

PENERAPAN LEAN MANUFACTURING DAN MODEL SIMULASI UNTUK MEREDUKSI PEMBOROSAN PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT DI SERAM BAGIAN TIMUR

Marcy Lolita Pattiapon*

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Nil Edwin Maitimu

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Richard A. de Fretes

Program Studi Teknik Industri, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Imelda Ch. Poceratu

Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

*e-mail korespondensi: lolitamarcy1974@gmail.com

ABSTRAK

Profit yang tinggi akan diperoleh jika perusahaan bisa menekan sekecil mungkin pengeluaran perusahaan dan melakukan efisiensi termasuk menekan pemborosan yang ada. Kelapa Sawit merupakan salah satu komoditi perkebunan yang menghasilkan minyak sawit mentah CPO yang menjadi andalan komoditi ekspor Indonesia. Faktor yang menjadi perhatian perusahaan yang harus diperbaiki saat ini adalah ketidaktepatan waktu pengiriman produk ke konsumen, hal ini disebabkan karena banyaknya pemborosan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi pemborosan di sepanjang aliran pengolahan CPO serta mengurangi atau bahkan menghilangkan pemborosan melalui pendekatan konsep lean manufacturing sehingga pemenuhan order kepada konsumen dapat diterima tepat waktu. Penelitian ini menggunakan konsep lean manufacturing untuk mengeliminasi segala bentuk aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah. Berdasarkan hasil simulasi maka skenario perbaikan yang dipilih adalah dengan menambahkan jumlah operator pada proses pemindahan buah sawit ke tempat sortir, dari sebelumnya hanya terdapat 1 orang operator dan 1 fastrex, menjadi 2 orang operator dan 2 fastrex. Terjadi penurunan total waktu tunggu dari sebelumnya adalah 232,8063 menit, menjadi 194,5820 menit dengan peningkatan output rata-rata jumlah CPO dari 552 ton menjadi 679 ton.

Kata Kunci: CPO, Non Value Added, Kelapa sawit, Simulasi, Lean manufactur, lead time.

ABSTRACT

High profits will be achieved if the company can minimize company expenses and implement efficiency, including reducing existing waste. Palm oil is one of the plantation commodities that produces crude palm oil (CPO), which is a mainstay of Indonesian export commodities. The factor that is of concern to the company that must be improved currently is the inaccuracy of product delivery time to consumers, this is caused by a lot of waste. The purpose of this study is to identify waste along the CPO processing flow and reduce or even eliminate waste through a lean manufacturing concept approach so that customer order fulfillment can be received on time. This study uses the lean manufacturing concept to eliminate all forms of activities that do not provide added value. Based on the simulation results, the selected improvement scenario is

to increase the number of operators in the process of moving palm fruit to the sorting area, from previously only 1 operator and 1 fastrex, to 2 operators and 2 fastrex. There was a decrease in the total waiting time from previously 232.8063 minutes, to 194.5820 minutes with an increase in the average output of CPO from 552 tons to 679 tons.

Keywords: CPO, Non Value Added, Palm oil, Simulation, Lean manufacturing, lead time

1. PENDAHULUAN

Indonesia menempati posisi sebagai produsen minyak kelapa sawit terbesar di dunia dan memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan pasar internasional. Hasil produksi minyak kelapa sawit Indonesia sebagian besar diekspor ke berbagai negara di dunia dan pasar Asia menjadi tujuan utama (Ulfah et al., 2019). Namun sayang, penerimaan ekspor minyak kelapa sawit Indonesia tersebut lebih rendah dibandingkan dengan negara-negara pesaing. Hal ini karena nilai tambah minyak kelapa sawit Indonesia relatif masih rendah jika dibandingkan negara kompetitor yang memiliki lebih dari 100 jenis produk hilirdari Crude Palm Oil (CPO) (Siallagan & Ishak, 2023).

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan dalam sektor agribisnis di Indonesia, yang memberikan kontribusi besar terhadap perekonomian nasional. Berdasarkan data (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2021). Industri kelapa sawit memiliki peran strategis dalam perekonomian Indonesia, dengan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) dan ekspor nasional. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai produsen kelapa sawit terbesar di dunia, dengan ekspor minyak sawit yang menjadi salah satu sumber devisa utama negara (Komarudin, 2024).

