

Perencanaan Produksi Kantong Sampah Plastik Menggunakan Metode Linear Programming Di PT Kharisma Plastik Indo

Nidhya Dwiza Adyasa, Nur Yulianti Hidayah*

Program Industrial Engineering Study Program, Faculty of Engineering Pancasila University, Jl. Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta, 12640, INDONESIA

Article Info

Article history:

Received
25 Agustus 2023

Accepted
29 Mei 2024

Keywords:

Aggregate Production Planning, Disaggregation, Forecasting, Linear Regression, Linear Programming, Percentage of Sales Method.

Abstract

PT Kharisma Plastik Indo (PT KPI) is a company that produces recycled plastics and cassava-based plastics. The main product produced by PT KPI is trash bags which have 2 variants, namely black and green. Currently, the company is faced with the problem of stacking finished goods in storage. In carrying out the production, the company uses daily targets without looking at historical sales data. This study aims to estimate the number of trash bag production using the Linear Regression forecasting method, make aggregate production planning using the Linear Programming method, and disaggregate to determine production schedule of each variant with the percentage of sales method. Forecasting demand for trash bag in October 2022 – February 2023 respectively are 10,061 kg, 9,844 kg, 9,627 kg, 9,410 kg and 9,193 kg. The aggregate planning resulted the total production of trash bags in October - December 2022 respectively are 3,999 kg in normal hours, 9,729 kg in normal hours and 115 kg in overtime, and 9,627 kg in normal hours. January – February 2023 in normal hours are 9,410 kg and 9,193 kg. The disaggregation obtained the trash bag production schedule for October 2022 – February 2023 respectively are 2,131 kg of the black and 1,868 kg of the green, 5,245 kg of the black and 4,599 kg of the green, 5,129 kg of the black and 4,498 kg of the green, 5,014 kg of the black and 4,396 kg of the green, and 4,898 kg of the black and 4,295 kg of the green.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan industri yang semakin pesat, permintaan pasar menjadi semakin fluktuatif karena faktor-faktor seperti siklus ekonomi yang semakin cepat, persaingan yang ketat, keinginan konsumen yang berubah serta perkembangan produk dan teknologi pemrosesan yang pesat. Perusahaan semakin dituntut untuk mampu mempertimbangkan serta cepat dalam mengambil keputusan. Perusahaan juga harus menentukan langkah bisnis yang sesuai dengan kondisi pasar. Ketidaksesuaian permintaan dengan produksi dapat menyebabkan kerugian yang besar saat produksi lebih banyak dari pada permintaan dan kekosongan barang saat permintaan lebih banyak daripada produksi karena kondisi tersebut dapat membuat perusahaan kehilangan konsumen atau pelanggan. Selain itu, ketidaksesuaian jumlah produksi dengan permintaan dan penjualan pun juga merugikan waktu, tempat dan biaya-biaya yang diperlukan selama produksi berlangsung. Menyusun suatu rencana produksi merupakan proses awal sebelum memulai proses produksi. Dalam perencanaan produksi, menentukan jumlah produksi menjadi salah satu tujuan dalam mengantisipasi terjadinya kelebihan maupun

kekurangan produksi. Selain itu, menentukan jumlah produksi juga bertujuan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam proses produksi sehingga dapat meminimumkan biaya produksi dan keuntungan yang akan didapat bisa semaksimal mungkin.

Perencanaan produksi merupakan bagian terpenting dalam perusahaan manufaktur. Perencanaan produksi berhubungan dengan penentuan volume, ketepatan waktu penyelesaian, utilisasi kapasitas, dan pemerataan beban (Sawargo & Mundari, 2016). Perencanaan produksi di dalam sebuah perusahaan memungkinkan perusahaan untuk mengontrol fluktuasi permintaan yang tinggi dan mengontrol jumlah persediaan. Perencanaan produksi yang tidak tepat dapat mengakibatkan tingginya/rendahnya tingkat persediaan, sehingga mengakibatkan peningkatan ongkos simpan/ongkos kehabisan persediaan. Sehingga dalam kegiatan produksi dibutuhkan peramalan permintaan dan perencanaan produksi yang tepat untuk mengatasi masalah permintaan terhadap kemungkinan terjadinya penurunan atau kenaikan penjualan pada periode yang akan datang.

*Corresponding author. Nur Yulianti Hidayah
Email address: nurhidayah@univpancasila.ac.id

Perencanaan produksi agregat adalah sebuah proses yang membantu perusahaan untuk meningkatkan pelayanan terhadap pelanggan, mempersingkat waktu pengiriman barang, meminimumkan persediaan, dan menstabilkan laju produksi serta membantu perusahaan dalam menjalankan bisnis perusahaan (Chase, *et al.*, 2006). Akan tetapi dalam prosesnya produksi setiap perusahaan akan dihadapkan pada persoalan mengoptimalkan lebih dari satu tujuan. Tujuan-tujuan dari proses produksi tersebut ada yang saling berkaitan dan ada juga yang saling bertentangan sehingga ketika tujuan yang satu optimal bisa saja mengakibatkan tujuan yang lain kurang optimal atau bisa juga merugikan tujuan yang lain. Oleh karena itu penting untuk melakukan perencanaan yang cukup matang serta diperlukan metode penyelesaian yang dapat mengkombinasikan solusi optimal dari faktor-faktor yang tidak bersesuaian (Gumilang, 2016).

