

OPTIMASI PERENCANAAN PRODUKSI CPO DAN KERNEL MENGUNAKAN METODE *GOAL PROGRAMMING* (Studi Kasus di PKS Sawit Seberang)

Nilasari Aulia P^{*1}, Nia Budi Puspitasari²

^{1,2}Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PKS Sawit Seberang yang bergerak di bidang industri kelapa sawit saat ini mengalami kekurangan pasokan TBS dari kebun inti yang menyebabkan target produksi tidak tercapai sehingga perlu melakukan pembelian TBS dari pihak ketiga. Namun kualitas TBS dari pihak ketiga biasanya lebih rendah daripada TBS kebun inti sehingga akan berpengaruh terhadap nilai rendemen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah produksi dan jumlah kekurangan produksi CPO dan Kernel dari TBS kebun sendiri, serta menentukan jumlah pembelian TBS agar produksi CPO dan Kernel meningkat namun tetap mempertahankan target rendemen. Jumlah produksi TBS kebun sendiri diramalkan menggunakan metode Single Exponential Smoothing dan perencanaan produksi dilakukan menggunakan Goal Programming dengan lima tujuan, yaitu meminimumkan biaya pengolahan TBS, memaksimalkan pengolahan TBS kebun sendiri, memaksimalkan kuota pembelian TBS, memaksimalkan produksi CPO, dan memaksimalkan produksi Kernel. Hasil peramalan menunjukkan bahwa produksi TBS dari kebun sendiri pada tahun 2022 adalah sebesar 8.653.330 kg per bulan. TBS dari kebun sendiri ini hanya memenuhi 59,95% dan 61,55% dari target produksi CPO dan Kernel. Sedangkan jumlah pembelian TBS yang dapat dilakukan agar target rendemen tercapai pada bulan januari sebesar 62.289 kg, february 306.652 kg, maret 728.298, april 680.384 kg, mei 685.175 kg, juni 661.218 kg, juli 632.469 kg, agustus 656.427 kg, september 843.292 kg, oktober 1.058.907 kg, november 1.044.533 kg, desember 560.598 kg

Kata Kunci: CPO, Goal Programming, Kernel, Optimasi, Perencanaan Produksi

Abstract

PKS Sawit Seberang operating in the palm oil industry is currently experiencing a shortage of FFB supply from the nucleus plantation which causes the production target not to be achieved so it is necessary to purchase FFB from third parties. However, the quality of FFB from third parties is usually lower than FFB from the core plantation so that it will affect the yield value. This study aims to determine the amount of production and the amount of CPO and Kernel production shortages from own plantation FFB, as well as determine the amount of FFB purchases so that CPO and Kernel production increases while maintaining the yield target. The amount of own plantation FFB production is forecasted using the Single Exponential Smoothing method and production planning is carried out using Goal Programming with five objectives, namely minimizing FFB processing costs, maximizing own plantation FFB processing, maximizing FFB purchase quota, maximizing CPO production, and maximizing Kernel production. The forecasting results show that FFB production from own plantation in 2022 is 8,653,330 kg per month. This FFB from own plantation only fulfills 59.95% and 61.55% of the CPO and Kernel production targets. While the amount of FFB purchases that can be made so that the yield target is achieved in January is 62,289 kg, February 306,652 kg, March 728,298, April 680,384 kg, May 685,175 kg, June 661,218 kg, July 632,469 kg, August 656,427 kg, September 843,292 kg, October 1,058,907 kg, November 1,044,533 kg, December 560,598 kg

Keywords: CPO, Goal Programming, Kernel, Optimasi, Perencanaan Produksi

*Penulis Korespondensi.
E-mail: nilasariaulia@gmail.com

1.1. Pendahuluan

Industri kelapa sawit saat ini menjadi sektor industri perkebunan yang memiliki kontribusi besar terhadap pembangunan ekonomi nasional. Menurut Menteri Koordinator (Menko) bidang Perekonomian, Airlangga Hartarto industri sawit menjadi salah satu industri yang tidak terdampak pandemi Covid-19. Ditengah kelesuan ekonomi akibat pandemi Covid-19 nilai ekspor sawit mengalami peningkatan. Pada tahun 2020 nilai ekspor sawit mencapai US\$22,97 miliar, nilai ini naik sebesar 13,6% dari tahun 2019. Permintaan terhadap produk minyak sawit (CPO dan Kernel) terus meningkat karena minyak sawit dan turunannya banyak digunakan oleh berbagai sektor industri seperti industri

makanan, farmasi, kecantikan, hingga energi. Sehingga tantangan industri sawit berubah menjadi peningkatan produktivitas, efisiensi industri dan diversifikasi produk hilir untuk pangan, biofuel dan kebutuhan rumah tangga lain [1].

Sebagai salah satu anak perusahaan nasional yang bergerak di industri kelapa sawit, Pabrik Kelapa Sawit (PKS) Sawit Seberang harus meningkatkan produktivitas agar mencapai target perusahaan dan mendapatkan keuntungan. Namun PKS Sawit Seberang mengalami kendala dalam mencapai target produksi perusahaan. Berdasarkan laporan manajemen 2021, masih terdapat jumlah produksi bulanan yang belum mencapai target Rencana Kerja dan Anggaran Perusahaan (RKAP).

Tabel 1. Perbandingan Realisasi Produksi CPO dan Kernel dengan RKAP 2021

| Bulan | CPO | | Keterangan | Kernel | | Keterangan |
|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|--------|------------|
| | Realisasi | RKAP | | Realisasi | RKAP | |
| Januari | 1.746.776 | 1.862.375 | TT | 321190 | 292150 | T |
| Februari | 1.793.546 | 1.823.215 | TT | 303120 | 310120 | TT |
| Maret | 2.611.849 | 2.414.679 | T | 443860 | 379600 | T |
| April | 2.787.906 | 2.514.737 | T | 512120 | 497064 | T |
| Mei | 2.689.705 | 2.572.739 | T | 495970 | 502796 | TT |
| Juni | 3.271.476 | 3.683.800 | TT | 496850 | 594950 | TT |
| Juli | 2.645.005 | 3.816.540 | TT | 598790 | 597840 | T |
| Agustus | 3.263.932 | 3.725.640 | TT | 593150 | 573780 | T |
| September | 3.323.796 | 3.657.361 | TT | 253000 | 640575 | TT |
| Oktober | 2.786.096 | 3.014.745 | TT | 505163 | 607726 | TT |
| November | 2.722.058 | 3.492.311 | TT | 483883 | 569430 | TT |
| Desember | 1.924.430 | 2.779.043 | TT | 350790 | 477704 | TT |