Kebutuhan kelapa sawit di dunia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan CPO sebagai bahan baku berbagai industri dalam memproduksi beberapa produk seperti minyak goreng, margarin, sabun, lilin, produk kosmetik dan yang lainnya (Patone et al., 2020). Indonesia merupakan negara yang memiliki perkebunan kelapa sawit terluas di dunia. Menurut BPS (2019), luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia mencapai 14,60 juta hektar dengan produksi minyak kelapa sawit 48,42 juta ton setiap tahunnya. Setiap pabrik kelapa sawit memproduksi rata-rata 45 hingga 90 ton tandan buah segar (TBS) dengan lama pengolahan 20 jam/hari. Crude Palm Oil (CPO) merupakan minyak yang diekstrak dari mesokarp buah sawit, sedangkan palm kernel oil (PKO) dari endosperm biji buah sawit. Minyak sawit tersusun oleh campuran trigliserida lebih dari 95% dengan komposisi asam lemak tertentu (Afriзал, Dewi and Zamhari, 2022). Untuk itu, sebelum diolah menjadi berbagai produk olahan minyak dan lemak, perlu dilakukan proses pemurnian CPO (Mahmud, 2019).

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dan pengolahan minyak kelapa sawit. Perusahaan ini mengelola proses produksi minyak sawit yang dalam satu bulan mampu mencapai sekitar 2.216.024 ton, tergantung pada ketersediaan bahan baku berupa Tandan Buah Segar (TBS) yang dipanen dari perkebunan. Selanjutnya, TBS tersebut diangkut ke pabrik untuk diolah menjadi minyak kelapa sawit. Dalam menjalankan kegiatan usahanya, perusahaan berupaya memberikan pelayanan terbaik kepada konsumen, terutama dalam aspek harga, kualitas produk, dan ketepatan waktu pengiriman (*delivery time*). Namun, salah satu permasalahan yang saat ini menjadi perhatian utama perusahaan adalah ketidaktepatan waktu pengiriman produk kepada konsumen. Permasalahan tersebut disebabkan oleh tingginya tingkat *waste* atau aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added activity*) dalam proses produksi, sehingga menghambat kelancaran aliran proses dan berdampak pada keterlambatan pengiriman produk. Tujuan dari penelitian ini adalah mengeliminasi segala bentuk aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non value added*). Menggunakan beberapa *tool* untuk melakukan analisa terhadap *waste* yang memberikan bobot tertinggi, menggunakan simulasi arena untuk memodelkan, menganalisis, dan mengoptimalkan sistem.

Ryan Restu Reza, et al. (2022), menggunakan pendekatan *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk menemukan permasalahan pada aliran produk dan informasi, sedangkan *Process*

Activity Mapping (PAM) digunakan untuk mengklasifikasikan aktivitas secara detail disetiap proses. Rafsan Zani Firdaus, et al. (2023), Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui jenis *waste* dan faktor apa saja yang terjadi pada produksi steel door menggunakan konsep *Lean Manufacturing* dengan tools *Value Stream Mapping* (VSM) selanjutnya menganalisis dengan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). Suhendra, et al. (2025), mengaplikasikan konsep *Lean manufacturing* pada proses pembuatan jeruk peras agar dapat mengeliminasi *waste* sehingga memperkecil waktu menunggu pembeli. Analisis 4M dan aplikasi *kaizen* berupa penggantian alat peras manual ke otomatis serta penerapan 5S (*Seiri, Seiton, Seisho Seiketsu, Shitsuke*).

2. BAHAN DAN METODE

Pada bagian ini diuraikan secara rinci metode yang digunakan dalam penelitian. Secara umum, penelitian terdiri atas empat tahapan, yaitu tahap identifikasi masalah, tahap pengumpulan dan pengolahan data serta tahap analisis data.

a. Identifikasi masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah dalam penelitian. Permasalahan yang dikaji adalah bagaimana meminimasi pemborosan (*waste*) yang terjadi pada lantai produksi serta mengetahui akar penyebab terjadinya *waste* tersebut, sehingga dapat meningkatkan pelayanan pada PT. X.

b. Pengumpulan dan pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang digunakan untuk memecahkan permasalahan yang ada. Data diperoleh melalui wawancara dengan pihak perusahaan, penyebaran kuesioner, serta pengambilan data historis perusahaan. Selanjutnya, data-data yang telah dikumpulkan dilakukan pengolahan untuk mendukung proses penelitian. Kegiatan yang termasuk pada tahap pengumpulan dan pengolahan data pada penelitian ini adalah sebagai berikut

1) Membuat *Big Picture*

Pembuatan *Big Picture* bertujuan untuk menggambarkan dan memberikan pemahaman mengenai aliran nilai (*value stream*) yang terdapat dalam perusahaan.

2) Identifikasi *Waste*

Pada tahap ini dilakukan pembobotan *waste* yang sering terjadi dalam proses produksi, dimana pembobotan didasarkan pada *seven waste*. Aktivitas pembobotan *waste* dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner serta melakukan diskusi dengan pihak-pihak yang terkait pada setiap proses produksi.

