

OPTIMALISASI PROSES PRODUKSI DI LINI SEWING PRODUK TM6535S24 MENGGUNAKAN METODE WORKLOAD ANALYSIS DAN LINE BALANCING DENGAN SIMULASI EXTENDSIM

Zainal Fanani Rosyada¹, Kevin Tyo Zafier² (12pt Bold)

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

Abstrak

Peningkatan order produk Adidas Golf TM6535S24 di PT XYZ dari 345 pcs menjadi 588 pcs per hari menimbulkan gap kapasitas sebesar 243 pcs pada lini sewing. Layout berbentuk U dengan 46 operator belum mampu memenuhi target produksi sehingga diperlukan evaluasi kapasitas secara terukur. Penelitian ini bertujuan menentukan kebutuhan tenaga kerja dan mesin serta merancang perbaikan layout untuk mencapai target produksi. Pengukuran waktu kerja dilakukan menggunakan metode Stopwatch Time Study untuk memperoleh waktu baku dengan mempertimbangkan performance rating metode Westinghouse dan allowance. Kebutuhan tenaga kerja dihitung menggunakan Workload Analysis, kemudian divalidasi melalui simulasi Discrete Event Simulation menggunakan software Extendsim dengan beberapa skenario perbaikan. Hasil penelitian menghasilkan tiga skenario yaitu Workload Analysis, Line Balancing, dan kombinasi keduanya. Seluruh skenario mampu memenuhi target produksi dengan output di atas 596 pcs per hari. Skenario Workload Analysis menghasilkan output 596,32 pcs per hari dengan line efficiency 69,72% dan 56 operator. Skenario Line Balancing menghasilkan output 596,20 pcs per hari dengan line efficiency 70,82% dan 56 operator. Skenario kombinasi menghasilkan output 596,26 pcs per hari dengan line efficiency tertinggi sebesar 73,03% dan jumlah operator paling sedikit yaitu 55 orang. Skenario kombinasi juga menghasilkan biaya total terendah sebesar Rp228.307.716,94 dan biaya overtime sebesar Rp24.713.721,94. Implementasi skenario ini meningkatkan output sebesar 72,7% dan line efficiency sebesar 18,21 poin dibandingkan kondisi awal. Perbaikan layout menjadi straight line mampu memperlancar aliran material dan mengurangi bottleneck. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi Workload Analysis dan Line Balancing efektif dalam meningkatkan kapasitas produksi, efisiensi lini, dan pengendalian biaya.

Kata kunci: redistribusi proses kerja; workload analysis; stopwatch time study; layout lini sewing; simulasi Extendsim.

Abstract

[Optimization Of The Production Process In The TM6535S24 Product Sewing Line Using Workload Analysis And Line Balancing Methods With Extendsim Simulation] The increase in demand for Adidas Golf TM6535S24 products at PT XYZ from 345 to 588 pieces per day creates a capacity gap of 243 pieces in the sewing line. The existing U-shaped layout with 46 operators is unable to meet the production target, indicating the need for a measurable capacity evaluation. This study aims to determine the required number of workers and machines and to propose a layout improvement to achieve the target output. Work measurement is conducted using the Stopwatch Time Study method to obtain standard time by considering the Westinghouse performance rating and allowance factors. Workforce requirements are calculated using Workload Analysis and validated through Discrete Event Simulation using Extendsim with several improvement scenarios. The results produce three scenarios, namely Workload Analysis, Line Balancing, and a combination of both. All scenarios are able to meet the production target with outputs exceeding 596 pieces per day. The Workload Analysis scenario generates 596.32 pieces per day with a line efficiency of 69.72% and 56 operators. The Line Balancing scenario produces 596.20 pieces per day with a line efficiency of 70.82% and 56 operators. The combined scenario results in 596.26 pieces per day with the highest line efficiency of 73.03% and the lowest number of operators at 55. This scenario also yields the lowest total cost of IDR 228,307,716.94 and overtime cost of IDR 24,713,721.94. Its implementation increases output by 72.7% and improves line efficiency by 18.21 points compared to the initial condition. The proposed straight-line layout improves material flow and reduces bottlenecks. These findings indicate that the combination of Workload Analysis and Line Balancing effectively improves production capacity, line efficiency, and cost control.

Keywords: capacity planning, line balancing, workload analysis, stopwatch time study, sewing line layout, discrete event simulation.

1. Pendahuluan

Industri manufaktur garmen memiliki karakteristik sistem produksi yang kompleks dan sangat bergantung pada keseimbangan kapasitas lini. Ketidaksesuaian antara kapasitas produksi dan permintaan dapat menyebabkan keterlambatan pengiriman, peningkatan biaya operasional, serta penurunan efisiensi sistem produksi. Pada lini sewing, permasalahan kapasitas sering muncul akibat ketidakseimbangan beban kerja, distribusi tenaga kerja yang tidak optimal, serta keterbatasan tata letak fasilitas produksi (Sugiatna, 2021).

