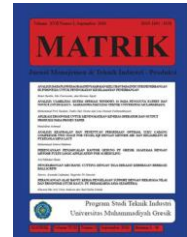




MATRIK

Jurnal Manajemen dan Teknik Industri-Produksi

Journal homepage: <http://www.journal.umg.ac.id/index.php/matriks>



Pengembangan Model Optimasi Suplai Tandan Buah Segar dengan Goal Programming di PKS Tanjung Seumantoh PTPN I

Yelita Anggiane Iskandar^{1*}, Ismi Nur Sabani², dan Iwan Sukarno³

Program Studi Teknik Logistik Universitas Pertamina

Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan, DKI Jakarta, Indonesia

yelita.ai@universitaspertamina.ac.id¹, 102417064@student.universitaspertamina.ac.id²,

iwansukarno@universitaspertamina.ac.id³

*corresponding author

INFO ARTIKEL

doi: 10.350587/Matrik
v23i2.3959

Jejak Artikel :

Upload artikel

6 Mei 2022

Revisi

25 Februari 2023

Publish

29 Maret 2023

Kata Kunci :

Crude Palm Oil, Palm Kernel,
Tandan Buah Segar, Goal
Programming, dan Optimasi

ABSTRAK

Industri kelapa sawit merupakan sektor yang penting bagi perekonomian nasional Indonesia. Kelapa sawit dipahami sebagai salah satu komoditas pertanian yang strategis sehingga segala aspek yang mampu meningkatkan produksi kelapa sawit beserta produk turunannya menarik untuk diteliti. Penelitian ini fokus pada produksi Crude Palm Oil (CPO), Palm Kernel (PK), dan pendapatan Pabrik Kelapa Sawit (PKS) khususnya di Tanjung Seumantoh dengan memperhatikan suplai bahan baku berupa Tandan Buah Segar (TBS). Melihat bahwa pada periode Januari-Desember 2020, capaian produksi CPO dan PK lebih kecil dibandingkan target yang disebabkan oleh minimnya pasokan TBS dari masing-masing penyulai (supplier) sehingga dibutuhkan optimasi sistem produksi. Didahului dengan pengembangan model matematis yang menggambarkan keadaan nyata di lapangan, kemudian dilakukan sejumlah eksperimen dan uji skenario untuk mengetahui skema yang paling sesuai dalam kerangka pemenuhan target produksi PTPN I area Sumatera Utara. Ada 2 skenario yang diujikan dimana skenario 1 mempertimbangkan rendemen realisasi sedangkan skenario 2 menggunakan rendemen target pada model. Mengingat ada lebih dari 1 objektif model yang ingin dicapai maka digunakan metode goal programming untuk mengolah data dengan software LINGO. Dari hasil eksperimen, diketahui bahwa penerapan skenario 2 yang paling baik untuk memenuhi target produksi, dengan nilai penyimpangan lebih kecil dibandingkan pada skenario 1. Lalu pada skenario 2, diketahui juga bahwa ada kebutuhan peningkatan suplai TBS untuk satu tahun sebagai berikut: 16% dari kebun sendiri, 12% dari pembelian perkebunan rakyat dan 8% dari Kerja Sama Operasional (KSO).



1. Pendahuluan

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang memiliki peranan penting dalam kegiatan perekonomian di Indonesia [1] karena diketahui bahwa Indonesia merupakan negara penghasil *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia [2]. Kelapa sawit dapat diolah menjadi minyak sawit yang kemudian dapat diproses lebih lanjut lagi menjadi produk-produk lainnya. Kelapa sawit sangat diminati dipasaran, baik untuk kebutuhan dalam negeri maupun luar negeri, dalam bentuk minyak sawit atau CPO dan *Palm Kernel* (PK) atau yang biasa juga disebut sebagai inti sawit.

Untuk kebutuhan pengolahan CPO di Indonesia, umumnya kelapa sawit dihimpun dari hasil perkebunan milik swasta, perkebunan rakyat yang dikelola oleh rakyat secara mandiri, dan perkebunan besar negara yang dikelola oleh pihak pemerintah [3], yaitu oleh PT Perkebunan Nusantara (PTPN) [4].

PTPN I merupakan salah satu *subsidiary holding* BUMN perkebunan yang mengelola komoditas kelapa sawit, dengan wilayah usaha yang tersebar berada di Provinsi Aceh meliputi Aceh Tamiang, Aceh Timur, Aceh Utara, Nagan Raya, Aceh Selatan, dan Aceh Barat. PTPN I menghasilkan produk akhir berupa CPO dan PK. PTPN I memiliki 3 pabrik kelapa sawit (PKS) meliputi: Tanjung Seumantoh, Cot Girek, dan Pulau Tiga [5]. Pengelolaan CPO dan PK diperoleh dari bahan baku brondol kelapa sawit yang merupakan satuan buah sawit yang dilepas dari tandan buah kelapa sawit, tandan buah segar (TBS). Satu butir brondol kelapa sawit terdiri dari daging buah dan biji sawit. Setiap bagian dari brondol ini diolah menjadi produk yang berbeda. Daging buah sawit diolah menjadi CPO sedangkan biji sawit diproses menjadi PK. Klasifikasi pengolahan bahan baku TBS secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.

PKS Tanjung Seumantoh merupakan salah satu anak perusahaan PTPN I yang berlokasi di Kecamatan Karang Baru Kabupaten Aceh Tamiang, Aceh, Indonesia. PKS Tanjung Seumantoh ini merupakan pabrik pengolah TBS menjadi produk CPO dan PK. Dalam mengolah TBS, diperlukan proses produksi agar tercipta produk akhir yang sesuai. Proses ini dimulai dari penerimaan TBS yang berasal dari Kebun Inti, Titip Olah (KSO), dan TBS Rakyat melalui mekanisme jual beli. Sumber TBS dari Kebun

Inti PKS Tanjung Seumantoh spesifiknya berasal dari Kebun Lama, Kebun Baru, dan Kebun Tualang Sawit. Dari penerimaan TBS, proses produksi dilanjutkan dengan perebusan, pemisahan janjang kosong (tandan) dengan buah sawit, pengolahan minyak sawit, pengolahan inti kernel, lalu penyimpanan produk akhir. Hasil pengolahan kelapa sawit yang baik dicirikan dengan mutu atau kualitas produknya yang baik yaitu pada CPO dan PK serta rendemen yang optimum [6].

PKS Tanjung Seumantoh memiliki target produksi atau biasa disebut sebagai Rancangan Kerja Anggaran Perusahaan (RKAP) produksi untuk produk CPO dan PK. Target produksi yang ditetapkan ini digunakan sebagai parameter keberhasilan dalam memenuhi permintaan hasil produksi dan menjadi salah satu indikator kinerja perusahaan. Dari laporan operasional perusahaan diketahui bahwa hasil produksi CPO dan PK periode Januari-Desember 2020 di PKS Tanjung Seumantoh belum memenuhi target produksi (RKAP) sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.

