

Optimasi Penggunaan Energi pada Mesin *Klin* Dengan Metode *Goal Programming*

Vera Devani¹, Misbahul Wadhiah², Muthia Zaidah Sihombing³, Hutkemri Zunaidi⁴
^{1,2,3} Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim

Jl. HR. Soebrantas No.Km. 15, Tuah Karya, Kec. Tampan, Riau 28293

⁴ Department of Mathematics and Science Education, Universiti Malaya

Jalan Profesor Diraja Ungku Aziz, Seksyen 13, 50603 Kuala Lumpur

Email: veradevani@gmail.com , misbahulwadhiah94@gmail.com , muthiazaida@gmail.com , hutkemri@um.edu.my

ABSTRAK

PT. SP merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi semen. Persoalan yang sedang dihadapi PT. SP, khususnya pada bagian ID V, adalah tingginya konsumsi energi yang digunakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengefisienkan pemakaian sumber daya yang ada, merumuskan tingkatan prioritas yang ingin diraih, dan menelaah seberapa peka solusi optimum yang dihasilkan terhadap perubahan. Untuk menjawab persoalan tersebut, digunakanlah Metode *Goal Programming*, sebuah teknik dalam pemrograman linier yang memang dikhususkan bagi penyelesaian masalah linier yang memuat lebih dari satu fungsi tujuan secara bersamaan. Dari hasil pengolahan data, diperoleh bahwa perusahaan dapat menghasilkan produksi paling tinggi sebanyak 2.478.359,22 ton, yang berarti meningkat 0,49% dari kondisi sebelumnya. Pada sisi bahan baku, jumlah minimum yang dibutuhkan tercatat 3.788.878,26 ton dengan kenaikan sebesar 0,69%. Sementara itu, kebutuhan energi listrik paling sedikit berada pada angka 95.057.312,87 kWh atau berkurang 0,38%, kebutuhan energi batu bara paling sedikit sebesar 482.770,44 ton yang justru naik cukup besar yaitu 19,91%, dan kebutuhan energi solar berada pada 1.360.575,12 liter dengan penurunan 4,32%. Berdasarkan capaian tersebut, seluruh prioritas sasaran dinyatakan tercapai, baik dalam hal memaksimalkan volume produksi maupun menekan pemakaian bahan baku, energi listrik, energi batu bara, dan energi solar seminimal mungkin. Lebih lanjut, hasil kajian juga menunjukkan bahwa rentang sensitivitas terhadap nilai kuantitas pembatas merupakan batas di mana nilai *shadow price* masih dianggap berlaku. Begitu nilainya melampaui ambang atas rentang tersebut (*increase*) ataupun jatuh di bawah ambang bawahnya (*decrease*), nilai *shadow price* pun ikut bergeser.

Kata kunci: Analisa Sensitivitas, *Goal Programming*, *Klin*, Produksi,

ABSTRACT

PT. SP is a manufacturing company engaged in cement production. The problem currently faced by PT. SP, especially in the ID V section, is the high energy consumption used. This study aims to streamline the use of existing resources, formulate the desired priority levels to be achieved, and examine how sensitive the optimal solution is to changes. To answer this problem, the Goal Programming Method is used, a technique in linear programming specifically for solving linear problems that contain more than one objective function simultaneously. From the results of data processing, it was obtained that the company can produce the highest production of 2,478,359.22 tons, which means an increase of 0.49% from the previous condition. On the raw material side, the minimum amount required was recorded at 3,788,878.26 tons with an increase of 0.69%. Meanwhile, the minimum electricity demand is at 95,057,312.87 kWh or decreased by 0.38%, the minimum coal energy demand is at 482,770.44 tons which actually increased significantly by 19.91%, and the need for solar energy is at 1,360,575.12 liters with a decrease of 4.32%. Based on these achievements, all priority targets are declared achieved, both in terms of maximizing production volume and minimizing the use of raw materials, electricity, coal, and solar energy. Furthermore, the results of the study also show that the sensitivity range to the limiting quantity value is the limit where the shadow price value is still considered valid. Once the value exceeds the upper threshold of the range (*increase*) or falls below the lower threshold (*decrease*), the shadow price value also shifts.

Keywords: *Goal Programming*, *Kiln*, *Production*, *Sensitivity Analysis*

Pendahuluan

Industri termasuk sektor ekonomi yang erat hubungannya dengan upaya memproduksi barang dan jasa, yang dilakukan dengan mendayagunakan teknologi, tenaga kerja, serta sumber daya alam. Dalam praktiknya, aktivitas produksi tersebut umumnya terpusat di suatu kawasan industri yang memproduksi barang maupun jasa untuk

memenuhi kebutuhan pasar yang terus bertambah [1]. Sejalan dengan perkembangan zaman, jumlah perusahaan yang menawarkan beragam produk pun semakin meningkat. Akibatnya, setiap perusahaan dituntut untuk mempromosikan produknya secara maksimal agar mampu menarik minat konsumen sekaligus menguasai pasar. Kondisi persaingan yang semakin ketat ini tidak hanya terjadi pada satu jenis usaha saja, melainkan merambah ke seluruh bidang usaha yang dijalankan, termasuk pada bidang usaha produksi semen.