3) Data-data yang diperoleh dari pihak perusahaan maupun dari hasil wawancara kemudian diolah dengan membangun model simulasi.

• Simulasi Dengan Menggunakan *Software* ARENA

Salah satu *software* yang sesuai dengan penggunaan *Microsoft office* adalah ARENA. ARENA 5.0 adalah *software* yang dapat digunakan untuk membuat modul dan menganalisis proses produksi secara lengkap. *Software* ini dilengkapi juga dengan input Analyzer yang berfungsi untuk mengetahui distribusi dari sekelompok data. Dan hasil dari aplikasi ini dapat digunakan langsung dalam *software*.

• Verifikasi dan validasi

Verifikasi digunakan untuk mentransformasikan model simulasi dan program komputer apakah telah sesuai dengan model konseptual. Jika tidak memenuhi pengujian ini maka akan dilakukan pengambilan data kembali. Validasi merupakan proses membandingkan model konseptual dengan real system. Untuk dapat membuat dan melakukan verifikasi serta validasi terhadap satu atau lebih model maka perlu diketahui terlebih dahulu kondisi sistem yang dimodelkan.

• Comparing System

Pada uji validitas dilakukan uji statistik untuk membandingkan desain model simulasi

dengan real sistem. Inilah fungsi pertama dari uji statistik dalam membandingkan sistem yang ada. Fungsi kedua dari uji statistik adalah untuk membandingkan alternatif-alternatif skenario perbaikan yang telah direncanakan.

a) Comparing Two Alternative Designs

Welch confidence interval

• **Hipotesa**

$$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$$

$$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$$

- Masing-masing populasi (*simulated system*) saling bebas dan berdistribusi normal baik dalam populasi maupun antar populasi.
- Jumlah sampel pada masing-masing populasi (n_1) dan (n_2) tidak harus sama.
- Variansi antara populasi 1 dengan populasi 2 tidak harus sama ($\sigma_{12} \neq \sigma_{22} \neq \sigma$).
- Welch confidence interval untuk α tingkat signifikan :

$$P\left[\left(\bar{x}_1 - \bar{x}_2\right) - hw \leq \mu_1 - \mu_2 \leq \left(\bar{x}_1 - \bar{x}_2\right) + hw\right] = 1 - \alpha \quad (1)$$

$$hw = t_{df, \alpha/2} \sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}} \quad (2)$$

$$df \approx \frac{[s_1^2/n_1 + s_2^2/n_2]^2}{[s_1^2/n_1]^2/(n_1 - 1) + [s_2^2/n_2]^2/(n_2 - 1)} \quad (3)$$

Paired - t Confidence Interval

- Masing-masing populasi (*simulated system*) saling bebas dan berdistribusi normal dalam populasi.
- Masing-masing populasi (*simulated system*) tidak harus saling bebas antar populasi.
- Variansi antar populasi 1 dengan populasi 2 adalah sama ($\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma$).
- Rataan dan standar deviasi :

$$\bar{x}_{(1-2)} = \frac{\sum_{j=1}^n x_{(1-2)j}}{n} \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n [x_{(1-2)j} - \bar{x}_{(1-2)}]^2}{n - 1}} \quad (5)$$

b) Comparing More Than Two Alternative

Bonferroni Approach

- Hipotesa :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_K = \mu \text{ untuk } K \text{ alternatif system}$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_{i'}, \quad \text{untuk sedikitnya satu pasang } i \neq i'$$

- Untuk K alternatif sistem sekurang-kurangnya terdapat satu pasang $i \neq i'$ yang berbeda. Jumlah perbandingan berpasangan untuk K kandidat desain.

Advanced Statistical model (ANOVA)

- Hipotesa :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_K = \mu \quad \text{untuk } K \text{ alternatif sistem}$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_{i'}, \quad \text{untuk sedikitnya satu pasang } i \neq i'$$

c) Multiple comparison Test

Uji hipotesa menyebutkan bahwa tidak semua disain yang diajukan memiliki tanggapan yang sama, tergantung pada *particular response* yang dimiliki, tapi tidak menjadikan masing-masing disain yang dibuat akan ditampilkan dalam keadaan yang benar-benar berbeda.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Hasil