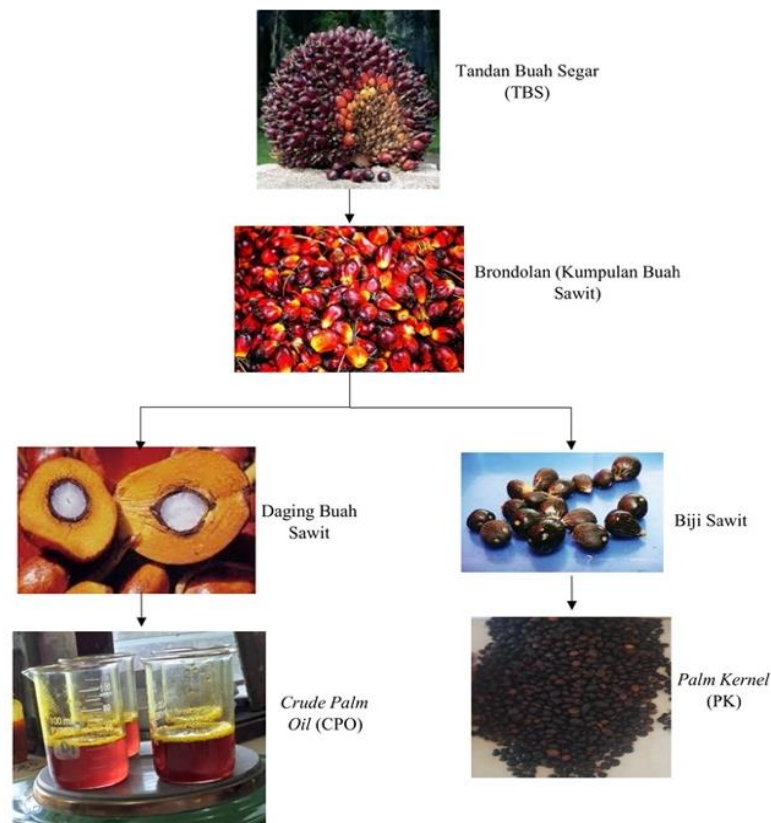
Pada Gambar 2, tampak grafik perbandingan antara hasil produksi CPO dan PK realisasi dengan RKAP-nya untuk tahun 2020. Terlihat bahwa produksi CPO dan PK ditahun 2020 tidak mencapai target yang ditetapkan sehingga proses produksi PKS Tanjung Seumantoh dikatakan belum sepenuhnya optimal. Seperti diketahui bahwa ketidakseimbangan perencanaan produksi memang seringkali terjadi di lapangan yang nantinya mempengaruhi rantai pasok CPO [2] sementara ia sangat penting bagi rantai pasok sesudahnya yaitu untuk kebutuhan produksi produk turunan CPO seperti minyak goreng, *margarine* [7], sabun [8], ataupun biopelumas [9] dan bahan bakar diesel B3 yang dicampur dengan CPO menurut komposisi tertentu [10]–[12]. Status tidak tercapainya produksi CPO dan PK sesuai target produksi diperkirakan disebabkan oleh hal-hal berikut:

- 1) Kurangnya pasokan bahan baku TBS baik dari kebun sendiri, pembelian ataupun kebun KSO. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, diketahui bahwa TBS yang diterima oleh PKS Tanjung Seumantoh pada tahun 2020 tidak seluruhnya memenuhi target sehingga berpengaruh terhadap capaian hasil produksi CPO dan PK. Tidak tercapainya jumlah TBS target ini

potensial disebabkan beberapa faktor yang meliputi: adanya penurunan produktivitas kelapa sawit pada kebun besar negara dan kebun rakyat ditahun 2019 yang berdampak pada produksi TBS di tahun berikutnya [4] yaitu 2020. Faktor iklim dengan kemarau berkepanjangan dan pelaksanaan pemupukan tanaman serta kegiatan penunasan pelapah (pemeliharaan masa tanaman sebelum menghasilkan atau dikenal dengan istilah TBM) dari tahun sebelumnya belum selesai dilakukan sehingga berefek domino pada pemanenan TBS tahun-tahun berikutnya. Selanjutnya, faktor kurangnya pasokan bahan baku TBS ini berpengaruh terhadap pemanfaatan kapasitas pabrik yang juga menjadi belum optimal. Diperoleh informasi bahwa kapasitas olah yang terpakai pada tahun 2020 baru 60% dalam arti belum

mencapai ataupun mendekati 100% digunakan untuk mengolah bahan baku TBS yang didapat.

- 2) Rendemen CPO dan PK yang dihasilkan belum memenuhi target operasional perusahaan. Rendemen dijelaskan sebagai perbandingan jumlah antara minyak kelapa sawit mentah (CPO) yang diproduksi dalam setiap kilogram TBS, yang selain berguna dalam mengukur kualitas hasil produksi, penting juga untuk meningkatkan produktivitas pabrik kelapa sawit secara keseluruhan [6]. Rendemen yang tidak optimal dapat mempengaruhi mutu TBS karena mengakibatkan terjadinya kehilangan minyak (*loses*) pada CPO dan PK. Sedangkan rendemen yang optimal akan memberikan hasil produksi yang optimal juga dengan menekan kehilangan minyak (*loses*) pada CPO dan PK [13].



Gambar 1. Klasifikasi Produk TBS

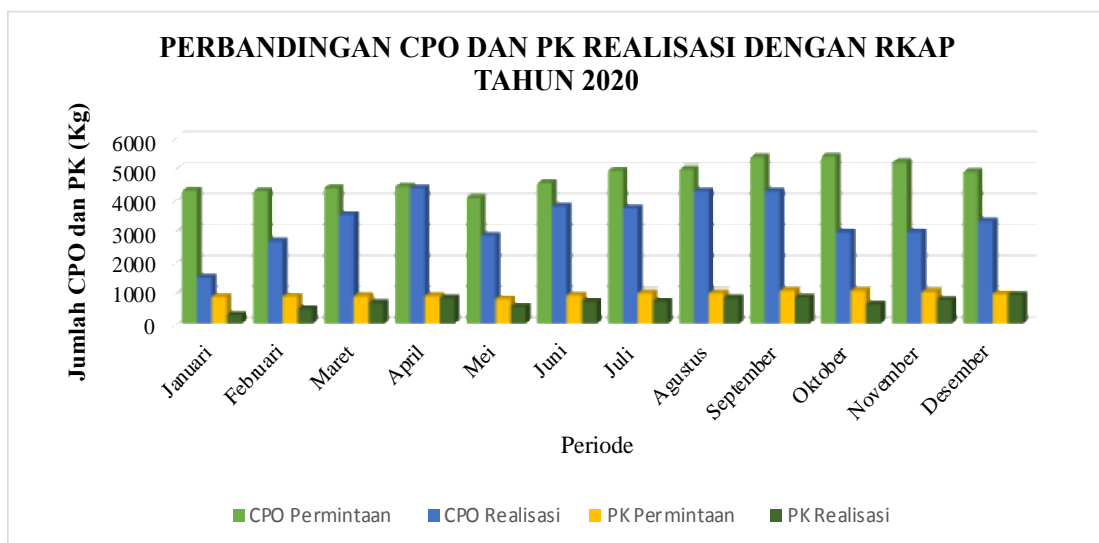
Hasil produksi CPO dan PK merupakan sumber pendapatan utama pabrik kelapa sawit yang tentunya ingin dimaksimalkan agar diperoleh keuntungan yang sebesar-besarnya. CPO dan PK yang tidak memenuhi target

produksi dapat mempengaruhi pendapatan perusahaan. Maka dari itu, untuk memperoleh produksi CPO dan PK yang optimal dibutuhkan salah satunya, pengoptimalan bahan baku TBS dari masing-masing kebun untuk memenuhi

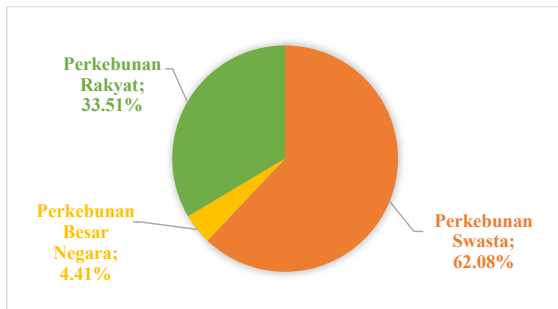
target produksi perusahaan agar memperoleh pendapatan yang maksimal sesuai dengan sumber daya yang dimiliki perusahaan. Selain dari hasil produksi sendiri, PKS Tanjung Seumantoh juga memiliki pendapatan dari sumber lain dari titip olah kerja sama KSO. Titip olah KSO merupakan bentuk kerja sama anak perusahaan, PTPN 1 dengan PTPN 3, dimana PTPN 1 hanya bertanggung jawab melakukan pengolahan TBS KSO sampai menjadi CPO dan PK sedangkan untuk penyediaan TBS dan pengirimannya menjadi tanggung jawab pihak PTPN 3.

