

Implementation Dynamic Programs to Optimize Total Inventory Control Costs

[Penerapan Program Dinamis Untuk Mengoptimalkan Total Biaya Pengendalian Persediaan]

Nisfi Laili Rokhmah¹⁾, Tedjo Sukmono²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. *The company encounters challenges due to monthly demand fluctuations and discrepancies between raw material requirement and availability, which may lead to either surplus or shortage of inventory and consequently increase production and holding costs. This research aims to optimize raw material inventory control and minimize total inventory costs at PT XYZ, as well as recommendations for improvements. To overcome these challenges, the study applies a dynamic programming approach using backward recursion to determine optimal production decisions for each period by considering production costs, holding costs, and monthly demand levels. The analysis utilizes one year of demand data, amounting to 40.007 tons. The computational procedure is performed sequentially, beginning from the final period and progressing backward to the initial period, in order to obtain the set of decisions that result in the lowest total cost. The result of the study show that the application of this method is able to optimize raw materials of 5.000 tons and produce a minimum total inventory control cost of IDR 57.719.640.000 for one year, thereby increasing the efficiency of production planning and supporting more precise, systematic, and measurable decision making.*

Keywords – Inventory Control, Dynamic Programming, Total Inventory Cost

Abstrak. *Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah fluktuasi permintaan setiap bulan serta ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan bahan baku yang berpotensi menimbulkan kelebihan maupun kekurangan persediaan sehingga meningkatkan biaya produksi dan biaya penyimpanan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan pengendalian persediaan bahan baku dan meminimalkan total biaya persediaan di PT XYZ serta rekomendasi perbaikan. Untuk mengatasi permasalahan tersebut penelitian ini menerapkan metode program dinamis dengan pendekatan rekursif mundur dalam menentukan keputusan produksi yang optimal pada setiap periode berdasarkan komponen biaya produksi, biaya simpan, dan jumlah permintaan bulanan. Data yang digunakan berupa data permintaan selama satu tahun dengan total 40.007 ton. Proses perhitungan dilakukan secara bertahap, dimulai dari periode terakhir hingga periode awal, untuk memperoleh kombinasi keputusan yang menghasilkan total biaya minimum. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode ini mampu mengoptimalkan bahan baku sebesar 5.000 ton dan menghasilkan total biaya minimum pengendalian persediaan sebesar Rp 57.719.640.000 selama satu tahun, sehingga dapat meningkatkan efisiensi perencanaan produksi serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat, sistematis, dan terukur.*

Kata Kunci – Pengendalian Persediaan, Program Dinamis, Total Biaya Persediaan

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan persediaan merupakan salah satu aspek penting dalam industri manufaktur karena sangat mempengaruhi kelancaran kegiatan operasional perusahaan. Hal ini menjadi semakin penting bagi perusahaan yang memproduksi barang dalam skala besar, di mana ketersediaan bahan baku harus selalu terjaga agar proses produksi dapat berjalan tanpa hambatan. Selain untuk memastikan kelangsungan proses produksi, pengelolaan persediaan yang dilakukan secara tepat juga dapat meningkatkan efisiensi operasional serta membantu perusahaan dalam mengendalikan dan menekan biaya secara keseluruhan [1]. Sebaliknya, apabila jumlah persediaan yang dimiliki perusahaan tidak mencukupi, kondisi tersebut dapat menimbulkan berbagai dampak yang merugikan, seperti munculnya biaya tambahan akibat terhambatnya proses produksi atau terjadinya kekurangan bahan baku. Oleh karena itu, perusahaan perlu menerapkan strategi serta metode pengendalian yang tepat agar pengelolaan persediaan bahan baku dapat dilakukan secara efektif, sehingga jumlah persediaan tetap terjaga pada tingkat yang optimal [2]. Pada dasarnya, setiap perusahaan didirikan dengan harapan memperoleh keuntungan. Untuk mewujudkan tujuan tersebut, perusahaan perlu menjalankan aktivitas operasional secara efektif dan terarah. Selain itu, perusahaan juga harus memiliki misi serta strategi yang jelas agar dapat menjadi pedoman dalam menentukan setiap kebijakan, keputusan,