PT XYZ sebagai perusahaan manufaktur garmen yang memproduksi berbagai produk apparel menghadapi tantangan dalam memenuhi peningkatan permintaan pasar. Salah satu produk yang mengalami lonjakan order adalah *Adidas Golf style TM6535S24*. Data menunjukkan bahwa kapasitas produksi awal berada pada kisaran 345 pcs per hari, sementara target baru meningkat menjadi 588 pcs per hari. Hal ini menimbulkan *gap* kapasitas sebesar 243 pcs yang harus segera diatasi agar perusahaan dapat memenuhi permintaan pelanggan.

Kondisi eksisting menunjukkan bahwa lini sewing menggunakan *layout* berbentuk U dengan jumlah 46 operator. Kapasitas yang dihasilkan masih berada pada rentang 334 hingga 360 pcs per hari, sehingga belum mampu mencapai target produksi. Selain itu, keterbatasan ruang dan konfigurasi *layout* menyebabkan potensi inefisiensi apabila dilakukan penambahan tenaga kerja dan mesin tanpa perencanaan yang tepat. Ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun juga berpotensi menimbulkan *bottleneck* yang menghambat aliran produksi (Mumtaz dan Hapsari, 2024).

Permasalahan tersebut menunjukkan bahwa diperlukan pendekatan yang terukur untuk menentukan kebutuhan kapasitas produksi. Penentuan jumlah tenaga kerja tidak dapat dilakukan secara estimasi, tetapi harus didasarkan pada waktu standar kerja agar hasilnya objektif. Selain itu, evaluasi sistem produksi juga perlu dilakukan sebelum implementasi perubahan agar risiko kesalahan dapat diminimalkan.

Penelitian ini menggunakan metode *Workload Analysis* untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja berdasarkan waktu baku. Metode ini dipilih karena mampu menghitung kebutuhan operator secara kuantitatif sesuai dengan beban kerja aktual pada lini produksi dan terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi distribusi tenaga kerja (Sari dkk., 2019). Selain itu, dilakukan penerapan *Line Balancing* untuk mendistribusikan beban kerja secara merata antar stasiun kerja sehingga dapat mengurangi idle time dan

meningkatkan efisiensi lini produksi (Suhada dkk., 2025).

Untuk memvalidasi hasil perhitungan dan mengevaluasi kinerja sistem, penelitian ini menggunakan pendekatan *Discrete Event Simulation* dengan bantuan software *Extendsim*. Metode simulasi dipilih karena mampu merepresentasikan sistem produksi secara dinamis serta mengidentifikasi *bottleneck* tanpa mengganggu proses aktual (Straka dkk., 2021). Simulasi juga berperan sebagai alat evaluasi dalam pengambilan keputusan dengan menguji berbagai skenario perbaikan sebelum implementasi dilakukan (Rai dkk., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang skenario peningkatan kapasitas produksi pada lini sewing produk *TM6535S24* melalui penentuan kebutuhan manpower dan mesin secara terukur, serta perbaikan urutan proses kerja dan tata letak fasilitas produksi. Hasil penelitian diharapkan mampu membantu perusahaan dalam mencapai target produksi secara optimal dengan sistem kerja yang lebih efisien dan seimbang.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Discrete Event Simulation* (DES) untuk menganalisis kinerja sistem produksi pada lini sewing produk *TM6535S24* serta mengevaluasi berbagai skenario peningkatan kapasitas. Pendekatan ini digunakan untuk menguji pengaruh perubahan jumlah manpower, penambahan mesin, dan perbaikan distribusi beban kerja terhadap output produksi dan efisiensi lini.

Metode simulasi dipilih karena mampu merepresentasikan sistem produksi secara dinamis, termasuk aliran proses, variasi waktu kerja, dan interaksi antar stasiun kerja. Selain itu, simulasi memungkinkan pengujian berbagai alternatif perbaikan tanpa mengganggu sistem produksi aktual sehingga risiko implementasi dapat diminimalkan.

Dalam penelitian ini, disusun tiga skenario perbaikan. Skenario pertama menggunakan *Workload Analysis* untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja secara kuantitatif berdasarkan waktu baku dan beban kerja. Skenario kedua menggunakan *Line Balancing* untuk meredistribusi elemen kerja agar beban antar stasiun lebih seimbang dan efisiensi lini meningkat. Skenario ketiga merupakan kombinasi *Workload Analysis* dan *Line Balancing* dengan melakukan penyesuaian jumlah tenaga kerja sekaligus pemerataan beban kerja guna memperoleh kinerja sistem produksi yang paling optimal.

2.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lini sewing dengan menggunakan metode *stopwatch time study* serta pengamatan terhadap aktivitas produksi. Pengambilan

data dilakukan untuk memperoleh waktu proses setiap elemen kerja, urutan proses produksi, serta jumlah operator dan mesin pada setiap stasiun kerja. Pengukuran waktu kerja dilakukan dengan 15 kali pengamatan pada setiap elemen kerja. Data waktu yang diperoleh kemudian diuji menggunakan uji keseragaman, uji kecukupan, dan uji normalitas dengan persamaan berikut.

- Uji Normalitas

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Kriteria keputusan: apabila nilai signifikansi (Sig.) > 0,05 maka H_0 diterima dan data dinyatakan berdistribusi normal.