1) Identifikasi Waste

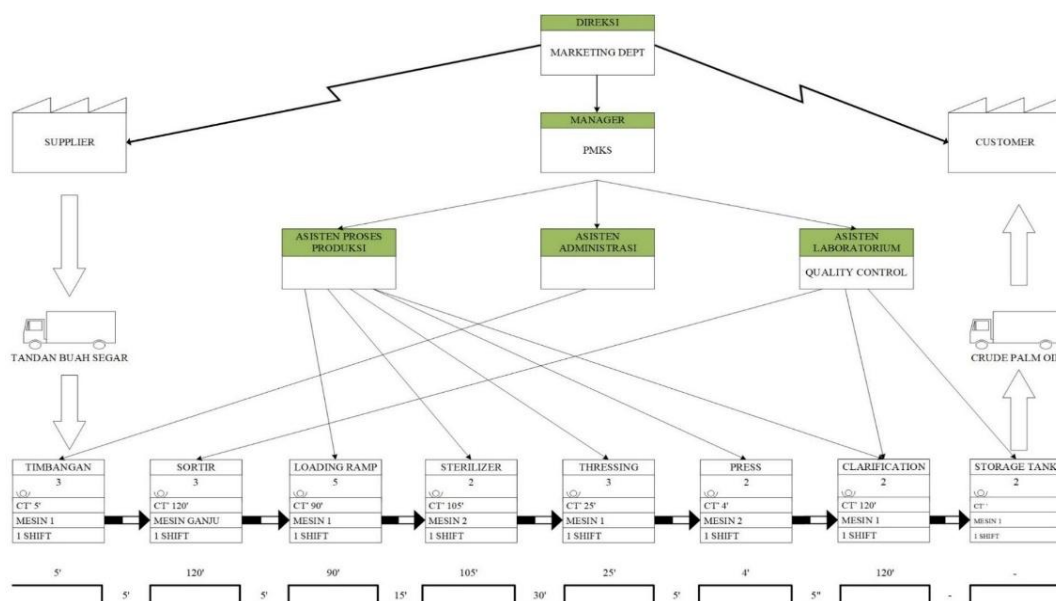
Berdasarkan hasil kuesioner dalam pengambilan keputusan, diketahui bahwa nilai responden tertinggi terhadap pemborosan terdapat pada *waste waiting* dengan skor 9,4, diikuti *transportation* sebesar 9,0, *processing* sebesar 7,5, *overproduction* sebesar 6,6, *defect* sebesar 6,4, *motion* sebesar 5,2, dan *inventory* sebesar 5,0. Berikut merupakan hasil pembobotan dan peringkat pada setiap jenis pemborosan (*waste*) yang ditemukan dalam proses produksi minyak kelapa sawit.

Tabel 1. Tipe Waste Pada Proses Produksi Pengolahan Kelapa Sawit

No.	Waste	Rata-rata	Ranking
1	Waiting	9,6	1
2	Excessive transportation	9	2
3	Over Production	7,2	3
4	Inapropriate processing	6,7	4
5	Defect	6,3	5
6	Unnecessary Motion	5,5	6
7	Unnecessary Inventory	5,2	7

2) Big Picture Mapping

Big picture mapping merupakan *tool* yang digunakan untuk menggambarkan sistem secara keseluruhan baik mengenai aliran fisik maupun aliran informasi pada proses pemenuhan order dan value stream yang ada didalamnya. Selain itu, dengan menggambarkan *big picture mapping* dapat juga digunakan untuk mengidentifikasi dimana terdapat *waste* (pemborosan). Gambar *big picture mapping* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



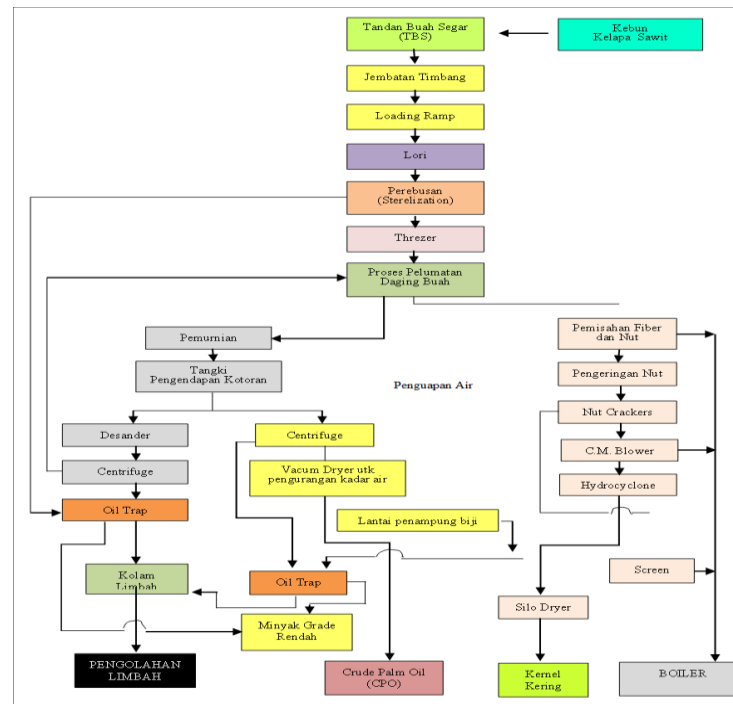
Gambar 1. Big Picture Mapping

3) Perbaikan Proses

Berdasarkan prinsip *streamlining* maka didalam melakukan perbaikan dapat diringkas sebagai berikut:

- Mengeliminasi (*eliminate*)
- *Value-Added Assessment* (VAA)

Merancang ulang proses yang telah ada maka penekanannya adalah mengeliminasi semua kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah sehingga proses bisnis dapat berjalan lancar. Gambar 2 menunjukkan aliran produksi pengolahan kelapa sawit pada PT. X.



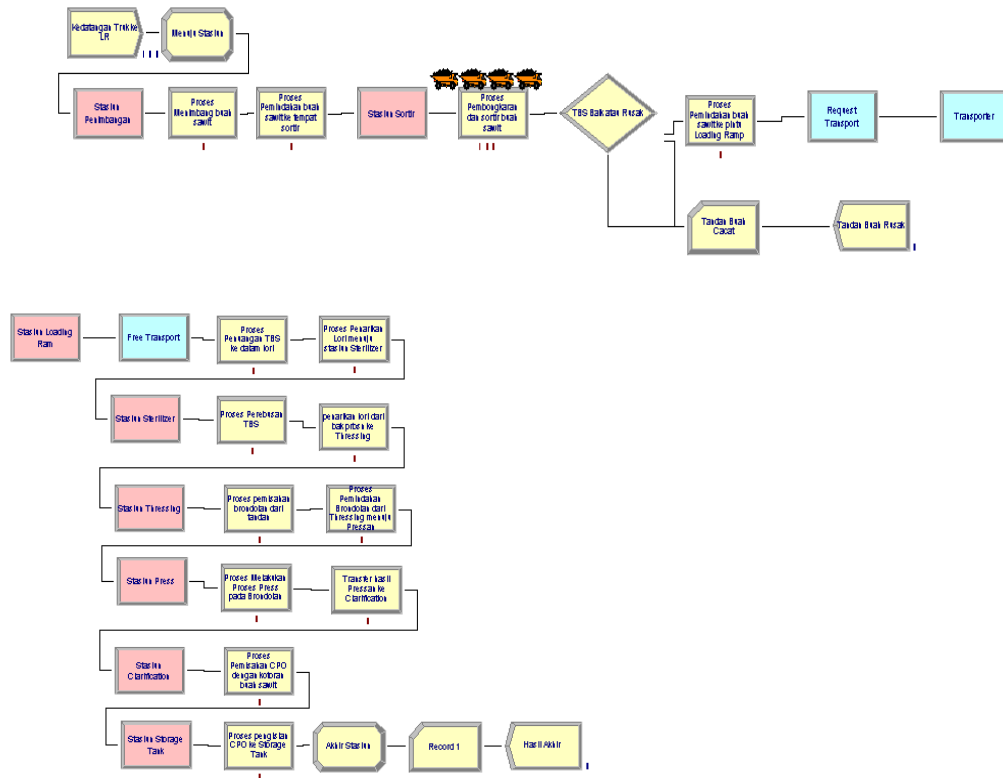
Gambar 2. Aliran Proses Produksi Pengolahan Minyak Kelapa Sawit

4) Simulasi

Dari aliran proses pengolahan minyak kelapa sawit maka akan dibuatkan model simulasi dengan menggunakan *software* Arena versi 10.0. Pada pembuatan model simulasi ini diperlukan data-data yang berkaitan dengan waktu proses dalam pembuatan produk minyak kelapa sawit pada perusahaan. Kemudian diolah dengan membangun model simulasi. Sebelum memodelkan sistem pada *software*, terlebih dahulu akan dibuatkan model konseptual yang didasarkan pada data-data yang bersifat kuantitatif. Dari model konseptual maka akan dibuat model skenario. Dari hasil model skenario diharapkan mampu mengurangi waktu tunggu. Gambar 3 dibawah ini menunjukkan model simulasi proses produksi pengolahan minyak kelapa sawit dengan menggunakan *software* Arena versi 10.0 pada PT. X.

