

Penerapan Program Dinamik untuk Mengoptimalkan Total Biaya dalam Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan

Bella Lestari

Universitas Sumatera Utara

Korespondensi penulis: bellalestari011997@gmail.com

Sawaluddin Sawaluddin

Universitas Sumatera Utara

Abstract. *Dynamic programming is a mathematical technique for optimizing decisions in stages by breaking a problem into stages that solve recursively. It displays the quantity and arrangement of inventory to maintain production and business revenue efficiently when used in inventory control management. This production planning uses a dynamic programming method based on the results of advanced calculations starting from stage 1 and moving forward to stage 12. The dynamic programming approach in this writing is deterministic because the pattern of the number of requests for bread is known absolutely. Decisions involving a problem are simplified little by little rather than directly. This research uses linear regression with a mathematical formula that is: $\hat{Y} = a - bX - e$ followed by the defect percentage formula $P_n = \frac{F_n}{1-p}$ to forecast demand for the next 12 months and apply a dynamic program to achieve the minimum total quantity.*

Keywords: *Inventory Control, Production Planning, Dynamic Programming, linear Regression, forward Rekursif.*

Abstrak. Program dinamik merupakan teknik matematis untuk mengoptimalkan keputusan bertahap dengan memecah persoalan menjadi tahap-tahap yang dipecahkan secara rekursif. Ini menampilkan kuantitas dan susunan persediaan untuk menjaga produksi dan pendapatan bisnis secara efisien saat digunakan dalam manajemen pengendalian persediaan. Perencanaan produksi ini memakai metode program dinamik berdasarkan hasil perhitungan maju, sehingga perhitungan dimulai dari tahap ke-1 bergerak maju ke tahap ke-12. Pendekatan program dinamik pada penulisan ini bersifat deterministik sebab pola jumlah permintaan roti diketahui secara absolut. Keputusan yang menyangkut suatu persoalan dioptimalkan secara sedikit demi sedikit dan bukan secara langsung. Penelitian ini menggunakan regresi linier dengan rumus matematisnya yaitu: $\hat{Y} = a - bX - e$ di ikuti dengan rumus persentase cacat $P_n = \frac{F_n}{1-p}$ untuk meramalkan permintaan selama 12 bulan berikutnya dan menerapkan program dinamik untuk mencapai jumlah total minimum.

Kata kunci: Pengendalian Persediaan, Perencanaan Produksi, Program Dinamik, Regresi Linier, Rekursif Maju.

LATAR BELAKANG

Di era globalisasi ini, banyak perusahaan dan lembaga yang pasti akan mengarahkan kekuasaannya untuk mengendalikan pesatnya perkembangan perekonomian di semua sektor. Munculnya perusahaan-perusahaan baru dapat mempertajam persaingan di bidang korporasi. Ketika Masyarakat Ekonomi Asia (MEA) ditetapkan, terjadi persaingan yang sengit ketika berbagai pelaku usaha bersaing untuk mendapatkan kepercayaan konsumen dengan menyediakan produk. Saat dunia usaha berada dalam pertarungan sengit satu sama lain, hal ini dapat mendorong untuk menemukan cara terbaik untuk bersaing. Hal ini bisa berarti, misalnya, mengawasi inventaris dengan cermat untuk menghindari penjualan produk apa pun kapan saja.

Persediaan perusahaan terdiri dari semua barang dan sumber daya yang digunakan dalam proses produksi dan distribusi selanjutnya. Karena produksi akan terhenti jika sumber daya mentah langkah, tingkat persediaan mempunyai dampak yang signifikan terhadap proses produksi. Dampak pertumbuhan perusahaan akan terhambat sementara jika penjualan terhambat. Sebuah perusahaan harus dapat beradaptasi dalam proses produksi dan penjualannya, terlepas dari dampaknya terhadap biaya penyimpanan, keamanan, dan pemeliharaan. Oleh karena itu, para pemimpin bisnis harus memperhatikan rasio risiko/imbalance (Lolyta Damora, 2021).

Masalah dengan alokasi, knapsack, penganggaran modal, dan manajemen inventaris semuanya diketahui dapat diatasi dengan teknik pemrograman dinamik. Dalam menjalankan bisnis, pengendalian persediaan sangat penting untuk mengurangi biaya produksi dan memaksimalkan pendapatan. Hal ini, pada gilirannya, membantu perusahaan untuk berkembang dan berkembang.

Salah satu prinsip utama pemrograman dinamik adalah prinsip optimasi yang berpendapat bahwa keputusan awal dan masa depan harus dioptimalkan dengan mempertimbangkan hasil dari keputusan pertama.

Pendekatan matematis yang dikenal dengan pemrograman dinamik dapat mengoptimalkan proses pengambilan keputusan secara bertahap. Memecah masalah menjadi bagian-bagian (tahap) yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola dan menyelesaikannya satu per satu adalah inti dari pendekatan ini. Dengan menggunakan pendekatan rekursif, program dinamik mampu menyelesaikan permasalahan. Hal ini memastikan bahwa hasil keputusan dimasa lalu dipertimbangkan di masa kini (Subagyo, 2000).

Untuk memastikan kuantitas dan susunan persediaan barang-barang produksi, bahan mentah, dan suku cadang pengganti adalah inti dari pengendalian persediaan, bagian dari manajemen pengendalian persediaan. Karena itu, bisnis dapat menjaga efisiensi operasi proses, penjualan, dan pembelian.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis Penerapan Program Dinamik Untuk Mengoptimalkan Total Biaya Dalam Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan.

KAJIAN TEORITIS

Perencanaan Produksi

Perusahaan, khususnya yang bergerak di sektor manufaktur, sangat bergantung pada pengembangan produk sebagai bagian dari proses perencanaan produksinya. Secara teknis, perencanaan produksi adalah suatu pendekatan yang berupaya meletakkan dasar untuk memutuskan bagaimana mengalokasikan sumber daya sehari-hari (Nasution, 1999).