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

maupun tindakan yang diambil [3]. Mengelola persediaan secara tepat bukanlah hal yang mudah. Apabila jumlah persediaan terlalu besar, kondisi tersebut dapat menyebabkan banyak dana perusahaan tertahan dalam bentuk persediaan. Selain itu, biaya penyimpanan juga akan meningkat dan risiko kerusakan atau penurunan kualitas bahan baku menjadi lebih besar [4]. Kondisi serupa juga dialami oleh PT XYZ dalam menjalankan proses produksinya yang dipengaruhi oleh keterbatasan pasokan bahan baku. Bahan baku utama berupa semen digunakan dengan total mencapai 40.007 ton. Namun, pada beberapa periode masih ditemukan penggunaan bahan baku yang melampaui standar yang telah ditetapkan. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses perencanaan dan pengendalian material belum berjalan secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan sumber daya serta meningkatkan dampak terhadap lingkungan [5]. Perusahaan perlu mempertimbangkan setiap keputusan yang berkaitan dengan pengadaan persediaan secara hati-hati, karena setiap tindakan yang diambil dapat menimbulkan berbagai jenis biaya. Biaya tersebut tidak hanya berasal dari pembelian bahan baku, tetapi juga meliputi biaya pemesanan serta biaya penyimpanan selama persediaan berada di dalam gudang [6]. Agar perusahaan mampu meraih sekaligus mempertahankan keunggulan dalam persaingan, peran manajemen operasional menjadi sangat krusial. Melalui fungsi inilah proses penciptaan produk dilakukan, yang pada akhirnya menentukan keberlangsungan usaha. Setiap perusahaan, baik berskala kecil maupun besar, sangat bergantung pada pengelolaan operasional yang efektif agar produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan kebutuhan pasar [7]. Salah satu metode analisis yang dapat digunakan adalah program dinamis, yaitu suatu pendekatan yang memecahkan permasalahan dengan membaginya ke dalam beberapa tahap pengambilan keputusan. Secara umum, program dinamis merupakan teknik matematis yang dimanfaatkan untuk menyusun dan menentukan rangkaian keputusan yang saling berkaitan sehingga dapat diperoleh solusi yang paling optimal.[8]. Pemrograman dinamis (*dynamic programming*) merupakan salah satu metode dalam pemecahan masalah yang dilakukan dengan membagi permasalahan menjadi beberapa tahap. Pada setiap tahap terdapat keputusan yang saling berkaitan dengan tahap lainnya. Prinsip utama metode ini adalah bahwa solusi yang optimal dapat diperoleh melalui rangkaian keputusan yang disusun secara sistematis dan berurutan. Istilah program dinamis digunakan karena proses perhitungannya biasanya disajikan dalam bentuk tabel pada setiap tahap, sehingga alur perhitungan serta keseluruhan proses pencarian solusi dapat dipahami dengan lebih terstruktur dan mudah ditelusuri [9]. Tujuan utama penggunaan metode program dinamis adalah untuk membantu menyelesaikan permasalahan optimasi dengan membaginya ke dalam beberapa tahap keputusan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip dasarnya, yaitu memecah masalah yang kompleks menjadi bagian-bagian yang lebih sederhana sehingga proses penentuan solusi dapat dilakukan dengan lebih mudah, terstruktur, dan sistematis [10].

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ayu, metode *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan salah satu pendekatan dalam pengendalian persediaan yang digunakan untuk menentukan jumlah pemesanan bahan baku yang paling ekonomis. Melalui metode ini, perusahaan dapat memperkirakan jumlah pemesanan yang sesuai dengan mempertimbangkan keseimbangan antara biaya pemesanan dan biaya penyimpanan. Dengan demikian, perusahaan dapat mengelola persediaan secara lebih efisien sehingga total biaya persediaan dapat diminimalkan [11]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Devita dijelaskan bahwa program dinamis (*dynamic programming*) merupakan salah satu metode matematis yang digunakan untuk menentukan keputusan paling optimal dari berbagai alternatif keputusan yang saling berkaitan. Pendekatan ini memungkinkan proses pengambilan keputusan disusun secara lebih sistematis, sehingga solusi yang dihasilkan dapat menjadi lebih efektif dan tepat [12]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Zhehin dijelaskan bahwa pemrograman dinamis (*dynamic programming*) merupakan salah satu metode yang relatif fleksibel jika dibandingkan dengan berbagai model dan pendekatan matematis lainnya dalam bidang riset operasi. Tingkat fleksibilitas tersebut memungkinkan metode ini diterapkan pada berbagai jenis permasalahan dengan karakteristik yang berbeda-beda [13]. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Rachma dijelaskan bahwa penerapan *Dynamic Programming* dapat membantu menjaga kelancaran proses produksi sehingga perusahaan mampu memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu. Selain itu, metode ini juga berperan dalam membantu perusahaan mengendalikan biaya produksi agar tetap berada pada tingkat yang efisien [14]. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pengendalian persediaan bahan baku yang lebih optimal serta menekan total biaya persediaan di PT XYZ. Selain itu, penelitian ini juga memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan untuk meningkatkan efektivitas pengelolaan persediaan.

II. METODE

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT. XYZ Bertempat di Jl. Raya Kejapanan Melikan, Kejapanan, Kecamatan Gempol, Pasuruan, Jawa Timur, yang bergerak dibidang industri manufaktur dan konstruksi, khususnya produksi dan pemasaran beton pracetak (*precast concrete*). Penelitian ini dilaksanakan selama 5 bulan, dari bulan Juli tahun 2025 sampai dengan bulan November tahun 2025. Data yang digunakan yakni pengumpulan data historis terkait permintaan dan persediaan bahan baku. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Program Dinamis

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

(*Dynamic Programming*) yang bertujuan untuk menghitung nilai produksi dan pengendalian persediaan bahan baku yang optimal untuk meminimalkan total biaya persediaan di PT. XYZ

2. Tahapan Penelitian

Berikut adalah tahapan penelitian yang digunakan dalam menganalisis permasalahan pada penelitian ini.