(Sumber: Laporan Manajemen Bulanan PKS Sawit Seberang, 2021)

Keterangan:

T: Tercapai

TT: Tidak Tercapai

Dari pengamatan dilapangan diidentifikasi beberapa penyebab terjadinya kekurangan jumlah produksi CPO dan Kernel yaitu rendahnya mutu buah kelapa sawit sehingga menghasilkan sedikit minyak kasar (CPO), sering terjadi stagnasi sehingga mengurangi kapasitas olah pabrik, dan produksi minyak kelapa sawit yang belum optimal karena kekurangan pasokan bahan baku dari kebun sendiri. Kurangnya pasokan TBS menyebabkan pabrik tidak bisa beroperasi namun pabrik tetap harus mengeluarkan biaya tetap seperti gaji karyawan dan biaya operasional pabrik. Oleh karena itu mulai bulan september dilakukan pembelian TBS dari pihak ketiga secara terbatas untuk menjaga kualitas rendemen akhir minyak kelapa sawit. Selain target jumlah produksi, perusahaan juga diharuskan mencapai target kualitas. Kualitas CPO ditentukan oleh kualitas TBS yang diolah. TBS dengan kualitas baik akan

menghasilkan rendemen yang tinggi. Rendemen yaitu perbandingan jumlah minyak sawit yang dihasilkan dalam setiap kilogram TBS. Kualitas TBS dari pihak ketiga memiliki rendemen minyak lebih rendah dibandingkan kualitas TBS dari kebun sendiri sehingga berpengaruh kepada rendemen campuran. Untuk menjaga agar rendemen tetap tercapai maka proporsi penambahan TBS pihak ketiga harus disesuaikan dengan jumlah TBS di kebun sendiri. Perusahaan juga memiliki target lain yang harus dicapai yaitu memaksimalkan pengolahan TBS, minimalkan biaya pengolahan, dan memaksimalkan penambahan produksi CPO dan Kernel dari TBS pihak ketiga. Semua tujuan produksi perusahaan saling bertentangan sehingga model optimasi linear tidak bisa memecahkan permasalahan tersebut.

Menurut Ignizio [2] Model *Goal Programming* (GP) berguna bagi pengambil keputusan untuk

mempertimbangkan beberapa tujuan dalam menemukan sekumpulan solusi yang dapat diterima secara bersamaan. Banyak penelitian tentang perencanaan produksi menggunakan *Goal Programming* baik dibidang manufaktur maupun agroindustri. Sadeghi dkk [3] menggunakan metode *Goal Programming* dibawah ketidakpastian permintaan yang berfluktuatif. Ia menggunakan memodifikasi *Goal Programming* menjadi *Fuzzy Goal Programming* untuk menentukan tingkat produksi keseluruhan untuk setiap kategori produk dengan mempertimbangkan kebijakan perekrutan, PHK, lembur, backorder, subkontrak dan inventaris. Dalam penelitian lain Karakutuk [4] menerapkan *Goal Programming* dalam perencanaan produksi yang memiliki tujuan saling bertentangan di sistem lean production. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan efisiensi (OTD, OEE, dan kepuasan pelanggan) dengan meminimalkan waktu setup, mengurangi WIP dengan meminimalkan earliness, tingkat backlog quantity dan meningkatkan service level dengan meminimalkan keterlambatan pemesanan.

Goal Programming juga cocok dilakukan di bidang agroindustri karena kendala yang kompleks dan tidak pasti seperti tenaga kerja, cuaca dan listrik [5]. Dalam penelitian tentang penerapan *Eco-Industrial park* (EIP) oleh Tiu dan Cruz menggunakan GP untuk memodelkan pertukaran air. Penelitian ini bertujuan untuk membangun model optimasi yang menggambarkan interaksi pertukaran material yang ada pada limbah pabrik kelapa sawit. Model tersebut dapat digunakan untuk merencanakan kapasitas produksi dalam *Eco-Industrial park* pada pabrik kelapa sawit agar diperoleh kinerja sistem yang optimal dan dapat melakukan pemanfaatan limbah yang maksimal [6]. Perencanaan produksi kelapa sawit melibatkan banyak sumberdaya. Marimin [6] melakukan perencanaan produksi CPO di PT X menggunakan *Goal Programming*. Hasil penelitian ini adalah jumlah produksi CPO dan TBS optimal yang mampu meminimalkan biaya produksi CPO, biaya produksi TBS, memenuhi permintaan pelanggan, meminimalkan defisiensi TBS kebun inti, dan memaksimalkan pengolahan TBS kelapa sawit. Namun dalam penelitian ini Marimin tidak memasukkan jumlah produksi Kernel yang juga menjadi produk dari pengolahan TBS dalam variabel keputusan serta mengabaikan target rendemen. Oleh karena itu dalam penelitian ini perencanaan produksi melibatkan jumlah produksi CPO dan Kernel sebagai variabel kendala dan target rendemen dalam menentukan kuota pembelian TBS dari pihak ketiga menjaga rendemen. Penelitian Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah produksi dan jumlah kekurangan produksi CPO dan Kernel dari TBS kebun sendiri, serta menentukan jumlah pembelian TBS agar produksi CPO dan Kernel meningkat namun tetap menjaga target rendemen CPO.

2. Metode Penelitian

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berupa data observasi, wawancara dan dokumentasi. Data observasi berupa pengamatan proses produksi CPO dan Kernel di lantai produksi dan data wawancara dengan pihak terkait seperti asisten pengolahan dan masinis kepala tentang masalah yang dihadapi perusahaan saat ini serta kebijakan yang diambil. Sedangkan data dokumentasi berupa jumlah produksi CPO dan Kernel, jumlah TBS masuk dari kebun sendiri, biaya produksi, target produksi, dan data rendemen yang diperoleh dari laporan manajemen bulanan PKS Sawit Seberang.

Setelah dilakukan pengumpulan data dilakukan peramalan hasil produksi TBS kebun sendiri. Peramalan dilakukan dengan empat metode yaitu *Singel Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing*, *Single Moving Average*, dan *Double Moving Average*. Dari empat metode ini akan dipilih metode terbaik yang menghasilkan error terkecil kemudian di validasi dan dilakukan peramalan produksi TBS mulai Januari-Desember 2022. Kemudian dilakukan perencanaan produksi dengan metode *Goal Programming*. *Goal Programming* dimulai dengan merumuskan variabel keputusan, membuat model matematis fungsi tujuan dan fungsi kendala, dan memecahkan model menggunakan bantuan *software* LINGO 19.