Dunia usaha yang merencanakan jumlah produksinya secara konsisten dengan permintaan pelanggan akan merasakan dampaknya. Akibat persiapan yang matang, bisnis pasti akan menghadapi kendala dan tantangan dalam proses produksinya.

Pengendalian Persediaan

Organisasi di semua industri menghadapi tantangan yang sama dalam hal manajemen persediaan. Sekolah, hotel, masjid, rumah, restoran, pemerintah, dan organisasi nirlaba lainnya juga menghadapi tantangan manajemen persediaan, sama seperti bisnis nirlaba (Yamit, 1999).

Biaya Produksi

Sistem manajemen persediaan suatu organisasi harus mengupayakan ketersediaan bahan yang optimal, waktu tunggu yang minimal, dan efektivitas biaya. (Yamit, 1999).

Program Dinamik

Untuk memilih satu pilihan dari serangkaian pilihan yang terkait, matematikawan sering kali menggunakan teknik yang disebut pemrograman dinamik. Masalah optimasi yang melibatkan fitur kepemilikan adalah fokus utama kasus ini. Bertujuan untuk mewakili metode logis, pemrograman dinamik menggunakan pengambilan keputusan untuk memaksimalkan aktivitas manufaktur. Meskipun pemrograman linier memiliki pandangan yang lebih sempit, pemrograman dinamik mengambil pendekatan yang lebih umum dengan menggunakan rumus matematika standar (Rangkuti, 2011).

Dengan tujuan utama pengembangan teknik optimal, pemrograman dinamik menyederhanakan solusi masalah rumit menggunakan pendekatan optimasi. Pada fase ini, penilaian dibuat selangkah demi selangkah, menyerupai proses optimasi dengan beberapa keputusan tambahan.

Teori Peramalan

Untuk memenuhi permintaan barang dan jasa di masa depan, peramalan melibatkan penentuan sejumlah persyaratan, seperti jumlah, kualitas, lokasi, dan waktu. Perkiraan ilmiah, atau tebakan yang cerdas, didefinisikan sebagai prediksi. Landasan setiap keputusan yang menyangkut kondisi masa depan, dalam pandangannya, harus berupa ramalan (Sofyan Assauri, 1984).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan penelitian kepustakaan. Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder memerlukan observasi langsung. Penelitian ini menggunakan data produksi keseluruhan dan total permintaan Juli 2021-Juni 2022. Analisis data menggunakan Regresi Linier untuk memperkirakan ramalan berapa banyak produk Nanas Double Keju, Creamy cheese, dan Hazelnut Coklat yang akan terjual. Teknik analisis data menggunakan *Menggunakan software SPSS*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Perencanaan Produksi dengan Metode Program Dinamik

Dengan menggunakan hasil perhitungan yang canggih, perencanaan produksi ini menggunakan pendekatan pemrograman dinamik untuk mengatur produksi dan menentukan jumlah produksi ideal yang akan dilakukan setiap periode agar dapat menghasilkan keuntungan yang optimal. Artinya perhitungan dari tahap pertama berlanjut ke langkah kedua belas. Karena tren permintaan produk yang jelas. Kasus ini menggunakan metode pemrograman dinamik deterministik. Disarankan untuk mengoptimalkan pengambilan keputusan masalah secara bertahap, bukan sekaligus.

Secara khusus, harus ada dua belas tahap penerapan untuk mengoptimalkan total biaya produksi sepanjang tahun dengan menggunakan perhitungan bulanan. Fungsi pembatas, sebaliknya, bertanggung jawab untuk memastikan bahwa produksi tidak melebihi kapasitas gudang penyimpanan dan produksi didasarkan pada hasil prediksi terbaik.

1. Fungsi Tujuan dari persamaan 2.6

$$\min C = \sum_{n=1}^{12} A(X_n) + B(I_n)$$

Keterangan:

A = Biaya variabel produk (Rp. 43.500,-)

B = Biaya *suport* (Rp. 4.350,-)

A = Biaya variabel produk (Rp. 39.440,-)

B = Biaya *suport* (Rp. 3.944,-)

A = Biaya variabel produk (Rp. 40.600,-)

B = Biaya *suport* (Rp. 4.060,-)

X_n = Total output selama periode ke- n

I_n = Total persediaan pada periode ke- n

2. Fungsi Pembatas

- a. Outputnya tidak melebihi kapasitas sistem produksi. Persamaan 2.7 menunjukkan rumusan matematika yaitu:

$$I_n + S_n - G \leq X_n \leq I_n + S_n$$

- b. Stok tidak melebihi kapasitas penyimpanan gudang.

Formulasi matematisnya dapat dilihat dari persamaan 2.8, yaitu:

$$0 \leq I_n \leq G$$

$$0 \leq I_n \leq 500$$

3. Perhitungan menggunakan Program Dinamik

1. Penting untuk mengidentifikasi elemen pengambilan keputusan. Jadi, jumlah total periode yang tersedia adalah ($n = 1,2,3,\dots,12$).
2. *State Variabel (S)*: pada tahap ke- n mewakili jumlah total permintaan atau penjualan untuk periode ke- n .
3. Asumsikan, demi argumen, bahwa jumlah seluruh biaya produksi adalah C , dan tujuannya adalah untuk menurunkan jumlah ini selama dua belas bulan berikutnya.
4. Mengidentifikasi hubungan rekursif yang dapat diterima.
5. DRekursi maju berulang digunakan dalam penelitian ini dari tahap 1 hingga tahap 12 melakukan ini untuk mendapatkan hasil terbaik

Proses Perhitungan Program Dinamik

Tahap terakhir adalah menggunakan pendekatan Program Dinamik dalam jangka waktu 12 bulan untuk menetapkan jadwal produksi dengan biaya paling sedikit. Hal ini menghasilkan proses implementasi 12 tahap yang dimulai pada Juli 2021 dan berakhir pada Juni 2022. Untuk mendapatkan jawaban terbaik, akan menjumlahkan biaya produksi minimum dari seluruh kebijakan produksi yang layak. Dalam keadaan seperti ini, ada sejumlah langkah yang saling berhubungan yang harus diambil untuk menjamin keluaran barang semaksimal mungkin.