A. *Dynamic Programming*

Dynamic Programming dapat digunakan sebagai salah satu pendekatan pemodelan untuk menggambarkan sistem yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi. Pendekatan ini ditandai dengan adanya perubahan kondisi sistem secara bertahap dari waktu ke waktu serta adanya keterkaitan antar komponen yang saling memengaruhi. Melalui pemodelan tersebut, perusahaan dapat memperkirakan berbagai kemungkinan yang mungkin terjadi serta menyusun kebijakan yang lebih tepat berdasarkan hasil analisis atau simulasi yang dihasilkan dari model tersebut [15]. Pendekatan sistem dinamis merupakan salah satu metode yang sesuai untuk digunakan dalam menganalisis sekaligus merancang sistem yang memiliki tingkat kompleksitas tinggi. Dalam penerapannya, sering kali muncul berbagai keterbatasan atau kendala yang berada di luar kendali, sehingga setiap perubahan pada batasan tersebut dapat memengaruhi pola serta kinerja sistem secara keseluruhan [16]. Permasalahan pengambilan keputusan yang terjadi dalam beberapa tahap biasanya dipecah menjadi beberapa submasalah yang disusun secara sistematis dan saling berkaitan. Dalam pengelolaan persediaan, terdapat beberapa parameter yang digunakan sebagai dasar dalam proses perencanaan dan pengendalian untuk menentukan kebijakan yang paling tepat. Parameter tersebut meliputi biaya permintaan, biaya pemesanan atau produksi, biaya penyimpanan, waktu tunggu (*lead time*), serta jumlah persediaan awal. Dengan mempertimbangkan seluruh faktor tersebut secara menyeluruh, perusahaan dapat mengendalikan total biaya persediaan sekaligus meminimalkan risiko terjadinya kelebihan maupun kekurangan stok.

Rumus rekursif mundur :

$$F_n(I_n) = \min \{(A X_n + B(I_n)) + f_{n+1}(I_n + S_n - X_n)\} \dots\dots\dots (2)$$

Sumber : [17]

Keterangan:

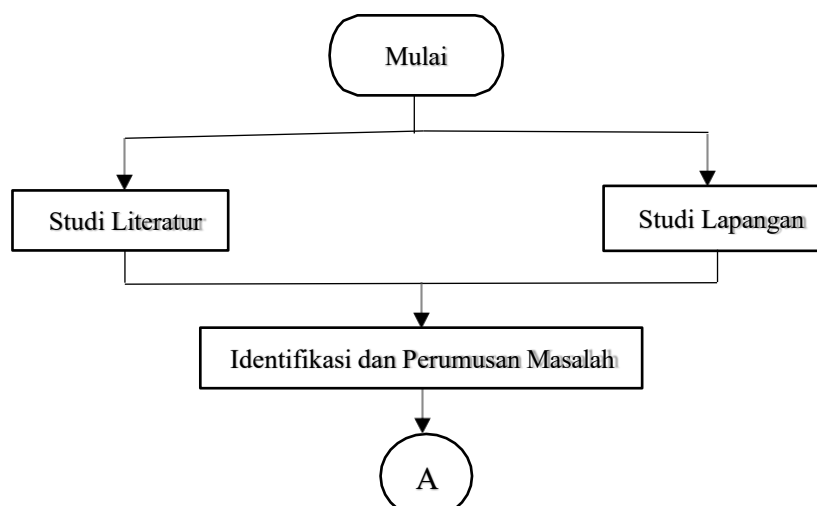
$f_n(I_n)$: Biaya produksi minimum pada tahap n dalam jumlah persediaan