Penelitian yang secara khusus mengangkat optimasi pengadaan TBS, sebelumnya dilakukan oleh [14] dan [15] dengan tujuan memastikan ketersediaan bahan baku agar produksi CPO dan PK dapat mencapai target. Pendekatan yang digunakan pada kedua penelitian tersebut adalah optimasi *linear programming* dengan fungsi tujuan memaksimalkan keuntungan perusahaan. Persoalan manajemen pengadaan bahan baku sudah jamak kita temui pada studi kasus manufaktur. Berbeda dibandingkan kasus yang umum, pengadaan bahan baku untuk produksi CPO dan PK memiliki keunikan tersendiri karena karakteristik dari TBS yang merupakan produk *perishable* yang mudah rusak sehingga harus sesegera mungkin diolah demi mendapatkan hasil produksi dengan kualitas terbaik dan *losses* yang minimum. Kemudian, TBS sendiri merupakan tipe suplai yang berasal dari hasil perkebunan yang kualitasnya beragam, sangat dipengaruhi keadaan alam seperti musim dan cuaca sehingga

ketersediaannya tidak mudah diprediksi, dan sangat mungkin berfluktuasi dari waktu ke waktu. Selain itu, penyuplai TBS pun beragam yaitu dari Perkebunan Rakyat, Perkebunan Swasta, dan Perkebunan Besar Negara, yang proporsinya seperti tampak pada Gambar 3. Pengolahan TBS juga berbeda dibandingkan proses produksi manufaktur dimana dibutuhkan teknik yang khusus karena tingginya variabilitas dan risiko kerusakan bahan baku ditambah semakin tinggi pula tuntutan konsumen pada isu-isu terkait keamanan dan lingkungan disepanjang rantai pasok sawit. Di Indonesia sendiri, sebagian besar TBS diolah menjadi minyak kelapa sawit (CPO) yang telah lama menjadi komoditas unggulan negara yang menguasai 62% pasar dunia [16] sehingga manajemen pengadaan TBS menjadi salah satu hal yang signifikan untuk diteliti. Hal ini dikuatkan pula oleh hasil penelitian [17] yang menyatakan bahwa kejadian turunnya produksi CPO diakibatkan oleh belum terpenuhinya kapasitas pabrik yang terpasang yang disebabkan oleh menurunnya jumlah suplai TBS. Kesulitan mensuplai TBS sesuai permintaan dalam hal jumlah dan kualitaslah yang kemudian melatarbelakangi dilakukannya pengembangan model optimasi suplai pada penelitian ini. Selanjutnya, model yang diusulkan berpotensi dikembangkan lebih jauh menjadi alat kuantitatif bagi para penentu kebijakan dalam membuat keputusan mengenai alokasi perkebunan sawit, baik proporsi maupun lokasinya, demi melayani permintaan akan produksi CPO dan PK.



Gambar 2. Hasil Produksi CPO dan PK Januari - Desember 2020
 Sumber : PTPN 1 (2020)



Gambar 3. Perbandingan Proporsi Suplai Sawit di Indonesia

Sumber : Badan Pusat Statistik (2019)

Beberapa penelitian sebelumnya terkait optimasi produksi CPO dilakukan oleh [2] dengan memanfaatkan salah satu metode metaheuristik, *genetic algorithm* (GA). Dalam hal ini, pemodelan GA ditujukan untuk meminimasi biaya produksi yang cakupannya mempertimbangkan keseluruhan rantai pasok CPO. Lalu ada pula penelitian yang menggunakan metode yang sama berupa *genetic algorithm* namun dengan tujuan meminimasi *losses* CPO dan PK selama proses produksi [18]. Pencarian solusi dengan GA diteliti pula oleh [19] namun dengan fungsi objektif yang berbeda yaitu memaksimalkan kualitas lahan sawit dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti luas perkebunan sawit, iklim, dan polusi udara. Sedangkan optimasi pembelian TBS dan produksi CPO dengan memperhatikan sumber daya yang dimiliki perusahaan dilakukan oleh [20] dan [21] menggunakan pendekatan *linear programming* (LP). Untuk pencarian solusinya, [21] menggunakan pendekatan *neighborhood search*. Dengan pendekatan yang sama, dan dibantu perangkat lunak *Linear Interactive and Discrete Optimizer* (LINDO), penelitian sejenis juga diteliti oleh [22] yang mempertimbangkan faktor produksi PK. Lalu penelitian lainnya terkait amatan sejenis, diselesaikan dengan metode *goal programming* dilakukan oleh [23], [24] namun belum mempertimbangkan adanya produksi titip olah seperti pada penelitian ini; *tools* yang digunakan pada kedua penelitian ini adalah LINDO. Selain itu ada pula model optimasi lain yang disusun oleh [25] untuk menjawab permasalahan yang terkait variasi ketersediaan bahan baku pada proses penyulingan minyak kelapa sawit dengan teknologi *oil recovery*. Disisi lain, penelitian yang dilakukan oleh [26] meskipun terkait optimasi CPO namun fokusnya adalah pada masalah pendanaan

penanaman kembali kebun kelapa sawit oleh sektor perkebunan rakyat di Indonesia. Subyek penelitian yang lebih luas terkait optimasi CPO yaitu jaringan rantai pasoknya dikemukakan oleh [27] yang mengaplikasikan metode GA untuk model *mixed integer LP* (MILP), dan juga [28] yang tujuan model MILP-nya adalah memaksimalkan *net present value* dari keseluruhan rantai pasok terkait industri minyak kelapa sawit dengan konsiderasi suplai listrik nasional negara Kolumbia. Studi optimasi produksi minyak sawit diteliti juga oleh [29] namun dengan fokus pada evaluasi kinerja operasional pabrik penggilingannya dengan parameter yang diperhatikan berupa nilai modal, biaya operasi, dan utilisasi tenaga kerja. Dalam analisisnya, mereka mempertimbangkan faktor-faktor seperti waktu operasi dan ketersediaan TBS yang dimodelkan menggunakan *input-output optimization model* (IOM). Yang juga relatif berbeda adalah penelitian yang dikemukakan oleh [30] yang membuat model MILP tetapi dengan tujuan optimasi sistem energi untuk menilai biaya dan manfaat dari optimalisasi daerah rantai pasok kelapa sawit di Pulau Sumatera, Indonesia.