Perusahaan SP termasuk salah satu produsen semen yang tertua sekaligus terbesar di Indonesia. Seluruh rangkaian produksi semen dijalankan sendiri oleh perusahaan ini, dimulai dari pengadaan bahan baku, kemudian diolah melalui proses produksi, dilanjutkan dengan tahap pengemasan, hingga akhirnya produk disalurkan sampai ke tangan konsumen.

Mesin yang memiliki peran penting dalam proses pembuatan semen adalah mesin Kiln. Di PT. SP, terutama pada bagian ID V, kebutuhan energi untuk mengoperasikan mesin Kiln dipasok dari batu bara, solar, dan listrik. Secara fungsi, mesin Kiln bekerja sebagai unit pembakaran yang mengubah rowmix menjadi klinker. Proses pemanasan awal mesin ini memanfaatkan solar hingga tercapai suhu yang stabil, dan begitu kondisi stabil tercapai, pemakaian solar dihentikan untuk kemudian dialihkan ke bahan bakar batu bara. Mesin Kiln sendiri tidak berhenti beroperasi karena bekerja sepanjang 24 jam setiap harinya. Kondisi durasi operasi yang panjang sekaligus konsumsi energi yang besar yang pada akhirnya menyebabkan tingginya biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan.

Ridwan dan Abadi. [2] melakukan studi penelitian yang berfokus pada upaya mengoptimalkan pemilihan supplier batu bara dalam proses pemesanan agar kebutuhan batu bara dapat dipenuhi secara optimal. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh prioritas pemesanan batu bara dari *supplier* dengan jumlah terbesar hingga terkecil secara berurutan. Hasil kajian tersebut menempatkan PT.2 sebagai *supplier* dengan kuantitas pemesanan tertinggi, diikuti berturut-turut oleh PT.3, dan PT.4, kemudian disusul oleh PT.1, kemudian PT.5, dan terakhir PT.8

Aliasghari, dkk. [3] melakukan yang bertujuan untuk menawarkan pendekatan untuk mengatasi permasalahan penjadwalan multi-tujuan pada aggregator. Temuan penelitian tersebut berupa penentuan tingkat kepuasan bagi masing-masing tujuan yang disesuaikan dengan preferensi pengambil keputusan, di mana hasil numerik yang diperoleh membuktikan keabsahan pendekatan keseimbangan ini terhadap beragam ukuran kinerja.

Penelitian yang dilakukan oleh Vinsensia [4] dengan maksud merancang model perencanaan produksi yang optimal sambil mempertimbangkan sejumlah sasaran secara bersamaan, antara lain upaya menaikkan laba sekaligus pemasukan perusahaan, serta menekan sejumlah komponen pengeluaran, mulai dari pengeluaran untuk bahan baku, pengeluaran tenaga kerja, sampai pengeluaran selama proses produksi. Untuk mengatasi adanya unsur ketidakpastian yang kerap muncul pada tahap perencanaan produksi, pendekatan yang dipilih dalam penelitian tersebut adalah *Fuzzy Goal Programming*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penerapan model *Goal Programming* memberikan kontribusi nyata bagi perusahaan dalam merumuskan keputusan produksi yang lebih tepat, tanpa mengabaikan adanya berbagai batasan sumber daya yang dimiliki.

Devani, dkk [5] melakukan penelitian berfokus kajian tersebut diarahkan pada penyusunan rencana pembuatan ban yang paling efisien dengan bantuan metode *Goal Programming*. Dalam prosesnya, sejumlah target perusahaan dipertimbangkan secara bersamaan, antara lain mendongkrak perolehan pendapatan, menambah kuantitas keluaran sekaligus pemenuhan pesanan, di samping mengurangi pengeluaran untuk material maupun durasi kerja para pekerja. Tidak hanya itu, kajian ini juga melibatkan analisis sensitivitas yang berfungsi menelusuri seberapa jauh pergeseran ketersediaan sumber daya berdampak pada hasil penyelesaian terbaiknya. Dari keseluruhan proses tersebut, diperoleh kesimpulan bahwa penerapan *Goal Programming* berhasil memberikan penyelesaian produksi yang ideal; pemasukan perusahaan tercatat naik, seluruh pesanan dapat dilayani, ongkos pembuatan berhasil ditekan, dan pergeseran pada sumber daya tidak mengubah hasil penyelesaian terbaik yang sudah ditemukan.