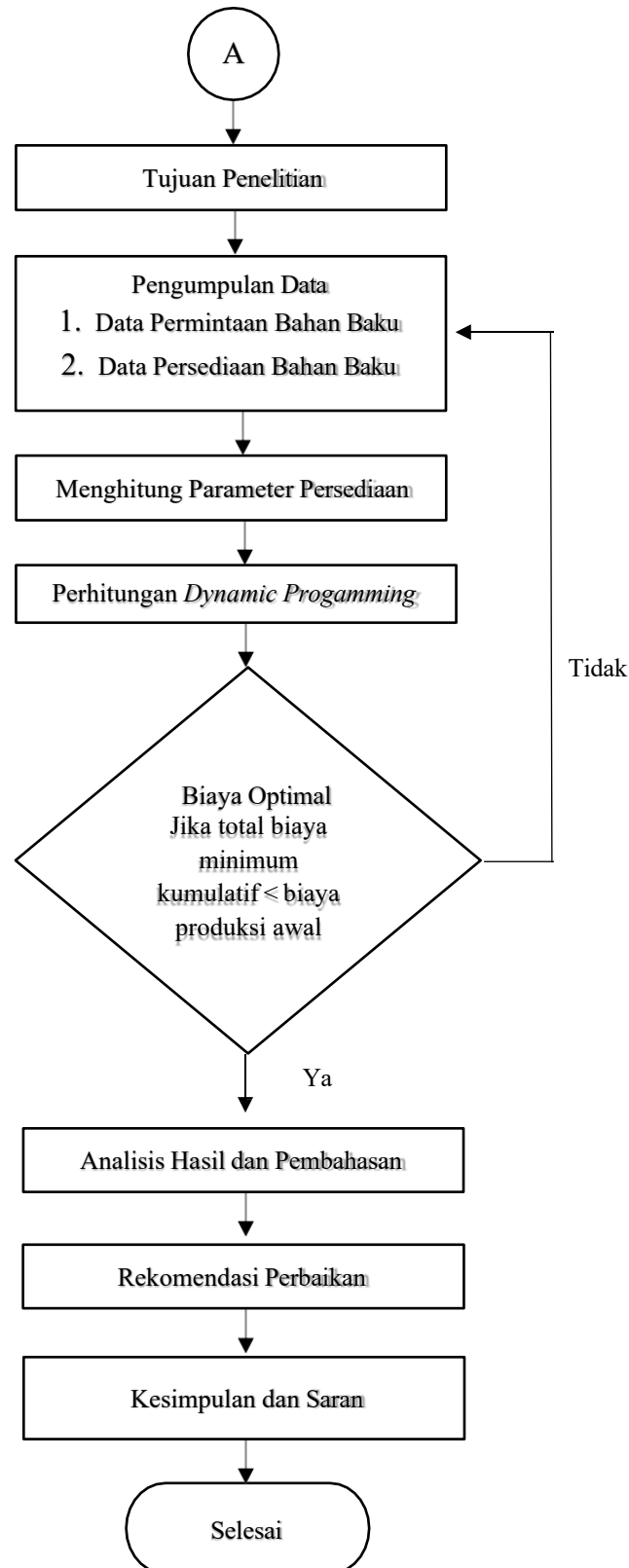
$S A_{xn}$: Biaya produksi X dalam tahap n

$B(I_n)$: Biaya yang dikenakan pada tahap n untuk jumlah persediaan I

S_n : Jumlah permintaan atau penjualan pada tahap n

Dengan tujuan memperoleh solusi yang paling optimal, pemrograman dinamis membantu menyederhanakan permasalahan yang kompleks melalui pendekatan optimasi yang terstruktur. Dalam prosesnya, setiap keputusan dianalisis secara bertahap dan berurutan, sehingga membentuk rangkaian proses optimasi yang melibatkan beberapa keputusan yang saling berkaitan hingga diperoleh hasil yang paling baik [18]. Oleh karena itu, perusahaan perlu menyusun perencanaan yang matang serta menerapkan pengendalian persediaan secara tepat agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar tanpa mengalami hambatan. Melalui pengelolaan persediaan yang baik, perusahaan juga dapat menekan sekaligus mengoptimalkan total biaya persediaan yang timbul [19]. Pada dasarnya, sistem pengendalian persediaan yang efektif tidak hanya bertujuan untuk mengurangi jumlah persediaan seminimal mungkin, tetapi lebih menekankan pada upaya menjaga keseimbangan agar persediaan tidak berlebihan maupun kurang dari kebutuhan. Agar pelaksanaan penelitian dapat berjalan secara terstruktur dan sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan, diperlukan gambaran alur kegiatan yang jelas. Oleh karena itu, disusun sebuah diagram alir yang menggambarkan urutan langkah penelitian mulai dari tahap awal hingga tahap akhir. Diagram tersebut ditampilkan pada Gambar 1 sebagai keseluruhan proses penelitian yang dilakukan.





Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan pada Gambar 1, penelitian ini diawali dengan melakukan studi lapangan dan studi literatur untuk memperoleh gambaran mengenai kondisi pengendalian persediaan bahan baku di perusahaan serta landasan teori yang

mendukung penelitian. Selanjutnya dilakukan identifikasi dan perumusan masalah yang berkaitan dengan fluktuasi permintaan dan ketidakseimbangan antara kebutuhan serta ketersediaan bahan baku. Setelah itu ditetapkan tujuan penelitian, yaitu untuk menentukan kebijakan produksi dan pengendalian persediaan yang optimal guna meminimalkan total biaya persediaan. Tahap berikutnya adalah pengumpulan data yang meliputi data permintaan dan persediaan bahan baku, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan parameter persediaan sebagai dasar analisis. Data tersebut selanjutnya diolah menggunakan metode Dynamic Programming dengan pendekatan rekursif mundur untuk menentukan keputusan produksi yang optimal pada setiap periode sehingga diperoleh total biaya persediaan minimum. Hasil perhitungan kemudian dianalisis pada tahap analisis dan pembahasan, yang dilanjutkan dengan penyusunan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan. Tahap akhir penelitian ditutup dengan penarikan kesimpulan dan saran berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Dynamic Programming* – Rekursif Mundur