- Uji Keseragaman Data

$$\sigma = \sqrt{\frac{\{\sum(x - \bar{x})^2\}}{\{N - 1\}}} \quad (3.1)$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Nilai rata-rata data

σ = Standar deviasi

K = Taraf keyakinan, (99% = 3, 95% = 2, 67% = 1)

N = Jumlah data yang diamati

- Uji Kecukupan Data

$$N' = \left\lceil \sqrt{\frac{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}{\sum x_i}} \right\rceil \quad (3.2)$$

Keterangan:

k = Tingkat keyakinan, (99% = 3, 95% = 2, 67% = 1)

s = Tingkat ketelitian

N = Jumlah data hasil pengamatan

N' = Jumlah data teoritis yang dibutuhkan

x = Data waktu hasil pengukuran

Data waktu tersebut kemudian digunakan untuk menghitung waktu baku melalui tahapan perhitungan waktu siklus, waktu normal dengan *performance rating*, serta penambahan *allowance* untuk memperoleh waktu standar menggunakan persamaan berikut.

- Perhitungan Waktu Normal

$$W_N = W_s \times \text{performance rating} \quad (3.3)$$

Keterangan:

W_N = Waktu Normal

W_s = Waktu Siklus

- Perhitungan Waktu Baku

$$W_B = W_N \times (1 + \text{allowance}) \quad (3.4)$$

Keterangan

W_B = Waktu Baku

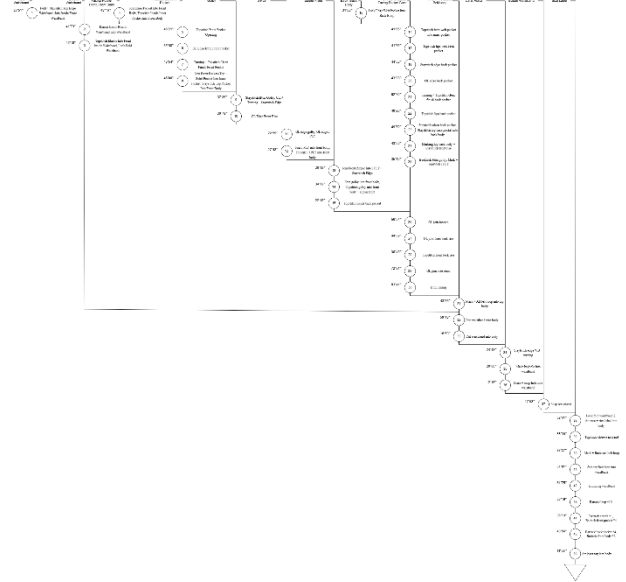
W_N = Waktu Normal

Waktu baku ini kemudian digunakan sebagai parameter waktu proses dalam model simulasi.

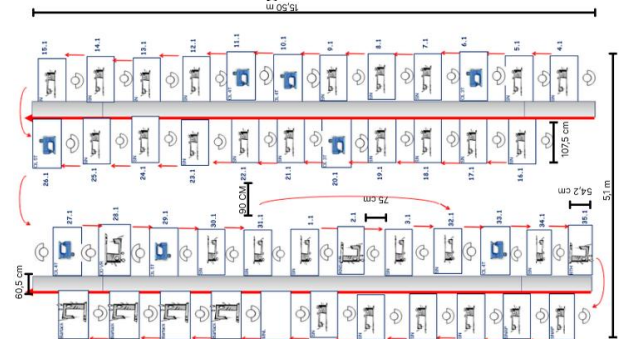
2.2 Pemodelan Sistem Simulasi

Model konseptual sistem terlebih dahulu dikembangkan menggunakan *Operation Process Chart* (OPC) untuk mengidentifikasi entitas, aktivitas proses, sumber daya, serta aliran material dalam sistem produksi

lini *sewing* produk TM6535S24. OPC disusun berdasarkan kondisi aktual di lapangan yang mencakup 46 operasi kerja mulai dari tahap *pre-production assembly* hingga produk menjadi *finish good*.



Gambar 1. OPC Sewing Line TM6535S24



Gambar 2. Layout Sewing Line TM6535S24

Model konseptual tersebut kemudian dikembangkan menjadi model simulasi komputer menggunakan *software* Extendsim berbasis *Discrete Event Simulation* (DES). DES dipilih karena mampu merepresentasikan sistem produksi yang bersifat diskrit dan berurutan, di mana perubahan kondisi sistem terjadi pada waktu tertentu akibat adanya kejadian yang memicu perubahan tersebut (Berlianty dkk., 2019). Parameter yang dimasukkan ke dalam model simulasi meliputi:

- waktu proses pada setiap stasiun kerja
- jumlah operator dan mesin pada setiap stasiun
- aliran proses dan titik perakitan komponen

