$$N^* = \sqrt{9,03}$$

$$N^* = 3,006 \approx 3 \text{ kali}$$

7) Menghitung jumlah pemesanan optimal tiap item per 1 kali pesan

Jumlah pemesanan optimal setiap item per pesan dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$q_j^* = \frac{D_j k_j^*}{N^*}$$

$$q_1^* = \frac{D_1 k_1^*}{N^*} = \frac{6 \times 1}{3} = 2 \text{ lembar}$$

$$q_2^* = \frac{D_2 k_2^*}{N^*} = \frac{7 \times 1}{3} = 2,33 \approx 3 \text{ lembar}$$

$$q_3^* = \frac{D_3 k_3^*}{N^*} = \frac{13 \times 1}{3} = 4,33 \approx 5 \text{ lembar}$$

$$q_4^* = \frac{D_4 k_4^*}{N^*} = \frac{23 \times 1}{3} = 7,65 \approx 8 \text{ lembar}$$

$$q_5^* = \frac{D_5 k_5^*}{N^*} = \frac{104 \times 1}{3} = 34,60 \approx 35 \text{ lembar}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah pemesanan optimal q_5^* (baja A), q_4^* (baja B), q_2^* (baja C), q_3^* (baja D), dan q_1^* (baja E) secara berturut-turut adalah 35 lembar, 8 lembar, 3 lembar, 5 lembar, dan 2 lembar.

Perbandingan Penjadwalan Pemesanan Baja Tahan Peluru

Pada kebijakan saat ini, target produksi ditentukan berdasarkan kesepakatan termin, yaitu periode 1 (bulan Agustus 2019-Desember 2019) sebanyak 4 unit, periode 2 (bulan Januari 2020-Mei 2020) sebanyak 14 unit, dan periode 3 (bulan Juni 2020-Oktober 2020) sebanyak 10 unit. Pada kebijakan usulan penentuan target produksi dilakukan dengan memperhatikan kapasitas produksi maksimal (*output baku*) *body hull* per bulan yaitu 3 unit/bulan, sehingga target produksi periode 1 menjadi 6 unit, periode 2 menjadi 15 unit, dan periode 3 menjadi 7 unit.

Setelah diketahui jumlah *body hull* yang akan diproduksi setiap periode, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah kebutuhan setiap jenis baja untuk setiap periode. Pembelian setiap jenis baja tahan peluru pada penjadwalan usulan menggunakan jumlah pemesanan optimal yang diperoleh dari metode EOQ *multi item single supplier* atau *joint replenishment* (Goyal, 1974), karena kedua metode tersebut memiliki hasil jumlah pemesanan dan frekuensi pemesanan optimal yang sama. Perbandingan jadwal pemesanan baja tahan peluru kebijakan perusahaan saat ini dengan kebijakan usulan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan Jadwal Pemesanan Kebijakan Saat Ini dengan Kebijakan Usulan

Tahun kontrak	Bulan pesan	Bulan kedatangan	Jumlah kebutuhan	Jumlah yang dipesan
Kebijakan saat ini				
2019	Agustus	November	14,2 lembar baja A	19 lembar baja A
			3 lembar baja B	5 lembar baja B
			1 lembar baja C	2 lembar baja C
			1,8 lembar baja D	2 lembar baja D
			0,6 lembar baja E	2 lembar baja E
			49,7 lembar baja A	49 lembar baja A
	Oktober	Januari	10,5 lembar baja B	11 lembar baja B
			3,5 lembar baja C	3 lembar baja C
			6,3 lembar baja D	7 lembar baja D
			2,1 lembar baja E	2 lembar baja E
			35,5 lembar baja A	36 lembar baja A
			7,5 lembar baja B	7 lembar baja B
Maret	Juni	2,5 lembar baja C	2 lembar baja C	
		4,5 lembar baja D	4 lembar baja D	
		1,5 lembar baja E	2 lembar baja E	

Tabel 8. Perbandingan Jadwal Pemesanan Kebijakan Saat Ini dengan Kebijakan Usulan (Lanjutan)