Dynamic Programming merupakan metode pengambilan keputusan yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan secara bertahap pada setiap periode. Pendekatan ini bekerja dengan memecah persoalan yang kompleks menjadi beberapa bagian yang lebih sederhana dan saling berkaitan. Melalui proses tersebut, solusi optimal dapat diperoleh dengan menentukan keputusan terbaik pada setiap tahap, sehingga dapat menghasilkan biaya total yang paling rendah atau keuntungan yang paling tinggi. Istilah program dinamis muncul karena metode ini umumnya menyajikan hasil perhitungan pada setiap tahap dalam bentuk tabel, sehingga keseluruhan proses perhitungan dan solusi yang diperoleh dapat lebih mudah dipahami.

Tabel 1. Data Permintaan

No.	Bulan	Semen (Ton)
1	Januari	3.779
2	Februari	3.213
3	Maret	3.071
4	April	3.594
5	Mei	2.899
6	Juni	3.432
7	Juli	3.376
8	Agustus	4.245
9	September	3.822
10	Oktober	3.543
11	November	2.072
12	Desember	2.961
Total		40.007

Data permintaan semen (Sn) menunjukkan fluktuasi kebutuhan setiap bulan selama periode Januari hingga Desember. Total permintaan selama satu tahun sebesar 40.007 ton dengan rata-rata permintaan sekitar 3.334 ton per bulan. Permintaan tertinggi terjadi pada bulan Agustus sebesar 4.245 ton, sedangkan permintaan terendah terjadi pada bulan November sebesar 2.072 ton. Perbedaan ini menunjukkan adanya variasi kebutuhan produksi yang dapat dipengaruhi oleh faktor proyek, musim, atau kondisi pasar.

Tabel 2. Perhitungan Tahap 12

$f_{12}(0) =$	5.000.000	+	1.200.000	(5.000)	=	Rp 6.005.000.000
$f_{12}(1) =$	5.000.000	+	1.200.000	(4.000)	=	Rp 4.805.000.000
$f_{12}(2) =$	5.000.000	+	1.200.000	(3.000)	=	Rp 3.605.000.000
$f_{12}(3) =$	5.000.000	+	1.200.000	(2.000)	=	Rp 2.405.000.000
$f_{12}(4) =$	5.000.000	+	1.200.000	(1.000)	=	Rp 1.205.000.000
$f_{12}(5) =$	0					

Tahap 12 merupakan tahap terakhir dalam perhitungan program dinamis, yaitu periode bulan Desember. Pada tahap ini dilakukan perhitungan biaya minimum untuk setiap kemungkinan persediaan awal (i), yaitu 0, 1.000, 2.000, 3.000, 4.000, dan 5.000 ton. Dikarenakan tahap 12 adalah tahap akhir, maka tidak ada biaya lanjutan ke periode

berikutnya. Perhitungan hanya mempertimbangkan biaya produksi dan biaya penyimpanan berdasarkan sisa persediaan setelah memenuhi permintaan bulan Desember. Dari hasil perhitungan diperoleh bahwa semakin besar persediaan awal, maka total biaya yang ditanggung semakin kecil. Pada kondisi persediaan awal sebesar 5.000 ton, nilai $f_2(5) = 0$, yang menunjukkan bahwa kebutuhan sudah dapat dipenuhi tanpa tambahan produksi maupun biaya lanjutan.