1. Penjadwalan produksi Nanas Double Keju

- a. Tahap (1) : juli 2021

Berdasarkan variasi jumlah barang di gudang, empat kebijakan produksi berbeda tersedia pada tahap ini: 0, 200, 400, dan 500 unit. Persamaan (2.9) dengan jelas menunjukkan persamaan rekursif sebagai berikut:

$$f_1(I_1) = \min\{(AX_1 + BI_1)\}$$

$$I_1 + S_1 - I_0 \leq X_1 \leq I_0 + S_0$$

$$269 \leq X_1$$

$S_1 = 269$ (angka penjualan tahun pertama jika $0 \leq I_1 \leq 500$), maka hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_1(0) &= (43500 \cdot 269 + 4350 \cdot 0) = 11701500 \\ f_1(200) &= (43500 \cdot 469 + 4350 \cdot 200) = 21271500 \\ f_1(400) &= (43500 \cdot 669 + 4350 \cdot 400) = 30841000 \\ f_1(500) &= (43500 \cdot 769 + 4350 \cdot 500) = 35626000 \end{aligned}$$

Kebijakan yang dipilih adalah kebijakan yang menghasilkan biaya produksi paling rendah, karena dari empat variasi persediaan, ada satu yang menghasilkan biaya minimum. Saat ini biaya produksi yang paling rendah adalah $I_1 = 0$ yaitu sebesar Rp. 11.701.500,-. Di sini, biaya optimal dianggap sebagai biaya produksi minimum.

b. Tahap (2) : Agustus 2021

Selain kedua tahap tersebut, perhitungannya juga memperhitungkan biaya produksi dari tahap sebelumnya. Untuk melakukan hal ini, menguji beberapa kebijakan produksi dengan stok roti 0, 200, 400, dan 500 potong. Kini setelah mencapai titik ini, terdapat enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, yang semuanya didasarkan pada ketentuan bahwa $I_2 + S_2 - 500 \leq X_2 \leq I_2 + S_2$ mengingat $f_n(I_n)$ bergantung pada $f_{n-1}(I_{n-1})$, dapat menulis ulang $f_2(I_2)$ bergantung pada $f_1(I_1)$ dan perhitungan yang dihasilkan terlihat seperti ini:

$$f_n(I_n) = \min\{(A \cdot X_n + B \cdot I_n) + f_{n-1}(I_n + S_n - X_n)\}$$

Untuk, $I_2 = 0$, maka

$$f_2(0) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot I_2) + f_1(I_2 + S_2 - X_2)\}$$

nilai $f_2(0)$ dimana $-224 \leq X_2 \leq 276$ adalah :

$$\begin{aligned} &f_2(0) \\ &= \min \left\{ \begin{aligned} (43500 \cdot (-224) + 4350 \cdot 0) + f_1(0 + 276 - (-224)) &= 25882500 \\ (43500 \cdot (-124) + 4350 \cdot 0) + f_1(0 + 276 - (-124)) &= 25447500 \\ (43500 \cdot 76 + 4350 \cdot 0) + f_1(0 + 276 - 76) &= 24577500 \\ (43500 \cdot 276 + 4350 \cdot 0) + f_1(0 + 276 - 276) &= 23767500 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Untuk, $I_2 = 200$, maka

$$f_2(200) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot I_2) + f_1(I_2 + S_2 - X_2)\}$$

nilai $f_2(200)$ dimana $-24 \leq X_2 \leq 476$ adalah :

$$\begin{aligned} &f_2(200) \\ &= \min \left\{ \begin{aligned} (43500 \cdot (-24) + 4350 \cdot 200) + f_1(200 + 276 - (-24)) &= 35452500 \\ (43500 \cdot 76 + 4350 \cdot 200) + f_1(200 + 276 - 76) &= 35017500 \\ (43500 \cdot 276 + 4350 \cdot 200) + f_1(200 + 276 - 276) &= 34147500 \\ (43500 \cdot 476 + 4350 \cdot 200) + f_1(200 + 276 - 476) &= 33277500 \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Dari rumus tersebut terlihat jelas bahwa biaya produksi terkecil terjadi pada saat jumlah persediaan $I_2 = 0$.

c. Tahap (3) : September 2021

Tahap 3 menyajikan enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, dengan jumlah inventaris 0, 200, 400, dan 500 item ditetapkan untuk masing-masing opsi. Satu strategi yang menghasilkan biaya minimum tersedia untuk setiap kemungkinan alternatif kebijakan produksi. Salah satu pilihan terbaik dipilih. Saat menggunakan rumus rekursif $f_3(I_3) = \min\{(A.X_3 + B.I_3) + f_2(I_3 + S_3 - X)\}$, dengan $I_3 + S_3 - 500 \leq X_3 \leq I_3 + S_3$ proses produksi mencapai titik minimum $I_3 = 0$.

Proses penghitungan ini akan berlanjut hingga Juni 2022 tahap ke-12. Kecuali tahap pertama yang hanya mempunyai empat alternatif, setiap tahap menawarkan enam belas pilihan kebijakan produksi yang berbeda (seperti terlihat pada lampiran 6). Dengan jumlah persediaan $I_n = 0$. Maka setiap total biaya ideal untuk produksi, seperti digambarkan pada Lampiran 6. Hal ini membuktikan bahwa harga produk akan turun akibat berkurangnya persediaan gudang. Dalam lampiran, juga dapat menemukan biaya ideal untuk setiap tahap, jumlah produksi dan inventaris, dan banyak lagi.