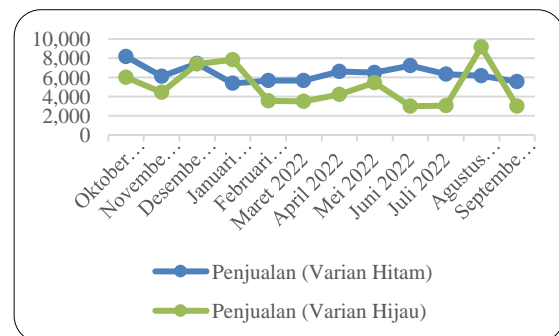
PT. Kharisma Plastik Indo (PT. KPI) merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi produk berbahan dasar plastik daur ulang dan singkong. Terdapat banyak jenis produk yang diproduksi oleh PT. KPI dengan berbagai ukuran, diantaranya sedotan, kantong HD (kantong plastik kresek) serta kantong plastik sampah atau biasa disebut *trash bag* yang merupakan produk utama PT. KPI. Semua proses pengolahan dilakukan dalam satu pabrik, mulai dari pengolahan sampah plastik menjadi bijih plastik hingga menjadi kantong plastik. Produk dari perusahaan tersebut didistribusikan ke perusahaan makanan dan lain sebagainya. Dalam memenuhi pesanan konsumen, PT. KPI selalu mengedepankan kualitas, sehingga segala bentuk keinginan konsumen terhadap produk semaksimal mungkin dipenuhi.

Saat ini permasalahan yang terjadi di PT. KPI adalah tingginya persediaan barang jadi yang disebabkan ketidaksesuaian antara jumlah barang yang diproduksi dengan jumlah permintaan konsumen yang mengakibatkan terjadinya penumpukan barang jadi di gudang. Jumlah *trash bag* yang diproduksi seringkali berlebihan karena tidak didasarkan pada historis permintaan pada periode sebelumnya. Hal ini mengakibatkan PT. KPI dihadapkan pada adanya penumpukan produk *trash bag* di area penyimpanan (Gambar 1). Penumpukan barang tersebut juga mengakibatkan penambahan biaya penyimpanan yang dikeluarkan oleh perusahaan sehingga pengeluaran perusahaan menjadi semakin besar tiap bulannya. Selain itu, penumpukan barang juga dapat mengakibatkan kerusakan barang karena barang terlalu lama tersimpan di gudang serta kemungkinan terjadi kehilangan barang yang dapat merugikan perusahaan.



Gambar 1.
Penumpukan produk di gudang PT KPI

Kantong sampah plastik yang diproduksi oleh PT. KPI terdapat 2 (dua) varian warna yaitu warna hitam dan warna hijau dengan ukuran 60 x 100 cm. Pengerjaan produk tersebut dilakukan di lini yang sama sehingga untuk pengerjaannya dilaksanakan secara bergantian. Data penjualan produk pada periode Oktober 2021 – September 2022 disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2.
Historical penjualan *trash bag* periode Oktober 2021 – September 2022 (kg)

Agar dapat mengurangi penumpukan persediaan barang jadi, maka PT. KPI perlu melakukan perencanaan produksi dengan baik dengan tetap dapat memenuhi permintaan konsumen.

2. METODOLOGI

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari:

2.1 MEMBUAT PERAMALAN PERMINTAAN KANTONG SAMPAH

Peramalan merupakan suatu kegiatan atau suatu proses untuk memperkirakan atau memprediksi kejadian yang akan datang. Peramalan banyak digunakan dalam berbagai hal untuk membantu manusia berjaga-jaga di masa mendatang (Andini & Auristandi, 2016). Salah satu peramalan yang sering dijumpai yaitu peramalan cuaca yang merupakan salah satu contoh bahwa peramalan sangat dibutuhkan di banyak hal bahkan dalam kehidupan sehari-hari (Setiawan, *et al.*, 2019).