- **Verifikasi dan Validasi**

Yang dimaksudkan dengan validasi adalah untuk menguji keidentikan model konseptual dengan *real system*. Hasil output yang diperoleh dari model simulasi dibandingkan dengan output sistem nyata. Running dilakukan sebanyak 8 kali replikasi dengan panjang simulasi 5213 menit. Hasil running output simulasi dan *output real system* ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 3. Model Simulasi Proses Produksi Minyak Kelapa Sawit

Tabel 2. Perbandingan Real System dan Hasil Simulasi

Replikasi	Real System	Model Existing
1	637.46547	557.86
2	629.63411	548.98
3	520.35409	554.97
4	595.34002	550.96
5	571.23460	549.69
6	521.14783	548.51
7	596.54348	553.21
8	1141.3701	550.79
Rata-rata	651.6362	551.8713
Standar Deviasi	202.6451	3.24421
Variansi	287455.3	73.67429
N	8	8
n-1	7	7

Verifikasi dilakukan dengan melakukan *tracing* pada beberapa bagian model untuk memastikan bahwa model berjalan sesuai logika yang diinginkan. Untuk melakukan uji validasi dapat dilakukan secara statistik yaitu dengan melakukan uji *Paired T-Test*. Uji validasi model dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 27 adalah untuk menentukan apakah model telah valid atau tidak, maka perlu dilakukan uji hipotesa sebagai berikut:

a. Uji Hipotesa

$H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$ (rata-rata output simulasi tidak berbeda signifikan dengan rata-rata output sistem).

$H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ (rata-rata output simulasi berbeda signifikan dengan rata-rata output sistem).

$\alpha = 0.05$ dengan confidence level adalah 95 %

n = jumlah replikasi = 8

b. Uji Statistik

Terima H_0 , bila $t_{\text{tabel}} > t_{\text{hitung}}$ atau nilai signifikan level > 0.05 .

Hasil uji *paired samples T-Test* untuk mengetahui dari model simulasi yang telah dibuat dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan output rata-rata jumlah CPO Simulasi model existing dengan Skenario

		Paired Samples Statistics				Paired Samples Test					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean	Paired Differences			t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval of the Difference						
		Mean	Std. Deviation	Mean	Lower	Upper					
Pair 1	Real System	651.6362	8	202.64511	71.64587						
	Model Simulasi	551.8713	8	3.24421	1.14700						
Pair 1	Real System - Model Simulasi	99.76496	202.92894	71.74622	-69.88788	269.41780	1.391	7	.000		

Tabel 3 menjelaskan ringkasan hasil perbandingan antara model simulasi *existing* dan model skenario terhadap output rata-rata jumlah CPO. Tabel tersebut menunjukkan nilai interval kepercayaan (*confidence interval*) untuk masing-masing perbandingan rata-rata berdasarkan hasil pengolahan menggunakan *software* SPSS 27, sehingga dapat ditentukan model yang memiliki kinerja lebih baik dibandingkan pasangannya berdasarkan tingkat kepercayaan 95%.

Dari hasil tes tampak bahwa harga $t_{\text{hitung}} = 1,391$ dengan $\alpha/2 = 0.025$ dan $df = 7$. Maka dari tabel student t diperoleh nilai $t = 2,365$. Karena $t_{\text{hitung}} 1,391 < t_{\text{tabel}} 2,365$ maka dapat disimpulkan terima H_0 yang artinya bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara keseluruhan output jumlah produk dengan real system.

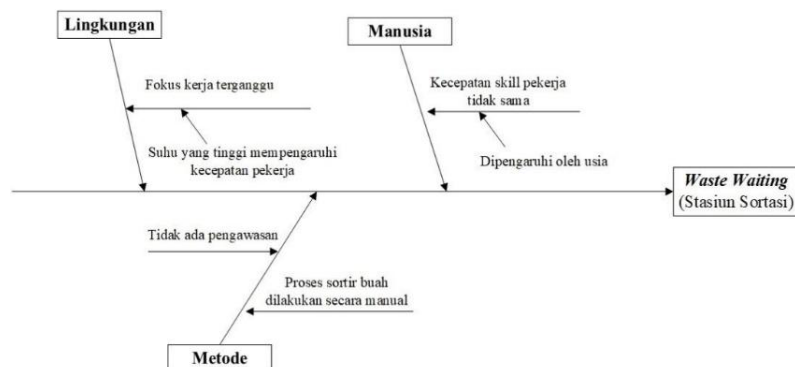
b. Pembahasan

1) Analisis Penyebab Waste

Berdasarkan kuesioner dan hasil pengamatan lapangan, maka dilakukan analisis terjadinya *waste* pada proses produksi minyak kelapa sawit pada PT. X.