Setelah perhitungan program dinamik selesai, rencana produksi bulanan dapat diketahui. Hal ini memungkinkan produksi yang paling hemat biaya dan menghasilkan solusi optimal selama penjadwalan. Hasil jadwal produksi dua belas bulan berikutnya dapat lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1. hasil penjadwalan produksi Nanas Double Keju Juli 2021 – Juni 2022

Bulan	Permintaan Nanas Doble Keju	Produksi (kotak)	Persediaan (kotak)	Biaya Minimum (Rp.)
Juli 2021	269	269	0	11701500
Agustus 2021	276	276	0	12006000
September 2021	283	283	0	12310500
Oktober 2021	291	291	0	12658500
November 2021	298	298	0	12963000
Desember 2021	305	305	0	13267500
Januari 2022	312	312	0	13572000
Februari 2022	320	320	0	13920000
Maret 2022	327	327	0	14224500
April 2022	334	334	0	14529000
Mei 2022	341	341	0	14833500
Juni 2022	449	449	0	19531500
Jumlah	3805	3805	0	165517500

Besarnya produksi Nanas Double Keju berbanding lurus dengan permintaan konsumen pada bulan Juli 2021 sampai dengan Juni 2022 seperti terlihat pada tabel 1. Karena hal ini, tidak pernah ada persediaan apa pun di gudang. Berdasarkan temuan, setiap kali $I_n = 0$, Ini karena, biaya simpan lebih rendah dari pada biaya produksi, semakin sedikit persediaan maka akan mengurangi jumlah biaya. Untuk jadwal produksi selama 12 bulan ke depan, total biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 165.517.500,-. Akan dihabiskan selama 12 bulan berikutnya pada rencana produksi. Sederhananya, ini adalah hasil optimal dari program dinamiK yang meminimalkan biaya produksi.

2. Penjadwalan produksi Creamy Cheese

a. Tahap (1) : Juli 2021

Berdasarkan variasi jumlah barang di gudang, empat kebijakan produksi berbeda tersedia pada tahap ini: 0, 200, 400, dan 500 unit. Persamaan (2.9) dengan jelas menunjukkan persamaan rekursif sebagai berikut:

$$f_1(I_1) = \min\{AX_1 + BI_1\}$$

$$I_1 + S_1 - I_0 \leq X_1 \leq I_0 + S_0$$

$$1077 \leq X_1$$

$S_1 = 1077$ (angka penjualan tahun pertama jika $0 \leq I_1 \leq 500$), maka hasilnya sebagai berikut:

$$f_1(0) = (39440 \cdot 1077 + 3944 \cdot 0) = 42476880$$

$$f_1(200) = (39440 \cdot 1277 + 3944 \cdot 200) = 51153680$$

$$f_1(400) = (39440 \cdot 1477 + 3944 \cdot 400) = 59830480$$

$$f_1(500) = (39440 \cdot 1577 + 3944 \cdot 500) = 64168880$$

Kebijakan yang dipilih adalah kebijakan yang menghasilkan biaya produksi paling rendah, karena dari empat variasi persediaan, ada satu yang menghasilkan biaya minimum. Saat ini, biaya produksi yang paling rendah adalah $I_1 = 0$ yaitu Rp. 42.476.880,-. Di sini, biaya optimal dianggap sebagai biaya produksi minimum.

b. Tahap (2) : Agustus 2021

Selain kedua tahap tersebut, perhitungannya juga memperhitungkan biaya produksi dari tahap sebelumnya. Untuk melakukan hal ini, menguji beberapa kebijakan produksi dengan stok roti 0, 200, 400, dan 500 potong. Kini setelah mencapai titik ini, terdapat enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, yang semuanya didasarkan pada ketentuan bahwa $I_2 + S_2 - 500 \leq X_2 \leq I_2 + S_2$ mengingat $f_n(I_n)$ bergantung

pada $f_{n-1}(I_{n-1})$, dapat menulis ulang $f_2(I_2)$ bergantung pada $f_2(I_2)$, dan perhitungan yang dihasilkan terlihat seperti ini:

$$f_n(I_n) = \min\{(A \cdot X_n + B \cdot I_n) + f_{n-1}(I_n + S_n - X_n)\}$$

Untuk, $I_2 = 0$, maka

$$f_2(0) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot I_2) + f_1(I_2 + S_2 - X_2)\}$$

nilai $f_2(0)$ dimana $601 \leq X_2 \leq 1101$ adalah :

$$f_2(0) = \min \left\{ \begin{array}{l} (39440 \cdot 601 + 3944 \cdot 0) + f_1(0 + 1101 - 601) = 87872320 \\ (39440 \cdot 701 + 3944 \cdot 0) + f_1(0 + 1101 - 701) = 87477920 \\ (39440 \cdot 901 + 3944 \cdot 0) + f_1(0 + 1101 - 901) = 86689120 \\ (39440 \cdot 1101 + 3944 \cdot 0) + f_1(0 + 1101 - 1101) = 85900320 \end{array} \right\}$$

Untuk, $I_2 = 200$, maka

$$f_2(200) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot I_2) + f_1(I_2 + S_2 - X_2)\}$$

nilai $f_2(200)$ dimana $801 \leq X_2 \leq 1301$ adalah :

$$f_2(200) = \min \left\{ \begin{array}{l} (39440 \cdot 801 + 3944 \cdot 200) + f_1(200 + 1101 - 801) = 96949620 \\ (39440 \cdot 901 + 3944 \cdot 200) + f_1(200 + 1101 - 901) = 96154720 \\ (39440 \cdot 1101 + 3944 \cdot 200) + f_1(200 + 1101 - 1101) = 95365920 \\ (39440 \cdot 1301 + 3944 \cdot 200) + f_1(200 + 1101 - 1301) = 94577120 \end{array} \right\}$$

Dari rumus tersebut terlihat jelas bahwa biaya produksi terkecil terjadi pada saat jumlah persediaan $I_2 = 0$.

c. Tahap (3) : September 2021

Tahap 3 menyajikan enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, dengan jumlah inventaris 0, 200, 400, dan 500 item ditetapkan untuk masing-masing opsi. Satu strategi yang menghasilkan biaya minimum tersedia untuk setiap kemungkinan alternatif kebijakan produksi. Salah satu pilihan terbaik dipilih. Saat menggunakan rumus rekursif $f_3(I_3) = \min\{(A \cdot X_3 + B \cdot I_3) + f_2(I_3 + S_3 - X)\}$, dengan $I_3 + S_3 - 500 \leq X_3 \leq I_3 + S_3$ proses produksi mencapai titik minimum $I_3 = 0$.