Tahun kontrak	Bulan pesan	Bulan kedatangan	Jumlah kebutuhan	Jumlah yang dipesan
Kebijakan usulan				
2019	Agustus	November	21,3 lembar baja A	35 lembar baja A
			4,5 lembar baja B	8 lembar baja B
			1,5 lembar baja C	3 lembar baja C
			2,7 lembar baja D	5 lembar baja D
			0,9 lembar baja E	2 lembar baja E
	Oktober	Januari	53,25 lembar baja A	35 lembar baja A
			11,25 lembar baja B	8 lembar baja B
			3,75 lembar baja C	3 lembar baja C
			6,75 lembar baja D	5 lembar baja D
			2,25 lembar baja E	2 lembar baja E
	Februari	Mei	24,85 lembar baja A	35 lembar baja A
			5,25 lembar baja B	8 lembar baja B
			1,75 lembar baja C	3 lembar baja C
			3,15 lembar baja D	5 lembar baja D
			1,05 lembar baja E	2 lembar baja E

Dapat dilihat pada Tabel 8 bahwa penjadwalan pemesanan baja tahan peluru pada kebijakan saat ini dijadwalkan datang tepat di awal bulan setiap periode, jika ada keterlambatan kedatangan baja maka kegiatan produksi menjadi terhambat. Sedangkan pada penjadwalan pemesanan baja tahan peluru usulan, pemesanan ketiga dijadwalkan datang saat periode 2, sehingga diharapkan pada awal bulan periode 3 tidak akan terjadi kekurangan baja.

Perhitungan Biaya Persediaan Kebijakan Usulan

Berdasarkan hasil perhitungan, metode *EOQ multi item single supplier* dan *joint replenishment* Goyal (1974) menghasilkan frekuensi pemesanan dan jumlah pemesanan optimal yang sama. Oleh karena itu, hasil perhitungan biaya persediaan dari kedua metode tersebut juga akan sama. Data jumlah total pembelian baja tahan peluru usulan ditampilkan pada Tabel 9.

Tabel 9. Data Jumlah Pembelian Baja Usulan

Jenis baja	Jumlah pembelian (lembar)			
	Periode 1	Periode 2	Periode 3	Total
Baja A	35	35	35	105
Baja B	8	8	8	24
Baja C	3	3	3	9
Baja D	5	5	5	15
Baja E	2	2	2	6

Berikut merupakan hasil perhitungan total biaya persediaan baja tahan peluru pada kebijakan perusahaan saat ini yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data Total Biaya Persediaan Kebijakan Usulan

No	Jenis biaya	Biaya
1	Biaya pembelian	
	Baja A	Rp 4.114.687.500,00
	Baja B	Rp 835.620.000,00
	Baja C	Rp 200.497.500,00
	Baja D	Rp 265.762.500,00
	Baja E	Rp 75.525.000,00
	Total biaya pembelian	Rp 5.492.092.500,00
	Biaya pesan	Rp 19.975.326,34
	Biaya <i>unloading</i> pemesanan kesatu	Rp 505.000,00
2	Biaya <i>unloading</i> pemesanan kedua	Rp 505.000,00
	Biaya <i>unloading</i> pemesanan ketiga	Rp 505.000,00
	Total biaya pesan	Rp 21.490.326,34
3	Total biaya simpan	Rp 22.626.913,43
	Total biaya persediaan	Rp 5.536.209.739,78

Berdasarkan Tabel 10 diketahui bahwa total biaya persediaan baja tahan peluru usulan untuk memenuhi permintaan tahun 2019 selama 1 horison perencanaan adalah Rp 5.536.209.739,78.

Perbandingan Biaya Yang Dikeluarkan Untuk Memenuhi Permintaan Tahun 2019

Perbandingan biaya yang dikeluarkan untuk memenuhi permintan tahun 2019 terkait dengan dampak dari perbaikan kebijakan perencanaan produksi dan kebijakan persediaan baja tahan peluru dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 10. Perbandingan Biaya yang Harus Dikeluarkan

	Total biaya persediaan	Biaya penalti	Total biaya yang dikeluarkan
Kebijakan Saat ini	Rp 5.383.747.995,24	Rp 2.688.000.000,00	Rp 8.071.747.995,24
Kebijakan Usulan	Rp 5.536.209.739,78	Rp 0	Rp 5.536.209.739,78
	Penghematan		Rp 2.535.538.255,46