Perera, dkk. [6] bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan ruang penyimpanan gudang menggunakan metode *Linear Programming* dan *Goal Programming* dengan mempertimbangkan permintaan harian, kapasitas gudang, serta sistem palletizing. Penelitian ini dilakukan karena masih terdapat keterbatasan penelitian sebelumnya dalam menerapkan metode optimasi pada kondisi pergudangan modern yang kompleks. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Linear Programming* dan *Goal Programming* mampu menghasilkan solusi optimal dalam penggunaan ruang gudang sehingga kapasitas penyimpanan dapat dimanfaatkan secara efisien dan seluruh kendala operasional dapat terpenuhi.

Penelitian lain dilakukan oleh Purba, dkk. [7] dengan tujuan menentukan kuantitas produksi roti yang paling optimal sambil mempertimbangkan sejumlah sasaran sekaligus, antara lain pemenuhan permintaan pasar, penekanan biaya produksi, serta peningkatan keuntungan perusahaan. Dalam menyelesaikan permasalahan perencanaan produksi yang memiliki banyak tujuan tersebut, Untuk memecahkan persoalan perencanaan yang sarat tujuan tersebut, peneliti memanfaatkan *Goal Programming* yang dijalankan dengan cara memberi peringkat pada tiap tujuan. Hasil yang diperoleh menegaskan bahwa pendekatan ini sanggup menghadirkan rencana produksi yang ideal, jumlah penjualan yang ditargetkan tercapai, ongkos produksi tidak melampaui ambang yang sudah disepakati, sementara keuntungan perusahaan dapat didorong setinggi mungkin.

Ilmu Riset Operasional memiliki peran yang luas dalam kehidupan sehari-hari dan banyak diaplikasikan, terutama di bidang ekonomi, khususnya pada dunia usaha. Pada dasarnya, model-model dalam Riset Operasional merupakan teknik optimasi, yaitu cara penyelesaian suatu persoalan matematis untuk memperoleh jawaban yang

paling optimal. Di antara berbagai metode yang ada, *Goal Programming* termasuk salah satu yang kerap dipilih guna menata perencanaan produksi agar lebih optimal. Pada dasarnya, metode ini lahir sebagai pengembangan lebih lanjut dari *Linear Programming*, sehingga baik asumsi, lambang, susunan model matematisnya, maupun langkah perumusan dan penyelesaiannya tidak banyak berbeda dengan *Linear Programming*. Atas dasar itulah, *Goal Programming* layak dianggap sebagai cabang dari program linier yang berperan sebagai instrumen matematis dalam pengambilan keputusan untuk meraih solusi optimal dari sebuah persoalan [8].

Optimasi merupakan suatu proses yang ditujukan untuk menyempurnakan suatu aktivitas atau pekerjaan, sehingga keuntungan dapat dimaksimalkan sekaligus permasalahan dalam perencanaan produksi dapat terselesaikan [9]. Upaya optimasi semacam ini baru bisa diterapkan ketika permintaan dari konsumen bersifat tetap (*fixed*), karena dengan begitu perusahaan dapat memastikan berapa banyak produk yang perlu dihasilkan. Dalam konteks inilah *Linear Programming* berperan, yakni sebagai salah satu metode optimasi yang bertugas menemukan nilai optimum dari sebuah fungsi tujuan linier dengan tetap memperhatikan sejumlah pembatas (*constraints*) tertentu [10].

Untuk mengatasi berbagai persoalan optimasi, salah satu pendekatan yang kerap dipakai adalah pemrograman linear atau optimasi linear [11]. Pada hakikatnya, pendekatan ini bekerja melalui sebuah model matematika yang membantu pengambil keputusan memilih cara pemanfaatan sumber daya yang paling efisien dari sejumlah alternatif yang ada [12]. Solusi terbaiknya tidak muncul begitu saja, melainkan disaring dari sekumpulan penyelesaian yang telah sesuai dengan ketentuan model linear. Adapun keterbatasan-keterbatasan yang membatasi ruang penyelesaian tersebut umumnya dirumuskan ke dalam sistem pertidaksamaan linear [13].