2.1 Peramalan

Menurut Kushartinni dan Almahdy (2013) peramalan adalah proses untuk memperkirakan berapa kebutuhan dimasa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang atau jasa. Peramalan merupakan suatu kegiatan memperkirakan atau memprediksikan kejadian dimasa yang akan datang tentunya dengan bantuan penyusunan rencana terlebih dahulu, dimana rencana ini dibuat berdasarkan kapasitas dan kemampuan permintaan/produksi yang telah dilakukan di perusahaan [7].

Peramalan sendiri dibagi menjadi dua macam, yaitu peramalan kualitatif dan peramalan kuantitatif. Peramalan kualitatif merupakan peramalan berdasarkan intuisi atau pertimbangan orang-orang tertentu sedangkan peramalan kuantitatif merupakan peramalan berdasarkan analisis hubungan numerik dan data [8]. Penelitian ini menggunakan metode peramalan kuantitatif yaitu *Moving range* dan *exponential smoothing model*.

1) *Single Moving Average*

Single Moving Average adalah salah satu metode peramalan *time series* (deret waktu). Metode ini digunakan jika data masa lalu tidak memiliki unsur trend atau faktor musiman. Tujuan dilakukannya peramalan rata-rata bergerak tunggal adalah untuk menghilangkan atau mengurangi acakan dalam deret waktu. Tujuan ini dapat dicapai dengan meratakan beberapa nilai dalam data bersama-sama,

dengan cara dimana kesalahan positif dan negatif yang mungkin terjadi dan dapat dikeluarkan atau dihilangkan Assauri [9]. Berikut ini rumus Metode *Single Moving Average*:

$$F_{t+1} = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-n+1}}{N} \quad (1)$$

Keterangan:

A_t : data pengamatan periode t
 N : Jumlah deret waktu yang digunakan
 F_{t+1} : nilai peramalan periode t+1
 n : Periode yang digunakan

2) *Double Moving Average*

Double Moving Average merupakan metode peramalan dengan melakukan dua kali perhitungan rata-rata bergerak untuk data dan tren data. Metode ini digunakan untuk data deret waktu yang memiliki tren linier [10]. Berikut merupakan rumus perhitungan peramalan menggunakan *Double Moving Average* [11]:

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

Menentukan konstanta:

$$a_t = s'_t + (s'_t - s''_t) \quad (3)$$

Menentukan *slope*:

$$b_t = \frac{2}{v-1} (s'_t - s''_t) \quad (4)$$

Keterangan:

a_t : konstanta
 b_t : *slope*
 s'_t : rata-rata bergerak ke-1
 s''_t : rata-rata bergerak ke-2
 v : jangka waktu *moving average*
 m : jangka waktu *forecast* kedepan

3) *Single Exponential Smoothing*

Single Exponential Smoothing digunakan untuk jarak pendek perkiraan. Model mengasumsikan bahwa data berfluktuasi disekitar rata-rata yang cukup stabil [12]. Berikut adalah Model dari *single exponential smoothing* menurut Sofyan [7] adalah sebagai berikut:

$$Y'_{t+1} = \alpha \cdot X_1 + (1 - \alpha) \cdot Y'_t \quad (5)$$

Keterangan:

X_1 : data aktual pada periode ke1
 α : faktor/konstanta pemulusan
 Y'_{t+1} : nilai peramalan untuk periode kedepan

4) *Double Exponential Smoothing*

Metode pemulusan *double exponential* pada prinsipnya serupa dengan metode *single exponential* namun tidak menggubakan persamaan pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memuluskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari parameter yang digunakan pada deret yang asli. Ramalan dari pemulusan eksponensial linier Holt didapat dengan lebih fleksibel karena menggunakan dua konstanta pemulusan (antara 0 sampai 1 ($0 < \alpha, \gamma < 1$)) dan tiga persamaan [13].

Perhitungan pemulusan pada data ke-t

$$S_t = \alpha X_1 + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6)$$

Perhitungan nilai konstanta atau nilai kemiringan digunakan persamaan:

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (7)$$

$$b_t = \frac{(X_2 - X_1) + (X_4 - X_3)}{2} \quad (8)$$

Perhitungan peramalan atau prediksinya

$$F_{t+m} = a_t + (b_t \cdot m) \quad (9)$$

Keterangan:

S_t : data pemulusan pada periode ke-t
 b_t : trend pemulusan pada periode ke-t
 F_{t+m} : peramalan pada periode ke- (t+m)

Peramalan yang baik adalah peramalan dengan hasil *error* terkecil. Secara umum terdapat dua jenis *error forecast*, yaitu deviasi dan bias. Deviasi selalu bernilai positif, sedangkan bias dapat bernilai positif atau negatif [14]. Ukuran deviasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah MAPE, MSD dan MAD.

1) MAPE

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah ukuran kesalahan relatif yang digunakan untuk menghitung rata-rata persentase kesalahan mutlak [15]. Berikut merupakan rumus MAPE:

$$PE_i = \frac{|e_i|}{X_i} \times 100\% \quad (10)$$

$$MAPE = \frac{\sum PE_i}{n}$$

Keterangan:

e_i : Kesalahan peramalan periode ke-i ($X_i - F_i$)
 X_i : Data Permintaan Aktual periode ke-i
 F_i : Hasil Forecasting periode ke-i
 PE_i : *Percentage Error*
 n : Jumlah Periode Peramalan

2) MAD

Mean Absolute Deviation (MAD) merupakan rata-rata kesalahan mutlak selama periode tertentu namun tanpa memperhatikan apakah hasil peramalan tersebut lebih besar atau lebih kecil dari aktualnya. Berikut merupakan rumus dari MAD [16].

$$MAD = \frac{\sum |e_i|}{n} \quad (10)$$

Keterangan:

MAD : *Mean Absolute Deviation*
 e_i : Kesalahan peramalan periode ke-i
 n : Jumlah periode peramalan

3) MSD

MSD merupakan ukuran penyimpangan ramalan dengan merata-ratakan kuadrat *error* (penyimpangan semua ramalan). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$MSD = \frac{\sum e_i^2}{n} \quad (10)$$

Keterangan:

MSD : *Mean Square Deviation*

e_i : Kesalahan peramalan periode ke- i

n : Jumlah periode peramalan

2.1 Goal Programming

Menurut Cooper [17] *Goal Programming* adalah teknik pengambilan keputusan yang merupakan variasi khusus dari Linear Programming yang dapat menyelesaikan multi-objectives, dengan meminimumkan deviasi terhadap tujuan yang telah ditetapkan oleh pengambil keputusan dengan usaha yang ditempuh untuk mencapai tujuan tersebut sesuai dengan batasan-batasan yang ada meliputi batasan sumber daya yang tersedia, teknologi, kendala tujuan dan lain sebagainya.