Setiap operasi kerja direpresentasikan sebagai satu blok *Activity* dengan parameter waktu proses mengacu pada hasil konversi distribusi eksponensial. Distribusi eksponensial dipilih karena mampu merepresentasikan variasi waktu proses yang bersifat acak dengan laju relatif konstan, yang sesuai dengan karakteristik proses *sewing* yang repetitif dan sering

digunakan sebagai pendekatan untuk memodelkan waktu pelayanan yang bersifat acak dalam suatu sistem (Ahmadi-Javid et al., 2017). Waktu baku setiap operasi terlebih dahulu dikonversi menjadi parameter distribusi eksponensial menggunakan persamaan sebelum diinputkan ke dalam model:

$$\lambda = 1/\beta \quad (3.5)$$

$$\delta = x_{min} \quad (3.6)$$

$$\mu = \bar{x} - x_{min} \quad (3.7)$$

Keterangan:

β = Waktu rata-rata proses kerja

λ = Rataan banyak kejadian per satuan waktu

x_{min}/δ = Nilai minimum dari data pengamatan

μ = Rata-rata dikurangi nilai minimum

$\bar{x}$ = Rata-rata waktu pengamatan

μ = Rata-rata dikurangi nilai minimum

Penentuan jumlah replikasi yang memadai dilakukan menggunakan metode *cumulative moving average* (CMA) (Litha Sari dan Hasanuddin, 2020). Rata-rata kumulatif *output* dihitung secara bertahap setelah setiap replikasi ditambahkan, kemudian selisih antar rata-rata kumulatif berturut-turut diamati menggunakan persamaan:

$$SMA = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (3.8)$$

Keterangan:

X_i = Waktu Proses

n = Jumlah Data

Simulasi dinyatakan telah mencapai kondisi stabil (*steady state*) apabila selisih rata-rata kumulatif antar replikasi mendekati 0,0000 hingga empat angka desimal secara konsisten. Jumlah replikasi pada titik konvergensi tersebut ditetapkan sebagai jumlah replikasi yang digunakan dalam analisis hasil simulasi.

2.3 Verifikasi dan Validasi Model

Proses verifikasi dilakukan dengan membandingkan alur proses dan titik *assembly* pada model simulasi terhadap *Operation Process Chart* (OPC) lini *sewing* produk TM6535S24 yang telah disusun berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Model dinyatakan terverifikasi apabila seluruh urutan operasi, aliran material, dan titik perakitan komponen pada model telah sesuai dengan OPC, mulai dari operasi ke-1 hingga operasi ke-46. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan *output* model simulasi terhadap data *output* aktual lini *sewing* produk TM6535S24 menggunakan uji normalitas dan uji statistik lanjutan dengan bantuan *software* SPSS.

Uji normalitas dilakukan terhadap data *output* simulasi dan data *output* aktual menggunakan metode Shapiro-Wilk karena jumlah data kurang dari 50. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Kriteria keputusan: apabila nilai signifikansi (Sig.) > 0,05 maka H_0 diterima dan data dinyatakan berdistribusi normal. Apabila kedua data berdistribusi normal maka pengujian dilanjutkan menggunakan uji *independent sample t-test*. Namun apabila salah satu atau kedua data tidak berdistribusi normal, maka digunakan uji non-parametrik Mann-Whitney sebagai alternatif yang valid (Ünal & Demirbaş, 2018).

Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data *output* aktual berdistribusi normal (Sig. = 0,340 > 0,05), sedangkan data *output* simulasi tidak berdistribusi normal (Sig. = 0,000 < 0,05). Karena salah satu kelompok data tidak memenuhi asumsi normalitas, validasi dilanjutkan menggunakan uji Mann-Whitney. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2$ (tidak terdapat perbedaan rata-rata antara *output* simulasi dan *output* aktual)

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2$ (terdapat perbedaan rata-rata)

Hasil uji Mann-Whitney menunjukkan nilai *p-value* sebesar 0,398. Karena nilai tersebut lebih besar dari $\alpha = 0,05$ maka H_0 gagal ditolak, yang berarti tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata *output* simulasi dan *output* aktual lini *sewing* produk TM6535S24. Berdasarkan hasil tersebut, model simulasi dinyatakan valid dan dapat digunakan sebagai dasar pengujian skenario perbaikan pada tahap analisis selanjutnya.

2.4 Perancangan Skenario Perbaikan

Berdasarkan analisis kondisi sistem eksisting, diketahui bahwa terdapat ketidakseimbangan beban kerja antar operator yang menyebabkan terjadinya bottleneck dan peningkatan kebutuhan overtime. Oleh karena itu, dilakukan perancangan beberapa skenario perbaikan untuk meningkatkan efisiensi sistem produksi.

1. Skenario 1 *Workload Analysis* (WLA)

Metode ini digunakan untuk menentukan kebutuhan tenaga kerja secara kuantitatif berdasarkan beban kerja aktual setiap operasi terhadap target *output* 588 pcs per hari. Nilai WLA dihitung menggunakan persamaan:

$$WLA = \frac{\text{Waktu Baku}}{\text{Takt Time}} \times n \text{ Orang} \quad (3.9)$$

Keterangan

Takt Time = Waktu produksi yang harus dicapai
 n = Jumlah Pekerja

Operasi dengan nilai WLA > 1,280 (*overload*) memerlukan penambahan operator, sedangkan operasi dengan WLA 0,999–1,280 (*inload*) dan WLA < 0,999 (*underload*) tidak memerlukan penambahan (Firmansyah & Arvianto, 2024)..