Pada dasarnya, yang ingin dicapai melalui optimasi linear adalah menemukan nilai paling menguntungkan dari sebuah fungsi dengan menaikannya hingga maksimum atau menurunkannya hingga minimum. Fungsi inilah yang lazim disebut sebagai fungsi tujuan, fungsi sasaran, ataupun fungsi objektif. Suatu model pemrograman linear setidaknya dibangun oleh dua unsur utama. Unsur pertama adalah fungsi objektif (*objective function*), yakni representasi dari sasaran yang ingin diraih, sedangkan unsur kedua berupa fungsi kendala (*constraint function*) yang mencerminkan adanya batasan pada ketersediaan sumber daya. Kedua unsur tersebut sama-sama disusun dalam bentuk relasi linear. Karena sifatnya yang fleksibel, metode ini telah dimanfaatkan secara luas, mulai dari penyusunan rencana produksi, pengaturan distribusi barang, hingga berbagai kajian di bidang riset operasional [14].

Secara umum, bentuk baku dari model-model program linear tersusun atas beberapa fungsi, yaitu:

- a. Fungsi tujuan
- b. Fungsi batasan

Yang dimaksud dengan fungsi tujuan adalah fungsi yang mencerminkan sasaran dari proses pengalokasian sumber daya secara optimal, baik untuk meraih keuntungan setinggi mungkin maupun menekan biaya serendah mungkin. Di sisi lain, fungsi batasan memperlihatkan besaran kapasitas yang tersedia, yang selanjutnya akan dialokasikan secara optimal ke beragam aktivitas operasional perusahaan [15].

Fungsi Tujuan
Maksimalkan

$$Z = \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \quad (1)$$

dimana:

$a_{ij}x_j (\leq, =, \geq) b_i$, untuk seluruh i ($i = 1, 2, \dots, n$) seluruh $x_j \geq 0$

Ket:

- m = jumlah jenis batasan sumber daya atau fasilitas yang dimiliki.
- n = jumlah jenis kegiatan yang memanfaatkan sumber daya yang ada
- i = indeks penomoran untuk setiap jenis sumber daya yang tersedi
- j = indeks penomoran untuk setiap jenis kegiatan yang menggunakan sumber daya
- x_j = besarnya tingkat kegiatan ke-j
- a_{ij} = jumlah sumber daya i yang dibutuhkan guna menghasilkan satu unit output pada kegiatan j
- b_i = jumlah sumber daya i yang dapat dialokasikan untuk setiap kegiatan
- z = nilai yang hendak dioptimalkan, baik dimaksimalkan maupun diminimalkan
- c_j = besarnya perubahan nilai z ketika tingkat kegiatan (x_j) bertambah satu satuan (unit)

Metode *Goal Programming* (GP) sebenarnya sudah mulai dikembangkan sejak dekade 1950-an, tetapi perhatian yang luas terhadap metode ini baru muncul sekitar pertengahan dekade 1970-an. Salah satu hal yang turut memicu naiknya minat terhadap GP ialah keunggulannya sebagai sarana yang tidak hanya efektif, tetapi juga efisien dalam merancang, menyelesaikan, sekaligus menelaah model matematika yang memuat beragam tujuan dan sasaran secara bersamaan [16].

Pada dasarnya, GP termasuk dalam kelompok teknik pemrograman matematis dengan tujuan jamak (*multi-objective programming*). Ide utamanya berlandaskan pada konsep pemenuhan sasaran (*goal satisfaction*), yang

lahir dari adanya keraguan bahwa dalam kenyataan di sebuah organisasi, seorang pengambil keputusan (decision maker / DM) benar-benar mampu memaksimalkan sebuah fungsi utilitas yang telah disusun secara sempurna [17].

Memasuki pertengahan dekade 1970 an, kajian mengenai GP sudah cukup banyak ditemukan dalam berbagai literatur. Sejak saat itu, terutama melalui kontribusi [18], [19], penerapan GP berkembang dengan sangat cepat seiring penyempurnaan pada teknik-teknik metodologinya.

Saat ini, GP dapat dipandang sebagai salah satu teknik pengambilan keputusan multikriteria yang paling sering digunakan [20]. Meskipun [21] mencatat adanya perlambatan pada pengembangan teoretis GP, banyaknya studi kasus dan luasnya bidang penerapan metode ini tetap tergolong sangat mengesankan, sebagaimana ditunjukkan oleh sejumlah penelitian terbaru [22],[23], dan [24].