Tujuan dari metode *Goal Programming* menurut Devani [18] untuk meminimalisasi deviasi terhadap tujuan yang telah ditetapkan oleh pengambil keputusan sehingga dengan terminimalisasinya deviasi tersebut, suatu tujuan yang telah ditetapkan dapat dicapai semaksimal mungkin sesuai batasan-batasan yang ada. Variabel deviasional berfungsi untuk menampung penyimpangan-penyimpangan atau deviasi yang akan terjadi pada nilai ruas kiri suatu persamaan kendala terhadap nilai ruas kanannya. Variabel deviasional terbagi menjadi dua yaitu deviasional negatif (d_i^-) yang berfungsi untuk menampung deviasi yang berada di bawah sasaran yang dikehendaki oleh pengambil keputusan dan deviasional positif (d_i^+) yang berfungsi untuk menampung deviasi yang berada di atas sasaran yang dikehendaki oleh pengambil keputusan [19].

2.2.1 Pemodelan Masalah

Dalam penelitian ini perencanaan produksi yang optimum meliputi keputusan mengadakan TBS dari kebun inti dan kebun pihak ketiga yang mampu memenuhi target perusahaan baik jumlah maupun kualitas. Variabel keputusan merupakan faktor yang ingin dikendalikan. Variabel keputusan menjelaskan masalah dan perumusan keputusan yang dibuat untuk mengoptimalkan output dan memenuhi kriteria dan kendala. Variabel keputusan yang diidentifikasi yaitu:

X_{1i} : Jumlah produksi CPO dari TBS kebun sendiri bulan i

X_{2i} : Jumlah produksi Kernel dari TBS kebun sendiri bulan i

X_{3i} : Jumlah TBS dari kebun sendiri bulan i

X_{4i} : Jumlah kuota pembelian TBS dari pihak ketiga bulan i

X_{5i} : Jumlah produksi CPO dari TBS pihak ketiga

X_{6i} : Jumlah Produksi Kernel dari TBS pihak ketiga

Keterangan:

i = Januari 2022-Desember 2022

Keputusan ini dibuat dengan mempertimbangkan berbagai tujuan perusahaan yaitu:

1) Meminimalkan biaya pengolahan TBS

Biaya pengolahan digunakan untuk membeli dan membayar semua kebutuhan pengolahan TBS menjadi TBS dan CPO sehingga total biaya perencanaan

produksi tidak boleh melebihi biaya yang sudah dialokasikan. Sehingga simpangan positif harus diminimalkan.

$$Z = \text{Min} \sum_{i=\text{Januari}}^{\text{Desember}} d_{1j}^+$$

2) Memaksimalkan pengolahan TBS kebun sendiri PKS harus bisa mengolah seluruh TBS dari kebun sendiri sebelum melakukan pembelian dari TBS pihak ketiga sehingga simpangan positif dan negatif harus diminimalkan.

$$Z = \text{Min} \sum_{i=\text{Januari}}^{\text{Desember}} d_{2j}^- + d_{2j}^+$$

3) Memaksimalkan kuota pembelian TBS pihak ketiga dengan menjaga target rendemen Kuota pembelian TBS pihak ketiga mempertimbangkan rendemen dari CPO kebun sendiri. Pembelian dilakukan jika rendemen CPO kebun sendiri melebihi rendemen target yang ditetapkan. Penambahan TBS pihak ketiga tidak boleh lebih dari selisih positif rendemen CPO kebun sendiri agar rendemen tetap tercapai. Agar penambahan TBS maksimal sekaligus rendemen tetap tercapai maka simpangan positif dan negatif harus diminimalkan.

$$Z = \text{Min} \sum_{i=\text{Januari}}^{\text{Desember}} d_{3j}^- + d_{3j}^+$$

4) Memaksimalkan produksi CPO untuk memenuhi target produksi CPO

PKS memiliki target produksi CPO yang harus dicapai setiap bulannya sehingga kekurangan produksi harus dihindari dengan meminimalkan simpangan negatif.

$$Z = \text{Min} \sum_{i=\text{Januari}}^{\text{Desember}} d_{4j}^-$$

5) Memaksimalkan produksi kernel untuk memenuhi target produksi kernel

PKS memiliki target produksi kernel yang harus dicapai setiap bulannya sehingga kekurangan produksi harus dihindari dengan meminimalkan simpangan negatif. $Z = \text{Min} \sum d_{5j}^-$ - Desember $i=\text{Januari}$ Semua tujuan memiliki kepentingan yang sama tanpa ada prioritas pada tujuan tertentu sehingga fungsi tujuan yang digunakan adalah:

$$Z = \text{Min} \sum_{i=\text{Januari}}^{\text{Desember}} d_{5j}^-$$

Dalam mencapai tujuan tersebut perusahaan memiliki kendala yang menjadi hambatan bagi perusahaan, yaitu:

1) Kendala alokasi biaya pengolahan TBS

Biaya pengolahan antara TBS kebun sendiri dan TBS pihak ketiga berbeda. TBS kebun sendiri hanya

dibebani biaya langsir, biaya tenaga kerja dan biaya overhead pabrik sedangkan TBS kebun sendiri ditambah dengan biaya pembelian. Sehingga total biaya pengolahan dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 11.

$$B \sum_{i=\text{januari}}^{\text{Desember}} X_3 + b \sum_{i=\text{januari}}^{\text{Desember}} X_4 + \sum_{i=1}^{12} d_{ji}^- + d_{ji}^+ = ABP_i \quad (11)$$

Keterangan:

B : Biaya olah TBS kebun sendiri

b : Biaya olah TBS pihak ketiga

ABP_i : Alokasi biaya produksi bulan ke-i

2) Kendala ketersediaan TBS kebun sendiri

Banyak TBS yang tersedia di kebun sendiri diperoleh melalui proses peramalan berdasarkan data historis. TBS yang dihasilkan kebun sendiri harus diolah seluruhnya. Persamaan untuk ketersediaan TBS kebun sendiri dapat dirumuskan seperti Persamaan 12.

