

## Analisis Simulasi Keuntungan Perusahaan CPO melalui Intervensi Ergonomi pada Lingkungan Kerja Fisik dalam Proses Produksi

**Anni Safitri**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

**Intan Berlianty**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

**Sadi Sadi**

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta

**Alamat:** Jl. SWK Jl. Ring Road Utara No.104, Condongcatur, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55283

Korespondensi penulis: [intan\\_berlianty@upnyk.ac.id](mailto:intan_berlianty@upnyk.ac.id)

**Abstract.** *This study aims to analyze the profit potential of companies producing Crude Palm Oil (CPO) through ergonomic interventions in physical working conditions during production. A comfortable work environment that complies with safety and health standards is crucial for improving employee performance and productivity. In this study, CPO companies face issues with the comfort of their physical working conditions. The noise and temperature in the work environment currently exceed the established limits, causing discomfort and health problems for employees. Therefore, the company plans to implement ergonomic interventions by adding physical environmental facilities, such as procuring earplugs and turbine ventilators. The simulation was conducted using the Powersim software to analyze the impact of ergonomic interventions on company performance. The simulation created two conditions: the company's existing conditions, reflecting the current state, and the proposed scenario, representing conditions after implementing the ergonomic interventions. The simulation results demonstrate that the proposed scenario, after the ergonomic interventions, increases the average CPO output per day and the company's average profit. The average CPO output increased from 241,875 kg/day to 247,378 kg/day in the proposed scenario, and profits rose from IDR 321,634,620 to IDR 344,796,240. This increase in performance and income allows companies to obtain long-term benefits from ergonomic interventions in the physical work environment. Based on the simulation analysis results, it can be concluded that ergonomic interventions in the physical work environment during the CPO production process can be advantageous for companies. These interventions can enhance productivity, improve employee health and comfort, and optimize revenue. This research highlights the importance of paying attention to the physical working environment conditions and implementing suitable ergonomic interventions to achieve optimal performance in the CPO industry.*

**Keywords:** *Crude Palm Oil (CPO); Ergonomic interventions; Physical working conditions; Profit potential; Work environment*

---

Received April 30, 2023; Revised Mei 30, 2023; Accepted Juni 20, 2023

---

Anni Safitri, [intan\\_berlianty@upnyk.ac.id](mailto:intan_berlianty@upnyk.ac.id)

**Abstrak.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi keuntungan perusahaan yang bergerak dalam produksi Crude Palm Oil (CPO) melalui intervensi ergonomi pada kondisi lingkungan kerja fisik selama proses produksi. Lingkungan kerja yang nyaman dan sesuai dengan standar keamanan dan kesehatan sangat penting untuk meningkatkan kinerja dan produktivitas karyawan. Dalam penelitian ini, perusahaan CPO menghadapi masalah dalam kondisi lingkungan kerja fisik yang nyaman. Kebisingan dan suhu di lingkungan kerja saat ini melampaui batas yang ditetapkan, mengganggu kenyamanan dan kesehatan karyawan. Oleh karena itu, perusahaan merencanakan intervensi ergonomi dengan menambah fasilitas lingkungan fisik, seperti pengadaan ear plug dan turbin ventilator. Simulasi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Powersim untuk menganalisis dampak dari intervensi ergonomi tersebut terhadap kinerja perusahaan. Dua kondisi dibuat dalam simulasi, yaitu kondisi existing perusahaan yang mencerminkan kondisi saat ini, dan skenario usulan yang mencakup kondisi setelah intervensi ergonomi dilakukan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario usulan, setelah intervensi ergonomi, menghasilkan peningkatan rata-rata output CPO per hari dan keuntungan rata-rata perusahaan. Rata-rata output CPO meningkat dari kondisi existing sebesar 241.875 kg/hari menjadi 247.378 kg/hari dalam skenario usulan. Begitu pula dengan keuntungan, yang meningkat dari Rp321.634.620 menjadi Rp344.796.240. Dengan peningkatan kinerja dan pendapatan ini, perusahaan dapat memperoleh manfaat jangka panjang dari intervensi ergonomi pada lingkungan kerja fisik. Berdasarkan hasil analisis simulasi, disimpulkan bahwa intervensi ergonomi pada lingkungan kerja fisik dalam proses produksi CPO dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan. Perusahaan dapat meningkatkan produktivitas, memperbaiki kesehatan dan kenyamanan karyawan, serta mengoptimalkan pendapatan. Implikasi dari penelitian ini adalah pentingnya memperhatikan kondisi lingkungan kerja fisik dan melakukan intervensi ergonomi yang sesuai untuk mencapai kinerja yang optimal dalam industri CPO.

**Kata kunci:** Crude Palm Oil (CPO); Intervensi ergonomi; Kondisi lingkungan kerja fisik; Potensi keuntungan; Lingkungan kerja

## **LATAR BELAKANG**

Produksi Crude Palm Oil (CPO) merupakan industri yang sangat penting dan membutuhkan lingkungan kerja yang efisien dan produktif (Junaedi, 2022; Nazaruddin Matondang & Irwan Budiman, 2019). Kondisi fisik tempat kerja memegang peranan penting dalam menentukan kinerja dan profitabilitas perusahaan CPO. Namun, banyak perusahaan menghadapi tantangan terkait kondisi kerja yang tidak nyaman dan tidak memenuhi standar, yang dapat berdampak negatif pada kesejahteraan dan produktivitas karyawan (A. Arifin, 2014).

Dalam proses produksi CPO, terlibat berbagai stasiun kerja seperti fruit reception, sterilizer, presser, clarification, dan kernel recovery (Lette et al., 2022). Setiap stasiun kerja memiliki tugas-tugas khusus yang berkontribusi pada output produksi secara keseluruhan. Namun, ada beberapa isu yang muncul seperti tingkat kebisingan yang melebihi batas yang ditetapkan oleh peraturan Kementerian Kesehatan untuk lingkungan kerja perkantoran dan industri, serta kondisi suhu yang tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan. (Prasetyo & Budiati, 2016).

Tingkat kebisingan yang diukur pada stasiun kerja kernel recovery, khususnya, melebihi batas yang diizinkan, menunjukkan potensi risiko terhadap kesehatan dan kesejahteraan karyawan. Selain itu, suhu lingkungan pada siang hari melebihi rentang yang direkomendasikan, menyebabkan ketidaknyamanan dan penurunan produktivitas (I. Berlianty & Rachmawati, 2021).

Untuk mengatasi tantangan ini, perusahaan berencana menerapkan intervensi ergonomi pada lingkungan kerja fisik. Hal ini mencakup penyediaan ear plug dan turbin ventilator untuk mengurangi paparan kebisingan dan mengatur suhu lingkungan. Meskipun intervensi ini akan menimbulkan biaya tambahan, diyakini bahwa hal tersebut akan menciptakan lingkungan kerja yang lebih nyaman dan kondusif, yang pada akhirnya akan meningkatkan kinerja karyawan dan produktivitas (Pradiska et al., 2020).