Selain peramalan cuaca, peramalan juga sering digunakan dalam suatu bisnis atau perusahaan yang sedang beroperasi. Salah satu contohnya adalah peramalan penjualan dalam suatu bisnis atau peramalan permintaan dalam suatu industri manufaktur. Dengan adanya sistem informasi dan teknologi yang semakin berkembang pesat, suatu peramalan untuk sebuah permintaan dan penjualan sudah memiliki banyak cara yang bisa dilakukan dengan mudah. Beberapa aplikasi telah tersedia untuk membantu menentukan permintaan dan penjualan tersebut. Dengan dibantu adanya data dari histori penjualan atau permintaan yang ada, maka dapat diprediksi permintaan dan penjualan di masa mendatang (Nurlifa & Kusumadewi, 2017). Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa trend penjualan kantong sampah plastik mengalami penurunan. Berdasarkan pola data penjualan *trash bag*, berikut ini beberapa metode peramalan yang digunakan dalam penelitian ini:

a. *Double Moving Average (DMA)*

Metode *double moving average* merupakan metode yang bisa menganalisa perubahan-perubahan suatu trend yang ada. Metode ini tidak bisa didasari dari rata-rata permintaan saja, namun membutuhkan rata-rata dari data yang bergerak dan berubah (Makridakis, et al., 2003). Data yang berubah tersebut didapat dari perhitungan metode *moving average*, oleh karena itu metode ini disebut *double moving average*. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Savira, 2019):

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = 2/(n-1) (S'_t - S''_t)$$

$$S'_t = \Sigma A_t/n$$

$$S''_t = \Sigma S'_t/n$$

b. *Double Eksponensial Smoothing (DES)*

Metode *double exponential smoothing* merupakan metode yang perhitungannya menggunakan data terakhir dari perhitungan metode *single exponential smoothing* dimana masih memberikan bobot nilai yang tinggi di setiap data yang paling terakhir diperoleh karena dianggap data tersebut adalah data teraktual. Rumus yang digunakan sebagai berikut (Gaspersz, 2014):

$$F_{t+m} = a_t + b_t m \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$$a_t = 2S'_t - S''_t$$

$$b_t = \alpha/(1-\alpha) (S'_t - S''_t)$$

$$S'_t = \alpha A_t + (1 - \alpha) S'_{t-1}$$

$$S''_t = \alpha S'_t + (1 - \alpha) S''_{t-1}$$

Untuk $t = 1, S'_{t-1} = A_t$

c. *Linier Regression*

Regresi linier bertujuan untuk menguji pengaruh antara variabel satu dengan variabel yang lain. Variabel yang dipengaruhi disebut variabel tergantung atau variabel dependen, sedang variabel yang mempengaruhi disebut variabel bebas atau variabel independen. Secara kualitatif hubungan antara variabel independen dengan variabel dependen dapat dimodelkan dalam suatu persamaan matematika, sehingga dapat dilakukan pendugaan nilai variabel dependen jika variabel independennya diketahui. Persamaan matematika yang menghubungkan antara variabel dependen dengan variabel independen disebut persamaan regresi yang model persamaan sebagai berikut (Gaspersz, 2014):

$$Y' = a + bX \dots\dots\dots(3)$$

Dimana:

$$a = \frac{\Sigma y_i}{n} - b \frac{\Sigma x_i}{n} \dots\dots\dots(4)$$

$$b = \frac{n(\Sigma x_i y_i) - (\Sigma x_i)(\Sigma y_i)}{n \Sigma x_i^2 - (\Sigma x_i)^2} \dots\dots\dots(5)$$

Perhitungan peramalan penjualan *trash bag* dilakukan untuk bulan Oktober 2022 – Februari 2023 berdasarkan data penjualan historis selama bulan Oktober 2021 – September 2022.

2.2 MELAKUKAN VERIFIKASI METODE PERAMALAN

Data yang dihasilkan diperiksa secara independen satu sama lain dengan set data. Prinsip dasar verifikasi adalah memilah data, menggunakan satu set data untuk mendapatkan model dan menggunakan set data lain untuk menilai risiko penggunaan model. Verifikasi peramalan dapat digunakan untuk mengetahui keefektifan metode peramalan yang digunakan. Verifikasi dilakukan dengan menggunakan bagan rentang dinamis (*Moving Range Chart, MR Chart*) untuk membandingkan nilai yang diamati (data aktual) terhadap nilai prediksi untuk persyaratan yang sama. *MR Chart* juga merupakan bagan kendali statistik yang digunakan dalam pengendalian kualitas. Rumus verifikasi metode peramalan yang digunakan sebagai berikut (Eris, et al., 2014):

$$MR_t = |(F_t - A_t) - (F_{t-1} - A_{t-1})| \dots\dots\dots(6)$$

$$\overline{MR} = \frac{\Sigma MR}{n-1} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan batas-batas kendali:

$$UCL / LCL = \pm 2,66 \times \overline{MR}$$

$$A = \pm 1,77 \times \overline{MR}$$

$$B = \pm 0,89 \times \overline{MR}$$

Jika semua titik-titik yang diplot masuk ke dalam batas-batas kendali, maka persamaan peramalan tersebut benar/valid. Jika ditemukan satu titik yang berada di luar batas kendali pada saat

peramalan diverifikasi, maka harus ditentukan apakah data tersebut harus diabaikan atau membuat peramalan baru.