$$\sum_{i=\text{januari}}^{\text{Desember}} X_3 + \sum_{i=1}^{12} d_{ji}^- + d_{ji}^+ = TKS_i \quad (12)$$

Keterangan:

TKS_i : Jumlah TBS kebun sendiri bulan ke-i

3) Kendala target rendemen CPO

Keputusan untuk membeli TBS ditentukan oleh nilai rendemen CPO kebun sendiri. Jumlah pembelian TBS disesuaikan dengan selisih positif target dengan rendemen saat ini agar target rendemen tetap tercapai. Persamaan untuk memastikan tercapainya target rendemen dapat dirumuskan seperti Persamaan 13.

$$SR_c \sum_{j=\text{januari}}^{\text{Desember}} X_3 + r_c \sum_{j=\text{januari}}^{\text{Desember}} X_4 + \sum_{j=1}^{12} d_{ji}^- + d_{ji}^+ = TR_i \quad (13)$$

Keterangan:

SR : Selisih positif antara rendemen CPO kebun sendiri dan rendemen target

r_c : Rendemen CPO dari TBS pihak ketiga

4) Kendala target produksi CPO

Setiap periode PKS harus memproduksi CPO minimal sebesar target yang sudah ditentukan sehingga persamaan target produksi dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 14.

$$\sum_{i=\text{januari}}^{\text{Desember}} R_c X_3 + r_c X_4 + \sum_{i=1}^{12} d_{ji}^- + d_{ji}^+ = TPC_i \quad (14)$$

Keterangan:

R_c : Rendemen CPO dari TBS kebun sendiri

TPC_i : Target Produksi CPO bulan-i

5) Kendala target produksi kernel

Setiap periode PKS harus memproduksi kernel minimal sebesar target yang sudah ditentukan sehingga persamaan target produksi dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 15.

$$\sum_{i=\text{januari}}^{\text{Desember}} R_k X_3 + r_k X_4 + \sum_{i=1}^{12} d_{ij}^- + d_{ij}^+ = TPK_i \quad (15)$$

Keterangan:

TPK_i : Target produksi Kernel

6) Kendala Transfer TBS Kebun Sendiri Menjadi CPO dan Kernel

Jumlah produksi CPO dan Kernel yang bisa dihasilkan TBS dapat dilihat dari nilai rendemen. Jumlah produksi sama dengan jumlah rendemen dikali dengan jumlah TBS yang diolah. Kendala ini tidak memiliki variabel deviasi karena merupakan kendala struktural selain itu jumlah produksi CPO dan Kernel tidak akan mengalami penyimpangan dari nilai rendemen masing-masing. Persamaan transfer TBS kebun sendiri dapat dirumuskan seperti pada Persamaan 17 dan 18.

$$X_1 = R_c X_3 \quad (17)$$

$$X_5 = R_k X_3 \quad (18)$$

7) Kendala Transfer TBS Pihak Ketiga Menjadi CPO dan Kernel

Sama seperti TBS kebun sendiri, jumlah produksi CPO dan Kernel yang bisa dihasilkan oleh TBS pihak ketiga dapat dirumuskan dengan Persamaan 19 dan 20.

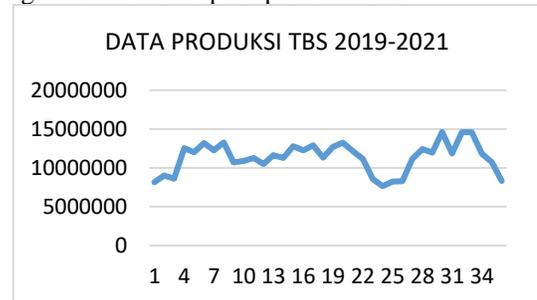
$$X_2 = r_c X_4 \quad (19)$$

$$X_6 = r_k X_4 \quad (20)$$

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peramalan Produksi

Jumlah TBS dari kebun sendiri PKS Sawit Seberang pada Gambar 1 membentuk pola *seasonal* yaitu pola data cenderung naik dan turun di bulan tertentu dan kejadiannya berulang di tahun selanjutnya. Oleh karena itu metode yang digunakan dalam peramalan metode peramalan dengan data musiman yaitu *Moving Average* dan *Exponential Smoothing*. Peramalan setiap metode menghasilkan error seperti pada Tabel 2.



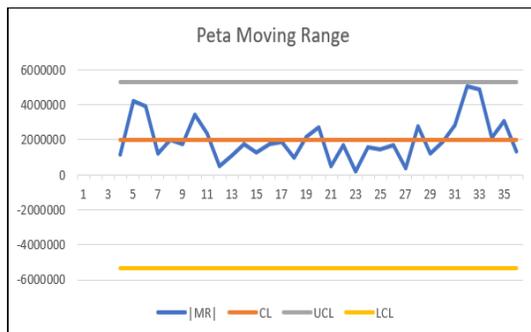
Gambar 1. Plot Data Produksi TBS Kebun sendiri Tahun 2019-2021

Berdasarkan hasil validasi pada Tabel 2 diketahui bahwa metode yang menghasilkan *error* terkecil adalah *Single Exponential Smoothing* (SES) dengan nilai MAPE sebesar 11,41%, MAD sebesar 1.282.664,06 dan MSD sebesar 2.616.741.431.862,11. Oleh karena itu,

peramalan jumlah produksi TBS kebun sendiri dilakukan menggunakan metode SES. Namun perlu dilakukan validasi terlebih dahulu untuk memastikan bahwa metode terpilih dapat digunakan untuk peramalan produksi TBS di masa depan.