Berbeda dengan penelitian terdahulu, pada penelitian ini dilakukan pemecahan masalah optimasi suplai TBS menggunakan salah satu pendekatan optimasi yaitu *goal programming*. Metode pencarian solusi dengan *goal programming* sesuai digunakan untuk menangani beberapa masalah dalam pengambilan suatu keputusan, yang melibatkan lebih dari satu tujuan (*multi-objective*) yang ingin dicapai oleh perusahaan dengan meminimumkan deviasi atau penyimpangan dari semua target yang diinginkan, dan mempertimbangkan semua kendala dari target serta kendala dari modelnya. Salah satu penelitian yang menerapkan *goal programming* dilakukan oleh [31] namun dengan kasus amatan non sawit. Mereka memformulasikan 4 fungsi tujuan yaitu memaksimalkan keuntungan, meminimumkan jam kerja lembur, meminimumkan penggunaan bahan baku, dan memaksimalkan volume produksi.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan maka dapat dirumuskan bahwa tujuan yang ingin dicapai dari pemodelan matematis pada penelitian ini ialah mengoptimalkan 3 tujuan (*goal*). Ketiga tujuan tersebut yaitu memaksimalkan hasil produksi CPO (*goal* ke-1), memaksimalkan hasil

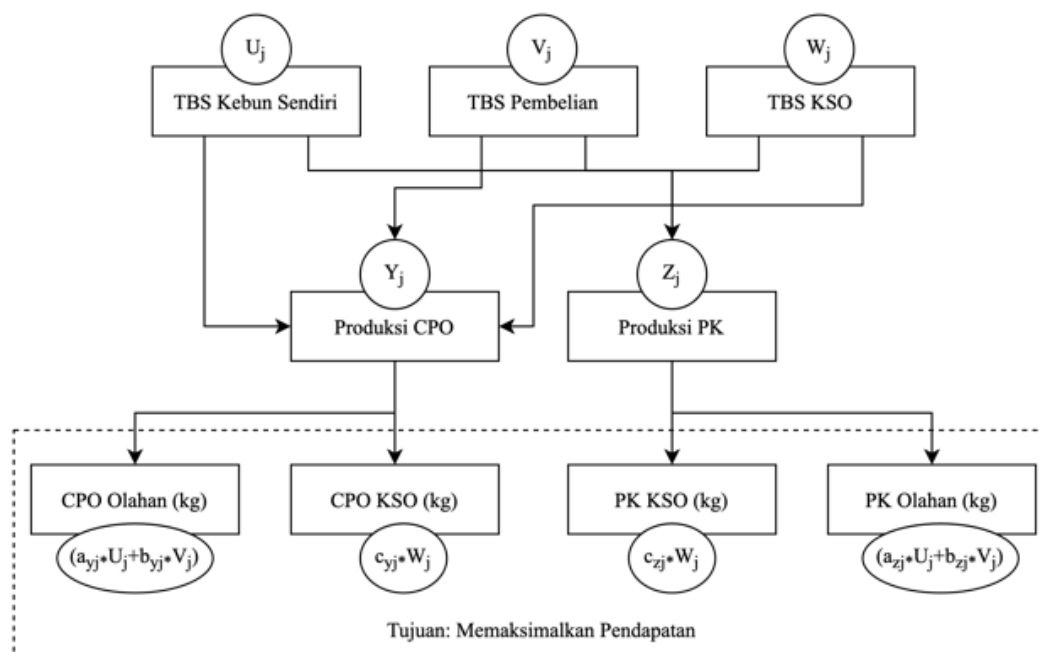
produksi PK (*goal* ke-2) serta memaksimalkan pendapatan perusahaan (*goal* ke-3). Seluruh *goal* ini dioptimasi dengan mempertimbangkan sejumlah kendala atau batasan sumber daya yang ada. Pengolahan data dengan *goal programming* pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan *software* LINGO.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan mengikuti sejumlah tahapan, seperti berikut ini: identifikasi permasalahan melalui observasi lapangan dan wawancara dengan narasumber; studi literatur terutama yang terkait optimasi model matematis, perencanaan produksi minyak kelapa sawit termasuk pengadaan bahan bakunya, serta metode *goal programming*; penyusunan rumusan masalah; pengumpulan lalu pengolahan data; pengujian skenario dan analisis hasil; dan penarikan kesimpulan beserta saran. Sejumlah data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh sebagai data sekunder dari perusahaan, yang meliputi:

1. Data kapasitas efektif pabrik pada Januari - Desember 2020.

2. Data ketersediaan TBS sendiri pada Januari - Desember 2020.
3. Data ketersediaan TBS pembelian pada Januari - Desember 2020.
4. Data ketersediaan TBS KSO pada Januari - Desember 2020.
5. Data target produksi CPO dan PK pada Januari - Desember 2020.
6. Data rendemen CPO dan PK pada Januari - Desember 2020. Rendemen setiap kebun dianalisis untuk mengetahui seberapa besar persentase CPO dan PK yang dapat dihasilkan dari TBS tersebut per kilogramnya. TBS dari kebun sendiri, pembelian ataupun KSO memiliki nilai rendemen yang berbeda-beda.
7. Data harga penjualan CPO, PK, dan KSO pada Januari - Desember 2020. Data ini berupa harga yang sudah ditetapkan oleh perusahaan sebagai harga penjualan produk CPO, PK, dan KSP kepada konsumen. Biaya titip olah KSO dihitung dari biaya pengolahan TBS hingga menjadi produk akhir berupa CPO dan PK.



Gambar 4. Gambaran Singkat Alur Produksi di PKS Tanjung Seumantoh

Selanjutnya pada tahap pengolahan data, langkah-langkah pengerjaannya seperti dijabarkan berikut ini:

- a. Identifikasi variabel keputusan

Variabel keputusan merupakan variabel yang mempengaruhi nilai fungsi tujuan model matematis yang ingin dicapai. Variabel keputusan tercantum pada

- fungsi tujuan dan juga pada kendala atau batasan.
- b. Menentukan fungsi tujuan
Berdasarkan abstraksi permasalahan, fungsi tujuan dirumuskan dengan memasukkan variabel keputusan. Sasaran atau objektif yang ingin dicapai pada studi ini terdiri dari 3 bagian yaitu memaksimalkan produksi CPO, produksi PK, dan pendapatan perusahaan.
 - c. Menentukan fungsi kendala/batasan
Fungsi kendala membatasi alternatif pencarian solusi atau dapat dikatakan sebagai pembatas terhadap variabel keputusan yang didefinisikan. Model dasar serta fungsi kendala pada penelitian ini diperlukan dalam pengembangan model yakni yang mempertimbangkan: penjualan CPO, penjualan PK, dan titip olah KSO dengan memperhatikan ketersediaan serta rendemen KSO. Berikut fungsi kendala/batasan yang digunakan:
 - Kapasitas maksimum pabrik.
 - Ketersediaan bahan baku berupa TBS kebun sendiri.
 - Ketersediaan TBS pembelian yang berasal dari kebun rakyat. Perusahaan dapat melakukan pembelian untuk memenuhi kekurangan TBS kebun sendiri namun dengan konsekuensi perbedaan harga dibandingkan harga dari hasil kebun sendiri.
 - Ketersediaan TBS KSO yang berupa data penerimaan TBS KSO dari pihak ketiga yaitu PTPN III.
 - Target produksi CPO.
 - Target produksi PK.
 - Sasaran pengolahan TBS ke pabrik.
 - Pendapatan penjualan CPO.
 - Pendapatan penjualan PK.
 - Pendapatan titip olah KSO.
 - d. Menyusun model matematis *linear programming*
Fungsi tujuan dan fungsi kendala yang merepresentasikan permasalahan riil, dimodelkan kedalam model *linear programming*.
 - e. Menentukan kendala sasaran
Fungsi kendala pada *linear programming* akan diubah menjadi

kendala sasaran yang mempengaruhi fungsi tujuan pada *goal programming*. Di *goal programming*, terdapat 2 kendala yakni yang berupa *hard constraint* dan *soft constraint*. Pada *soft constraint*, dilakukan penambahan variabel deviasi atas dan deviasi bawah. Berikut kendala sasaran pada model *goal programming* studi ini:

Hard Constraints:

- Kapasitas maksimum pabrik.
- Ketersediaan bahan baku TBS sendiri.
- Ketersediaan TBS pembelian.
- Ketersediaan TBS KSO.