Berikut istilah didalam *Goal Programming*:

1. Variabel keputusan , yakni himpunan variabel yang besarnya belum diketahui dan pada umumnya diberi notasi x_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$).
2. Nilai ruas kanan, yakni nilai yang menggambarkan seberapa banyak sumber daya yang tersedia. Penentuan kekurangan ataupun kelebihan dalam pemanfaatannya umumnya diberi lambang b_i .
3. Tujuan (*goal*) yakni sasaran yang dirumuskan agar besarnya deviasi terhadap suatu nilai RHS pada sebuah fungsi kendala dapat ditekan seminimal mungkin.
4. Variabel deviasi merupakan variabel menunjukkan adanya kemungkinan penyimpangan terhadap nilai ruas kanan pada kendala tujuan. Apabila tujuannya berupa maksimalisasi, maka yang dicari adalah penyimpangan negatif, sebab yang ditelusuri adalah penyimpangan di bawah target. Sebaliknya, jika tujuannya berupa minimalisasi, yang dicari ialah penyimpangan positif, dikarenakan yang ditelusuri adalah penyimpangan di atas target. Variabel deviasi terbagi menjadi dua jenis, yaitu:
 - a. Deviasi positif (d_i^+) dipakai untuk mengidentifikasi simpangan yang di atas target yang dikehendaki, dengan nilai tetap sebesar -1 pada tiap kendala
 - b. Deviasi negatif (d_i^-) dipakai untuk mengidentifikasi simpangan yang di bawah target yang dikehendaki, dengan nilai tetap sebesar +1 pada tiap kendala.

Adapun bentuk umum dari *Goal Programming* dapat dituliskan sebagai berikut [25] :

Meminimalkan:

$$Z = \sum_{i=1}^m = (d_i^- + d_i^+) \quad (2)$$

Kendala tujuan :

$$\sum_{j=1}^n (a_{ij}x_j) + d_i^- - d_i^+ = b_i$$

$i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$
 $x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$

dimana:

d_i^- = batas bawah simpangan dari pencapaian sasaran (b_i)

d_i^+ = batas atas simpangan dari pencapaian sasaran (b_i)

b_i = sasaran atau target ke-i

x_j = variabel keputusan ke-j

a_{ij} = koefisien fungsi kendala ke-i bagi variabel keputusan ke-j

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan data yang mencakup kebutuhan energi listrik, kebutuhan energi batu bara, kebutuhan energi solar, kebutuhan *rawmix*, serta kebutuhan *rawmill* selama periode 2013–2017. Adapun tahapan-tahapan yang ditempuh dalam menyusun model Goal Programming pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel keputusan
 Variabel keputusan memuat variabel yang akan dioptimalkan serta harus memenuhi kriteria sasaran yang digunakan dalam perencanaan produksi.
2. Menentukan fungsi tujuan
 Fungsi tujuan ditetapkan untuk meminimalkan deviasi negatif maupun deviasi positif pada fungsi kendala
3. Menentukan kendala
 Kendalanya ialah memaksimalkan *rawmill*, meminimalkan jumlah *rawmix*, meminimalkan jumlah energi listrik, meminimalkan jumlah energi batubara dan meminimalkan jumlah energi solar.
4. Menentukan urutan prioritas pencapaian
 Urutan prioritas:
 - a. Memaksimalkan *rawmill* (jumlah produksi)
 - b. Meminimalkan *rawmix* (bahan baku)
 - c. Meminimalkan energi listrik
 - d. Meminimalkan energi batubara

- e. Meminimalkan energi solar

Hasil Dan Pembahasan

Dari penelitian yang telah dijalankan, didapatkan hasil:

Variabel Keputusan

Berikut merupakan variabel keputusan yang digunakan dalam menyusun model:

- X_1 = Kebutuhan *rawmill* tahun 2013 (ton)
- X_2 = Kebutuhan *rawmill* tahun 2014 (ton)
- X_3 = Kebutuhan *rawmill* tahun 2015 (ton)
- X_4 = Kebutuhan *rawmill* tahun 2016 (ton)
- X_5 = Kebutuhan *rawmill* tahun 2017 (ton)
- X_6 = Kebutuhan *rawmix* tahun 2013 (ton)
- X_7 = Kebutuhan *rawmix* tahun 2013 2014 (ton)
- X_8 = Kebutuhan *rawmix* tahun 2013 2015 (ton)
- X_9 = Kebutuhan *rawmix* tahun 2013 2016 (ton)
- X_{10} = Kebutuhan *rawmix* tahun 2013 2017 (ton)
- X_{11} = Kebutuhan energi listrik tahun 2013 (kWh)
- X_{12} = Kebutuhan energi listrik tahun 2014 (kWh)
- X_{13} = Kebutuhan energi listrik tahun 2015 (kWh)
- X_{14} = Kebutuhan energi listrik tahun 2016 (kWh)
- X_{15} = Kebutuhan energi listrik tahun 2017 (kWh)
- X_{16} = Kebutuhan energi batu bara tahun 2013 (ton)
- X_{17} = Kebutuhan energi batu bara tahun 2014 (ton)
- X_{18} = Kebutuhan energi batu bara tahun 2015 (ton)
- X_{19} = Kebutuhan energi batu bara tahun 2016 (ton)
- X_{20} = Kebutuhan energi batu bara tahun 2017 (ton)
- X_{21} = Kebutuhan energi solar tahun 2013 (L)
- X_{22} = Kebutuhan energi solar tahun 2014 (L)
- X_{23} = Kebutuhan energi solar tahun 2015 (L)
- X_{24} = Kebutuhan energi solar tahun 2016 (L)
- X_{25} = Kebutuhan energi solar tahun 2017(L)