Tabel 3. Perhitungan Tahap 11-1

Tahap 11									
i	x	10000(i+x-2072)+c(x)				f12(i+x-2072)		Total biaya bulan 11,12	f11(i) x11(i)
0	3000	Rp. 9.280.000	+	Rp.3.605.000.000	=	Rp.3.614.280.000	Rp.6.005.000.000	Rp. 9.619.280.000	f11(0)= x11(0)= Rp. 9.619.280.000 3000
0	4000	Rp.19.280.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.824.280.000	Rp.4.805.000.000	Rp. 9.629.280.000	
0	5000	Rp.29.280.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.034.280.000	Rp.3.605.000.000	Rp. 9.639.280.000	
Perhitungan Tahap 10									
Tahap 10									
i	x	10000(i+x-3543)+c(x)				f11(i+x-3543)		Total biaya bulan 10-12	f10(i) x10(i)
0	4000	Rp. 4.570.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.809.570.000	Rp.9.619.280.000	Rp. 14.428.850.000	f10(0)= x10(0)= Rp. 14.428.850.000 4000
0	5000	Rp. 4.570.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.019.570.000	Rp.8.419.280.000	Rp. 14.438.850.000	
Perhitungan Tahap 9									
Tahap 9									
i	x	10000(i+x-3822)+c(x)				f11(i+x-3822)		Total biaya bulan 9-12	f9(i) x9(i)
0	4000	Rp. 1.780.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.806.780.000	Rp.14.428.850.000	Rp. 19.235.630.000	f9(0)= x9(0)= Rp.19.235.630.000 4000
0	5000	Rp.11.780.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.016.780.000	Rp. 3.228.850.000	Rp. 19.245.630.000	
Perhitungan Tahap 8									
Tahap 8									
i	x	10000(i+x-4245)+c(x)				f11(i+x-4245)		Total biaya bulan 8-12	f8(i) x8(i)
0	5000	Rp. 7.550.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.012.550.000	Rp.19.235.630.000	Rp. 25.248.180.000	f8(0)= x8(0)= Rp. 25.248.180.000 5000
Perhitungan Tahap 7									
Tahap 7									
i	x	10000(i+x-3376)+c(x)				f8(i+x-3376)		Total biaya bulan 7-12	f7(i) x7(i)
0	4000	Rp. 6.240.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.811.240.000	Rp.25.248.180.000	Rp. 30.059.420.000	f7(0)= x7(i)= Rp. 30.059.420.000 4000
0	5000	Rp.16.240.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.021.240.000	Rp.22.848.180.000	Rp. 28.869.420.000	
Perhitugan Tahap 6									
Tahap 6									
i	x	10000(i+x-3432)+c(x)				f7(i+x-3432)		Total biaya bulan 6-12	f6(i) x6(i)
0	4000	Rp. 5.680.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.810.680.000	Rp.30.059.420.000	Rp. 34.870.100.000	f6(0)= x6(i)= Rp. 34.870.100.000 4000
0	5000	Rp.15.680.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.020.680.000	Rp.28.859.420.000	Rp. 34.880.100.000	
Perhitungan Tahap 5									
Tahap 5									
i	x	10000(i+x-2889)+c(x)				f6(i+x-2889)		Total biaya bulan 5-12	f5(i) x5(i)
0	3000	Rp. 1.110.000	+	Rp.3.605.000.000	=	Rp.3.606.110.000	Rp.34.870.100.000	Rp. 38.476.210.000	f5(0)= x5(i)= Rp. 38.476.210.000 3000
0	4000	Rp.11.110.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.816.110.000	Rp.33.670.100.000	Rp. 38.486.210.000	
0	5000	Rp.21.110.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.026.110.000	Rp.32.470.100.000	Rp. 38.496.210.000	
Perhitungan Tahap 4									
Tahap 4									
i	x	10000(i+x-3594)+c(x)				f5(i+x-3594)		Total biaya bulan 4-12	f4(i) x4(i)
0	4000	Rp. 4.060.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.809.060.000	Rp.38.476.210.000	Rp. 43.285.270.000	f4(0)= x4(0)= Rp. 43.285.270.000 4000
0	5000	Rp.14.060.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.019.060.000	Rp.37.276.210.000	Rp. 43.295.270.000	
Perhitungan Tahap 3									
Tahap 3									
i	x	10000(i+x-3071)+c(x)				f4(i+x-3071)		Total biaya bulan 3-12	f3(i) x3(i)
0	4000	Rp.9.290.000	+	Rp.4.805.000.000	=	Rp.4.814.290.000	Rp.43.285.270.000	Rp. 48.099.560.000	f3(0)= x3(0)= Rp. 48.099.560.000 4000
0	5000	Rp.19.290.000	+	Rp.6.005.000.000	=	Rp.6.024.290.000	Rp.42.085.270.000	Rp. 48.109.560.000	

Perhitungan Tahap 2

Tahap 2									
i	x	$10000(i+x-3213)+c(x)$				$f_3(i+x-3213)$		Total biaya bulan 2-12	$f_2(i)$ $x_2(i)$
0	4000	Rp. 7.870.000	+	Rp. 4.805.000.000	=	Rp. 4.812.870.000	Rp. 48.099.560.000	Rp. 52.912.430.000	$f_2(0)=$
0	5000	Rp. 17.870.000	+	Rp. 6.005.000.000	=	Rp. 6.022.870.000	Rp. 46.899.560.000	Rp. 52.922.430.000	$x_2(0)=$ 4000

Perhitungan Tahap 1

Tahap 1									
i	x	$10000(i+x-3779)+c(x)$				$f_2(i+x-3799)$		Total biaya bulan 1,12	$f_1(i)$ $x_2(i)$
0	4000	Rp. 2.210.000	+	Rp. 4.805.000.000	=	Rp. 4.807.210.000	Rp. 52.912.430.000	Rp. 57.719.640.000	$f_1(0)=$
0	5000	Rp. 12.210.000	+	Rp. 6.005.000.000	=	Rp. 6.017.210.000	Rp. 51.712.430.000	Rp. 57.729.640.000	$x_1(0)=$ 4000