Untuk mengevaluasi potensi keuntungan atau kerugian dari intervensi ergonomi yang diusulkan, analisis simulasi akan dilakukan menggunakan perangkat lunak Powersim. Dengan membandingkan kondisi yang ada dengan skenario usulan setelah intervensi ergonomi, perusahaan bertujuan untuk menentukan dampaknya terhadap output CPO dan profitabilitas. Analisis ini akan memberikan wawasan berharga mengenai apakah investasi perusahaan dalam intervensi ergonomi akan menghasilkan manfaat jangka panjang dan peningkatan kinerja dalam proses produksi CPO.

## **KAJIAN TEORITIS**

### **a. Ergonomi**

Ergonomi adalah studi tentang interaksi antara manusia dan lingkungannya dalam konteks kerja. Tujuan utama ergonomi adalah untuk mengoptimalkan kesehatan, kenyamanan, dan kinerja manusia (Kukla, 2017). Dalam konteks lingkungan kerja, ergonomi melibatkan desain peralatan, perancangan tata letak tempat kerja, pengaturan alat kerja, dan pemahaman terhadap kemampuan dan keterbatasan fisik manusia. Dengan menerapkan prinsip-prinsip ergonomi, lingkungan kerja dapat diatur sedemikian rupa sehingga meminimalkan risiko cedera, kelelahan, dan gangguan kesehatan, serta meningkatkan efisiensi dan produktivitas.(Burke, 2020)

### **b. Kondisi Lingkungan Kerja:**

Kondisi lingkungan kerja mencakup berbagai aspek yang mempengaruhi kesehatan, kenyamanan, dan kinerja karyawan. Faktor-faktor seperti suhu, kelembaban, pencahayaan, kebisingan, dan polusi udara dapat memengaruhi kesejahteraan dan produktivitas karyawan. Standar dan pedoman keselamatan dan kesehatan kerja ditetapkan untuk menjaga kondisi lingkungan kerja yang aman dan sehat. Dengan memastikan kondisi lingkungan kerja yang baik, perusahaan dapat menciptakan tempat kerja yang optimal, meningkatkan kepuasan karyawan, dan mengurangi risiko cedera atau penyakit terkait pekerjaan.(Sari & Berlianty, 2019)

### **c. Produktivitas:**

Produktivitas adalah ukuran efisiensi dalam menghasilkan output atau hasil kerja. Produktivitas dapat ditingkatkan dengan berbagai cara, termasuk perbaikan proses kerja, peningkatan keterampilan dan pengetahuan karyawan, penggunaan teknologi yang tepat, dan menciptakan lingkungan kerja yang mendukung. Lingkungan kerja yang baik, termasuk kondisi fisik yang nyaman, suasana kerja yang positif, dan dukungan dari manajemen, dapat meningkatkan motivasi dan kinerja karyawan, sehingga berdampak positif pada produktivitas perusahaan.(Puryani et al., 2018)

d. Sistem Dinamis:

Sistem dinamis adalah sistem yang mengalami perubahan dari waktu ke waktu dan melibatkan interaksi antara elemen-elemennya. Dalam konteks analisis simulasi, sistem dinamis merujuk pada penggunaan model matematika dan perangkat lunak untuk menggambarkan dan memprediksi perilaku suatu sistem. Dalam analisis simulasi perusahaan CPO, sistem dinamis melibatkan berbagai variabel seperti input produksi, kondisi lingkungan, faktor eksternal, dan kinerja perusahaan. Dengan menggunakan pendekatan sistem dinamis, perusahaan dapat memahami dampak dari intervensi ergonomi pada lingkungan kerja fisik terhadap kinerja dan keuntungan perusahaan. (M. Arifin, 2021; I. A. M. Berlianty, 2010)

e. Uji Kecukupan Data:

Uji kecukupan data adalah proses untuk memeriksa apakah data yang tersedia memadai dan cukup untuk melakukan analisis atau simulasi yang diperlukan. Dalam penelitian atau analisis simulasi, penting untuk memastikan bahwa data yang digunakan berkualitas baik, akurat, lengkap, dan relevan dengan tujuan analisis. Uji kecukupan data melibatkan evaluasi terhadap ketersediaan variabel yang diperlukan, pengumpulan data tambahan jika diperlukan, validitas dan keandalan data yang digunakan, serta kemampuan data untuk mencerminkan situasi atau fenomena yang sedang diteliti. Dengan melakukan uji kecukupan data yang baik, analisis atau simulasi yang dilakukan dapat menghasilkan hasil yang lebih andal dan bermanfaat dalam pengambilan keputusan (Lachenbruch et al., 1991)

1. Perhitungan uji kecukupan data kebisingan dan suhu

$$N' = \left[ \frac{k/s \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \dots \dots \dots (1)$$

2. Perhitungan uji keseragaman data kebisingan dan suhu

$$\text{Batas Pengendalian atas (BKA)} = \bar{x} + k.\sigma \dots \dots \dots (2)$$

$$\text{Batas Pengendalian bawah (BKB)} = \bar{x} - k.\sigma \dots \dots \dots (3)$$

Dimana,

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{N-1} \dots \dots \dots (4)$$

## **METODE PENELITIAN**

Obyek yang diteliti yaitu bagian *kernel recovery*. Dalam proses produksi karyawan terpapar kebisingan yang berada diatas nilai ambang batas dan suhu ruangan yang panas. Berdasarkan kondisi tersebut perusahaan berencana untuk menambah fasilitas lingkungan fisik yaitu *ear plug* dan turbin ventilator. Hal tersebut berdampak terhadap biaya pengeluaran tetapi dengan kondisi lingkungan kerja yang nyaman dapat menunjang kinerja karyawan sehingga meningkatkan produktivitas. Perusahaan ingin mensimulasikan apakah dengan adanya intervensi ergonomi perusahaan akan mendapat keuntungan atau kerugian. Simulasi dilakukan dengan bantuan *software* Powersim

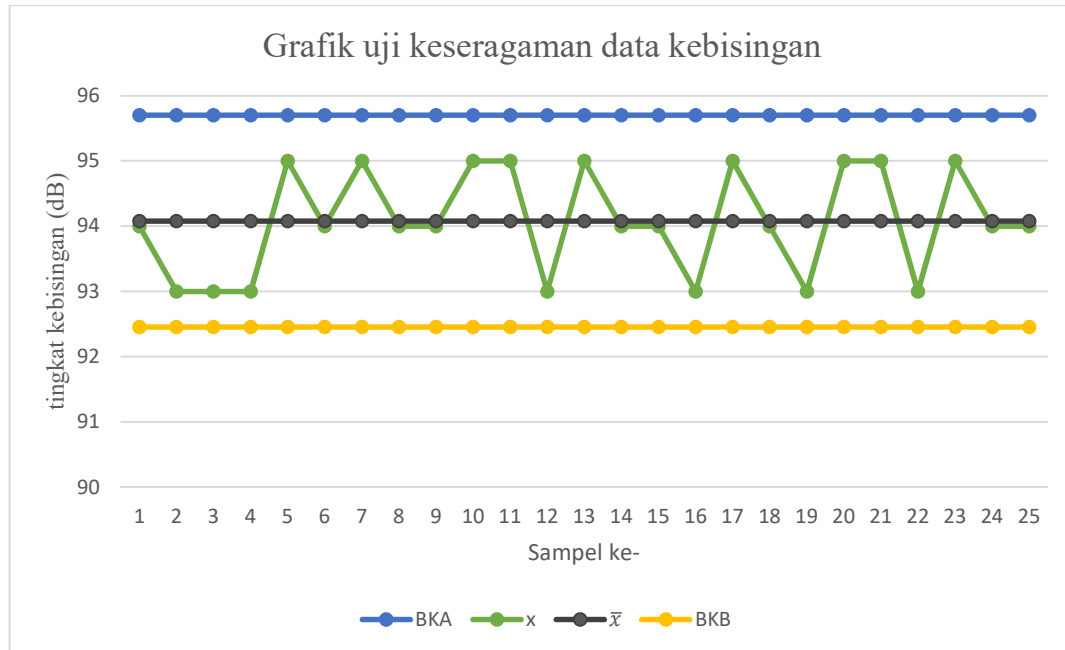
## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **1. Pemeriksaan kecukupan dan konsistensi data kebisingan**