2. Skenario 2 *Line Balancing*

Metode ini digunakan untuk meratakan distribusi beban kerja antar stasiun melalui redistribusi elemen kerja sebelum dilakukan penambahan *manpower*. Redistribusi dilakukan dengan menggabungkan elemen kerja yang

memiliki beban rendah ke dalam satu stasiun yang lebih optimal, dengan tetap mempertimbangkan kesamaan jenis mesin, keterkaitan urutan perakitan komponen, dan ketergantungan antar proses. Tujuan redistribusi adalah mengurangi *idle time* pada stasiun *underload* sekaligus meringankan beban pada stasiun *bottleneck*, sehingga distribusi waktu kerja menjadi lebih merata.

3. Skenario 3 Kombinasi WLA dan *Line Balancing*
Skenario ini mengintegrasikan kekuatan kedua metode sebelumnya. Hasil perhitungan WLA digunakan sebagai panduan dalam menetapkan jumlah operator yang dibutuhkan pada setiap stasiun, sementara redistribusi elemen kerja dilakukan secara selektif hanya pada stasiun-stasiun dengan beban kerja sangat rendah yang teridentifikasi dari analisis kondisi eksisting. (Teshome dkk., 2024).

2.5 Perhitungan Biaya Overtime

Menurut Peraturan (PP No. 35/2021)

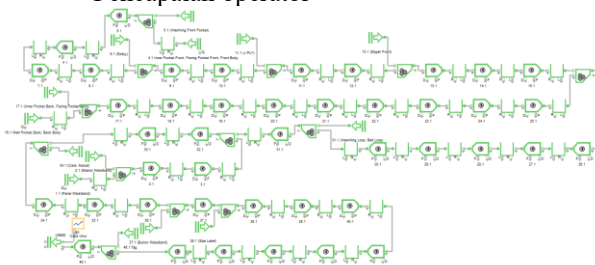
- Upah Per Jam = $\frac{1}{173} \times \text{UMR Kota Semarang}$
- Jam Lembur Pertama = $1,5 \times \text{Upah Per Jam}$
- Jam Lembur Kedua = $2 \times \text{Upah Per Jam}$

Hasil dari perhitungan *line efficiency* diketahui waktu overtime masing-masing operator yang kemudian dilakukan perhitungan dalam per bulan (21 hari kerja).

2.6 Eksperimen Simulasi

Model simulasi yang telah dibalidasi kemudian digunakan untuk menjalankan beberapa skenario perbaikan. Simulasi dijalankan dengan beberapa replikasi untuk memperoleh hasil yang representatif. Output yang dianalisis meliputi:

- *Line efficiency*
- *Utilisasi operator*
- *Overtime*
- *Workload analysis*
- Pencapaian operator



Gambar 3. Model Simulasi Eksisting TM6535S24

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis Sistem Eksisting

Analisis kondisi eksisting dilakukan untuk memahami kinerja aktual lini *sewing* produk TM6535S24

sebelum perancangan skenario perbaikan. Berdasarkan hasil perhitungan waktu baku dan pengamatan langsung di lapangan, diketahui bahwa lini *sewing* saat ini beroperasi dengan 46 *manpower* menggunakan konfigurasi *layout* berbentuk U dan menghasilkan rata-rata *output* 345 pcs per hari jauh di bawah target *Summer Season* 2026 sebesar 588 pcs per hari.

Analisis indikator kinerja lintasan menunjukkan distribusi beban kerja yang sangat tidak merata. Nilai *Aktual Eff. Balancing* berkisar antara 16% hingga 100%, yang mengindikasikan adanya stasiun dengan waktu menganggur sangat tinggi sekaligus stasiun yang bekerja melampaui kapasitas normalnya. Operasi ke-30 (*bottom hemming*, mesin SN) dengan waktu baku 91,75 detik mencatatkan *Aktual Eff. Balancing* 100% sehingga teridentifikasi sebagai *bottleneck* utama, sedangkan operasi ke-36 (*mark + snap hole into waistband*) dengan waktu baku 13,37 detik hanya memiliki efisiensi 16%, mengindikasikan kondisi *underload* yang signifikan. Rata-rata *line efficiency* lini *sewing* pada kondisi eksisting adalah 53,48%.

Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas tidak dapat dicapai hanya dengan menambah *manpower* tanpa disertai perbaikan distribusi beban kerja. Ketidakeimbangan yang terjadi menyebabkan aliran produksi terhambat pada stasiun *bottleneck* meskipun sebagian besar operator bekerja jauh di bawah kapasitas optimalnya.

3.2 Hasil Simulasi Kondisi Eksisting

Model simulasi Extendsim dijalankan sebanyak 66 replikasi berdasarkan penentuan jumlah replikasi melalui metode *cumulative moving average*, di mana kondisi *steady state* tercapai pada replikasi ke-26 dengan selisih rata-rata kumulatif 0,0000. Rata-rata *output* simulasi kondisi eksisting adalah 345,02 pcs per hari.