1. Waste Waiting Time

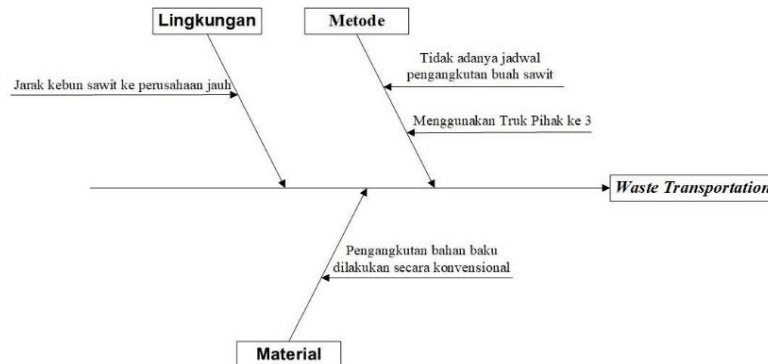
Waste Waiting Time dengan bobot 9,6. Penyebab *waste* yang diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti yang disajikan pada Gambar 4 dibawah ini.



Gambar 4. Waste Waiting Time

2. *Waste Excessive transportation*

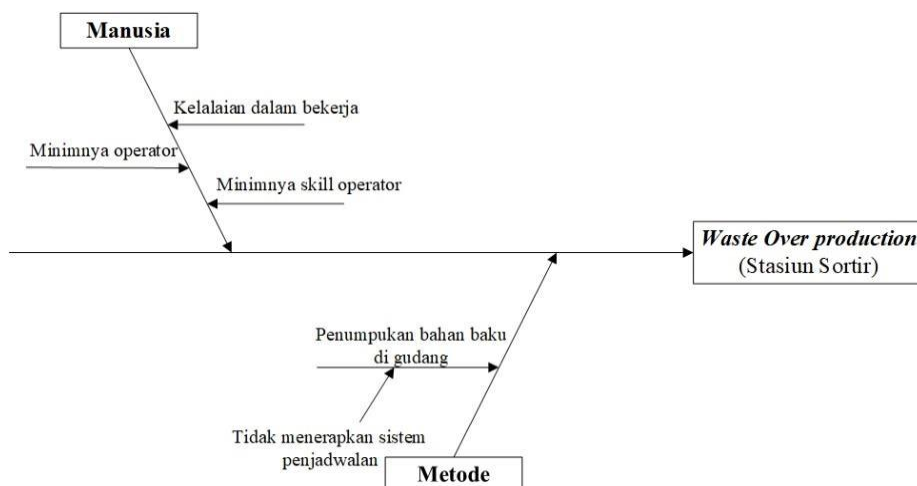
Waste Excessive transportation dengan bobot 9. Penyebab *waste* yang diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti yang disajikan pada Gambar 5 dibawah ini.



Gambar 5. *Waste Excessive transportation*

3. *Waste Over Production*

Waste Over Production dengan bobot 7,2. Penyebab *waste* yang diakibatkan oleh beberapa faktor, seperti yang disajikan pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. *Waste Excessive transportation*

2) Analisis Hasil Simulasi

1. Analisis Validasi Model

Validasi model simulasi dilakukan dengan membandingkan rata-rata output model simulasi yang dibuat berdasarkan model konseptual terhadap sistem nyata (*real system*). Berdasarkan hasil perbandingan menggunakan software SPSS 27, $t_{hitung} 1,391 < t_{tabel} 2,365$ maka dapat disimpulkan terima H_0 yang artinya bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara keseluruhan output jumlah produk dengan *real system*.

2. Analisis Peningkatan Jumlah Output CPO

Dari hasil running simulasi skenario 1 maka dapat diketahui peningkatan output terjadi pada semua skenario. Peningkatan output rata-rata jumlah CPO skenario yaitu sebesar 678.6549 ton dari output rata-rata jumlah existing.

Perbaikan skenario 2 dilakukan dengan menambahkan jumlah operator pada proses Pemindahan buah sawit ke tempat sortir. Pada real system hanya terdapat 1 orang operator dan 1

fastrex. Untuk mengurangi jumlah waktu tunggu dalam antrian maka ditambahkan 1 orang operator dan 1 fastrex. Sehingga jumlah operator pada proses menimbang buah sawit berjumlah 2 orang dan 2 fastrex. Peningkatan output rata-rata jumlah CPO skenario yaitu sebesar 678.6549 ton dari output rata-rata jumlah existing.