Soft Constraints:

- Target produksi CPO.
- Target produksi PK.
- Sasaran pengolahan TBS ke pabrik.
- Pendapatan penjualan CPO.
- Pendapatan penjualan PK.
- Pendapatan titip olah KSO.

- f. Menentukan fungsi tujuan *goal programming*
Fungsi tujuan pada *goal programming* berbeda dengan *linear programming*, dimana pada fungsi tujuan di sini ditambahkan nilai deviasi atas atau deviasi bawah berdasarkan ketentuan model awal.
- g. Model LINGO
Setelah memodelkan fungsi tujuan baru dan kendala sasaran maka model akan dikonversi ke dalam bahasa *software* LINGO.
- h. Verifikasi model
Verifikasi model digunakan untuk memeriksa dan memastikan bahwa masalah atau kendala dalam penelitian ini telah direpresentasikan secara benar ke dalam model *goal programming*. Jika hasil tidak terverifikasi maka proses tidak dapat dilanjutkan sehingga dibutuhkan pengecekan ulang terhadap model yang telah dirancang.
- i. Validasi model
Validasi model ditujukan untuk mengukur tingkat akurasi model dan mengecek apakah model yang diprogram di sistem telah sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Jika ditemukan ketidaksesuaian maka proses selanjutnya tidak dapat

dilanjutkan maka dibutuhkan pengecekan ulang terhadap model yang telah dirancang.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam memodelkan permasalahan produksi di PKS Tanjung Seumantoh, dilakukan pengembangan model yang mempertimbangkan variabel keputusan TBS KSO dan tujuan yang ingin dicapai terkait pendapatan perusahaan dalam bentuk penjualan CPO, penjualan PK, dan pendapatan titip olah KSO, sebagaimana tampak pada Gambar 4.

PKS Tanjung Seumantoh memiliki kapasitas pabrik yang terpasang sebesar 45.000 kg per jam dengan waktu pengolahan selama 20 jam dalam satu hari dengan hari olah yang berbeda-beda setiap bulannya sesuai kebijakan perusahaan, seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Kapasitas Pabrik

Bulan ke-	Jumlah Waktu Pengolahan (Hari)	Kapasitas Pabrik per Bulan (kg)
1	25	22.500.000
2	25	22.500.000
3	25	22.500.000
4	25	22.500.000
5	22	19.800.000
6	25	22.500.000
7	26	23.400.000
8	24	21.600.000
9	26	23.400.000
10	26	23.400.000
11	25	22.500.000
12	26	23.400.000

Sebelum permasalahan pada penelitian ini dimodelkan dalam bentuk *goal programming* (GP) maka terlebih dahulu dilakukan pemodelan dalam bentuk *linear programming* dengan menetapkan variabel keputusan, fungsi tujuan, dan batasan atau kendala masalah. Kemudian pada tahapan selanjutnya barulah model awal atau model dasar ini diubah kedalam bentuk *goal programming*. Variabel keputusan yang ditentukan, mempengaruhi nilai fungsi tujuan baik pada model asal ataupun GP. Terdapat beberapa variabel keputusan pada penelitian ini yaitu jumlah pasokan TBS kebun sendiri, jumlah pasokan TBS pembelian, jumlah pasokan TBS KSO, jumlah produksi CPO, dan jumlah produksi PK selama Januari hingga Desember 2020, seperti tampak pada Tabel 2.

Tabel 2. Variabel Keputusan

Bulan ke-	U _j	V _j	W _j	Y _j	Z _j
1	U ₁	V ₁	W ₁	Y ₁	Z ₁
2	U ₂	V ₂	W ₂	Y ₂	Z ₂
3	U ₃	V ₃	W ₃	Y ₃	Z ₃
4	U ₄	V ₄	W ₄	Y ₄	Z ₄
5	U ₅	V ₅	W ₅	Y ₅	Z ₅
6	U ₆	V ₆	W ₆	Y ₆	Z ₆
7	U ₇	V ₇	W ₇	Y ₇	Z ₇
8	U ₈	V ₈	W ₈	Y ₈	Z ₈
9	U ₉	V ₉	W ₉	Y ₉	Z ₉
10	U ₁₀	V ₁₀	W ₁₀	Y ₁₀	Z ₁₀
11	U ₁₁	V ₁₁	W ₁₁	Y ₁₁	Z ₁₁
12	U ₁₂	V ₁₂	W ₁₂	Y ₁₂	Z ₁₂

Fungsi tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini ialah meningkatkan produksi CPO, meningkatkan produksi PK, dan meningkatkan pendapatan perusahaan yang diformulasikan seperti berikut ini:

Tujuan 1: Mengoptimalkan jumlah produksi CPO

$$\text{Max } Z_1 = \sum_{j=1}^{j=12} Y_j$$

Keterangan:

Z₁ = Tujuan 1 untuk produksi CPO

Y_j = Jumlah produksi CPO selama bulan ke-j (kg)

Tujuan 2: Mengoptimalkan produksi PK

$$\text{Max } Z_2 = \sum_{j=1}^{j=12} Z_j$$

Keterangan:

Z₂ = Tujuan 2 untuk produksi PK

Z_j = Jumlah produksi PK selama bulan ke-j (kg)

Tujuan 3: Memaksimalkan pendapatan perusahaan

$$\text{Max } Z_3 = \left(\sum_{j=1}^{j=12} (a_{yj}U_j + b_{yj}V_j) * \sum_{j=1}^{j=12} P_j \right) + \left(\sum_{j=1}^{j=12} (a_{zj}U_j + b_{zj}V_j) * \sum_{j=1}^{j=12} Q_j \right) + \left(\sum_{j=1}^{j=12} W_j * \sum_{j=1}^{j=12} R_j \right)$$

Keterangan:

Z₃ = Tujuan 3 untuk pendapatan perusahaan

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke-j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke-j (kg)

a_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun sendiri pada bulan ke-j (%)



b_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

a_{zj} = Rendemen PK untuk kebun sendiri pada bulan ke- j (%)

b_{zj} = Rendemen PK untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

W_j = Jumlah TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

P_j = Harga jual CPO selama bulan ke- j (Rp/kg)

Q_j = Harga jual PK selama bulan ke- j (Rp/kg)

R_j = Harga titip olah KSO selama bulan ke- j (Rp/kg)

dengan kendala:

Kendala 1: Kapasitas Pabrik

$$\sum_{j=1}^{j=12} U_j + \sum_{j=1}^{j=12} V_j + \sum_{j=1}^{j=12} W_j \leq C_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

W_j = Jumlah pasokan TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

C_j = Kapasitas maksimum pabrik selama bulan ke- j (kg)

Kendala 2: Ketersediaan TBS Kebun Sendiri

$$\sum_{j=1}^{j=12} U_j \geq A_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

B_j = Jumlah TBS sendiri yang tersedia selama bulan ke- j (kg)

Kendala 3: Ketersediaan TBS Pembelian

$$\sum_{j=1}^{j=12} V_j \geq B_j$$

Keterangan:

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

C_j = Jumlah TBS pembelian yang tersedia selama bulan ke- j (kg)

Kendala 4: Ketersediaan TBS KSO

$$\sum_{j=1}^{j=12} W_j \geq D_j$$

Keterangan:

W_j = Jumlah pasokan TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

D_j = Jumlah TBS KSO yang diterima selama bulan ke- j (kg)