Berdasarkan Tabel 11 dapat dilihat bahwa total biaya persediaan kebijakan saat ini lebih kecil dibandingkan kebijakan usulan karena pada kebijakan usulan terdapat kelebihan jumlah baja yang dibeli dari jumlah kebutuhan (disebabkan oleh adanya pembulatan nilai pada perhitungan jumlah pemesan optimal). Namun, pada kebijakan saat ini terdapat biaya penalti yang harus dikeluarkan perusahaan

karena adanya keterlambatan pengiriman produk selama 8 hari, sedangkan pada kebijakan usulan tidak ada biaya penalti karena setelah melakukan perbaikan perencanaan produksi pengiriman produk akhir dapat dilakukan lebih cepat dan tidak akan melanggar *due date* yang telah ditentukan. Walaupun investasi yang harus dikeluarkan perusahaan untuk persediaan baja tahan peluru lebih banyak, perusahaan dapat menghemat Rp 2.535.538.255,46. Selain itu, tidak adanya keterlambatan pengiriman produk akhir juga akan berdampak pada peningkatan loyalitas dan kepercayaan konsumen.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut: 1) Target produksi *body hull* per bulan ditentukan berdasarkan kapasitas produksi maksimal yang dimiliki perusahaan yaitu 3 unit/bulan. Pada periode 1 target produksi aktual sebanyak 4 unit sedangkan usulan 6 unit, pada periode 2 target produksi aktual sebanyak 14 unit sedangkan usulan 15 unit, dan pada periode 3 target produksi aktual sebanyak 10 unit sedangkan usulan 7 unit, sehingga diharapkan produksi *body hull* dapat diselesaikan tanpa melanggar waktu yang telah disepakati pada setiap termin dalam kontrak; 2) Jumlah pemesanan optimal yang diperoleh dengan menggunakan metode EOQ untuk *multi-item single supplier* dan *joint replenishment* dengan Algoritma Goyal adalah sama yaitu 35 lembar baja A, 8 lembar baja B, 3 lembar baja C, 5 lembar baja D, dan 2 lembar baja E dengan frekuensi pemesanan optimal yang juga sama yaitu 3 kali; 3) Jadwal pemesanan baja tahan peluru usulan dilakukan pada bulan Agustus, bulan Oktober, dan bulan Februari. Hal ini berarti pada periode kedua dilakukan dua kali pemesanan baja tahan peluru, sehingga diharapkan pada periode ketiga tidak akan terjadi kekurangan baja; 4) Perbedaan jumlah pemesanan baja tahan peluru pada kebijakan usulan mengakibatkan total biaya persediaan menjadi lebih besar. Namun, penambahan nilai total biaya persediaan tersebut masih lebih kecil dibandingkan biaya penalti yang harus dikeluarkan. Jika biaya penalti tidak ada, maka pada tahun 2019 PT P dapat menghemat total biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp 2.535.538.255,46.

Daftar Pustaka

- [1] Komite Kebijakan Industri Pertahanan, *Direktori Industri Pertahanan Indonesia*. 2019.
- [2] K. B. Zandin and H. Maynard, *Maynard's Industrial Engineering Handbook*, 5th ed. New York: McGraw-Hill Book Company Inc, 2011.
- [3] A. Syahliantina and B. Suhardi, "Penentuan Waktu Baku Proses Finishing Celana Cargo dengan Stopwatch Time Study di PT Sari Warna Asli Garment," 2021.
- [4] M. Bhira, "PENGUKURAN WAKTU BAKU PADA PROSES PEMBUATAN RODA GIGI DI PT TAMAN PRATAMA," Universitas Nahdlatul Ulama Al Ghazali, Cilacap, 2019.
- [5] S. K. Goyal, "Optimum Ordering Policy for a Multi Item Single Supplier System," *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 25, no. 2, pp. 293–298, Jun. 1974, doi: 10.1057/jors.1974.46.
- [6] J. R. Tersine, *Principles of Inventory and Material Management*, 4th ed. New Jersey: PTR Prentice Hall, Inc., 1994.
- [7] E. O. Rusli, H. Prassetiyo, and L. Fitria, "RANCANGAN SISTEM PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU SANDAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE SINGLE ITEM SINGLE SUPPLIER DAN MULTI ITEM SINGLE SUPPLIER (STUDI KASUS DI PT CAT STYLE)," *J. Online Inst. Teknol. Nas.*, 2014.
- [8] D. Shenoy and R. Rosas, *Problems and Solutions in Inventory Management*. Cham: Springer International Publishing, 2017.

- [9] D. Waters, *Inventory Control And Management*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2003.
- [10] Budoyo and Z. M. El Qadri, "Evaluasi Persediaan Bahan Baku Dengan Metode Economic Order Quantity (EOQ) Pada Perusahaan Lampu PT. Artolite Indah Mediatama Di Cimanggis, Depok, Jawa Barat," Universitas Islam Indonesia, 2007.