Fungsi Kendala

Fungsi kendala sebagai berikut:

1. Kebutuhan *Rawmill*
 $2.406.174X_1 + 2.406.174X_2 + 2.415.475X_3 + 2.323.661X_4 + 2.779.217X_5 + d_1^+ - d_1^- = 2.466.140,2$
2. Kebutuhan *rawmix*
 $3.788.878,26X_6 + 3.949.448,14X_7 + 3.784.974,78X_8 + 3.653.147,77X_9 + 3.636.323,06X_{10} + d_2^+ - d_2^- = 3.762.554,4$
3. Kebutuhan energi listrik
 $93.193.443,99X_{11} + 97.713.770,55X_{12} + 95.583.109,83X_{13} + 95.936.722,91X_{14} + 94.710.881,83 X_{15} + d_3^+ - d_3^- = 95.427.585,82$
4. Kebutuhan energi batu bara
 $459.781,37 X_{16} + 498.212,14 X_{17} + 486.894,12 X_{18} + 469.297 X_{19} + 498.733,71 X_{20} + d_4^+ - d_4^- = 482. 583,7$
5. Kebutuhan energi solar
 $985.924X_{21} + 1.425.126,21X_{22} + 2.040.146X_{23} + 1.329.534X_{24} + 1.329.534X_{25} + d_5^+ - d_5^- = 1.356.257,7$

Urutan prioritas adalah:

1. Pilihan Pertama = Maksimumkan jumlah produksi. Pada sasaran ini, deviasi yang diminimalkan adalah deviasi bawah, sehingga nilai yang ditekan adalah $P_1 (d_1^-)$. Hal ini berarti perusahaan mengharapkan jumlah produksi dapat melampaui target yang ditentukan.
2. Pilihan Kedua = Meminimalkan jumlah bahan baku. Pada sasaran ini, deviasi yang diminimalkan adalah deviasi atas, sehingga nilai yang ditekan adalah $P_2 (d_2^+)$. Hal ini berarti perusahaan tidak menghendaki jumlah bahan baku melampaui batas yang telah ditentukan.
3. Pilihan Ketiga = Meminimalkan jumlah energi listrik. Pada sasaran ini, deviasi yang diminimalkan adalah deviasi atas, sehingga nilai yang ditekan adalah $P_3 (d_3^+)$. Hal ini berarti perusahaan tidak menghendaki jumlah energi listrik melampaui batas yang telah ditentukan.

4. Pilihan Keempat = Meminimalkan jumlah energi batu bara. Pada sasaran ini, deviasi yang diminimalkan adalah deviasi atas, sehingga nilai yang ditekan adalah $P_4(d_4^+)$. Hal ini berarti perusahaan tidak menghendaki jumlah energi batu bara melampaui batas yang telah ditentukan.
5. Pilihan Kelima = Meminimalkan jumlah energi solar. Pada sasaran ini, deviasi yang diminimalkan adalah deviasi atas, sehingga nilai yang ditekan adalah $P_5(d_5^+)$. Hal ini berarti perusahaan tidak menghendaki jumlah energi solar melampaui batas yang ditentukan.

Melalui perangkat lunak LINDO, dihasilkan pengeluaran *Goal Programming* sebagaimana ditampilkan pada Gambar 1:

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0			
OBJECTIVE FUNCTION VALUE			
1)	0.000000E+00		
VARIABLE	VALUE	REDUCED COST	
DB1	0.000000	1.000000	
DA2	0.000000	1.000000	
DA3	0.000000	1.000000	
DA4	0.000000	1.000000	
DA5	0.000000	1.000000	
X1	1.024922	0.000000	
X2	0.000000	0.000000	
X3	0.000000	0.000000	
X4	0.000000	0.000000	
X5	0.000000	0.000000	
DA1	0.000000	0.000000	
X6	0.993052	0.000000	
X7	0.000000	0.000000	
X8	0.000000	0.000000	
X9	0.000000	0.000000	
X10	0.000000	0.000000	
DB2	0.000000	0.000000	
X11	1.023973	0.000000	
X12	0.000000	0.000000	
X13	0.000000	0.000000	
X14	0.000000	0.000000	
X15	0.000000	0.000000	
DB3	0.000000	0.000000	
X16	1.049594	0.000000	
X17	0.000000	0.000000	
X18	0.000000	0.000000	
X19	0.000000	0.000000	
X20	0.000000	0.000000	
DB4	0.000000	0.000000	
X21	1.375621	0.000000	X22 0.000000 0.000000
X23	0.000000	0.000000	
X24	0.000000	0.000000	
X25	0.000000	0.000000	
DB5	0.000000	0.000000	
ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES	
2)	0.000000	0.000000	
3)	0.000000	0.000000	
4)	0.000000	0.000000	
5)	0.000000	0.000000	