Kendala 5: Target Produksi CPO

$$\sum_{j=1}^{j=12} Y_j \geq K_j$$

Keterangan:

Y_j = Jumlah produksi CPO yang akan dicapai selama bulan ke- j (kg)

K_j = Target produksi CPO selama bulan ke- j (kg)

Kendala 6: Target Produksi PK

$$\sum_{j=1}^{j=12} Z_j \geq L_j$$

Keterangan:

Z_j = Jumlah produksi PK yang akan dicapai selama bulan ke- j (kg)

L_j = Target produksi PK selama bulan ke- j (kg)

Kendala 7: Sasaran Pengolahan TBS ke Pabrik Untuk Rendemen CPO

$$\sum_{j=1}^{j=12} (a_{yj}U_j + b_{yj}V_j + c_{yj}W_j) \geq \sum_{j=1}^{j=12} Y_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

W_j = Jumlah pasokan TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

Y_j = Jumlah produksi CPO yang akan dicapai selama bulan ke- j (kg)

a_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun sendiri pada bulan ke- j (%)

b_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

c_{yj} = Rendemen CPO untuk KSO pada bulan ke- j (%)

Kendala 8: Sasaran Pengolahan TBS ke Pabrik Untuk Rendemen PK

$$\sum_{j=1}^{j=12} (a_{zj}U_j + b_{zj}V_j + c_{zj}W_j) \geq \sum_{j=1}^{j=12} Z_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

W_j = Jumlah pasokan TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

Z_j = Jumlah produksi PK yang akan dicapai selama bulan ke- j (kg)

a_{zj} = Rendemen PK untuk kebun sendiri pada bulan ke- j (%)

b_{zj} = Rendemen PK untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

c_{zj} = Rendemen PK untuk KSO pada bulan ke- j (%)

Kendala 9: Pendapatan Penjualan CPO

$$\sum_{j=1}^{j=12} (a_{yj}U_j + b_{yj}V_j) * \sum_{j=1}^{j=12} P_j \geq \sum_{j=1}^{j=12} F_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

a_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun sendiri pada bulan ke- j (%)

b_{yj} = Rendemen CPO untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

P_j = Harga CPO selama bulan ke- j (Rp/kg)

F_j = Jumlah pendapatan CPO yang akan dicapai selama bulan ke- j (Rp)

Kendala 10: Pendapatan Penjualan PK

$$\sum_{j=1}^{j=12} (a_{zj}U_j + b_{zj}V_j) * \sum_{j=1}^{j=12} Q_j \geq \sum_{j=1}^{j=12} G_j$$

Keterangan:

U_j = Jumlah pasokan TBS sendiri selama bulan ke- j (kg)

V_j = Jumlah pasokan TBS pembelian selama bulan ke- j (kg)

a_{zj} = Rendemen PK untuk kebun sendiri pada bulan ke- j (%)

b_{zj} = Rendemen PK untuk kebun pembelian pada bulan ke- j (%)

Q_j = Harga PK selama bulan ke- j (Rp/kg)

G_j = Jumlah pendapatan PK yang akan dicapai selama bulan ke- j (Rp)

Kendala 11: Pendapatan Titip Olah KSO

$$\sum_{j=1}^{j=12} W_j * \sum_{j=1}^{j=12} R_j \geq \sum_{j=1}^{j=12} H_j$$

Keterangan:

W_j = Jumlah pasokan TBS KSO selama bulan ke- j (kg)

R_j = Harga titip olah KSO selama bulan ke- j (Rp/kg)

H_j = Jumlah pendapatan titip olah yang akan dicapai selama bulan ke- j (Rp)

Selanjutnya model *linear programming* yang sudah dimodelkan diubah kedalam bentuk model *goal programming*. Fungsi tujuan pada *linear programming* diubah menjadi batasan/kendala target pada *goal programming* dengan menambahkan nilai deviasi atau penyimpangan bawah (d_j^-) dan nilai deviasi atau penyimpangan atas (d_j^+).

Kemudian dilakukan penentuan fungsi tujuan yang baru dengan melibatkan variabel deviasi. Pada *goal programming*, variabel deviasi dijadikan fungsi tujuan dengan beberapa ketentuan yang meliputi:

- Jika model awal yang ditambahkan variabel deviasi dengan $y_i \geq 0$, maka deviasi yang digunakan d_j^- atau D_{jb} .
- Jika model awal yang ditambahkan variabel deviasi dengan $y_i \leq 0$, maka deviasi yang digunakan d_j^+ atau D_{ja} .
- Jika model awal yang ditambahkan variabel deviasi dengan $y_i = 0$, maka deviasi yang digunakan d_j^- , d_j^+ atau D_{jb} , D_{ja} .

Berdasarkan ketentuan tersebut diperoleh fungsi tujuan baru berupa:

Goal 1

$$\text{Min } Z = D_{11b} + D_{12b} + D_{13b} + D_{14b} + D_{15b} + D_{16b} + D_{17b} + D_{18b} + D_{19b} + D_{20b} + D_{21b} + D_{22b} + D_{35b} + D_{36b} + D_{37b} + D_{38b} + D_{39b} + D_{40b} + D_{41b} + D_{42b} + D_{43b} + D_{44b} + D_{45b} + D_{46b}$$

Goal 2

$$\text{Min } Z = D_{23b} + D_{24b} + D_{25b} + D_{26b} + D_{27b} + D_{28b} + D_{29b} + D_{30b} + D_{31b} + D_{32b} + D_{33b} + D_{34b} + D_{47b} + D_{48b} + D_{49b} + D_{50b} + D_{51b} + D_{52b} + D_{53b} + D_{54b} + D_{55b} + D_{56b} + D_{57b} + D_{58b}$$

Goal 3

$$\text{Min } Z = D_{59b} + D_{60b} + D_{61b} + D_{62b} + D_{63b} + D_{64b} + D_{65b} + D_{66b} + D_{67b} + D_{68b} + D_{69b} + D_{70b} + D_{71b} + D_{72b} + D_{73b} + D_{74b} + D_{75b} + D_{76b} + D_{77b} + D_{78b} + D_{79b} + D_{80b} + D_{81b} +$$



$$D_{82b} + D_{83b} + D_{84b} + D_{85b} + D_{86b} + D_{87b} + D_{88b} + D_{89b} + D_{90b} + D_{91b} + D_{92b} + D_{93b} + D_{94b} + D_{95b}$$

Sehingga fungsi tujuan baru pada model *goal programming* sekarang ini ialah:

$$\text{Minimize deviasi } Z = D_{11b} + D_{12b} + D_{13b} + D_{14b} + D_{15b} + D_{16b} + D_{17b} + D_{18b} + D_{19b} + D_{20b} + D_{21b} + D_{22b} + D_{35b} + D_{36b} + D_{37b} + D_{38b} + D_{39b} + D_{40b} + D_{41b} + D_{42b} + D_{43b} + D_{44b} + D_{45b} + D_{46b} + D_{23b} + D_{24b} + D_{25b} + D_{26b} + D_{27b} + D_{28b} + D_{29b} + D_{30b} + D_{31b} + D_{32b} + D_{33b} + D_{34b} + D_{47b} + D_{48b} + D_{49b} + D_{50b} + D_{51b} + D_{52b} + D_{53b} + D_{54b} + D_{55b} + D_{56b} + D_{57b} + D_{58b} + D_{59b} + D_{60b} + D_{61b} + D_{62b} + D_{63b} + D_{64b} + D_{65b} + D_{66b} + D_{67b} + D_{68b} + D_{69b} + D_{70b} + D_{71b} + D_{72b} + D_{73b} + D_{74b} + D_{75b} + D_{76b} + D_{77b} + D_{78b} + D_{79b} + D_{80b} + D_{81b} + D_{82b} + D_{83b} + D_{84b} + D_{85b} + D_{86b} + D_{87b} + D_{88b} + D_{89b} + D_{90b} + D_{91b} + D_{92b} + D_{93b} + D_{94b} + D_{95b}$$

Dari percobaan *running* model menggunakan *software* LINGO, diketahui bahwa kapasitas pabrik di PKS Tanjung Seumantoh belum sepenuhnya maksimal karena penggunaannya masih jauh di bawah 100%. Hasil penggunaan kapasitas pabrik di tahun 2020 sebesar 60% maka dibutuhkan peningkatan bahan baku TBS untuk memenuhi kapasitas olah sehingga diperoleh kebutuhan bahan baku TBS olah setiap bulannya untuk mengoptimalkan pemanfaatan kapasitas pabrik. Kemudian, hasil eksperimen juga menunjukkan adanya peningkatan pemanfaatan kapasitas dari kondisi *existing* pabrik dengan rata-rata cukup besar sekitar 24%.