Pemeriksaan kecukupan data dihitung dengan menggunakan Persamaan (1). Dalam penelitian ini diambil tingkat ketelitian 5% dan tingkat kepercayaan 95% ( $k=2$ ,  $s=0,05$ ). Data dianggap cukup jika jumlah data aktual ( $N$ ) lebih besar dari jumlah data teoritis ( $N'$ ). Pada penelitian jumlah data yang diambil sebanyak 25 atau  $N = 25$ , sedangkan  $N' = 0,114$ . Karena  $N' < N$ , maka data pengamatan yang digunakan dianggap cukup. Uji keseragaman data dilakukan dengan menghitung standar deviasi ( $\sigma$ ) pada Persamaan 4 untuk mencari batas kontrol atas (BKA) pada Persamaan 2 dan batas kontrol bawah

(BKB) pada Persamaan 3. Selanjutnya data kebisingan beserta nilai rata-rata dan juga BKA dan BKB diplotkan pada grafik

(Gambar 1).



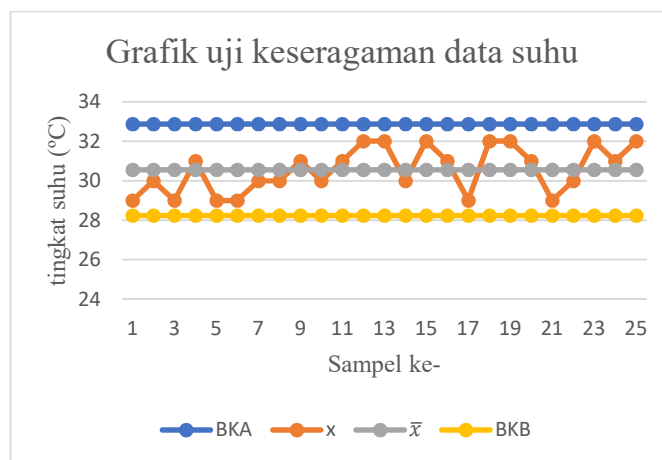
Gambar 1. Grafik uji keseragaman data kebisingan

Pada Gambar 1 menunjukan bahwa semua nilai x (data kebisingan) berada didalam batas kontrol, sehingga data tersebut dianggap seragam

## 2. Uji kecukupan dan uji keseragaman data suhu

Nilai  $N'$  pada uji kecukupan data suhu bernilai 2,20, nilai tersebut lebih kecil dibandingkan jumlah data aktual yaitu  $N = 25$ . Karena nilai  $N' < N$  maka data

pencapaian yang digunakan dalam penelitian dianggap cukup. Data suhu diplotkan pada grafik (Gambar 2).



Gambar 2. Grafik uji keseragaman data suhu

### 3. Pembuatan Simulasi

Dalam melakukan simulasi mengenai pengaruh lingkungan kerja fisik terhadap produktivitas, dilakukan dengan beberapa tahap. Dalam penelitian ini secara garis besar, pembuatan simulasi dilakukan dengan membentuk kerangka dasar yang selanjutnya akan digambarkan pada *Causal loop diagram* (CLD), kemudian membuat *flow diagram*, validasi, simulasi kondisi *existing* perusahaan dan pembuatan skenario. Berikut ini merupakan tahapan dalam melakukan simulasi

#### a. Kerangka dasar

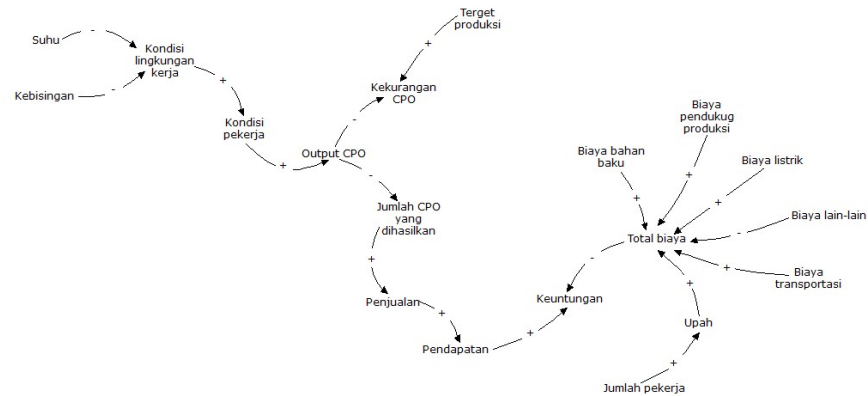
Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal mengenai kondisi *existing* di perusahaan. Dari identifikasi tersebut diperoleh beberapa variabel yang mempengaruhi kondisi ergonomi. Adapun variabel yang telah diidentifikasi, diantaranya adalah: suhu, kebisingan, jumlah CPO yang dihasilkan, jumlah pekerja, biaya produksi, biaya bahan baku, keuntungan perusahaan. Variabel tersebut selanjutnya dimasukkan dalam pembuatan CLD.

#### b. Causal Loop Diagram (CLD)

Hubungan antara variabel-variabel digambarkan dalam diagram loop sebab-akibat (*causal loop diagram*). Diagram ini mencerminkan hubungan antara variabel-variabel tersebut. Hubungan positif menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut bergerak searah atau berbanding lurus. Sementara itu, hubungan negatif menunjukkan



bahwa variabel-variabel tersebut bergerak berlawanan atau berbanding terbalik. *Causal loop diagram* yang mempengaruhi kondisi ergonomi pada perusahaan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. CLD pengaruh lingkungan kerja fisik di perusahaan CPO

Berdasarkan diagram loop sebab-akibat yang terlihat pada Gambar 3, dijelaskan bahwa faktor ergonomi yang mempengaruhi kondisi pekerja berasal dari faktor lingkungan kerja fisik, seperti suhu dan kebisingan. Ketika kebisingan dan suhu berkurang sesuai dengan standar, kondisi lingkungan kerja meningkat. Kondisi lingkungan kerja yang baik akan berdampak pada kondisi pekerja. Sebaliknya, kondisi pekerja juga memiliki pengaruh terhadap jumlah produksi Crude Palm Oil (CPO). Jumlah CPO yang dihasilkan dipengaruhi oleh output CPO. Jika output CPO meningkat, maka jumlah CPO yang dihasilkan juga meningkat. Sementara itu, jumlah kekurangan CPO dipengaruhi oleh output CPO dan target produksi. Jika output CPO menurun dan tidak mencapai target yang ditetapkan, maka jumlah kekurangan CPO akan meningkat.