Tabel 2. Perbandingan Akurasi Peramalan

| Metode Peramalan | Akurasi | | |
|-------------------------------|----------|---------------|----------------------|
| | MAPE (%) | MAD | MSD |
| 3 Month Single Moving Average | 14,46 | 1.587.589,06 | 3.843.203.779.767,85 |
| Single Exponential Smoothing | 11,41 | 1.282.664,06 | 2.616.741.431.862,11 |
| 3 Month Double Moving Average | 13,87 | 1.485.640,613 | 3.462.969.326.827,26 |
| Double Exponential Smoothing | 14,43 | 1.527.079 | 4.133.002.862.643,35 |



Gambar 3. Grafik Kendali Error Metode SES

Berdasarkan hasil validasi menggunakan metode *Moving Range* pada Gambar 3 diketahui bahwa kesalahan peramalan menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* berada dalam batas kendali

Tabel 4. Produksi CPO dan Pengadaan TBS Optimal

| Bulan | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 |
|-----------|------------|-----------|-------------|-----------|-----------|--------|
| Januari | 1828449 | 336615 | 8653330 | 62289 | 11249 | 2454 |
| Februari | 1872581 | 316712 | 8653330 | 306652 | 55381 | 12082 |
| Maret | 1948730 | 331423 | 8653330 | 728298 | 131531 | 28695 |
| April | 1940077 | 356517 | 8653330 | 680384 | 122877 | 26807 |
| Mei | 1940942 | 358248 | 8653330 | 685175 | 123743 | 26996 |
| Juni | 1936615 | 364305 | 8653330 | 661218 | 119416 | 26052 |
| Juli | 1931423 | 362575 | 8653330 | 632469 | 114224 | 24919 |
| Agustus | 1935750 | 354787 | 8653330 | 656427 | 118551 | 25863 |
| September | 1969498 | 351325 | 8653330 | 843292 | 152299 | 33226 |
| Oktober | 2008438 | 364305 | 8653330 | 1058907 | 191239 | 41721 |
| November | 2005842 | 349595 | 8653330 | 1044533 | 188643 | 41155 |
| Desember | 1918443 | 346999 | 8653330 | 560598 | 101244 | 22088 |
| Total | 23.236.788 | 4.193.406 | 103.839.960 | 7.920.242 | 1.430.397 | 312058 |

sehingga hasil peramalan menggunakan metode SES bisa diterima. Hasil peramalan menunjukkan bahwa produksi TBS kebun sendiri pada Januari sampai Desember 2022 memiliki jumlah yang tetap yaitu sebesar 8.653.330 kg seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Peramalan Produksi TBS Kebun Sendiri Tahun 2022

| Bulan | Jumlah Produksi |
|-----------|-----------------|
| Januari | 8.653.330 |
| Februari | 8.653.330 |
| Maret | 8.653.330 |
| April | 8.653.330 |
| Mei | 8.653.330 |
| Juni | 8.653.330 |
| Juli | 8.653.330 |
| Agustus | 8.653.330 |
| September | 8.653.330 |
| Oktober | 8.653.330 |
| November | 8.653.330 |
| Desember | 8.653.330 |

3.2 Perencanaan Produksi CPO dan Kernel dengan Goal Programming

Model optimasi *Goal Programming* dirumuskan berdasarkan kendala yang dialami perusahaan. Tujuan Perhitungan optimasi permasalahan model *Goal Programming* dihitung menggunakan bantuan *software* LINGO 19. Hasil perhitungan jumlah produksi CPO kebun sendiri (X_1), jumlah produksi CPO pihak ketiga (X_2), jumlah TBS kebun sendiri (X_3), jumlah pembelian TBS pihak ketiga (X_4), jumlah produksi kernel kebun sendiri (X_5) dan jumlah produksi kernel pihak ketiga untuk (X_6) untuk setiap bulan ditunjukkan pada Tabel 4.

Berdasarkan hasil perhitungan kemampuan produksi CPO kebun sendiri pada tahun 2022 pada Tabel 4 sebesar 23.236.788 kg sedangkan target perusahaan sebesar 38.757.629 kg sehingga masih terdapat kekurangan produksi sebesar 15.520.841 kg. Hal ini berarti bahwa kebun PKS Sawit Seberang hanya mampu memasok 59,95% dari total kebutuhan CPO yang ditetapkan. Dan untuk kemampuan produksi Kernel kebun sendiri yaitu sebesar 4.193.406 kg dari target produksi 6.812.812 kg atau hanya mampu memenuhi 61,55% target produksi. Untuk mengurangi kekurangan target CPO dan Kernel tersebut, perusahaan bisa menambah TBS dari pihak ketiga pada bulan Januari sebesar 62.289 kg, Februari 306.652 kg, Maret 728.298, April 680.384 kg, Mei 685.175 kg, Juni 661.218 kg, Juli 632.469 kg, Agustus 656.427 kg, September 843.292 kg, Oktober 1.058.907 kg, November 1.044.533 kg, Desember 560.598 kg. Namun penambahan ini tetap belum mampu memenuhi target perusahaan. Hal ini dikarenakan pembelian hanya bisa dilakukan sesuai dengan selisih rendemen CPO kebun sendiri dengan target rendemen perusahaan agar rendemen tetap tercapai. Meskipun belum mampu menutupi semua kekurangan produksi, TBS pihak ketiga mampu menambah produksi CPO sebesar 9,21% atau 1.430.397 kg dan produksi kernel sebesar 5,79% atau 312.058 kg. Hasil optimal perlu diverifikasi untuk memastikan apakah model dan program sudah memenuhi fungsi tujuan. Ketercapaian hasil diukur dengan menghitung nilai deviasi dari setiap batasan fungsi tujuan. Tujuan tercapai jika nilai deviasi yang dioptimasi bernilai nol yang menunjukkan tidak terjadi perbedaan antara keadaan optimal dengan yang diinginkan.

1) Ketercapaian Tujuan Meminimasi Biaya Pengolahan

Ketercapaian fungsi tujuan meminimasi biaya pengolahan ditunjukkan oleh nilai deviasi positif dari fungsi kendala alokasi biaya. Berdasarkan nilai simpangan positif dari fungsi kendala alokasi biaya pada Tabel 5 bernilai simpangan positif alokasi biaya produksi bernilai nol untuk bulan Januari sampai Desember 2022. Hal ini menunjukkan perencanaan produksi yang dihasilkan dengan metode *Goal Programming* mampu meminimalkan biaya pengolahan. Ketercapaian tujuan memaksimalkan pengolahan TBS kebun sendiri

2) Ketercapaian Tujuan Memaksimalkan Pengolahan TBS Kebun Sendiri

Nilai simpangan positif dan simpangan negatif fungsi tujuan memaksimalkan pengolahan TBS kebun sendiri pada Tabel 6 yaitu bernilai nol. Hal ini menunjukkan bahwa perencanaan produksi CPO dan Kernel yang dihasilkan dengan metode *Goal Programming* sudah mengolah semua TBS

dari kebun sendiri sebelum melakukan penambahan TBS.