Proses penghitungan ini akan berlanjut hingga Juni 2022 tahap ke-12. Kecuali tahap pertama, yang hanya memiliki empat alternatif, Lampiran 7 menunjukkan bahwa terdapat enam belas pilihan kebijakan produksi yang berbeda untuk setiap tingkat. Lampiran 7 menunjukkan bahwa untuk jumlah persediaan $I_n = 0$, setiap total biaya ideal untuk produksi. Hal ini menunjukkan bahwa harga produk akan turun karena berkurangnya persediaan di gudang. Dalam lampiran, juga dapat menemukan biaya ideal untuk setiap tahap, jumlah produksi dan inventaris, dan banyak lagi.

Setelah perhitungan program dinamik selesai, rencana produksi bulanan dapat diketahui. Hal ini memungkinkan produksi yang paling hemat biaya dan menghasilkan

solusi optimal selama penjadwalan. Hasil jadwal produksi dua belas bulan berikutnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. hasil penjadwalan produksi bolu Creamy Cheese Juli 2021 – Juni 2022

Bulan	Permintaan Creamy Cheese	Produksi (kotak)	Persediaan (kotak)	Biaya Minimum (Rp.)
Juli 2021	1077	1077	0	42476880
Agustus 2021	1101	1101	0	43423440
September 2021	1125	1125	0	44370000
Oktober 2021	1149	1149	0	45316560
November 2021	1174	1174	0	46302560
Desember 2021	1198	1198	0	47249120
Januari 2022	1222	1222	0	48195680
Februari 2022	1245	1245	0	49102800
Maret 2022	1270	1270	0	50088800
April 2022	1294	1294	0	51035360
Mei 2022	1318	1318	0	51981920
Juni 2022	1342	1342	0	52928480
Jumlah	14515	14515	0	572471600

Jumlah produksi Bolu Creamy Cheese dari juli 2021 hingga juni 2022 selalu sebanding dengan permintaan konsumen, seperti dapat dilihat dari tabel 2. Oleh karena itu, tidak ada persediaan gudang di setiap tahap. Hasilnya menunjukkan bahwa total terendah selalu diterapkan pada angka saat $I_n = 0$. total terendah diterapkan secara konsisten. Alasan dibalik hal ini adalah karena pengurangan persediaan menyebabkan berkurangnya total biaya, karena biaya penyimpanan lebih rendah dibandingkan biaya produksi. Biaya keseluruhan pembuatan 12 bulan berikutnya adalah Rp. 572.471.600,. Se jauh program dinamik berjalan, program ini memberikan hasil terbaik dalam hal pengurangan biaya produksi.

3. Penjadwalan produksi Hazelnut Coklat

a. Tahap (1) : Juli 2021

Berdasarkan variasi jumlah barang di gudang, empat kebijakan produksi berbeda tersedia pada tahap ini: 0, 200, 400, dan 500 unit. Persamaan (2.9) dengan jelas menunjukkan persamaan rekursif sebagai berikut:

$$f_1(I_1) = \min\{(AX_1 + BI_1)\}$$

$$I_1 + S_1 - I_0 \leq X_1 \leq I_0 + S_0$$

$$1506 \leq X_1$$

$S_1 = 1506$ (angka penjualan tahun pertama jika $0 \leq I_1 \leq 500$), maka hasilnya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} f_1(0) &= (40600 \cdot 1506 + 4060 \cdot 0) = 61143600 \\ f_1(200) &= (40600 \cdot 1706 + 4060 \cdot 200) = 70075000 \\ f_1(400) &= (40600 \cdot 1906 + 4060 \cdot 400) = 79007600 \\ f_1(500) &= (40600 \cdot 2006 + 4060 \cdot 500) = 83473600 \end{aligned}$$

Kebijakan yang dipilih adalah kebijakan yang menghasilkan biaya produksi paling rendah, karena dari empat variasi persediaan, ada satu yang menghasilkan biaya minimum. Saat ini biaya produksi yang paling rendah adalah $I_1 = 0$ dengan biayanya adalah Rp. 61.143.600,-. Di sini, biaya optimal dianggap sebagai biaya produksi minimum.

b. Tahap (2) : Agustus 2021

Perhitungannya juga memperhitungkan biaya produksi yang dikeluarkan pada tahap sebelumnya, selain kedua prosedur tersebut. Persediaan roti sebanyak 0, 200, 400, atau 500 potong digunakan untuk melaksanakan kebijakan produksi. Kini setelah mencapai titik ini, terdapat enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, yang semuanya didasarkan pada ketentuan bahwa $I_2 + S_2 - 500 \leq X_2 \leq I_2 + S_2$ mengingat $f_n(I_n)$ bergantung pada $f_{n-1}(I_{n-1})$, dapat menulis ulang $f_2(I_2)$ bergantung pada $f_1(I_1)$ dan perhitungan yang dihasilkan terlihat seperti ini:

$$f_2(I_2) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot I_2) + f_1(I_2 + S_2 - X_2)\}$$

Untuk, $I_2 = 0$, maka

$$f_2(0) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot 0) + f_1(0 + 1529 - X_2)\}$$

nilai $f_2(0)$ dimana $1029 \leq X_2 \leq 1529$ adalah :

$$f_2(0) = \min \left\{ \begin{array}{l} (40600 \cdot 1029 + 4060 \cdot 0) + f_1(0 + 1529 - 1029) = 125251000 \\ (40600 \cdot 1129 + 4060 \cdot 0) + f_1(0 + 1529 - 1129) = 124845000 \\ (40600 \cdot 1329 + 4060 \cdot 0) + f_1(0 + 1529 - 1329) = 124033000 \\ (40600 \cdot 1529 + 4060 \cdot 0) + f_1(0 + 1529 - 1529) = 123221000 \end{array} \right\}$$