#### c. *Stock flow diagram*

Tahap selanjutnya dalam simulasi adalah membuat stock flow diagram. Pada tahap ini, variabel-variabel yang telah digambarkan dalam causal loop diagram dikembangkan dan digambarkan secara lebih rinci dan spesifik dalam stock flow diagram. *Stock flow diagram* ini digambarkan dalam bentuk variabel *level*, *rate*, *auxiliary*, dan *constant*. Variabel konstanta *output*, konstanta bisings, dan konstanta suhu dicari dengan menggunakan metode regresi linear berganda dengan bantuan *software* SPSS. Konstanta hasil perhitungan regresi linear berganda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Konstanta hasil perhitungan regresi linear berganda

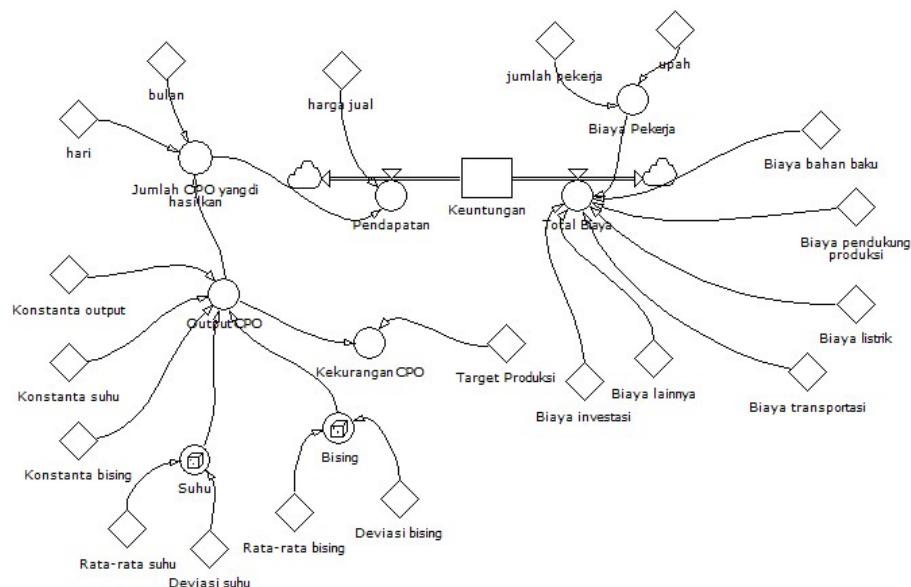
| No. | Nama konstanta          | Hasil perhitungan regresi linear berganda |
|-----|-------------------------|-------------------------------------------|
| 1   | Konstanta <i>output</i> | 228448.607                                |
| 2   | Konstanta kebisingan    | 182.747                                   |
| 3   | Konstanta suhu          | -122.719                                  |

Selain ketiga variabel tersebut, terdapat beberapa variabel lain yang juga dihasilkan dari hasil pengolahan data menggunakan bantuan *software* SPSS. Variabel tersebut yaitu, rata-rata kebisingan, deviasi kebisingan, rata-rata suhu, dan deviasi suhu. Perhitungan rata-rata dan standar deviasi dengan menggunakan bantuan *software* SPSS dapat dilihat Pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata dan standar deviasi

| No. | Nama konstanta | Rata-rata | Standar deviasi |
|-----|----------------|-----------|-----------------|
| 1   | <i>Output</i>  | 241.891   | 1263            |
| 2   | Kebisingan     | 94.08     | 0.812           |
| 3   | Suhu           | 30.56     | 1.157           |

Simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Powersim. Pada Gambar 4 merupakan *stock flow diagram*.



Gambar 4. *Stock flow diagram* pengaruh lingkungan kerja fisik di perusahaan CPO

d. Definisi variabel

Setelah membuat *stock flow diagram* dengan bantuan *software Powersim*, selanjutnya mendefinisikan variabel-variabel. Setelah variabel-variabel didefinisikan, maka dapat menggunakan nilai-nilai tersebut dalam langkah-langkah simulasi selanjutnya. Pendefinisian masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Definisi variabel

| No. | Variabel                   | Jenis variable   | Definisi                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|----------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Keuntungan                 | <i>Level</i>     | 311.301.000<br><<rupiah>>                                                                                                                                                                                                                            |
| 2   | Pendapatan                 | <i>In rate</i>   | ('Jumlah CPO yang di hasilkan'*Harga<br>Jual')/1<<kg>><br>rupiah/bulan                                                                                                                                                                               |
| 3   | Jumlah CPO yang dihasilkan | <i>Auxiliary</i> | ('Output CPO'*Hari*Bulan)<br>kg/hari                                                                                                                                                                                                                 |
| 4   | Hari                       | <i>Constant</i>  | 25<<hari>><br>25 merupakan jumlah hari kerja dalam satu bulan                                                                                                                                                                                        |
| 5   | Bulan                      | <i>Constant</i>  | 1<br><<bulan>>                                                                                                                                                                                                                                       |
| 6   | Output CPO                 | <i>Auxiliary</i> | IF(Suhu>30.56<<C>>*1,-'Konstanta<br>suhu',IF(Suhu>30.56*1<<C>>,-'Konstanta<br>suhu'*-z2.271,0<<kg/hari>>))+IF(Bising><br>94.08<<_IND_dB>>*1,-'Konstanta bising',<br>IF(Bising>94.08<<_IND_dB>>*1.8,0<<kg/hari><br>>))+ 'Konstanta output'<br>kg/hari |
| 7   | Konstanta suhu             | <i>Constant</i>  | - 12.271<<kg/C/hari>>                                                                                                                                                                                                                                |
| 8   | Konstanta bising           | <i>Constant</i>  | 1.827 <<kg/dB/hari>>                                                                                                                                                                                                                                 |
| 9   | Suhu                       | <i>Auxiliary</i> | normal ('rata-rata suhu', 'deviasi suhu')                                                                                                                                                                                                            |
| 10  | Rata-rata suhu             | <i>Constant</i>  | 30.56<<C>>                                                                                                                                                                                                                                           |
| 11  | Deviasi suhu               | <i>Constant</i>  | 1.157<<C>>                                                                                                                                                                                                                                           |
| 12  | Rata-rata bising           | <i>Constant</i>  | 94.08<<dB>>                                                                                                                                                                                                                                          |
| 13  | Bising                     | <i>Auxiliary</i> | normal ('rata-rata bising', 'deviasi bising')                                                                                                                                                                                                        |
| 14  | Deviasi bising             | <i>Constant</i>  | 0.812 <<dB>>                                                                                                                                                                                                                                         |
| 15  | Kekurangan CPO             | <i>Auxiliary</i> | ('Output CPO')-( 'Target Produksi')                                                                                                                                                                                                                  |
| 16  | Target produksi            | <i>Constant</i>  | 240.000<<kg/hari>>                                                                                                                                                                                                                                   |
| 17  | Total Biaya                | <i>Auxiliary</i> | 'Biaya Bahan Baku'+ 'Biaya Pendukung<br>Produksi'+ 'Biaya Listrik' + 'Biaya<br>Transportasi'+ 'Biaya lainnya'+ 'Biaya Investasi'                                                                                                                     |
| 18  | Biaya pekerja              | <i>Auxiliary</i> | ('jumlah pekerja' * 'upah')                                                                                                                                                                                                                          |
| 19  | Jumlah pekerja             | <i>Constant</i>  | 162<<orang>>                                                                                                                                                                                                                                         |
| 20  | Upah pekerja               | <i>Constant</i>  | 5.000.000<<rupiah/orang/bulan>>                                                                                                                                                                                                                      |
| 21  | Biaya Bahan baku           | <i>Constant</i>  | 16.804.056.500<<rupiah/bulan >>                                                                                                                                                                                                                      |
| 22  | Biaya pendukung produksi   | <i>Constant</i>  | 10.562.549.800<<rupiah/bulan>>                                                                                                                                                                                                                       |
| 23  | Biaya Listrik              | <i>Constant</i>  | 4.801.159.000<<rupiah/bulan>>                                                                                                                                                                                                                        |
| 24  | Biaya transportasi         | <i>Constant</i>  | 6.241.506.700<<rupiah/bulan>>                                                                                                                                                                                                                        |
| 25  | Biaya investasi            | <i>Constant</i>  | 0<<rupiah/bulan>>                                                                                                                                                                                                                                    |
| 26  | Biaya lain-lain            | <i>Constant</i>  | 3.851.363.152<<rupiah/bulan>>                                                                                                                                                                                                                        |