Hasil uji normalitas Shapiro-Wilk menunjukkan data aktual berdistribusi normal (Sig. = 0,340) sedangkan data simulasi tidak normal (Sig. = 0,000), sehingga validasi dilanjutkan menggunakan uji Mann-Whitney. Nilai *p-value* sebesar 0,398 > 0,05 menunjukkan H_0 gagal ditolak, yang berarti tidak terdapat perbedaan signifikan antara *output* simulasi dan *output* aktual. Model dinyatakan valid dan digunakan sebagai *baseline* pengujian skenario perbaikan.

3.3 Hasil dan Pembahasan

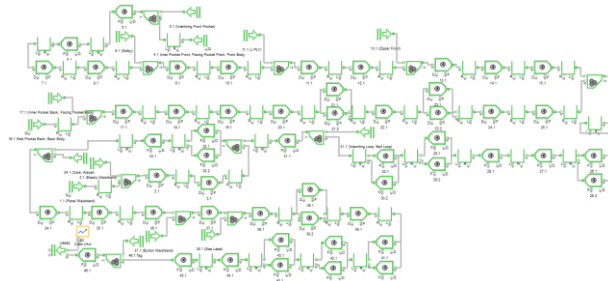
Pengujian tiga skenario perbaikan dilakukan melalui simulasi Extendsim untuk mengevaluasi kemampuan masing-masing pendekatan dalam memenuhi target produksi 588 pcs per hari.

3.3.1 Skenario *Workload Analysis* (WLA)

Perhitungan WLA dengan *takt time* 48,98 detik mengidentifikasi 7 operasi dalam kategori *overload* (WLA > 1,280), yaitu operasi ke-21 (WLA=1,41), ke-26 (1,29), ke-29 (1,66), ke-30 (1,96), ke-32 (1,33), ke-42

(1,39), dan ke-43 (1,28). Kebutuhan *manpower* awal ditetapkan menjadi 53 operator dengan penambahan 1 operator pada masing-masing stasiun *overload*.

Simulasi 53 operator menghasilkan rata-rata *output* 520 pcs/hari, belum memenuhi target. Evaluasi hasil simulasi mengidentifikasi penumpukan *work in process* (WIP) pada operasi ke-39 (WLA=1,13), ke-41 (WLA=1,16), dan ke-23 (WLA=1,12) yang menjadi hambatan pada bagian akhir lintasan. Melalui empat iterasi penambahan operator secara bertahap pada ketiga operasi tersebut, total *manpower* meningkat menjadi 56 operator dengan rata-rata *output* 594 pcs/hari dan *line efficiency* 69,72%.

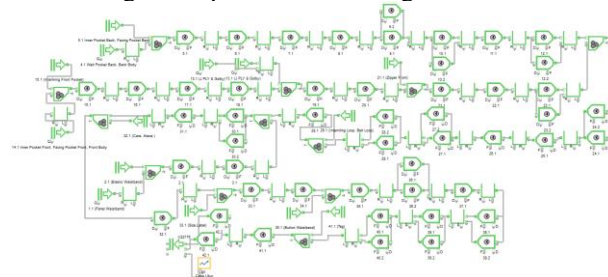


Gambar 4. Model Skenario 1 TM6535S24

3.3.2 Skenario 2 Line Balancing

Redistribusi proses kerja merampingkan 46 stasiun menjadi 42 stasiun melalui dua belas penggabungan elemen kerja utama berdasarkan kesamaan jenis mesin dan keterkaitan urutan perakitan. Perubahan signifikan meliputi penggabungan tiga elemen *overlock* OL4T ke satu stasiun, konsolidasi rangkaian proses *back pocket*, penggabungan elemen *snap*, serta konsolidasi operasi *bartack* dari tiga menjadi dua stasiun.

Model awal redistribusi (42 operator) masih menghasilkan 345 pcs/hari karena terdapat stasiun dengan nilai pencapaian di bawah 1,00 yang menjadi *bottleneck*. Melalui 14 iterasi penambahan operator secara bertahap pada stasiun *bottleneck* yang teridentifikasi dari simulasi (proses ke-28, ke-40, ke-27, ke-9, ke-42, ke-12, ke-30, ke-24, ke-39, ke-36, ke-23, ke-13, ke-38, dan ke-10), total *manpower* menjadi 56 operator dengan *output* 596 pcs/hari dan *line efficiency* 71,29%. Temuan ini sejalan dengan penelitian Zupan & Herakovic (2015) yang membuktikan bahwa redistribusi elemen kerja melalui DES mampu mengoptimalkan keseimbangan lini produksi secara signifikan.