Gambar 1. Hasil LINDO

Dapat dilihat pada Gambar 1. , terlihat bahwa variabel yang bernilai adalah X_2, X_{10}, X_{13} dan X_{17} . Ketika besaran tersebut dimasukkan ke dalam persamaan fungsi tujuan yang hendak dicapai, hasil yang muncul berupa produksi sejumlah 2.478.359,22 ton, yang berarti bertambah 0,49% dibanding sebelumnya. Pada sisi bahan baku, jumlahnya tercatat 3.788.878,26 ton atau naik 0,69%. Adapun energi listrik berada pada 95.057.312,87 kWh dengan penyusutan 0,38%, energi batu bara mencapai 482.770,44 ton yang justru melonjak 19,91%, sementara energi solar tercatat 1.360.575,12 liter atau berkurang 4,32%

Mengacu pada keluaran LINDO (Gambar 1), nilai fungsi pada peringkat pertama menunjukkan angka nol (nilai deviasi negatif) karena sasarannya adalah memaksimalkan jumlah produksi. Kondisi ini menunjukkan bahwa goal pada prioritas pertama telah tercapai. Begitu pula, deviasi positif pada peringkat kedua sampai kelima sama-sama menunjukkan angka nol, yang berarti goal untuk menekan jumlah bahan baku, energi listrik, energi batu bara, dan energi solar turut tercapai. Hasil analisis sensitivitas melalui perangkat lunak LINDO memperlihatkan bahwa nilai *slack* atau *surplus* sama dengan nol, sehingga kendala-kendala tersebut dapat dikategorikan sebagai kendala aktif. Apabila nilai *slack* atau *surplus* nol disertai nilai *dual price* yang juga nol, maka penambahan satu unit pada ruas kanan kendala tidak akan mempengaruhi penurunan nilai fungsi tujuan. Sebaliknya, jika nilai *dual price*-nya tidak nol, setiap penambahan satu unit pada ruas kanan kendala akan menggeser nilai fungsi tujuan sebesar nilai *dual price* tersebut.

Simpulan

Mengacu pada kebutuhan sumber daya yang diperoleh, dapat ditarik kesimpulan bahwa produksi maksimum yang sanggup dicapai perusahaan adalah 2.478.359,22 ton (naik 0,49%), kebutuhan bahan baku terkecil sebesar 3.788.878,26 ton (naik 0,69%), pemakaian energi listrik terkecil sebesar 95.057.312,87 kWh (turun 0,38%), pemakaian energi batu bara terkecil sebesar 482.770,44 ton (naik 19,91%), serta pemakaian energi solar sebesar 1.360.575,12 liter (turun 4,32%).

Seluruh prioritas sasaran berhasil dipenuhi, yang mencakup prioritas pertama (memaksimalkan jumlah produksi), prioritas kedua (meminimalkan jumlah bahan baku), prioritas ketiga (meminimalkan energi listrik), prioritas keempat (meminimalkan energi batu bara), dan prioritas kelima (meminimalkan energi solar). Penelitian