Variabel yang telah didefinisikan pada *stock flow diagram* selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan bantuan *software Powersim*. Simulasi dilakukan dengan memasukkan data produk CPO yang dihasilkan per hari pada bulan Maret 2022. Pada simulasi pertama dilakukan untuk mengetahui bahwa hasil simulasi yang telah dibuat sudah menyerupai kondisi awal atau belum, dengan melihat hasil simulasi dari *output* CPO yang dihasilkan per hari selama satu bulan. Selain melakukan simulasi *output* CPO yang dihasilkan per hari, juga dilakukan simulasi pada keuntungan perusahaan. Hasil simulasi pertama ini selanjutnya dilakukan uji validasi. Hasil simulasi *output* CPO dan simulasi keuntungan perusahaan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil simulasi *output* CPO dan simulasi keuntungan perusahaan

| <i>Time</i>        | <i>Output CPO barang (kg/hari)</i> | <b>Keuntungan perusahaan (rupiah)</b> |
|--------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| July 01, 2021      | 5.744.913                          | Rp304.480.389,00                      |
| August 01, 2021    | 6.029.129                          | Rp319.543.837,00                      |
| September 01, 2021 | 4.912.266                          | Rp260.350.098,00                      |
| October 01, 2021   | 5.515.230                          | Rp292.307.190,00                      |
| November 01, 2021  | 6.198.482                          | Rp328.519.546,00                      |
| December 01, 2021  | 6.009.220                          | Rp318.488.660,00                      |
| January 01, 2022   | 5.382.766                          | Rp285.286.598,00                      |
| February 01, 2022  | 5.462.096                          | Rp289.491.088,00                      |
| March 01, 2022     | 5.637.706                          | Rp298.798.418,00                      |

e. Uji Validasi hasil simulasi

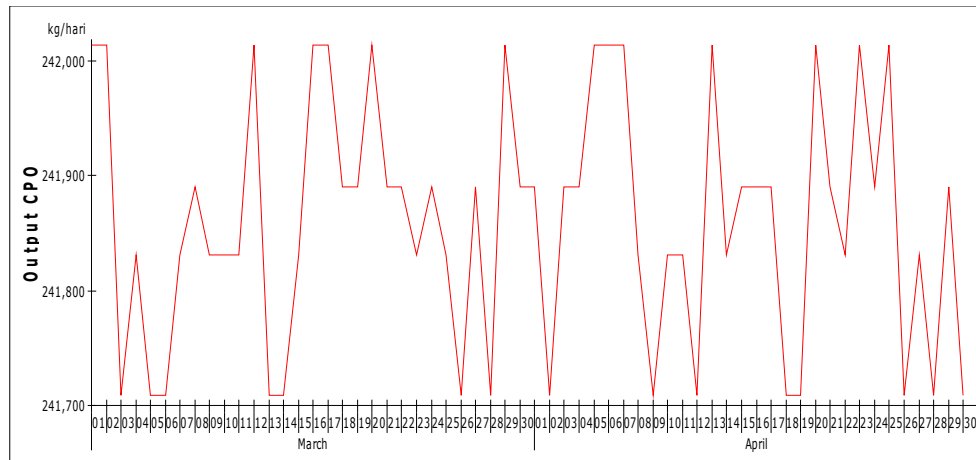
Pada tahap ini, dilakukan uji validasi terhadap data simulasi *output* CPO dan keuntungan perusahaan. Uji validasi ini bertujuan untuk membandingkan data hasil keluaran dari simulasi dengan data awal. Uji validasi menggunakan metode MAPE (Mean Absolute Percentage Error). Hasil perhitungan uji validasi dengan MAPE menunjukkan bahwa tingkat kesalahan simulasi *output* CPO adalah sebesar 1.26% dan keuntungan perusahaan adalah sebesar 0.92%. Berdasarkan kriteria uji validasi MAPE, jika hasil uji tersebut kurang dari 5%, dikatakan sangat tepat. Sedangkan jika nilai MAPE berada antara 5% dan 10%, dikatakan tepat. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi tersebut sudah mendekati kondisi awal dengan baik.

f. Skenario

Pada tahap ini, akan dilakukan simulasi pada kondisi existing perusahaan dan juga pembuatan skenario. Pada kondisi existing perusahaan, belum ada intervensi ergonomi yang dilakukan. Sementara itu, pada skenario usulan, perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi dengan menginstal turbin ventilator dan menggunakan ear plug. Perbedaan utama antara keduanya terletak pada variabel input biaya intervensi. Pada kondisi existing perusahaan, nilai variabel biaya intervensi adalah Rp0 karena belum ada rencana untuk melakukan intervensi ergonomi. Namun, pada skenario usulan, nilai variabel biaya intervensi adalah Rp 6.232.500 karena perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi..

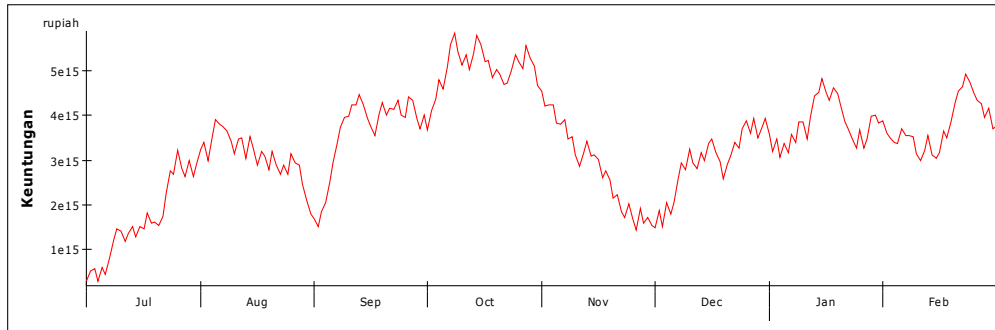
1. Kondisi *existing* perusahaan: Perusahaan belum melakukan intervensi ergonomi.