Berdasarkan hasil perhitungan program dinamis dari tahap 11 hingga tahap 1, diperoleh biaya minimum secara bertahap yang semakin besar ketika ditelusuri ke periode awal. Pada tahap 11 diperoleh biaya minimum sebesar Rp 9.619.280.000, kemudian tahap 10 sebesar Rp 14.428.850.000, tahap 9 sebesar Rp 19.235.630.000, tahap 8 sebesar Rp 25.248.180.000, tahap 7 sebesar Rp 30.059.420.000, tahap 6 sebesar Rp 34.870.100.000, tahap 5 sebesar Rp 38.476.210.000, tahap 4 sebesar Rp 43.285.270.000, tahap 3 sebesar Rp 48.099.560.000, tahap 2 sebesar Rp 52.912.430.000, dan pada tahap 1 diperoleh total biaya minimum selama satu tahun sebesar Rp 57.719.640.000. Nilai tersebut merupakan hasil keputusan produksi dan persediaan yang paling optimal dengan mempertimbangkan biaya produksi, biaya simpan, serta permintaan setiap bulan.

Tabel 4. Jalur Solusi Optimal Metode Program Dinamis

Periode	i	x	Total Cost
Januari	0	4000	Rp 57.719.640.000 4000
Februari	0	3000	Rp 52.912.430.000 4000
Maret	0	3000	Rp 48.099.560.000 4000
April	0	3000	Rp 43.285.270.000 4000
Mei	0	2000	Rp 38.476.210.000 3000
Juni	0	3000	Rp 34.870.100.000 4000
Juli	0	3000	Rp 30.059.420.000 4000
Agustus	0	4000	Rp 25.248.180.000 5000
September	0	3000	Rp 19.235.630.000 4000
Oktober	0	3000	Rp 14.428.850.000 4000
November	0	2000	Rp 9.619.280.000 3000
Desember	0	4000	Rp 6.005.000.000 5000

Berdasarkan tabel 4 menunjukkan jalur solusi optimal dari Januari hingga Desember yang memuat persediaan awal, jumlah produksi optimal, persediaan akhir, dan total biaya minimum kumulatif. Total biaya dihitung secara rekursif mundur, sehingga nilainya menurun dari Januari sebesar Rp 57.719.640.000 hingga Desember sebesar Rp 6.005.000.000. Secara keseluruhan, kombinasi produksi tersebut menghasilkan total biaya minimum selama satu tahun sebesar Rp 57.719.640.000 dan menunjukkan bahwa metode program dinamis mampu memberikan keputusan produksi yang efisien.

B. Rekomendasi Perbaikan

Berdasarkan rekomendasi perbaikan dengan menggunakan metode program dinamis, perusahaan disarankan untuk menerapkan perencanaan produksi dan pengendalian persediaan yang lebih terarah dengan menyesuaikan jumlah produksi terhadap tingkat permintaan pada setiap periode. Penerapan metode ini dapat membantu perusahaan

dalam menentukan keputusan produksi yang optimal sehingga risiko kelebihan maupun kekurangan persediaan dapat diminimalkan dan total biaya persediaan dapat ditekan. Selain itu, perusahaan juga perlu melakukan pemantauan terhadap persediaan bahan baku secara berkala agar jumlah stok tetap berada pada tingkat yang optimal sehingga proses produksi dapat berlangsung lebih efisien. Dengan demikian, pemrograman dinamis dapat mendukung pengambilan keputusan yang lebih tepat melalui penentuan jumlah produksi dan tingkat persediaan yang sesuai, sekaligus meminimalkan biaya produksi dan penyimpanan serta mengelola fluktuasi permintaan [20].