2.3 MENGHITUNG KESALAHAN PERAMALAN

Suatu hasil ramalan tidak mungkin akan benar-benar akurat. Ramalan akan selalu berbeda dengan permintaan aktual. Perbedaan antara ramalan dengan data aktual disebut kesalahan ramalan. Meskipun kesalahan ramalan tidak dapat dielakkan, namun tujuan ramalan adalah agar kesalahan hasil ramalan dapat sekecil mungkin. Jika tingkat kesalahan hasil ramalan besar, hal ini memberi indikasi apakah teknik ramalan yang digunakan salah atau teknik ini perlu disesuaikan dengan mengubah parameter.

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan salah satu cara untuk menghitung kesalahan peramalan yaitu persentase yang dihitung dari nilai absolut kesalahan di masing-masing periode dan dibagi dengan jumlah data aktual periode tersebut kemudian dicari rata-rata kesalahannya. MAPE dihitung dengan rumus (Yudha, 2008):

$$\text{MAPE} = \left(\frac{100}{n}\right) \sum \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad \dots\dots\dots(6)$$

2.4 MEMBUAT PERENCANAAN AGREGAT

Perencanaan agregat merupakan salah satu perencanaan yang dibuat guna mengatur kesesuaian kapasitas dari produksi dan juga sumber daya yang dimiliki terhadap jumlah permintaan agar biaya yang dikeluarkan bisa seminimal mungkin. Perencanaan ini dibuat untuk skala besar berdasarkan pengelompokan produk sehingga tidak dalam perencanaan yang mendetail.

Perencanaan agregat harus dikelompokkan sesuai dengan jenis atau macamnya. Beberapa contoh pengelompokan bisa dalam satuan jenis atau dalam satuan ukuran seperti kg, total waktu, maupun luas kubik. Hal tersebut dapat membantu dalam pengendalian sumber daya, pengendalian waktu, maupun pengendalian produksi (Susanti, et al., 2019). Dengan adanya perencanaan agregat, maka dapat dipastikan rencana produksi dari perusahaan menjadi mudah dikontrol. Selain itu dengan adanya perencanaan agregat, maka perusahaan telah memiliki target dari produksi itu sendiri dan lebih terkendali (Febryanti & Rani, 2019).

Dalam penelitian ini, perencanaan agregat kantong sampah plastik dilakukan dengan metode *Linier Programming* untuk meminimasi biaya produksi. *Linier Programming* merupakan ilmu matematika yang dikembangkan dari konsep aljabar linier. Metode ini digunakan untuk menyelesaikan masalah yang membutuhkan solusi dalam proses

maksimasi atau minimasi dengan menggunakan teknik matematis berupa pertidaksamaan linier. Formulasi model *Linier Programming* sebagai berikut:

$$\text{Min } Z = ap_t P_t + ar_t R_t + ao_t O_t + ai_t I_t + as_t S_t + ah_t H_t + al_t L_t \quad \dots\dots\dots(7)$$

Dengan pembatas:

$$I_t - S_t = I_t - 1 - S_t - 1 + P_t - F_t$$

$$R_t = R_t - 1 H_t - L$$

$$O_t - U_t = k P_t - R_t$$

$$P_t, R_t, S_t, U_t, I_t, O_t, H_t, L_t$$

untuk $t = 1, 2, \dots, t$

Dimana:

P_t = Jumlah unit produksi yang dijadwalkan dalam periode t

ap_t = Ongkos produksi per-unit termasuk ongkos buruh

R_t = Jumlah jam orang regular pada periode

ar_t = Ongkor per jam orang dalam waktu regular

O_t = Jumlah jam orang lembur yang direncanakan dalam periode t

ao_t = Ongkos per jam orang lembur

I_t = Jumlah persediaan pada akhir periode t

ai_t = Ongkos per unit persediaan

S_t = Kuantitas *stockout* pada akhir periode t

as_t = Ongkos *stockout* pada akhir periode t

H_t = Penambahan jam orang baru dalam periode t

ah_t = Ongkos penambahan pekerja per jam orang

al_t = Ongkos pengurangan tenaga kerja per jam

L_t = Pengurangan jam orang dalam periode t

U_t = *Undertime* dalam periode t jika tingkat produksi kurang dari tenaga kerja

F_t = *Forecast demand* dalam periode t

k = Faktor konversi dalam jam orang per unit produksi

t = Jumlah periode yang direncanakan

Fungsi tujuan yang diformulasikan di atas bertujuan untuk meminimalkan ongkos produksi, ongkos persediaan, dan ongkos tenaga kerja (regular dan lembur). Jika ongkos tenaga kerja normal bernilai tetap selama perencanaan, maka faktor *regular time* dapat dihilangkan.