Pada kondisi *existing* perusahaan dilakukan simulasi dan belum melakukan intervensi ergonomi sehingga pada variabel intervensi biaya bernilai Rp0. Kemudian melakukan simulasi pada *output* CPO, keuntungan CPO, kebisingan dan suhu. Hasil Simulasi *output* CPO pada kondisi *existing* perusahaan dapat dilihat pada grafik Gambar 5.



Gambar 5. Grafik *output* CPO sebelum melakukan intervensi ergonomi

Pada Gambar diketahui bahwa *output* rata-rata CPO yang dihasilkan per hari mencapai 241.875 kg/hari. Untuk grafik keuntungan perusahaan yang dihasilkan pada kondisi *existing* dapat dilihat pada Gambar 6.

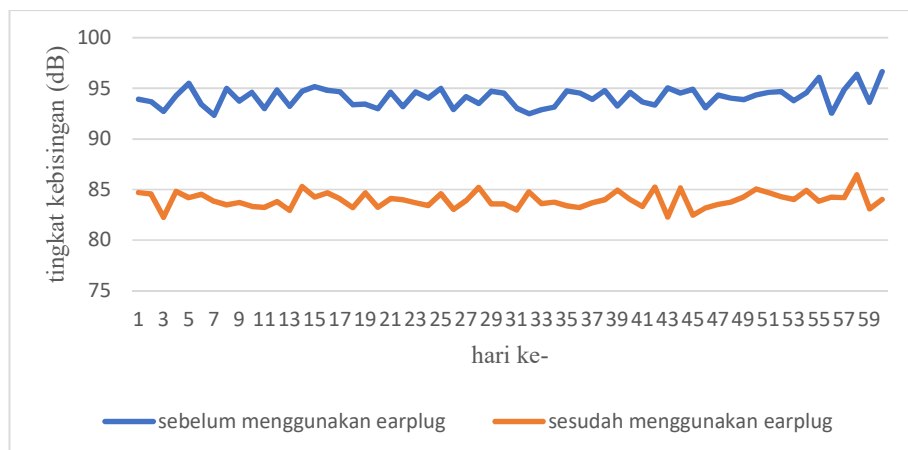


Gambar 6. Grafik keuntungan perusahaan sebelum melakukan intervensi ergonomi

Gambar 6 merupakan hasil simulasi keuntungan perusahaan yang dihasilkan sebelum perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi. Simulasi dilakukan selama 3 kuartil atau 9 bulan dengan titik awal bulan Juli 2021 sampai dengan Maret 2022. Rata-rata hasil simulasi keuntungan perusahaan yang diperoleh mencapai Rp. 304.480.389

2. Skenario usulan: Perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi.

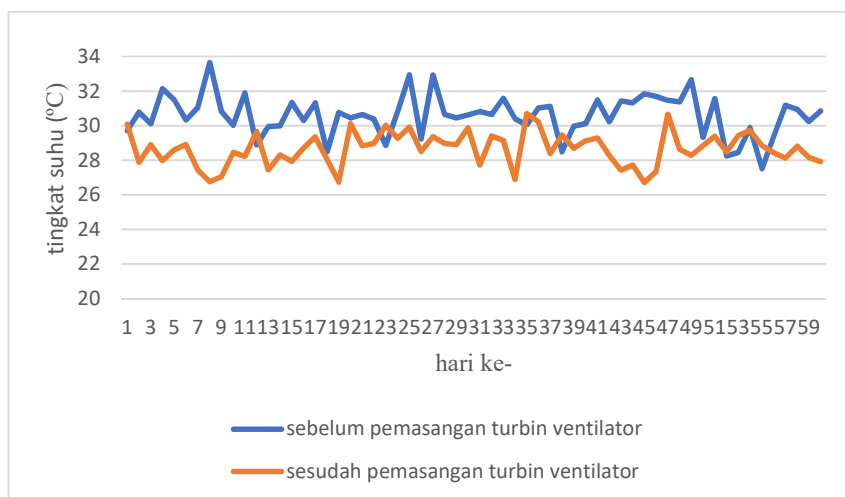
Pada skenario ini perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi. Intervensi ergonomi dilakukan untuk meningkatkan kenyamanan bagi pekerja sehingga pekerja dapat meningkatkan produktivitas kerja. Rencana investasi ergonomi sebesar Rp 6.232.500. Total biaya tersebut kemudian menjadi *input* pada variabel biaya investasi. Setelah itu dilakukan simulasi pada kebisingan, suhu, *output* CPO dan keuntungan perusahaan. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah menggunakan *earplug* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik hasil simulasi sebelum dan sesudah menggunakan *earplug* pada kebisingan

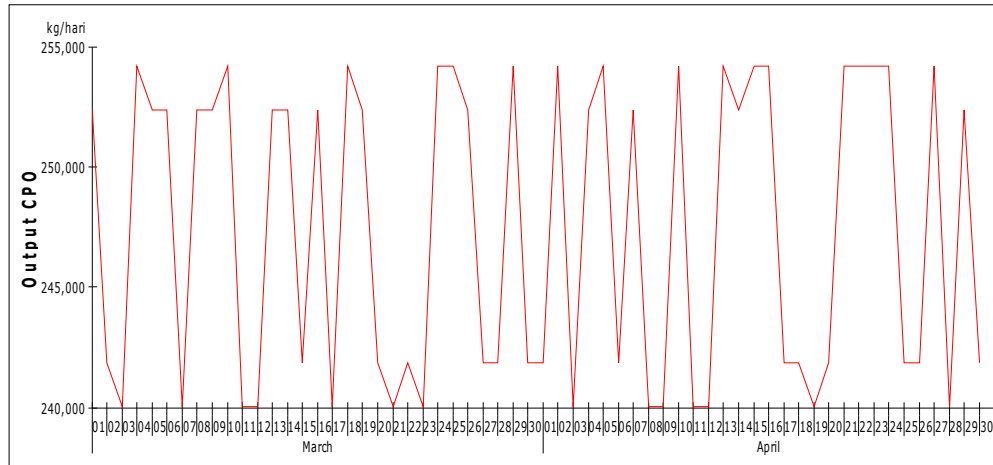
Gambar 7 merupakan hasil simulasi kebisingan pada kondisi tidak menggunakan *ear plug* dan kondisi sesudah menggunakan *ear plug*. Penggunaan *ear plug* sebagai bentuk investasi ergonomi yang dilakukan untuk mengurangi tingkat kebisingan. Berdasarkan hasil simulasi pada kondisi tidak menggunakan *ear plug* diperoleh rata-rata kebisingan sebesar 94,12 dB dan dengan kondisi menggunakan *ear plug* memiliki rata-rata yang nilai kebisingan sebesar 83,97 dB.