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan metode program dinamis dalam pengendalian persediaan bahan baku semen mampu mengoptimalkan pengendalian persediaan bahan baku dan meminimalkan total biaya persediaan serta rekomendasi perbaikan. Penentuan keputusan dilakukan dengan mempertimbangkan biaya produksi, biaya penyimpanan, serta perubahan permintaan setiap bulan. Melalui proses perhitungan secara bertahap, dimulai dari periode Desember pada tahap ke-12 hingga Januari pada tahap ke-1 dengan pendekatan rekursif mundur, diperoleh total biaya minimum pengendalian persediaan selama satu tahun sebesar Rp 57.719.640.000. Temuan ini menunjukkan bahwa metode program dinamis efektif dalam membantu perusahaan menetapkan jumlah produksi pada setiap periode secara lebih sistematis dan ekonomis, sehingga total biaya persediaan dapat ditekan dan perencanaan produksi menjadi lebih efisien.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT Wijaya Karya Beton Tbk. yang telah memberikan kesempatan, dukungan, serta fasilitas sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- [1] P. Manufaktur, M. Farhan, F. Faesa, N. Dwi, and P. Rudi, "Economics and Digital Business Review Pengaruh Peningkatan Efisiensi dan Produktifitas," vol. 7, no. 1, 2025.
- [2] D. Mayasari, "Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode Eoq (Economic Order Quantity) Pada Pt. Suryamas Lestari Prima," *Bis-a*, vol. 10, no. 02, pp. 44–50, 2021, doi: 10.55445/bisa.v10i02.10.
- [3] D. D. Saputra, Y. Berry, and D. S. Hamali, *MANAJEMEN OPERASI*. 2023.
- [4] A. C. Mishani and T. Sukmono, "Markov Chains Slash Inventory Costs in Indonesia : Rantai Markov Memangkas Biaya Persediaan di Indonesia," vol. 25, no. 4, pp. 1–14, 2024, doi: 10.21070/ijins.v25i4.1184.
- [5] P. Simanjutak, "PENGEMBANGAN TEKNOLOGI BETON KINERJA TINGGI YANG BERKELANJUTAN Pinondang Simanjuntak 1," vol. 4, no. 1, pp. 8–14, 2023.
- [6] A. I. Pratiwi, A. Z. Wathoni, D. Adetia, and A. R. Nurohman, "Optimization And Analysis Of Copper Wire Raw Material Inventory For Magnetic Process With Dynamic Programming Method," *Opsi*, vol. 14, no. 2, p. 208, 2021, doi: 10.31315/opsi.v14i2.5385.
- [7] F. R. Suganda and I. Purnamasari, "Analisis Wilayah Manajemen Operasional pada UMKM Bintang Langit".
- [8] A. N. Rizky, "Program Dinamik Pada Perencanaan Produksi Dan Pengendalian Persediaan," vol. 03, no. 01, pp. 14–18, 2021.
- [9] S. V. Agnezia, "Penentuan rute terpendek dalam pengiriman pallet kayu menggunakan programa dinamis," vol. 7, no. 2, pp. 0–4, 2022.
- [10] A. Elsa, A. M. Panjaitan, and T. N. Sipayung, "Penerapan Program Dinamik dalam Menentukan Jalur Perjalanan Optimum dengan Prosedur Backward Recursive Equation," *J. Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 4217–4225, 2023, doi: 10.31004/joe.v5i2.1133.
- [11] R. Aulia, G. Aprilia, D. Ayu Lestari, and S. Ulandri, "PERBANDINGAN STRATEGI PENGENDALIAN PERSEDIAAN EOQ , JIT , DAN," vol. 2, pp. 793–807, 2025.
- [12] S. A. Fitriana and D. S. Donoriyanto, "Analisis Rute Distribusi Terpendek Untuk Meminimumkan Biaya Distribusi Produk Kansteen Dengan Metode Program Dinamis Di Cv Xyz," *Ekon. J. Econ. Bus.*, vol. 7, no. 2, pp. 1256–1269, 2023, doi: 10.33087/ekonomis.v7i2.1233.
- [13] M. N. Zein *et al.*, "Penerapan Program Dinamis Untuk Menentukan Jalur Yang Optimum Dalam Pengiriman Benih Ikan Ceps Aquarium," *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 3, no. 1, pp. 34–39, 2022, [Online]. Available: <http://www.jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/view/6526%0Ahttp://www.jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/viewFile/6526/880>
- [14] R. A. Noor, A. Akbar, and F. E. Gunawan, "Pemodelan Dinamika Sistem untuk Sistem Produksi dan Inventori dalam Remanufacturing Proses Studi Kasus : Perusahaan Kimia di Indonesia," vol. 6, no. 2, pp. 187–198, 2022.

- [15] H. Q. Karima, M. A. Saputra, and F. Romadlon, “Analisis Kapasitas Produksi dan Pemenuhan Permintaan dengan Model Sistem Dinamis pada Industri Semen,” *Unistek*, vol. 9, no. 1, pp. 11–18, 2022, doi: 10.33592/unistek.v9i1.1919.
- [16] D. S. Donoriyanto and R. Indoianto, “Analisis sistem produksi helm pada pt.x dengan pendekatan sistem dinamis,” vol. 18, no. 2, pp. 95–106, 2023.
- [17] B. Prihandono and N. Kusumastuti, “OPTIMASI PERENCANAAN PRODUKSI DAN PENGENDALIAN PERSEDIAAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE PROGRAM DINAMIK,” vol. 13, no. 6, pp. 813–822, 2024.
- [18] B. Lestari, “Penerapan Program Dinamik untuk Mengoptimalkan Total Biaya dalam Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan,” vol. 2, no. 2, 2024.
- [19] P. Studi, T. Industri, F. Teknik, and U. Pembangunan, “Policy Making in Optimizing Inventory Control with Continous and Periodic Review Method at PT . XYZ Pengambilan Kebijakan Dalam Mengoptimalkan Pengendalian Persediaan Dengan Metode Continuous dan Periodic Review di PT . XYZ,” vol. 5, no. 2, pp. 93–99, 2021.
- [20] B. Naysabilla, M. Khairiyah, I. Amelia, and S. Salamah, “Systematic Literature Review : Analisis Penggunaan Program Dinamik dalam Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan 1 . LATAR BELAKANG Perkembangan dunia industri yang semakin kompetitif menuntut perusahaan untuk mengelola sumber daya secara efektif,” 2026.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.