selanjutnya menggunakan metode *Fuzzy Goal Programming* dengan menambah kendala/pembatas pada model serta membandingkan *Goal Programming* dengan *Fuzzy Goal Programming*.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Sari, W. Astuti, and L. Suminar, "Dampak Industri PT. Semen Indonesia Pabrik Tuban terhadap Kondisi Permukiman di Sekitarnya," *Desa-Kota: Jurnal Perencanaan Wilayah, Kota, dan Permukiman*, vol. 7, no. 1, pp. 149–161, 2025.
- [2] A. Ridwan and A. A. Abadi, "Optimasi Pemilihan Supplier Bahan Baku Batubara Dengan Metode Goal Programming (Studi Kasus di PT. ABC)," *Journal Industrial Servicsess*, vol. 6, no. 1, pp. 20–26, 2020.
- [3] P. Aliasghari, B. Mohammadi-Ivatloo, M. Abapour, A. Ahmadian, and A. Elkamel, "Goal programming application for contract pricing of electric vehicle aggregator in join day-ahead market," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 7, p. 1771, 2020.
- [4] D. Vinsensia, Y. Utami, M. S. Simanjuntak, and A. R. Tarigan, "2021) 75-81 Manajemen Informatika, STMIK Pelita Nusantara," 2015.
- [5] V. Devani, M. Isnaini Hadiyul Umam, and Y. Aiza, "Optimization of Tire Production Planning Using The Goal Programming Method and Sensitivity Analysis," *International Journal Of Computing Science And Applied Mathematics*, vol. 8, no. 2, p. 36, 2022.
- [6] D. Perera, U. Mirando, and A. Fernando, "Warehouse Space Optimization Using Linear Programming Model And Goal Programming Model," vol. 1, no. 1, 2022, [Online]. Available: www.sab.ac.lk/sljesim
- [7] W. T. P. Purba, J. A. B. Sinaga, and R. Sianturi, "Model Optimasi Goal Programing Pada Perencanaan Produksi Roti," *Jurnal Indragiri Penelitian Multidisiplin*, vol. 4, no. 1, pp. 71–77, 2024.
- [8] V. Devani and V. Basriati, *Goal Prograaming Aplikasi pada Pakan Ikan Buatan*, Pertama. Pekanbaru: DaulatRiau, 2012.
- [9] R. Febriyanti, Y. Kurnia, and M. Hilman, "Optimasi Jumlah Produksi Dompot Pada Home Industry Fartner Production Di Kota Tasikmalaya Menggunakan Metode Linear Programming," *INTRIGA*, vol. 01, no. 02, 2024.
- [10] Rahmat Akbar Y and Mar'aini, "Optimasi Produksi Padaindustri Kecil Dan Menengah Karya Unisi Dengan Penerapan Model Linear Programming," *Jurnal Inovasi Penelitian*, vol. 2, no. 8, p. 2883, 2022.
- [11] S. F. Ghaliyah, E. Harahap, and F. H. Badruzzaman, "Optimalisasi keuntungan produksi sambal menggunakan Metode Simpleks berbantuan Software QM," in *Bandung Conference Series: Mathematics*, 2022, pp. 9–16.
- [12] A. Hidayah, E. Harahap, and F. Badruzzaman, "Optimasi Keuntungan Bisnis Bakery Menggunakan Program Linear Metode Simpleks (Optimization of Bakery Business Profits Using Linear Programs Simplex Method)," *Jurnal Matematika*, vol. 21, no. 1, p. 79, 2022, [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/363318788>
- [13] T. Febrianti and E. Harahap, "Penggunaan aplikasi matlab dalam pembelajaran program linear," *Matematika: Jurnal Teori dan Terapan Matematika*, vol. 20, no. 1, pp. 1–8, 2021.
- [14] R. S. Budianti, A. A. Nurrahman, H. Afriyadi, D. Ahmadi, and E. Harahap, "Penggunaan Metode Simpleks Untuk Memaksimalkan Target Sales Pada Penjualan Paket Internet," *Jurnal Riset Dan Aplikasi Matematika (JRAM)*, vol. 4, no. 2, pp. 108–114, 2020.
- [15] D. T. Syaifuddin, M. S. SE, D. T. Syaifuddin, and M. S. SE, "Riset operasi," 2011, *PERCETAKAN CV CITRA MALANG*.
- [16] J. P. Ignizio, *Introduction to linear goal programming*. Sage Beverly Hills, CA, 1985.
- [17] J. Spronk, "Interactive multiple goal programming," in *Interactive Multiple Goal Programming: Applications to Financial Planning*, Springer, 1981, pp. 129–156.
- [18] S. M. Lee, "Goal programming for decision analysis," (*No Title*), 1972.
- [19] M. Tamiz and D. F. Jones, "An example of good modelling practice in goal programming: means for overcoming incommensurability," in *Advances in Multiple Objective and Goal Programming: Proceedings of the Second International Conference on Multi-Objective Programming and Goal Programming, Torremolinos, Spain, May 16–18, 1996*, Springer, 1997, pp. 29–37.
- [20] C. Romero, *Handbook of critical issues in goal programming*. Elsevier, 2014.
- [21] M. Schniederjans, *Goal programming: Methodology and applications: Methodology and applications*. Springer Science & Business Media, 1995.
- [22] C. Romero, "A survey of generalized goal programming (1970–1982)," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 25, no. 2, pp. 183–191, 1986.
- [23] M. J. Schniederjans, "The life cycle of goal programming research as recorded in journal articles," *Oper. Res.*, vol. 43, no. 4, pp. 551–557, 1995.

- [24] M. Tamiz, D. F. Jones, and E. El-Darzi, "A review of goal programming and its applications," *Ann. Oper. Res.*, vol. 58, no. 1, pp. 39–53, 1995.
- [25] Siswanto, *Operation Research*. Erlangga, 2007.