Grafik perbandingan kondisi sebelum dan sesudah pemasangan turbin ventilator dapat dilihat pada Gambar 8.



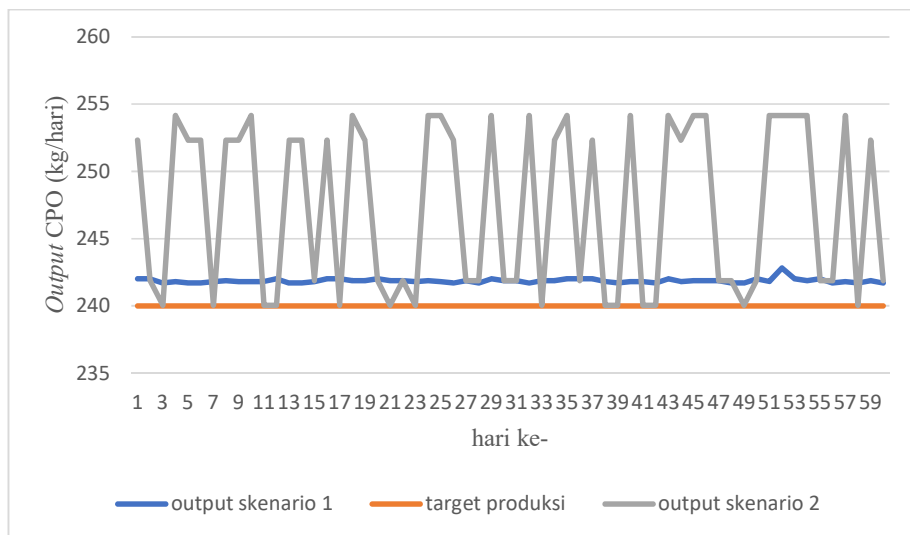
Gambar 8. Grafik hasil simulasi sebelum dan sesudah pemasangan turbin ventilator pada suhu

Gambar 8. merupakan hasil simulasi pada kondisi sebelum pemasangan turbin ventilator dan sesudah pemasangan turbin ventilator. Berdasarkan hasil simulasi setelah melakukan pemasangan turbin ventilator, rata-rata suhu ruangan turun menjadi 28,66°C dari yang sebelumnya 30,61°C. Hal tersebut dikarenakan pada saat udara panas mencoba melepaskan diri dari turbin memberikan dorongan pada baling-baling dan membuatnya dalam gerakan rotasi, rotasi tersebut menciptakan hisapan yang menarik lebih banyak udara panas dari ruangan ke dalam turbin dengan bantuan angin sehingga dapat mengeluarkan udara panas dari loteng. *Output CPO* setelah melakukan intervensi ergonomi dapat dilihat Gambar 9.



Gambar 9. Grafik *output* CPO setelah melakukan intervensi ergonomi

Hasil simulasi *output* CPO setelah perusahaan berencana melakukan intervensi ergonomi dapat dilihat bahwa produksi CPO diperoleh rata-rata per hari sebesar 247.378 kg/hari. Hal tersebut telah mencapai target produksi perusahaan yaitu 240.000 kg/hari. Perbandingan dilakukan untuk melihat seberapa signifikan peningkatan yang terjadi, berikut merupakan grafik perbandingan *output* CPO antara kondisi *existing* perusahaan dengan skenario usulan yang dapat dilihat pada Gambar 10.

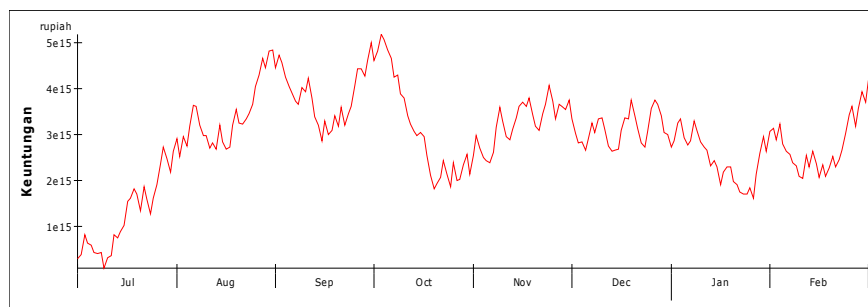


Gambar 10. Grafik perbandingan *output* CPO kondisi *existing* perusahaan dengan skenario usulan



Berdasarkan Gambar 10. dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan *output* CPO yang cukup signifikan antara kondisi *existing* perusahaan dengan skenario usulan. Grafik sebelum intervensi ergonomi menunjukkan tingkat produktivitas yang cenderung stagnan atau tidak mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Garis grafik menunjukkan nilai yang relatif konstan. Namun, setelah intervensi ergonomi dilakukan, grafik *output* CPO menunjukkan perubahan yang signifikan. Garis grafik menunjukkan peningkatan nilai, hal tersebut mencerminkan peningkatan produktivitas karyawan setelah perubahan ergonomi diimplementasikan. Perubahan ini terjadi karena intervensi ergonomi telah mengidentifikasi dan mengatasi masalah ergonomi yang ada dalam lingkungan kerja. Sebagai hasilnya, pekerja menjadi lebih nyaman, mengalami lebih sedikit kelelahan, dan dapat bekerja dengan lebih efektif, yang tercermin dalam grafik *output* CPO yang menunjukkan peningkatan produktivitas.

Perubahan grafik *output* CPO ini dapat memberikan pemahaman yang jelas tentang dampak positif yang dihasilkan oleh intervensi ergonomi. Hal ini dapat membantu manajemen perusahaan dalam mengukur keberhasilan intervensi dan membenarkan investasi dalam upaya ergonomi. Sehingga berdasarkan Tabel 5. maka hasil ini untuk kedua kondisi dapat diterima, akan tetapi berdasarkan *output* CPO yang dihasilkan, kondisi terbaik yang dipilih adalah skenario usulan.



Tabel 5. Grafik keuntungan setelah melakukan intervensi ergonomi

Pada Tabel 5. dapat dilihat hasil simulasi keuntungan perusahaan yang didapat setelah berencana melakukan intervensi ergonomi. Simulasi keuntungan perusahaan dimulai dari bulan Juli 2021 sampai dengan Maret 2022. Rata-rata hasil simulasi keuntungan perusahaan yang diperoleh mencapai Rp.344.796.240.

## **ANALISIS HASIL**

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan pendekatan sistem dinamis dengan melakukan simulasi untuk mengetahui perilaku sistem yang akan datang. Dalam penelitian ini simulasi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Powersim. Selain itu juga menggunakan bantuan *software* SPSS dan Microsoft Excel dalam melakukan pengolahan data. Dalam simulasi dibuat beberapa kondisi, yaitu kondisi *existing* perusahaan dan skenario usulan.