Lalu pada skema TBS kebun sendiri, diketahui ada peningkatan suplai di bulan Januari dan Maret hingga Oktober dengan rata-rata sebesar 21%. Pada TBS kebun sendiri di bulan Januari dan Oktober, tampak ada peningkatan suplai secara signifikan yang terjadi karena rendahnya ketersediaan TBS kebun sendiri selama dua bulan tersebut dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya. Ketersediaan TBS kebun sendiri pada bulan Januari kondisi *existing* sangat rendah dan belum memenuhi target produksi sehingga dibutuhkan pengoptimalan sebesar 20.514.660 kg. Rendahnya ketersediaan TBS kebun sendiri di bulan Januari disebabkan oleh proses sortasi TBS yang diterima dari kebun sendiri

kebanyakan masih mentah dan belum memenuhi prosedur kerja standar. Jika TBS yang diterima dalam kondisi mentah maka TBS belum bisa dimanfaatkan untuk produksi sehingga TBS tersebut tidak diterima oleh PKS Tanjung Seumantoh.

Pada TBS pembelian, terjadi peningkatan suplai di bulan Februari, November, dan Desember dengan rata-rata sebesar 10%. Sedangkan pada TBS KSO, ada peningkatan pada bulan Juni dengan rata-rata sebesar 8%. Pasokan TBS KSO mengalami peningkatan secara signifikan dari kondisi *existing* sehingga pihak PTPN III dapat memasok TBS KSO sebesar 2.135.612 kg untuk memenuhi target produksi CPO dan PK PTPN I. Selain itu, jika diamati pada bulan September, TBS KSO tidak mengalami peningkatan dan jumlah TBS yang diterima pada bulan tersebut relatif tinggi dibandingkan dengan bulan lainnya, hal tersebut disebabkan pada kondisi *existing*, PKS Cot Girek yang menampung KSO mengalami perbaikan sehingga KSO pada pabrik tersebut dialihkan ke PKS Tanjung Seumantoh.

Selanjutnya dilakukan analisis sensitivitas terhadap nilai rendemen untuk masing-masing TBS, dengan 2 skenario berikut:

- Skenario 1, nilai rendemen sesuai kondisi di lapangan saat ini.
- Skenario 2, nilai rendemen yang digunakan yang merupakan target perusahaan, seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rendemen CPO Skenario 2 (%)

Bulan ke-	Kebun perusahaan	Kebun pihak ke-3	KSO
1	23.49	19.8	22.13
2	23.5	19.8	22.33
3	23.5	19.79	22.06
4	23.5	19.81	22.22
5	23.5	19.82	22.31
6	23.49	19.81	21.88
7	23.5	19.81	22.01
8	23.5	19.8	21.88
9	23.5	19.8	22.01
10	23.5	19.33	22.22
11	22.3	18	19.31
12	23.31	17.97	19.7

Untuk suplai TBS dari kebun sendiri, diketahui terjadi peningkatan di bulan Januari, Maret, Mei, Juni, Agustus hingga Oktober dengan rata-rata 16%. Untuk TBS pembelian, peningkatan terjadi dibulan Februari, Juli, dan November dengan rata-rata 12% sedangkan

suplai TBS KSO meningkat pada bulan Juli dengan rata-rata 8%. Pada pengolahan TBS menggunakan rendemen CPO di bulan Januari, Maret, April, Juni, dan Desember diketahui melebihi jumlah produksi CPO (Y_j) dan pengolahan TBS menggunakan rendemen PK di bulan Februari, April, Mei, Agustus, November, dan Desember lebih besar dari jumlah produksi PK (Z_j) sehingga kedepannya dibutuhkan pengurangan sebesar nilai deviasi atas disetiap bulan demi memperoleh hasil TBS olahan yang sebanding dengan produksi CPO (Y_j) dan produksi PK (Z_j) yang ditargetkan.

Tabel 4. Hasil Uji Skenario

Skenario	Nilai Fungsi Tujuan
1	1,112,334
2	159,527

Hasil uji skenario terlihat pada Tabel 4, yang menunjukkan nilai fungsi tujuan masing-masing skenario. Nilai ini menandakan besarnya minimasi jumlah total penyimpangan atau deviasi dari tujuan-tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini. Diketahui bahwa semakin kecil delta penyimpangan yang dihasilkan pada fungsi tujuan maka nilai *decision variable* yang diperoleh juga semakin mendekati solusi yang optimal, begitu pula sebaliknya. Dari 2 skenario ini, dapat diberikan rekomendasi bagi PKS Tanjung Seumantoh untuk memilih skenario 2 karena nilainya yang lebih kecil daripada nilai hasil dari skenario 1.

4. Kesimpulan dan Saran

Model yang dibangun telah dapat mewakili kondisi *existing* pengolahan sawit di PKS Tanjung Seumantoh, karena dapat memenuhi setiap fungsi kendala yang ditetapkan seperti kapasitas pabrik, ketersediaan TBS sendiri, ketersediaan TBS pembelian, target produksi CPO dan PK, rendemen CPO dan PK serta pendapatan perusahaan sehingga perolehan pasokan atau suplai bahan baku TBS yang optimal dari *supplier* dapat dicapai.

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian 2 skenario. Skenario 1 menggunakan rendemen realisasi sedangkan skenario 2 menggunakan rendemen target. Direkomendasikan bahwa perusahaan dapat menetapkan untuk mengimplementasikan strategi pada skenario 2 yaitu menggunakan nilai rendemen target pada masing-masing TBS karena hasilnya yang mendekati optimal dibandingkan dengan

skenario 1. Pada skenario terpilih ini dibutuhkan peningkatan bahan baku dengan rata-rata per tahunnya sebesar 16% untuk TBS kebun sendiri, 12% untuk TBS pembelian, dan 8% untuk TBS KSO agar memenuhi target produksi CPO dan PK. Dengan optimalnya hasil produksi CPO dan PK maka perusahaan dapat memperoleh pendapatan yang maksimal pula. Kedepannya penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan pertimbangan peningkatan rendemen yang lebih tinggi kualitasnya.