Untuk, $I_2 = 200$, maka

$$f_2(200) = \min\{(A \cdot X_2 + B \cdot 200) + f_1(200 + 1529 - X_2)\}$$

nilai $f_2(200)$ dimana $1229 \leq X_2 \leq 1729$ adalah :

$$f_2(200) = \min \left\{ \begin{array}{l} (40600 \cdot 1229 + 4060 \cdot 200) + f_1(200 + 1529 - 1229) = 134183000 \\ (40600 \cdot 1329 + 4060 \cdot 200) + f_1(200 + 1529 - 1329) = 133777000 \\ (40600 \cdot 1529 + 4060 \cdot 200) + f_1(200 + 1529 - 1529) = 132965000 \\ (40600 \cdot 1729 + 4060 \cdot 200) + f_1(200 + 1529 - 1729) = 132153000 \end{array} \right\}$$

Dari rumus tersebut terlihat jelas bahwa biaya produksi terkecil terjadi pada saat jumlah persediaan $I_2 = 0$.

c. Tahap (3) : September 2021

Tahap 3 menyajikan enam belas opsi berbeda untuk kebijakan produksi, dengan jumlah inventaris 0, 200, 400, dan 500 item ditetapkan untuk masing-masing opsi. Strategi tunggal menghasilkan biaya serendah mungkin dalam setiap alternatif kebijakan produksi. Salah satu pilihan terbaik dipilih. Saat menggunakan rumus rekursif $f_3(I_3) = \min\{(A \cdot X_3 + B \cdot I_3) + f_2(I_3 + S_3 - X)\}$, dengan $I_3 + S_3 - 500 \leq X_3 \leq I_3 + S_3$ proses produksi mencapai titik minimum $I_3 = 0$.

Proses penghitungan ini akan berlanjut hingga Juni 2022 tahap ke-12. Kecuali tahap pertama yang hanya mempunyai empat alternatif, setiap tahap menawarkan enam belas pilihan kebijakan produksi yang berbeda (seperti terlihat pada lampiran 8). Lampiran 8 menunjukkan bahwa untuk jumlah persediaan $I_n = 0$, setiap total biaya ideal untuk produksi. Hal ini menunjukkan bahwa harga produk akan turun karena berkurangnya persediaan di gudang. Dalam lampiran, juga dapat menemukan biaya ideal untuk setiap tahap, jumlah produksi dan inventaris, dan banyak lagi

Setelah perhitungan program dinamik selesai, rencana produksi bulanan dapat diketahui. Hal ini memungkinkan produksi yang paling hemat biaya dan menghasilkan solusi optimal selama penjadwalan. Hasil jadwal produksi dua belas bulan berikutnya dapat lihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 3. hasil penjadwalan produksi bolu Hazelnut Coklat Juli 2021 – Juni 2022

Bulan	Permintaan Creamy Cheese	Produksi (kotak)	Persediaan (kotak)	Biaya Minimum (Rp.)
Juli 2021	1506	1506	0	61143600
Agustus 2021	1529	1529	0	62077400
September 2021	1552	1552	0	63011200
Oktober 2021	1574	1574	0	63904400
November 2021	1596	1596	0	64797600
Desember 2021	1619	1619	0	65731400
Januari 2022	1641	1641	0	66624600
Februari 2022	1664	1664	0	67558400
Maret 2022	1686	1686	0	68451600
April 2022	1709	1709	0	69385400
Mei 2022	1731	1731	0	70278600
Juni 2022	1754	1754	0	71212400
Jumlah	19561	19561	0	794176600

Jumlah produksi Bolu Hazelnut Coklat dari juli 2021 hingga juni 2022 selalu sebanding dengan permintaan konsumen, seperti dapat dilihat dari tabel 3. Oleh karena itu, tidak ada persediaan gudang di setiap tahap. Hasilnya menunjukkan bahwa total terendah selalu diterapkan pada angka saat $I_n = 0$. Ini karena, biaya simpan lebih rendah dari pada biaya produksi, semakin sedikit persediaan maka akan mengurangi jumlah biaya. Untuk jadwal produksi selama 12 bulan ke depan, total biaya yang dikeluarkan adalah Rp. 794.176.600,-. Ini adalah hasil terbaik dari program dinamik yang meminimumkan biaya produksi.

Kalkulasi Biaya

Kondisi Tanpa Menggunakan Metode Program Dinamik

Jika menggunakan metode program dinamik saat menghitung biaya, maka harus mempertimbangkan biaya yang timbul dari kesalahan jumlah produksi, dalam kasus ini perusahaan selalu mengalami kelebihan produksi, yang mengurangi keuntungan perusahaan. Dari tabel dibawah akan dicari kelebihan dari keseluruhan jumlah produksi dan permintaan dari setiap roti dengan menggunakan Metode Program Dinamik dan tanpa menggunakan Metode Program Dinamik.

Tabel 4. Data Jumlah Permintaan Periode Juli 2020 – Juni 2021

Nomor	Periode	Permintaan		
		Nanas Double Keju	Creamy Cheese	Hazelnut Coklat
1	Juli 2020	163	779	1248
2	Agustus 2020	148	736	1278
3	September 2020	163	718	1064
4	Oktober 2020	185	691	1062
5	November 2020	73	703	958
6	Desember 2020	165	179	1214
7	Januari 2021	132	784	1028
8	Februari 2021	86	631	870
9	Maret 2021	93	342	980
10	April 2021	64	571	762
11	Mei 2021	132	472	1333
12	Juni 2021	92	590	895
Jumlah		1496	7196	12692

Tabel 5. Data Jumlah Produksi Periode Juli 2020 – Juni 2021

Nomor	Periode	Produksi		
		Nanas Double Keju	Creamy Cheese	Hazelnut Coklat
1	Juli 2020	132	758	1125
2	Agustus 2020	140	785	1166
3	September 2020	213	838	1133
4	Oktober 2020	185	741	1081
5	November 2020	101	827	1074
6	Desember 2020	179	220	1281
7	Januari 2021	192	710	1588
8	Februari 2021	142	781	1004
9	Maret 2021	150	478	1122
10	April 2021	105	694	891
11	Mei 2021	150	555	1404
12	Juni 2021	102	680	975
Jumla		1791	8067	13844

Sumber : Perusahaan Roti

Kalkulasi perhitungan akan dimulai dengan kondisi tanpa Menggunakan Metode Program Dinamik adalah sebagai berikut:

1. Kalkulasi biaya produksi Nanas Double Keju tanpa menggunakan Metode Program Dinamik.

Dari table 1 perusahaan roti mengalami kelebihan produksi sebanyak 295 kotak selama 12 bulan yang lalu. Dengan asumsi bahwa perusahaan akan mengalami kelebihan produksi dengan persentase yang sama selama 12 bulan mendatang, maka persentase kelebihan produksi untuk perusahaan roti pada 12 bulan mendatang adalah.