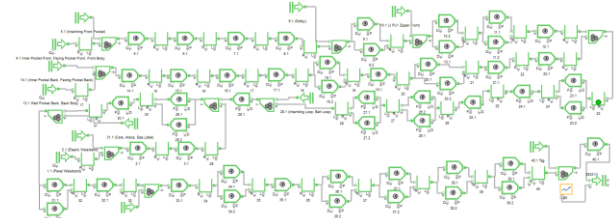


Gambar 5. Model Skenario 2 TM6535S24

3.3.3 Skenario 3 Kombinasi WLA dan i Balancing

Skenario 3 mengintegrasikan panduan WLA dengan redistribusi selektif elemen kerja. Berbeda dari skenario 2 yang melakukan redistribusi menyeluruh, pada skenario 3 penggabungan elemen kerja dilakukan secara terbatas hanya pada stasiun dengan beban kerja sangat rendah, dipandu oleh nilai WLA untuk memastikan total beban gabungan sesuai dengan kapasitas operator yang ditetapkan. Tujuh penggabungan elemen kerja utama dilakukan, yaitu: (1) penggabungan tiga elemen *back pocket* (2 operator); (2) penggabungan tiga elemen *overlock* OL4T (2 operator); (3) penggabungan *join J PLY* dan *join front zipper* (2 operator); (4) penggabungan *staystitch edge WB*, *lock fold waistband 2*, dan *att care+size label* (2 operator); (5) penggabungan dua elemen *snap* (1 operator); (6) konsolidasi *bartack loop* dan *bartack crotch* (2 operator); serta (7) konsolidasi tiga elemen *bartack* akhir (2 operator).

Redistribusi ini merampingkan jumlah stasiun dari 46 menjadi 40. Simulasi dengan 55 operator langsung menghasilkan rata-rata *output* 596 pcs/hari tanpa memerlukan iterasi tambahan, dengan *line efficiency* 73,03%. Pendekatan integratif ini terbukti lebih efisien dibandingkan kedua skenario sebelumnya, sejalan dengan Teshome dkk. (2024) yang menunjukkan bahwa kombinasi penggabungan operasi dan alokasi sumber daya berbasis beban kerja menghasilkan peningkatan *line efficiency* lebih signifikan.



Gambar 6. Model Skenario 3 TM6535S24

3.4 Perbandingan Biaya Tenaga Kerja

Hasil perhitungan biaya tenaga kerja dari hasil perancangan skenario dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Perhitungan Biaya Tenaga Kerja

Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Biaya Tenaga Kerja	Rp207.295.704,00	Rp207.295.704,00	Rp203.593.995,00
Biaya Over Time	Rp25.163.062,34	Rp25.163.062,34	Rp24.713.721,94
Total Biaya	Rp232.458.766,34	Rp232.458.766,34	Rp228.307.716,94

3.5 Perbandingan Kinerja Antar Skenario

Hasil simulasi ketiga skenario dibandingkan berdasarkan indikator *output* produksi, *line efficiency*, jumlah *manpower*, dan biaya tenaga kerja sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Kinerja Antar Skenario

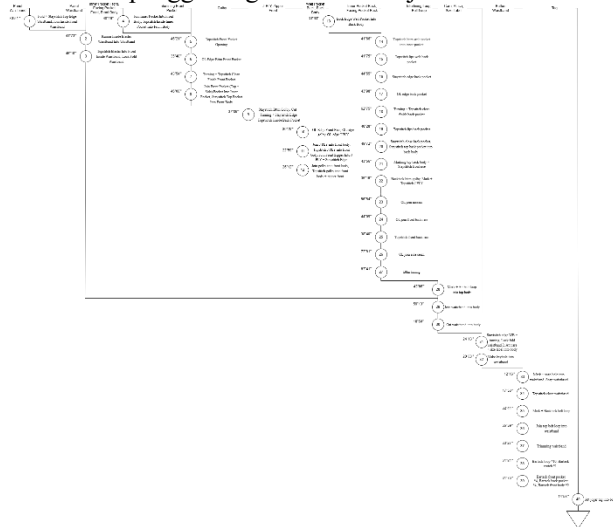
Skenario	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Tenaga Kerja	56	56	55
Hari Produksi	66	66	66
Output	39357	39349	39353
Rata Rata Produksi/Hari	596.32	596.20	596.26
Rata-Rata Line efficiency	69.72%	71.29%	71.69%
Biaya Tenaga Kerja	Rp207.295.704,00	Rp207.295.704,00	Rp203.593.995,00
Biaya Over Time	Rp25.163.062,34	Rp25.163.062,34	Rp24.713.721,94
Total Biaya	Rp232.458.766,34	Rp232.458.766,34	Rp228.307.716,94

Ketiga skenario berhasil memenuhi target produksi 588 pcs per hari dengan *output* rata-rata yang setara (594–596 pcs). Perbedaan signifikan terlihat pada *line efficiency* dan efisiensi penggunaan sumber daya. Skenario 3 unggul dengan *line efficiency* tertinggi (73,03%) menggunakan *manpower* paling sedikit (55 operator) dan biaya tenaga kerja terendah, dengan penghematan Rp3.701.709 per 66 hari produksi dibandingkan skenario 1 dan 2. Pengurangan satu operator menghasilkan penghematan sekitar 1,78% dari total biaya tenaga kerja.