Pada kondisi *existing* perusahaan, dilakukan simulasi sebelum perusahaan merencanakan intervensi ergonomi. Simulasi ini berfokus pada output CPO selama dua bulan, yaitu Maret 2022 hingga April 2022. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada kondisi *existing* perusahaan, output CPO terendah adalah 241.708 kg/hari dengan rata-rata output CPO sebesar 241.875 kg/hari. Setelah perusahaan merencanakan intervensi ergonomi, hasil simulasi menunjukkan bahwa output CPO terendah adalah 240.064 kg/hari dengan rata-rata output CPO sebesar 247.378 kg/hari selama bulan Maret hingga April 2022.

Selain itu, pada kondisi *existing* perusahaan dan skenario usulan, simulasi juga dilakukan pada kondisi lingkungan kerja fisik, seperti kebisingan dan suhu. Hasil simulasi menunjukkan bahwa rata-rata kebisingan pada kondisi *existing* perusahaan adalah 93.94 dB, sedangkan pada skenario usulan adalah 83.97 dB. Selanjutnya, berdasarkan hasil simulasi, rata-rata suhu pada kondisi *existing* perusahaan adalah 30.61°C, sedangkan pada skenario usulan adalah 28.66°C.

Untuk rata-rata keuntungan perusahaan, pada kondisi *existing* perusahaan adalah sebesar Rp 304.480.389, sedangkan pada skenario usulan adalah sebesar Rp 344.796.240. Pada bulan terakhir setelah melakukan intervensi ergonomi, perusahaan memperoleh keuntungan yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi *existing* perusahaan sebelum melakukan intervensi ergonomi. Hal ini disebabkan oleh proses intervensi ergonomi yang dilakukan secara bertahap, sehingga mengakibatkan penurunan keuntungan perusahaan.

Namun, pada bulan-bulan berikutnya, keuntungan perusahaan secara bertahap meningkat. Selain meningkatkan output CPO dan keuntungan perusahaan, rencana intervensi juga memberikan kenyamanan bagi para pekerja sehingga mereka dapat bekerja secara optimal.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Hasil simulasi yang dilakukan pada kondisi *existing* perusahaan diperoleh rata-rata kebisingan sebesar 94.12 dB, rata-rata suhu sebesar 30,61°C dan menghasilkan rata-rata *output* CPO sebesar 241.875 kg/hari dengan rata-rata keuntungan perusahaan sebesar Rp. 304.480.389, sedangkan pada skenario usulan diperoleh rata-rata kebisingan 83.97 dB, rata-rata suhu sebesar 28,66°C, rata-rata *output* CPO sebesar 247.378 kg/hari dengan rata-rata keuntungan sebesar Rp344.796.240.
2. Pengaruh intervensi ergonomi terhadap keuntungan perusahaan yaitu dapat meningkatkan produktivitas sehingga meningkatkan *output* CPO yang di produksi. Dengan memastikan bahwa lingkungan kerja memenuhi standar keamanan, perusahaan dapat mengurangi kejadian cedera dan kecelakaan kerja yang menyebabkan biaya tambahan, seperti biaya perawatan medis dan penggantian karyawan yang terluka. Kemudian dapat meningkatkan kepuasan kerja dan retensi karyawan. Tingkat retensi karyawan yang tinggi dapat mengurangi biaya yang terkait dengan perekrutan dan pelatihan karyawan baru.

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya, berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Pada penelitian ini faktor yang mempengaruhi produktivitas terpusat pada lingkungan kerja fisik. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat ditemukan faktor lain supaya dapat mengembangkan penelitian sebelumnya.
2. Rencana intervensi ergonomi dilakukan tanpa melakukan pengukuran secara langsung. Diharapkan penelitian selanjutnya melakukan pengukuran terlebih dahulu

## DAFTAR REFERENSI

- Arifin, A. (2014). Struktur Industri, Tingkat Produktivitas, dan Efisiensi Ekonomis Dalam Pemenuhan Kebutuhan Hidup Layak (Studi Empiris Perajin Tahu Desa Kalisari, Cilongok, Banyumas Vs Perajin Tahu Desa Kalikabong, Kalimanah, Purbalingga). *Jurnal Eko Regional*, 6(2).
- Arifin, M. (2021). Genetic Algorithm Approach to Logistics Transportation and Distribution Problems: A Case Study of Parcel Delivery Services. *OPSI*, 14(2), 122. <https://doi.org/10.31315/opsi.v14i2.4903>
- Berlianty, I. A. M. (2010). *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik* (1st ed.). Graha Ilmu. <https://onsearch.id/Record/IOS1.INLIS000000000368053>
- Berlianty, I., & Rachmawati, D. (2021). Noise Level Measurement to Reduce the Risk of Injury with the Internet of Things and Ergonomic Approach. *RSF Conference Series: Engineering and Technology*, 1(1), 126–135. <https://proceeding.researchsynergypress.com/index.php/cset/article/view/385>
- Burke, M. (2020). Applied Ergonomics Handbook. In *Applied Ergonomics Handbook*. <https://doi.org/10.1201/9780367813277>
- Junaedi, J. (2022). INDONESIA IS THE BIGGEST GRANT OF OIL PALM CRUDE PALM OIL (CPO) IN THE WORLD BUT FACING THE PROBLEM OF OIL SCARCITY SURPRISE COOKING OIL PRICES. *International Journal of Social Science*, 2(4). <https://doi.org/10.53625/ijss.v2i4.4137>
- Kukla, S. (2017). Improving quality and occupational safety on automated casting lines. *Archives of Foundry Engineering*, 17(3). <https://doi.org/10.1515/afe-2017-0093>
- Lachenbruch, P. A., Lwanga, S. K., & Lemeshow, S. (1991). Sample Size Determination in Health Studies: A Practical Manual. *Journal of the American Statistical Association*, 86(416). <https://doi.org/10.2307/2290547>
- Lette, E., Zunaidi, M., & Maya, W. R. (2022). Prediksi Penjualan Crude Palm Oil (CPO) Menggunakan Metode Regresi Linear Berganda. *Jurnal Sistem Informasi Triguna Dharma (JURSI TGD)*, 1(3). <https://doi.org/10.53513/jursi.v1i3.5106>
- Nazaruddin Matondang, & Irwan Budiman. (2019). Analisis Rantai Pasok (Supply Chain) pada Produk Minyak Kelapa Sawit. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2(4). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i4.681>
- Pradiska, A. A., Wibawa, T., & Berlianty, I. (2020). Perbaikan Postur Kerja Karyawan Untuk Meminimalisir Resiko Cidera Dengan Pendekatan Biomekanika. *Teknik Industri UPN Veteran Yogyakarta*.
- Prasetyo, E., & Budiati, R. E. (2016). Analisis Program Inspeksi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Sebagai Bentuk Upaya Promosi Budaya K3 di Lingkungan Kerja. *JKM: Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 4(1).
- Puryani, P., Berlianty, I., & Purwanto, P. (2018). PERANCANGAN SISTEM KERJA UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS DENGAN PENDEKATAN SISTEM SOSIOTEKNIK. *OPSI*, 11(1). <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i1.2336>
- Sari, L. R., & Berlianty, I. (2019). PENGARUH LINGKUNGAN KERJA FISIK TERHADAP PRODUKTIVITAS DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI MAKRO (Studi Kasus di PT. Murakabi Jaya Mandiri). *Jurnal Optimasi Sistem*

*Industri*, 12(1).