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase Kelebihan Produksi} &= \frac{\text{Total Kelebihan}}{\text{Total Produksi}} \times 100 \% \\
 &= \frac{295}{1791} \times 100 \% \\
 &= 16 \%
 \end{aligned}$$

Sehingga kelebihan produksi yang akan dialami oleh perusahaan untuk 12 bulan mendatang adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Kelebihan Produksi} &= 16 \% \times \text{Jumlah Produksi} \\
 &= 0,16 \times 3805 \\
 &= 608 \text{ kotak}
 \end{aligned}$$

Sehingga total keuntungan yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned}
 &= (\text{Jumlah Permintaan} - \text{Jumlah Kelebihan Produksi}) \times 0,42 \times \text{Rp. 75000} \\
 &= (3805 - 608) \times 0,42 \times \text{Rp. 75000}
 \end{aligned}$$

$$= (3197) \times 0,42 \times Rp. 75000$$

$$= Rp. 100.705.500,-/12 \text{ Bulan}$$

Diasumsikan keuntungan sebesar 42% dari harga jual yang telah di tetapkan Rp.75000/Kotak). Sehingga keuntungan yang didapat adalah Rp. 100.705.500,-/12 Bulan dengan kelebihan produksi sebesar 16%.

2. Kalkulasi biaya produksi Creamy Cheese tanpa menggunakan Metode Program Dinamik.

Dari table 2 dan tabel 3 perusahaan roti mengalami kelebihan produksi sebanyak 871 buah selama 12 bulan yang lalu. Dengan asumsi bahwa perusahaan akan mengalami kelebihan produksi dengan persentase yang sama selama 12 bulan mendatang, maka persentase kelebihan produksi untuk perusahaan roti pada 12 bulan mendatang adalah.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kelebihan Produksi} &= \frac{\text{Total Kelebihan}}{\text{Total Produksi}} \times 100\% \\ &= \frac{871}{8067} \times 100\% \\ &= 10\% \end{aligned}$$

Sehingga kelebihan produksi yang akan dialami oleh perusahaan untuk 12 bulan mendatang adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan Produksi} &= 10\% \times \text{Jumlah Produksi} \\ &= 0,10 \times 14515 \\ &= 1451 \text{ kotak} \end{aligned}$$

Sehingga total keuntungan yang diperoleh adalah :

$$= (\text{Jumlah Permintaan} - \text{Jumlah Kelebihan Produksi}) \times 0,42 \times Rp. 68000$$

$$= (14515 - 1451) \times 0,42 \times Rp. 68000$$

$$= (13064) \times 0,42 \times Rp. 68000$$

$$= Rp. 373.107.840,-/12 \text{ Bulan}$$

Diasumsikan keuntungan sebesar 42% dari harga jual yang telah di tetapkan Rp.68000/Kotak). Sehingga keuntungan yang didapat adalah Rp. 373.107.840,-/12 Bulan dengan kelebihan produksi sebesar 10%.

3. Kalkulasi biaya produksi Hazelnut Coklat tanpa menggunakan Metode Program Dinamik.

Dari table 3 dan tabel 2 perusahaan roti mengalami kelebihan produksi sebanyak 1152 buah selama 12 bulan yang lalu. Dengan asumsi bahwa perusahaan akan mengalami kelebihan produksi dengan persentase yang sama selama 12 bulan mendatang, maka persentase kelebihan produksi untuk perusahaan roti pada 12 bulan mendatang adalah.

$$\begin{aligned} \text{Persentase Kelebihan Produksi} &= \frac{\text{Total Kelebihan}}{\text{Total Produksi}} \times 100\% \\ &= \frac{1152}{13844} \times 100\% \\ &= 8\% \end{aligned}$$

Sehingga kelebihan produksi yang akan dialami oleh perusahaan untuk 12 bulan mendatang adalah:

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan Produksi} &= 8\% \times \text{Jumlah Produksi} \\ &= 0,08 \times 19561 \\ &= 1564 \text{ kotak} \end{aligned}$$

Sehingga total keuntungan yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} &= (\text{Jumlah Permintaan} - \text{Jumlah Kelebihan Produksi}) \times 0,42 \times \text{Rp. 70000} \\ &= (19561 - 1564) \times 0,42 \times \text{Rp. 70000} \\ &= (17997) \times 0,42 \times \text{Rp. 70000} \\ &= \text{Rp. 529.111.800,-/12 Bulan} \end{aligned}$$

Diasumsikan keuntungan sebesar 42% dari harga jual yang telah ditetapkan Rp.70000/kotak). Sehingga keuntungan yang didapat adalah Rp.529.111.800,-/12 Bulan dengan kelebihan produksi sebesar 8%.

Kondisi Menggunakan Metode Program Dinamik

Dengan menggunakan Program Dinamik untuk merencanakan penjadwalan produksi, perusahaan dapat mengoptimalkan keuntungan dengan memenuhi permintaan konsumen. Dengan asumsi yang sama, keuntungan yang diperoleh dari penggunaan program dinamik adalah sebagai berikut:

1. Kalkulasi biaya Produksi Nanas Doble Keju dengan menggunakan Metode Program Dinamik

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan yang diperoleh} &= \text{Jumlah Permintaan} \times 0,42 \times 75000 \\ &= 3805 \times 0,42 \times 75000 \\ &= \text{Rp. 119.857.500,-/ 12 Bulan} \end{aligned}$$

Sehingga hasil kalkulasi biaya, dapat dilihat bahwa total laba yang dapat diperoleh perusahaan setelah menggunakan Metode Program Dinamik akan lebih optimal, yaitu sebesar Rp.119.857.500,-/12 Bulan, sedangkan keuntungan yang diperoleh perusahaan sebelum menggunakan Program Dinamik adalah sebesar Rp. 100.705.500,-/12 Bulan. Hal ini disebabkan oleh kelebihan produksi sebesar 16% atau yang dialami perusahaan sebelum penerapan metode program dinamik.