Dibandingkan kondisi eksisting, skenario terpilih meningkatkan *output* harian sebesar 72,7% (dari 345 menjadi 596 pcs) dan *line efficiency* sebesar 18,21 poin persentase (dari 53,48% menjadi 73,03%). Meskipun jumlah tenaga kerja bertambah 9 operator, peningkatan *output* yang dihasilkan jauh lebih proporsional sehingga penggunaan tenaga kerja menjadi lebih efektif.

3.5 Rekomendasi Layout dan OPC Terpilih

Berdasarkan skenario terpilih, layout rekomendasi diubah dari konfigurasi *U-shape* menjadi *straight line* untuk mengakomodasi penambahan 9 unit mesin tanpa menimbulkan *blocking* area kerja. Penambahan mesin meliputi SN (+5), OL5T (+2), MNL (+2), dan BRT (+1), sementara mesin SNAP berkurang 1 unit akibat penggabungan elemen kerja.



Gambar 7. OPC Terpilih TM6535S24



Gambar 8. Layout Terpilih TM6535S24

Perubahan ke *straight line* menghasilkan penghematan luas area 19,77 m² (16,55%) meskipun jumlah mesin bertambah. Layout yang lebih linear memungkinkan penyusunan mesin secara rapat dan terstruktur tanpa ruang kosong di tengah, mendukung aliran material satu arah yang lebih tertib serta

memudahkan pengawasan *line leader* terhadap seluruh lintasan produksi.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Skenario 3 (Kombinasi *Workload Analysis* dan *Line Balancing*) ditetapkan sebagai alternatif terbaik dengan total 55 *manpower* dan penambahan 9 unit mesin. Hasil optimalisasi menunjukkan rata-rata produksi harian sebesar 596,26 pcs atau meningkat 72,7% dari kondisi eksisting 345 pcs per hari, dengan *line efficiency* meningkat dari 53,48% menjadi 73,03%. Skenario ini lebih efisien satu operator dibandingkan skenario 1 dan 2, dengan penghematan biaya tenaga kerja sebesar Rp3.701.709,00 per 66 hari produksi.
2. Perancangan layout usulan diambil dari hasil Skenario 3 untuk jumlah *manpower* serta mesin. Layout usulan ini menghasilkan kebutuhan area sebesar 99,65 m², meningkat dari kondisi eksisting sebesar 85,47 m². Layout usulan berbentuk *Straight Line* diharapkan mampu mendukung aliran produksi yang lebih lancar, meminimalkan perpindahan yang tidak perlu, serta mengakomodasi penambahan tenaga kerja dan mesin tanpa mengganggu urutan proses produksi.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mempertimbangkan faktor absensi, *labour turnover*, probabilitas *defect*, dan *breakdown* mesin dalam model simulasi, serta memperluas cakupan analisis ke seluruh rantai proses produksi mencakup area *cutting*, *bonding*, dan *packing* guna memastikan peningkatan kapasitas lini *sewing* tidak menimbulkan *bottleneck* baru di area proses lainnya.

Daftar Pustaka

- Ahmad, A., Javed, I., Abrar, U., Ahmad, A., Jaffri, N. R., & Hussain, A. (2021). Investigation Of Ergonomic Working Conditions Of Sewing And Cutting Machine Operators Of Clothing Industry. *Industria Textila*, 72(3), 309–314. <https://doi.org/10.35530/IT.072.03.1723>
- Berlianty, I., Astanti, Y. D., & Soejanto, I. (2019). Application Of Discrete-Event Simulation In Health Care : A Preliminary Studies. *Conference SENATIK STT Adisutjipto Yogyakarta*, 5. <https://doi.org/10.28989/Senatik.V5i0.380>
- Firmansyah, M. B., & Arvianto, A. (2024). Penentuan Jumlah Tenaga Kerja Menggunakan Workload.
- Mumtaz, J., & Hapsari, C. A. P. (2024). Analisis Line Balancing Pada Lini Produksi Sewing C-9 Dengan Menggunakan Metode Heuristik (Studi Kasus: PT Sari Warna Asli Garment).

- Rai, A. K., Kumar Reja, V., & Varghese, K. (2023). *Discrete Event Simulation Based Approach For Tracking Performance Of Segmental Production At Precast Yard*.
- Sari, R. M., Tarigan, U., Rizkya, I., & Elvira. (2019). Workload Of Workforce In Fertilizing Industry: An Analysis. *IOP Conference Series: Materials Science And Engineering*, 648(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/648/1/012019>
- Straka, M., Spirkova, D., & Filla, M. (2021). Improved Efficiency Of Manufacturing Logistics By Using Computer Simulation. *International Journal Of Simulation Modelling*, 20(3), 501–512. <https://doi.org/10.2507/IJSIMM20-3-567>
- Sugiatna, A. (2021). *Analisis Perencanaan Kapasitas Produksi Dengan Menggunakan Metoda Rought Cut Capacity Planning Pendekatan Cpod Di Pt. Xyz Angling Sugiatna. 09*.
- Ünal, C., & Demirbaş, Z. A. (2018). Creating an Alternative Production Line by Using a Simulation Technique in Duvet Cover Production. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 26(4(130)), 8–12. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0012.1306>