5. Daftar Pustaka

- [1] J. Saputra, H. Noviar, and R. Juliansyah, "Supply Chain Strategy for World Price of Crude Palm Oil and Its Production on Palm Oil Marketing Margins in Indonesia: An Application of Pairwise Granger Causality," 2020.
- [2] M. Tryana Sembiring, P. Suryawan, and M. Haikal Karana Sitepu, "Production Optimization Design in Supply Chain Crude Palm Oil with Genetic Algorithm Method," *Simetrikal Journal of Engineering and Technology*, vol. 02, no. 01, 2020.
- [3] K. H. Widodo, A. Abdullah, K. Pramudya, and D. Arbita, "Sistem Supply Chain Crude-Palm-Oil Indonesia dengan Mempertimbangkan Aspek Economical Revenue, Social Welfare dan Environment," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 12, no. 1, pp. 47–54, 2010.
- [4] S. Pusat Statistik, "Statistik Kelapa Sawit Indonesia Indonesian Oil Palm Statistic 2019."
- [5] "ptpn 1." <https://ptpn1.co.id/> (accessed Jan. 21, 2023).
- [6] Y. Arta, D. Suryani, N. Syafitri, A. Hanafiah, D. Elvira, and P. Koresponden, "Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Penerapan Ilmu Pengetahuan Penggunaan Aplikasi Tebak Rendemen Sawit Pada Kelompok Tani Sawit Desa Segati Kecamatan Langgam," *Jurnal Pengabdian*

- Masyarakat dan Penerapan Ilmu Pengetahuan*, 2022.
- [7] N. Matondang, J. Hidayati, Buchari, E. Permana Arifin, and J. Panama, "Analysis of Crude Palm Oil Supply Chain using Food Supply Chain Network (FSCN): A Case Study," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Dec. 2020, vol. 1003, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/1003/1/012036.
- [8] M. Rawewan and S.-A. Chutchai, "Optimization of Supply and Demand Balance in A Palm Oil Supply Chain," 2013.
- [9] N. M. Nor and N. Salih, "Optimization and Lubrication Properties of Malaysian Crude Palm Oil Fatty Acids Based Neopentyl Glycol Diester Green Biolubricant," *Renew Energy*, vol. 200, pp. 942–956, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.09.112>.
- [10] N. Namliwan and T. Wongwuttanasatian, "Performance of Diesel Engine Using Diesel B3 Mixed with Crude Palm Oil," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/531868.
- [11] J. C. Ge, S. K. Yoon, and J. H. Song, "Comparative Evaluation on Combustion and Emission Characteristics of A Diesel Engine Fueled with Crude Palm Oil Blends," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 23, Dec. 2021, doi: 10.3390/app112311502.
- [12] A. Cukalovic *et al.*, "Development, Optimization and Scale-up of Biodiesel Production from Crude Palm Oil and Effective Use in Developing Countries," *Biomass Bioenergy*, vol. 56, pp. 62–69, Sep. 2013, doi: 10.1016/j.biombioe.2013.04.015.
- [13] V. Devani and D. Marwiji, "Analisis Kehilangan Minyak pada Crude Palm Oil (CPO) dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 2014.
- [14] Renta, "Analisis Optimalisasi Pengadaan Tandan Buah Segar (TBS) Sebagai Bahan Baku Produksi Crude Palm Oil (CPO) dan Palm Kernel (PK) di PMKS Sei Kandang PT Asiatic Persada-AMS Group," *Jurnal MIX*, 2015, Accessed: Feb. 22, 2023.
- [15] M. F. Pasaribu and R. Puspita, "Optimalisasi Pengadaan Tandan Buah Segar (TBS) Sebagai Bahan Baku Produksi Crude Palm Oil dan Palm Kernel PT Ukindo-Palm Oil Mill," in *Prosiding SNTI dan SATELIT 2017*, 2017, pp. 101–105.
- [16] Nazaruddin Matondang and Irwan Budiman, "Analisis Rantai Pasok (Supply Chain) pada Produk Minyak Kelapa Sawit," *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, vol. 2, no. 4, Dec. 2019, doi: 10.32734/ee.v2i4.681.
- [17] A. Nasution and S. Y. Firiza, "An Availability Analysis of Fresh Fruit Bunches (FFB) by The Method of The Food Supply Chain Network (FSCN) PT. XYZ," 2020. [Online]. Available: <https://talenta.usu.ac.id/index.php/jet>
- [18] L. Amelia and A. Hassan, "Fuzzy Genetic Optimization Model Of Crude Palm Oil And Palm Kernel Production," 2005.
- [19] Y. Y. Hilal, W. Ishak, A. Yahya, and Z. H. Asha'ari, "Development of Genetic Algorithm for Optimization of Yield Models in Oil Palm Production," *Chil J Agric Res*, vol. 78, no. 2, pp. 228–237, Jun. 2018, doi: 10.4067/S0718-58392018000200228.
- [20] K. Siregar, K. Syahputri, and I. Rizkya, "Optimization of Fresh Fruit Bunches as Crude Palm Oil Production Material," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Jan. 2020, vol.

- 725, no. 1. doi: 10.1088/1757-899X/725/1/012072.
- [21] H. Mawengkang and Sutarman, "Optimization Modeling for Sustainable Production and Scheduling of Crude Palm Oil Milling Industries," *Indian J Public Health Res Dev*, vol. 9, no. 12, 2018.
- [22] A. D. Marpaung, W. Susilawati, and A. Is, "Optimasi Produksi Crude Palm Oil (CPO) Dan Inti Sawit (Kernel) Studi Kasus PT Mega Sawindo Perkasa," 2017.
- [23] Institute of Electrical and Electronics Engineers, *ICIEA 2017: 2017 4th International Conference on Industrial Engineering and Applications: April 21-23, 2017, Nagoya, Japan*. 2017.
- [24] A. Saputra, "Perencanaan Produksi Crude Palm Oil (CPO) dengan Metode Goal Programming di PT Beurata Subur Persada," *Jurnal Optimalisasi*, 2021.
- [25] S. Z. Y. Foong, Y. L. Lam, V. Andiappan, D. C. Y. Foo, and D. K. S. Ng, "A Systematic Approach for the Synthesis and Optimization of Palm Oil Milling Processes," *Ind Eng Chem Res*, vol. 57, no. 8, pp. 2945–2955, Feb. 2018, doi: 10.1021/acs.iecr.7b04788.
- [26] F. Nurfatriani, Ramawati, G. K. Sari, and H. Komarudin, "Optimization of crude palm oil fund to support smallholder oil palm replanting in reducing deforestation in Indonesia," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 11, no. 18, Sep. 2019, doi: 10.3390/su11184914.
- [27] A. P. Chaidir, "Flexible Supply Chain Network Design For CPO Derivatives," 2020.
- [28] D. Peña González, D. Cortés Borda, F. D. Mele, A. Barrios Sarmiento, and M. Domínguez Santiago, "An Optimization Approach for the Design and Planning of the Oil Palm Supply Chain in Colombia," *Comput Chem Eng*, vol. 146, Mar. 2021, doi: 10.1016/j.compchemeng.2020.107208.
- [29] S. Z. Y. Foong, V. Andiappan, R. Tan, and D. K. S. Ng, "Optimization and Analysis for Palm Oil Mill Operations via Input-Output Optimization Model," *MATEC Web of Conferences*, vol. 268, p. 02006, 2019, doi: 10.1051/matecconf/201926802006.
- [30] F. Harahap, S. Leduc, S. Mesfun, D. Khatiwada, F. Kraxner, and S. Silveira, "Opportunities to Optimize the Palm Oil Supply Chain in Sumatra, Indonesia," *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 3, Jan. 2019, doi: 10.3390/en12030420.
- [31] M. Yosefa Kabosu, J. Statistika, F. Sains Terapan, and I. AKPRIND Yogyakarta, "Analisis Goal Programming (GP) pada Optimalisasi Perencanaan Produksi Mebel UD Latanza," *Jurnal Statistika Industri dan Komputasi*, vol. 5, no. 1, pp. 22–40, 2020.