2.5 DISAGREGASI DENGAN METODE PERSENTASE NILAI PENJUALAN

Disagregasi merupakan metode memperbaharui hasil rencana produksi agregat yang dipecah menjadi jumlah yang akan diolah pada beberapa item. Hasil dari disagregasi berupa jadwal induk produksi atau *Master Production Schedule* (MPS) untuk masing-masing varian produk. Dengan kata lain proses disagregasi adalah proses

perencanaan yang dibuat untuk seluruh produk yang menggunakan unsur yang sama dan dirinci ke dalam masing-masing produk yang berbeda. Berikut adalah rumus yang digunakan dalam melakukan disagregasi dengan metode persentase nilai penjualan:

Langkah pertama adalah menghitung % proporsi penjualan historis:

$$\% \text{ Proporsi} = \frac{\text{Total sales per item}}{\text{Total sales}} \times 100\% \dots\dots(8)$$

Langkah kedua menghitung *demand forecast per item*:

$$\text{End item} = \text{Total forecast} \times \% \text{ proporsi} \dots\dots(9)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan adalah data historis penjualan *trash bag* selama bulan Oktober 2021 - September 2022, data persediaan kantong sampah pada awal periode perencanaan produksi, jumlah hari kerja, kapasitas lembur, biaya penyimpanan, biaya produksi saat jam normal dan lembur, dan data total produksi bulan Oktober 2021 - September 2022. Data penjualan *trash bag* selama bulan Oktober 2021 - September 2022 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1.
Penjualan *trash bag* periode Oktober 2021 - September 2022 (kg)

Periode	Bulan	Hitam	Hijau	Total
1	Oktober	8.185	6.000	14.185
2	November	6.115	4.425	10.540
3	Desember	7.470	7.420	14.890
4	Januari	5.370	7.845	13.215
5	Februari	5.665	3.575	9.240
6	Maret	5.685	3.500	9.185
7	April	6.605	4.250	10.855
8	Mei	6.515	5.475	11.990
9	Juni	7.257	3.000	10.257
10	Juli	6.318	3.045	9.363
11	Agustus	6.168	9.150	15.318
12	September	5.573	3.025	8.598

Data pada Tabel 1 dilakukan perhitungan peramalan menggunakan metode DMA, DES, dan *Linier Reggression* kemudian dilakukan verifikasi metode peramalan dan dilakukan perhitungan kesalahan peramalan yang memberikan hasil yang disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2.
Rekapitulasi hasil perhitungan peramalan

No.	Metode Peramalan	MAPE	MR Chart
1.	<i>Linear Regression</i>	16,10%	Valid
2.	<i>Double Moving Average Double</i>	26,89%	Valid
3.	<i>Exponential Smoothing</i>	24,67	Tidak Valid

Berdasarkan Tabel 2 dapat dilihat bahwa hasil akurasi peramalan terkecil adalah 16,10% yaitu pada metode *Linear Regression* dengan hasil perhitungan verifikasi metode peramalan (*MR Chart*) menunjukkan *in control* (valid). Dengan demikian metode peramalan yang digunakan untuk meramalkan penjualan *trash bag* adalah *Linear Regression*.

Hasil peramalan penjualan *trash bag* untuk periode Oktober 2022 – Februari 2023 disajikan pada Tabel 3 dengan model *Linear Regression* sebagai berikut:

$$Y' = a + bx$$

$$Y' = 12.879 - (216,85x)$$

Tabel 3.
Peramalan penjualan *trash bag* dengan metode *Linear Regression* (kg)

Periode	Bulan	Peramalan Penjualan
1	Okt 2022	10.061
2	Nov 2022	9.844
3	Des 2022	9.627
4	Jan 2023	9.410
5	Feb 2023	9.193

Setelah perkiraan penjualan *trash bag* untuk periode Oktober 2022-Februari 2023 diperoleh, langkah selanjutnya adalah menyusun rencana produksi agregat dengan metode *Linear Programming*. Dalam penelitian ini model *Linier Programming* ditujukan untuk meminimalkan biaya produksi dengan mempertimbangkan biaya jam kerja normal, biaya jam kerja lembur, biaya penyimpanan, kapasitas di jam normal dan lembur, kebutuhan/permintaan produk, serta persediaan awal. Jumlah karyawan di PT KPI tidak mengalami perubahan dimana tidak terdapat kebijakan *hire* maupun *layoff* karyawan selama periode perencanaan produksi. PT KPI selama beroperasi juga tidak pernah mengalami *stock out*.

Data-data yang dibutuhkan untuk membuat perencanaan agregat sebagai berikut:

- a. Biaya produksi di jam normal: Rp.1.200/kg.
- b. Biaya produksi di jam lembur: Rp.1.400/kg.
- c. Biaya penyimpanan: Rp.1.000/kg/bulan.