2. Kalkulasi biaya Produksi Creamy Cheese dengan menggunakan Metode Program Dinamik

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan yang diperoleh} &= \text{Jumlah Permintaan} \times 0,42 \times 68000 \\ &= 14515 \times 0,42 \times 68000 \\ &= \text{Rp. } 414.548.400,-/12 \text{ Bulan} \end{aligned}$$

Sehingga hasil kalkulasi biaya, dapat dilihat bahwa jumlah keuntungan yang dapat diperoleh perusahaan setelah menggunakan Metode Program Dinamik akan lebih optimal, yaitu sebesar Rp. 414.548.400,-/12 Bulan, sedangkan keuntungan yang diperoleh perusahaan sebelum menggunakan Program Dinamik adalah sebesar Rp. 373.107.848,-/12 Bulan. Hal ini disebabkan oleh kelebihan produksi sebesar 10% atau yang dialami perusahaan sebelum penerapan metode program dinamik.

3. Kalkulasi biaya Produksi Hazelnut Coklat dengan menggunakan Metode Program Dinamik.

$$\begin{aligned} \text{Keuntungan yang diperoleh} &= \text{Jumlah Permintaan} \times 0,42 \times 70000 \\ &= 19561 \times 0,42 \times 70000 \\ &= \text{Rp. } 575.093.400,-/12 \text{ Bulan} \end{aligned}$$

Sehingga hasil kalkulasi biaya, dapat dilihat bahwa jumlah keuntungan yang dapat diperoleh perusahaan setelah menggunakan Metode Program Dinamik akan lebih optimal, yaitu sebesar Rp. 575.093.500,-/12 Bulan, sedangkan keuntungan yang diperoleh perusahaan sebelum menggunakan Program Dinamik adalah sebesar Rp. 529.111.800,-/12 Bulan. Hal ini disebabkan oleh kelebihan produksi sebesar 8% atau yang dialami perusahaan sebelum penerapan metode program dinamik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan diperoleh bahwa Hasil penelitian menunjukkan dimana metode Regresi Linier dengan rumus matematisnya yaitu: $\hat{Y} = a - bX - e$ digunakan untuk meramalkan permintaan untuk 12 bulan mendatang dan menggunakan Program Dinamik Deterministik untuk memperoleh total biaya minimum. Berdasarkan uraian ketiga item bakery tersebut, dapat ditentukan bahwa, dalam hal perencanaan jadwal produksi, pendekatan Program Dinamis menghasilkan outcome yang lebih optimal dari segi keuntungan daripada tidak menggunakannya. Sebagai contoh untuk produk roti sebagai berikut. Proses perencanaan penjadwalan produksi Nanas Double Keju menggunakan metode program dinamik untuk menghasilkan hasil yang lebih optimal dari segi keuntungan: Rp. 119.857.500/12 bulan,

berbeda dengan Rp. 100.705.500/12 bulan bila keuntungan diperoleh tanpa menggunakan metode program dinamik.

Disarankan agar penelitian selanjutnya melibatkan pembuatan rencana dengan melibatkan variasi produk yang lebih kompleks. Akibatnya, lebih banyak perencanaan produksi harus dilakukan sambil membandingkan berbagai pendekatan yang berbeda.

DAFTAR REFERENSI

- Anonim. (2014). Analisis Data Penelitian dengan SPSS 22. Ed.1. Lembaga Penerbitan C.V ANDI OFFET.
- Assauri, S. (1984). Teknik dan Metode Peramalan dalam Ekonomi dan Dunia Usaha (Edisi 1). Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi UI.
- Assauri, S. (2004). Manajemen Produksi dan Operasi. CP-FEUI.
- Dimiyati, T. T., & Dimiyati, A. (1999). Operations Research: Model-model Pengambilan Keputusan. Sinar Baru Algesindo.
- Fauzi, A., & Mas'ud, M. I. (2019). Proses M.
- Hillier, F., & Lieberman, G. (2001). Introduction to Operations Research. McGraw-Hillbook Co.
- Mulyono, S. (2002). Riset Operasi. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- Nasution, A. H. (1999). Perencanaan dan Pengendalian Produksi (Cetakan kedua). Guna Widya.
- Nurhidayati, U. F. (2010). Penggunaan Program Dinamik untuk Menentukan Total Biaya Minimum pada Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan (Laporsm Tugas Akhir, Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Rangkuti, A. (2011). Penerapan Model Dinamik Probabilistik pada Produksi Kendaraan Bermotor Dalam Negeri Tahun 2009 – 2013. Jurnal Matematika, Statistika & Komputasi, 8(1).
- Rangkuti, A. (2013). 7 Model Riset Operasi & Aplikasinya. Grya Candra.
- Simanjuntak, R. G., Faigiziduhu, Bu., & Nababan, E. S. M. (2013). Aplikasi Program Dinamik Untuk Mengoptimalkan Biaya Total Pada Pengendalian Produksi Minyak Sawit Dan Inti Sawit (Studi Kasus: PTPN IV (Persero) PKS Sawit Langkat). Saintia Matematika, 1(5), 419–433.
- Simbolon, L. D. (2021). Pengendalian Persediaan. FP.Aswaja.
- Subagyo, P. (2000). Dasar-dasar Operations Research (Edisi-2). PT. BPFE.

Sugiyono. (2010). Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D. ALFABETA.

Yamit, Z. (1999). Manajemen Persediaan. EKONISIA Fakultas Ekonomi UII.