Tabel 5. Nilai Deviasi Alokasi Biaya dengan Biaya Pengolahan pada Kondisi Optimal

| Bulan | Simpangan Positif | Ketercapaian |
|-----------|-------------------|--------------|
| Januari | 0 | Tercapai |
| Februari | 0 | Tercapai |
| Maret | 0 | Tercapai |
| April | 0 | Tercapai |
| Mei | 0 | Tercapai |
| Juni | 0 | Tercapai |
| Juli | 0 | Tercapai |
| Agustus | 0 | Tercapai |
| September | 0 | Tercapai |
| Oktober | 0 | Tercapai |
| November | 0 | Tercapai |
| Desember | 0 | Tercapai |

Tabel 6. Nilai Deviasi Ketersediaan TBS Kebun Sendiri dengan Jumlah TBS Kebun Sendiri yang Diolah pada Kondisi Optimal

| Bulan | Simpangan Positif | Simpangan Negatif | Ketercapaian |
|-----------|-------------------|-------------------|--------------|
| Januari | 0 | 0 | Tercapai |
| Februari | 0 | 0 | Tercapai |
| Maret | 0 | 0 | Tercapai |
| April | 0 | 0 | Tercapai |
| Mei | 0 | 0 | Tercapai |
| Juni | 0 | 0 | Tercapai |
| Juli | 0 | 0 | Tercapai |
| Agustus | 0 | 0 | Tercapai |
| September | 0 | 0 | Tercapai |
| Oktober | 0 | 0 | Tercapai |
| November | 0 | 0 | Tercapai |
| Desember | 0 | 0 | Tercapai |

3) Ketercapaian Tujuan Memaksimalkan Kuota Pembelian TBS Pihak Ketiga Yang Menjaga Target Rendemen

Nilai simpangan positif dan simpangan negatif dari fungsi kendala kuota pembelian TBS pihak ketiga pada Tabel 7 diketahui bahwa nilai simpangan positif dan negatif kuota pembelian TBS pihak ketiga bernilai nol untuk bulan Januari sampai Desember 2022. Hal ini menunjukkan perencanaan produksi CPO dan Kernel yang dihasilkan dengan metode *Goal Programming* sudah memaksimalkan kuota pembelian TBS pihak ketiga yang bisa

dilakukan dengan mempertimbangkan target rendemen tetap tercapai.

Tabel 7. Nilai Deviasi Kuota Pembelian TBS Pihak Ketiga dengan Jumlah TBS Pihak Ketiga pada Kondisi Optimal

| Bulan | Simpangan Positif | Simpangan Negatif | Ketercapaian |
|-----------|-------------------|-------------------|--------------|
| Januari | 0 | 0 | Tercapai |
| Februari | 0 | 0 | Tercapai |
| Maret | 0 | 0 | Tercapai |
| April | 0 | 0 | Tercapai |
| Mei | 0 | 0 | Tercapai |
| Juni | 0 | 0 | Tercapai |
| Juli | 0 | 0 | Tercapai |
| Agustus | 0 | 0 | Tercapai |
| September | 0 | 0 | Tercapai |
| Oktober | 0 | 0 | Tercapai |
| November | 0 | 0 | Tercapai |
| Desember | 0 | 0 | Tercapai |

4) Ketercapaian tujuan memaksimalkan produksi CPO untuk memenuhi target produksi perusahaan

Nilai simpangan negatif jumlah produksi CPO dari TBS kebun sendiri ditambah dengan CPO dari pihak ketiga bernilai nol untuk bulan february artinya pada bulan february target produksi CPO sudah tercapai. Total produksi CPO dari TBS kebun sendiri dan pihak ketiga pada bulan february yaitu 1.927.962 kg sedangkan target perusahaan hanya 1.832.331 kg. namun pada bulan januari terdapat kekurangan produksi CPO sebesar 31.989,04 kg, bulan maret sebesar 357.769,5 kg, bulan april sebesar 842.235,1 kg, bulan mei sebesar 1.479.561 kg, bulan juni sebesar 1.646.188 kg, bulan juli sebesar 1.789.976, bulan agustus sebesar 1.689.967 kg, bulan september sebesar 2.037.932 kg, bulan oktober sebesar 1.759.032 kg, bulan november 1.544.884 kg, dan bulan desember sebesar 1.006.544 kg. Kekurangan terbesar terjadi pada bulan september hal ini dikarenakan target pada bulan september yang lebih besar dari target pada bulan lainnya sedangkan jumlah pasokan tbs dari kebun sendiri tetap sebesar 8.653.330 kg. Hal ini juga menjadi alasan terjadinya kekurangan pada bulan lainnya dimana terjadi peningkatan target produksi sedangkan pasokan TBS dari kebun sendiri tidak bertambah. Sehingga dapat disimpulkan bahwa fungsi tujuan memaksimalkan produksi CPO belum tercapai.

Tabel 8. Nilai Deviasi Target Produksi CPO dengan Jumlah Produksi CPO pada Kondisi Optimal

| Bulan | Simpangan Negatif | Ketercapaian |
|-----------|-------------------|----------------|
| Januari | 31989.04 | Tidak Tercapai |
| Februari | 0 | Tercapai |
| Maret | 357769.5 | Tidak Tercapai |
| April | 842235.1 | Tidak Tercapai |
| Mei | 1479561 | Tidak Tercapai |
| Juni | 1646188 | Tidak Tercapai |
| Juli | 1789976 | Tidak Tercapai |
| Agustus | 1689967 | Tidak Tercapai |
| September | 2037932 | Tidak Tercapai |
| Oktober | 1759032 | Tidak Tercapai |
| November | 1544884 | Tidak Tercapai |
| Desember | 1006544 | Tidak Tercapai |

5) Ketercapaian tujuan memaksimalkan produksi kernel untuk memenuhi target produksi

Tabel 9. Nilai Deviasi Kendala Target Produksi CPO dengan Jumlah Produksi CPO pada Kondisi Optimal

| Bulan | Simpangan Negatif | Ketercapaian |
|-----------|-------------------|----------------|
| Januari | 9497.29 | Tidak Tercapai |
| Februari | 19246.04 | Tidak Tercapai |
| Maret | 93579.52 | Tidak Tercapai |
| April | 152981.7 | Tidak Tercapai |
| Mei | 274567.2 | Tidak Tercapai |
| Juni | 285066.8 | Tidak Tercapai |
| Juli | 313535.2 | Tidak Tercapai |
| Agustus | 288538.3 | Tidak Tercapai |
| September | 370500.1 | Tidak Tercapai |
| Oktober | 321009.9 | Tidak Tercapai |
| November | 301723.9 | Tidak Tercapai |
| Desember | 190340.9 | Tidak Tercapai |