- d. Kapasitas produksi di jam normal/bulan: 9.729 kg.
- e. Kapasitas produksi di jam lembur/bulan: 2.224 kg.
- f. Permintaan *trash bag* selama bulan Oktober 2022 - Februari 2023 disajikan pada Tabel 3.
- g. Perusahaan tidak menggunakan jasa subkontrak.
- h. Jumlah tenaga kerja tetap di setiap bulannya, tidak terdapat penambahan maupun pengurangan tenaga kerja.
- i. Tidak terdapat *stock out* di setiap bulan.

Sebelum dilakukan perhitungan, terlebih dahulu dibuat tabel untuk mempermudah dalam menentukan batasan-batasan (*constrain*) dan fungsi tujuan pada model program linier yang disajikan pada Tabel 4.

Table 4.
Perencanaan agregat dengan metode *Linear Programming*

Alternatif	Bulan					Kapasitas tidak terpakai	Total Kapasitas	
	1	2	3	4	5			
Bulan	Inventory Awal	0	1000	2000	3000	4000	X ₁₆	6.062
1	RT	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅	X ₂₆	9.729
	OT	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₂₅		
2	RT	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄	X ₃₅	X ₃₆	2.224
	OT	X ₄₁	X ₄₂	X ₄₃	X ₄₄	X ₄₅		
3	RT	X ₅₁	X ₅₂	X ₅₃	X ₅₄	X ₅₅	X ₄₆	9.729
	OT	X ₆₁	X ₆₂	X ₆₃	X ₆₄	X ₆₅		
4	RT	X ₇₁	X ₇₂	X ₇₃	X ₇₄	X ₇₅	X ₅₆	2.224
	OT	X ₈₁	X ₈₂	X ₈₃	X ₈₄	X ₈₅		
5	RT	X ₉₁	X ₉₂	X ₉₃	X ₉₄	X ₉₅	X ₆₆	9.729
	OT	X ₁₀₁	X ₁₀₂	X ₁₀₃	X ₁₀₄	X ₁₀₅		
Kebutuhan		X ₁₁₅	X ₁₁₆	X ₁₁₇	X ₁₁₈	X ₁₁₉	X ₇₆	2.224
		X ₁₂₁	X ₁₂₂	X ₁₂₃	X ₁₂₄	X ₁₂₅		
Kebutuhan		10.061	9.844	9.627	9.410	9.193	17.692	65.827

Fungsi tujuan dan batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } Z = 0X_{11} + 1000X_{12} + 2000X_{13} + 3000X_{14} + 4000X_{15} + 0X_{16} + 1200X_{21} + 2200X_{22} + 3200X_{23} + 4200X_{24} + 5200X_{25} + 0X_{26} + 1400X_{31} + 2400X_{32} + 3400X_{33} + 4400X_{34} + 5400X_{35} + 0X_{36} + 1200X_{41} + 2200X_{42} + 3200X_{43} + 4200X_{44} + 5200X_{45} + 0X_{46} + 1400X_{51} + 2400X_{52} + 3400X_{53} + 4400X_{54} + 5400X_{55} + 0X_{56} + 1200X_{61} + 2200X_{62} + 3200X_{63} + 4200X_{64} + 5200X_{65} + 0X_{66} + 1400X_{71} + 2400X_{72} + 3400X_{73} + 0X_{74} + 1200X_{81} + 2200X_{82} + 0X_{83} + 1400X_{91} + 2400X_{92} + 0X_{93} + 1200X_{101} + 0X_{102} + 1400X_{111} + 0X_{112}$$

Dengan batasan:

a. Kapasitas produksi:

$$X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} \leq 6.062$$

$$X_{21} + X_{22} + X_{23} + X_{24} + X_{25} + X_{26} \leq 9.729$$

$$X_{31} + X_{32} + X_{33} + X_{34} + X_{35} + X_{36} \leq 2.224$$

$$X_{33} + X_{43} + X_{44} + X_{45} + X_{46} \leq 9.729$$

$$X_{52} + X_{53} + X_{54} + X_{55} + X_{56} \leq 2.224$$

$$X_{63} + X_{64} + X_{65} + X_{66} \leq 9.729$$

$$X_{73} + X_{74} + X_{75} + X_{76} \leq 2.224$$

$$X_{84} + X_{85} + X_{86} \leq 9.729$$

$$X_{94} + X_{95} + X_{96} \leq 2.224$$

$$X_{105} + X_{106} \leq 9.729$$

$$X_{115} + X_{116} \leq 2.224$$

b. Kebutuhan:

$$X_{11} = 6.062$$

$$X_{11} + X_{21} + X_{31} = 10.061$$

$$X_{12} + X_{22} + X_{32} + X_{42} + X_{52} = 9.844$$

$$X_{13} + X_{23} + X_{33} + X_{43} + X_{53} + X_{63} + X_{73} = 9.627$$

$$X_{14} + X_{24} + X_{34} + X_{44} + X_{54} + X_{64} + X_{74} + X_{84} + X_{94} = 9.410$$

$$X_{15} + X_{25} + X_{35} + X_{45} + X_{55} + X_{65} + X_{75} + X_{85} + X_{95} + X_{105} + X_{115} = 9.193$$

$$X_{16} + X_{26} + X_{36} + X_{46} + X_{56} + X_{66} + X_{76} + X_{86} + X_{96} + X_{106} + X_{116} = 17.692$$

Model program linier diselesaikan dengan menggunakan aplikasi *Solver* yang terdapat pada *Ms. Excel*. Hasil pengolahan *Solver* sebagai berikut:

	6062	X52	115	FT	MIN Z	Rp	50.528.292
X11	0	X53	0		PERSEDIaan AWAL	6062	6.062
X12	0	X54	0		RT 1	9729	9.729
X13	0	X55	0		OT 1	2224	2.224
X14	0	X56	2109		RT 2	9729	9.729
X15	0	X63	9627		OT 2	2224	2.224
X16	3999	X64	0		RT 3	9729	9.729
X21	0	X65	0		OT 3	2224	2.224
X22	0	X66	102		RT 4	9729	9.729
X23	0	X73	0		OT 4	2224	2.224
X24	0	X74	0	BATASAN	RT 5	9729	9.729
X25	5730	X75	0		OT 5	2224	2.224
X26	0	X76	2224		INV AWAL	6062	6.062
X31	0	X84	9410		PERIODE 1	10061	10.061
X32	0	X85	0		PERIODE 2	9844	9.844
X33	0	X86	319		PERIODE 3	9627	9.627
X34	0	X94	0		PERIODE 4	9410	9.410
X35	2224	X95	0		PERIODE 5	9193	9.193
X36	9729	X96	2224		UNUSED	17692	17.692
X42	0	X105	9193				
X43	0	X106	536				
X44	0	X115	0				
X45	0	X116	2224				
X46	0						

Gambar 3. Hasil perhitungan *Solver* pada *Ms. Excel*

Hasil perhitungan *Solver* diperoleh bahwa pada bulan Oktober 2022 jumlah produksi *trash bag* sebesar 3.999 kg, pada bulan November 2022 sebesar 9.729 kg di jam kerja normal dan 115 kg di jam lembur, pada bulan Desember 2022 sebesar 9.627 kg di jam kerja normal, pada bulan Januari 2023 produksi sebesar 9.410 kg di jam kerja normal, dan pada bulan Februari 2023 jumlah produksi sebesar 9.193 kg di jam normal. Jumlah kapasitas produksi yang tidak terpakai sebesar 17.692 kg. Biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan produksi selama bulan Oktober 2022 – Februari 2023 sebesar Rp.50.528.292.

Setelah perencanaan produksi agregat telah disusun, langkah selanjutnya dilakukan disagregasi dengan metode Persentase Nilai Penjualan untuk mendapatkan jadwal produksi masing-masing varian dari produk plastik *trash bag*.

Berdasarkan data penjualan historis pada Tabel 1, total hasil penjualan setiap bulan dihitung dengan mengalikan jumlah produk yang terjual dengan harga jual/kg kemudian dihitung persentase penjualan masing-masing varian terhadap total penjualan. Berikut perhitungan hasil penjualan bulan Oktober 2021:

$$\begin{aligned} \text{Hitam} &= \text{Rp.27.000/kg} \times 8.185 \text{ kg} \\ &= \text{Rp.220.995.000} \\ \text{Hijau} &= \text{Rp.30.000/kg} \times 6.000 \\ &= \text{Rp.180.000.000} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan penjualan *trash bag* selama Oktober 2021-September 2022 disajikan pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil penjualan *trash bag* Okt 2021 – Sept 2022 (xRp.1000)

Varian	Hitam	Hijau	Family
Harga	Rp.27.000	Rp.30.000	Product
Okt 2021	220.995	180.000	400.995
Nov 2021	165.105	132.750	297.855
Des 2021	201.690	222.600	424.290
Jan 2022	144.990	235.350	380.340
Feb 2022	152.955	107.250	260.205
Mar 2022	153.495	105.000	258.495
Apr 2022	178.335	127.500	305.835
Mei 2022	175.905	164.250	340.155
Juni 2022	195.939	90.000	285.939
Juli 2022	170.586	91.350	261.936
Agst 2022	166.536	274.500	441.036
Sept 2022	150.471	90.750	241.221
Total	2.077.002	1.821.300	3.898.302
Persentase	53%	47%	100%

Berdasarkan Tabel 5, maka perhitungan disagregasi *trash bag* yang akan menjadi jadwal induk produksi masing-masing varian sebagai berikut:

JIP bulan Oktober 2022:

$$\begin{aligned} \text{Varian Hitam} &= 0,53 \times 3.999 \text{ kg} \\ &= 2130,65355 \approx 2.131 \text{ kg} \\ \text{Varian Hijau} &= 0,47 \times 3.999 \\ &= 1868,3464 \approx 1.868 \text{ kg} \end{aligned}$$

Tabel 6 berikut menunjukkan jadwal induk produksi untuk masing-masing varian produk.