Tabel 4. Output rata-rata Jumlah CPO

Replikasi	Model Existing	Skenario 1	Skenario 2
1	557.86	417.23992	417.23992
2	548.98	939.97727	939.97727
3	554.97	293.01779	293.01779
4	550.96	1082.3051	1082.3051
5	549.69	566.08109	566.08109
6	548.51	532.324	532.324
7	553.21	844.49876	844.49876
8	550.79	753.79537	753.79537
Mean	551.8713	678.6549	678.6549

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan *waste workshop* yang telah dilakukan maka dapat diidentifikasi *waste* yang paling dominan yang terjadi pada proses pemenuhan order perusahaan adalah sebagai berikut:
 - a. *Waiting* dengan bobot 9,6 yang disebabkan Pada stasiun sortasi terdapat 3 faktor yang mempengaruhi proses produksi minyak sawit yaitu manusia, metode, dan lingkungan. Melalui diagram sebab-akibat (*cause and effect diagram*) di atas, teridentifikasi bahwa akar masalah di stasiun sortasi adalah kecepatan skill setiap tenaga kerja tidak sama, kurangnya pengawasan dan pekerja menurunkan buah dari truk ke stasiun sortasi masih dilakukan secara manual.
 - b. *Transportation* dengan bobot 9. Faktor penyebab terjadinya *transportation* adalah tidak adanya jadwal pengangkutan buah sawit, pihak perusahaan masih menggunakan truk sewaan untuk mengangkut bahan baku dari perkebunan ke perusahaan, jarak kebun ke perusahaan cukup jauh, dan pengangkutan bahan baku ke truk yang dilakukan masih manual.
 - c. *Over Production* dengan bobot 7,2. Faktor penyebab terjadinya *Waste Over Production* adalah minimnya operator, minimnya skill operator, kelalaian operator saat bekerja, tidak menerapkan sistem penjadwalan, dan sering terjadinya penumpukan bahan baku..
2. Berdasarkan model simulasi yang dibuat maka rekomendasi perbaikan yang dipilih adalah skenario 1 dan 2, yaitu dengan penambahan 1 operator pada proses menimbang buah sawit serta 1 orang operator dan penambahan 1 buah mesin fastrex pada proses Pemindahan buah sawit ke tempat sortir. Skenario 1 dan 2 dipilih berdasarkan pertimbangan :
 - a. Terjadi peningkatan jumlah Output jumlah CPO yaitu dari 551.8713 ton menjadi 678.6549 ton.
 - b. Total waktu tunggu dalam proses menjadi berkurang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebagai peneliti kami mengucapkan terima kasih kepada PT. X atas kesediaannya berbagi informasi selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal, Y., Dewi, E. and Zamhari, M. (2022) 'Pengolahan Crude Palm Oil (Cpo) Menjadi Minyak Sawit Merah (Msm) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik Dan Cartridge Filter: Pengolahan Crude Palm Oil (CPO) Menjadi Minyak Sawit Merah

- (MSM) Menggunakan Filter Batuan Zeolit, Membran Keramik Dan Cartridge Filter', *Kinetika*, 13(03), pp. 11–19.
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2021). *Produksi Tanaman Perkebunan -Tabel Statistik - Badan Pusat Statistik Indonesia*.
- BPS, 2019. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2019*. Badan Pusat Statistik Indonesia, Jakarta.
- Komarudin, N. (2024). Gap Analysis Implementasi Kebijakan Indonesian Sustainable Palm Oil Terkait Pengelolaan Lingkungan Pada Perusahaan Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Daur Lingkungan*,
- Mahmud, S. F. (2019) 'Proses Pengolahan CPO (Crude Palm Oil) menjadi RBDPO (Refined Bleached and Deodorized Palm Oil) di PT XYZ Dumai', *Jurnal Unitek*, 12(1), 55–64.
- Patone, C. D., Kumaat, R. J., Mandej, D. (2020). Analisis Daya Saing Ekspor Sawit Indonesia ke Negara Tujuan Ekspor Tiongkok dan India. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi* 20: 22–32.
- Reza, R. R., & Santoso, A. (2022). Penerapan lean manufacturing di sebuah perusahaan keramik. *Jurnal Teknik Industri*, 8(2), 140-149.
- Rafsan S.F &Wahyudin, W. (2023). Penerapan Konsep Lean Manufacturing untuk Meminimasi Waste pada PT Anugerah Damai Mandiri (ADM). *Jurnal of Integrated System*, 6(1), 21-31.
- Siallagan, S., & Ishak, A. (2023). A technological capability assessment of company in the crude palm oil industry in Indonesia. *International Journal of Technology*, 14(5), 1072–1080. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v14 i5.4036>.
- Suhendra, Wiyatno, T., Febrinasari, T., Kartini, T. M., Syahwildan, M., & Hidayah, Z. Z. (2025). Penerapan *Lean Manufacturing* pada UMKM Jeruk Peras di. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Jurnal PkM Pengabdian kepada Masyarakat*, 8(2), 164-171.
- Ulfah, M., Ismono, R. H., & Murniati, K. (2019). The export performance of Indonesia's palm oil in international market. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 16(2), 140–150. <https://doi.org/10.17358/jma.16.2.140>.