Nilai simpangan negatif total produksi kernel dari TBS kebun sendiri ditambah dengan kernel dari TBS pihak ketiga bernilai lebih dari nol mulai Januari sampai Desember. Artinya target produksi setiap bulan tidak tercapai. Pada bulan januari terdapat kekurangan produksi kernel sebesar 9.497,29kg, february sebesar 19.246,04 kg, maret sebesar 93.579,52 kg, april sebesar 152.981,7 kg, mei sebesar 274.567,2 kg, juni sebesar 288.538,3 kg, july sebesar 313.535,2 kg, agustus sebesar 288.538,3 kg, september 370.500,1 kg, oktober sebesar 321.009 kg, november 301.723,9 kg, dan pada bulan

desember sebesar 190.340 kg. Kekurangan terbesar terjadi pada bulan september hal ini dikarenakan target produksi kernel pada bulan september lebih besar dari target pada bulan lainnya sedangkan jumlah pasokan TBS dari kebun sendiri tetap sebesar 8.653.330 kg. Hal ini juga menjadi alasan terjadinya kekurangan pada bulan lainnya dimana terjadipeningkatan target produksi sedangkan pasokan TBS dari kebun sendiri tidak bertambah. Selain itu penambahan TBS pihak ketiga tidak bisa melebihi kuota dari selisih rendemen kebun sendiri dengan rendemen target.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan. Pertama, Hasil peramalan jumlah produksi TBS kebun PKS Sawit Seberang pada bulan Januari sampai Desember 2022 menggunakan metode *Single Exponential Smoothing* yaitu 8.653.330 kg setiap bulannya dengan nilai MAPE sebesar 11,41%, MAD sebesar 1.282.664,06 dan MSD sebesar 2.616.741.431.862,11. Kedua, TBS dari kebun sendiri PKS Sawit Seberang hanya mampu memenuhi 59,95% target produksi CPO atau sebesar 23.236.788 kg dan 61,55% target produksi kernel atau sebesar 4.193.406 kg. Jumlah ini masih kurang dari target produksi perusahaan sebesar 15.520.841 kg untuk produksi CPO dan 5.382.415 kg untuk produksi Kernel. Ketiga, pembelian TBS dari pihak ketiga yang bisa menjaga kualitas rendemen pada bulan januari adalah sebesar 62.289 kg, february sebesar 306.652 kg, maret sebesar 728.298 kg, april 680.384 kg, mei sebesar 685.175 kg, juni sebesar 661.218 kg, juli sebesar 632.469 kg, agustus sebesar 656.427, september sebesar 843.292 kg, oktober sebesar 1.058.907 kg, november sebesar 1.044.533 kg, dan desember 560.598. Penambahan TBS dari pihak ketiga ini mampu menutupi kekurangan produksi CPO sebesar 1.430.397 kg atau 9,21% dan Kernel sebesar 312.058 kg atau 5,79%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Arifin, "Harapan Industri Sawit Pada 2022," 3 Januari 2022.
- [2] J. Ignizio, *Goal Programming and extension*, London: Heath Lexington Books, 1976.
- [3] M. R. Sadeghi, S. H. R. Hajiagha dan S. S. Hashemi, "A fuzzy grey Goal Programming approach for aggregate production planning," *Int J Adv Manuf Technol*, vol. 64, pp. 1715-1727, 2013.
- [4] S. s. Karakutuk dan M. A. Ornek, "A Goal Programming approach to lean production system implementation," *Int Journal of the Operation Research Society*, 2022.
- [5] A. D, "Improving the Reduction Planning and Control Process," *Int. J. of Engr and Res*, vol. 6, pp. 883-887, 2015.
- [6] B. T. Tiu dan D. Crus, "An MILD Model for Optimizing Water Exchanges Eco Industrial Park Considering Water Quality," *Resource, Conservation and Recycling.*, vol. 119 April 2017, pp. 67- 79, 2017.
- [7] Marimin dan R. Zavira, "Production planning of crude palm oil: a study case at X Co.," dalam *Earth and Environmental Science*, 2020.
- [8] D. Sofyan, *Perencanaan & Pengendalian Produksi*, Lhoksemawe NAD: Graha Ilmu, 2013.
- [9] V. Gasperz, *Production Planning and Inventory Control*, Jakarta: Gramedia Pustaka Ilmu, 2005.
- [10] Nurlatifa, Alfian dan S. Kusumadewi, "Peramalan Jumlah Penjualan Menggunakan Metode Rata-rata Bergerak pada Rumah Jilbab Zaky," *Jurnal INOVTEK POLBENG-Seri Informatika*, 2017.
- [11] R. Yudaruddin, *Forecasting untuk Kegiatan Ekonomi dan Bisnis*, Samarinda: RV Pustaka Horizon, 2019.
- [12] I. M. Maharani, "Perbandingan Metode Peramalan Jumlah Produksi PALM Kernel Oil (PKO) Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Box Jenkins," *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, pp. 162-173, 2020.
- [13] V. Rosdiani, "Evaluasi Metode Peramalan Permintaan dan Perencanaan Agregat Atap Harflex di PT Bakrie Building Industries," *Magister Universitas Gajah Mada*, 2018.
- [14] S. d. Matridakis, *Metode dan Aplikasi Peramalan*, Tangerang Selatan: Binarupa Aksara, 2007.
- [15] A. Eunike, N. W. Setyanto, R. Yuniarti, R. I. Hamdala, R. P. Lukodono dan A. Fanani, *Perencanaan Produksi dan Pengendalian Persediaan*, Malang: UB Press, 2018.
- [16] M. A. Maricar, "Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Range dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ," *Jurnal Sistem dan Informatika*, pp. 36-45, 2019.
- [17] S. Hartini, *Teknik Mencapai Produksi Optimal*, Bandung: CV Lubuk Agung, 2011.
- [18] A. Charnes dan Cooper, W.W, *Management Models and Industrial Application of Linear Programming*, Wiley: New York, 1961.
- [19] V. Devani, "Optimasi Perencanaan Produksi Dengan Menggunakan Metode Goal Programming," *Jurnal Sains dan Teknologi Industri*, pp. 84-91, 2014.
- [20] R. Armindo, "Penentuan Kapasitas Optimal Produksi CPO di Pabrik Kelapa Sawit PT. Andira Argo dengan Menggunakan Goal Programming," *IPB*, Bandung, 2006.

- [21] D. Kushartinni dan I. Almahdy, "Sistem Persediaan Bahan Baku Produk Dispersant di Industri Kimia," Jurnal PASTI. Vol X, pp. 217-234, 2013.