Tabel 6 Jadwal induk produksi plastik *trash bag* tiap varian

Periode	Jumlah Produksi (kg)	Hitam (kg)	Hijau (kg)
Okt 2022	3999	2.131	1.868
Nov 2022	9844	5.245	4.599
Des 2022	9627	5.129	4.498
Jan 2023	9410	5.014	4.396
Feb 2023	9193	4.898	4.295

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Estimasi jumlah produksi ditentukan dengan metode peramalan yang dipilih yaitu metode *Linear Regression* dengan perkiraan penjualan pada bulan Oktober 2022 – Februari 2023 berturut-turut sebesar 10.061 kg, 9.844 kg, 9.627 kg, 9.410 kg. dan 9.193 kg.
2. Perencanaan produksi *trash bag* dengan metode *Linear Programming* menggunakan *Solver* menghasilkan jumlah produksi *trash bag* bulan Oktober 2022 sebesar 3.999 kg pada jam kerja normal, bulan November 2022 sebesar 9.729 kg

selama jam kerja normal dan 115 kg pada jam kerja lembur, Desember 2022 sebesar 9.627 kg pada jam kerja normal, Januari 2023 sebesar 9.410 kg pada jam kerja normal, dan Februari 2023 sebesar 9.193 kg pada jam kerja normal.

3. Dari hasil disagregasi diperoleh jadwal induk produksi pada bulan Oktober 2022 sebanyak 2.131 kg varian hitam dan 1.868 kg varian hijau, November 2022 sebanyak 5.245 kg varian hitam dan 4.599 kg varian hijau, Desember 2022 sebanyak 5.129 kg varian hitam dan 4.498 kg varian hijau, Januari 2023 sebanyak 5.014 kg varian hitam dan 4.396 kg varian hijau, dan Februari 2023 sebanyak 4.898 kg varian hitam dan 4.295 kg varian hijau.
9. Savira, M. 2019. Optimisasi Jumlah Produksi Untuk Memaksimalkan Keuntungan Dengan Metode Fuzzy Linear Programming di UD Rezeki. *Skripsi*. Medan: Univ.Sumatra Utara.
10. Sawargo dan Mundari. 2016. Perencanaan Produksi Untuk Memenuhi Permintaan Dengan Biaya Yang Optimal. *J. Heuristic*, 11.
11. Setiawan, D. A., Wahyuningsih, S., & Gojantoro. 2019. Peramalan Produksi Kelapa Sawit Menggunakan Winter's dan Pegel's Exponential Smoothing dengan Pemantauan Tracking Signal. *Jambura J. Math*, 2:1-14.
12. Susanti, R. D., Santoso, H. B., & Komari, A. 2019. Perencanaan Agregat pada Industri Pengolahan Kayu Jenis Flooring dengan Pendekatan Heuristic (Sinar Rimba Pasifik Sidoarjo). *J. Tek. Ind.*, 1:121-130.
13. Yudha, A. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Surabaya: Graha Ilmu.

5. DAFTAR PUSTAKA

1. Andini & Auristandi. 2016. Peramalan Jumlah Stok Alat Tulis Kantor di UD Achmad Jaya Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing. *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, 1:1-10.
2. Chase, Jacobs, & Aquilano. 2006. *Operations Management for Competitive Advantage*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
3. Eris, P. N., Nohe, D. A., & Wahyuningsih, S. 2014. Peramalan Dengan Metode Smoothing dan Verifikasi Metode Peramalan Dengan Grafik Pengendali Moving Range (MR) (Studi Kasus: Produksi Air Bersih di PDAM Tirta Kencana Samarinda). *Jurnal Eksponensial*, 5(2):1-8.
4. Febryanti, A. R., & Rani, A. M. 2019. Penerapan Perencanaan Agregat untuk Meminimumkan Biaya Produksi (Studi pada CV. X). *J. Manaj. dan Bisnis Performa*, 16:144-150.
5. Gaspersz, V. 2014. *Production Planning and Inventory Control*. Bogor: Gramedia Pustaka Utama.
6. Gumilang, Z. C. 2016. Peramalan dan Perencanaan Produksi Kalung Polos Emas Di PT.X Menggunakan Metode Mixed Integer Programming. *Tesis*. Surabaya: Program Magister Bidang Keahlian Manajemen Industri Program Pasca Sarjana Inst. Teknologi Sepuluh Nopember.
7. Makridakis, S., Wheelwright, S. C., & Mc. Gee. 2003. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. 1st ed. Jakarta: Binarupa Aksara.
8. Nurlifa, A & Kusumadewi, S. 2017. Sistem Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Moving Average Pada Rumah Jilbab Zaky. *INOVTEK Polbeng - Seri Inform*, 2:18.