



PAPER – OPEN ACCESS

Peningkatan Produktivitas Lini Produksi Departemen C Pada Mesin HC Melalui Pendekatan SMED dan Line Balancing Menggunakan Metode ECRS di PT XYZ

Author : Angga Adi Prasetyo, and Lobes Herdiman
DOI : 10.32734/ee.v9i2.2797
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 9 Issue 2 – 2026 TALENTA Conference Series: Energy & Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).
Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Peningkatan Produktivitas Lini Produksi Departemen C Pada Mesin HC Melalui Pendekatan SMED dan *Line Balancing* Menggunakan Metode ECRS di PT XYZ

Angga Adi Prasetyo, Lobes Herdiman

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah

anggaprasetyoo691@student.uns.ac.id¹, lobesherdiman@staff.uns.ac.id²

Abstrak

PT XYZ, khususnya Departemen C, menghadapi masalah rendahnya kapasitas produksi pada lini mesin *Hydraulic Cutter* (HC) akibat ketidakseimbangan beban kerja (*bottleneck*) dan tingginya waktu henti (*downtime*) akibat proses *setup* internal. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi lini dengan menyelesaikan permasalahan tersebut. Identifikasi akar masalah dilakukan menggunakan *Fishbone Diagram*. Selanjutnya, metode ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify*) diterapkan untuk meratakan beban kerja antar stasiun, didukung oleh validasi waktu baku baru menggunakan *Method Time Measurement-1* (MTM-1). Untuk mengurangi *downtime*, metode *Single Minute Exchange of Die* (SMED) diterapkan dengan mengonversi *setup* internal menjadi eksternal melalui perancangan tata letak baru yang mengintegrasikan fasilitas *gravity slide/roller*, serta sistem *Double Pallet* dan *Double Box*. Selain itu, sistem *Kanban* diterapkan untuk alur komunikasi dari Departemen C ke Gudang sehingga jadwal penggunaan *forklift* menjadi lebih baik dan pesanan material tidak menunggu lama. Hasil penelitian menunjukkan perbaikan yang signifikan. Penerapan ECRS berhasil menurunkan *Cycle Time* dari 33,73 detik menjadi 16,95 detik, memperbaiki *Smoothness Index* (SI) dari 164,25 menjadi 51,71, dan meningkatkan *Line Efficiency* (LE) dari 63,91% menjadi 66,12%. Sementara itu, penerapan SMED memangkas total waktu *setup* per *pallet* sebesar 62,7% (dari 3.128,71 detik menjadi 1.166,75 detik). Sinergi dari seluruh perbaikan tersebut membuahkan lonjakan kapasitas *output* produksi sebesar 144,4%, dari 6.750 Kg/Shift menjadi 16.500 Kg/Shift, di mana tingkat efisiensi yang telah diproyeksikan ini dapat terus dipertahankan berkat penerapan sistem *Kanban*. Selain itu, aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) meningkat drastis seiring dengan tereliminasi beban kerja fisik akibat pengangkatan material seberat 19 kg dan aktivitas pembersihan manual.

Kata Kunci: Keseimbangan Lini; ECRS; SMED; Waktu *Setup*; Kapasitas Produksi; *Hydraulic Cutter*.

Abstract

PT XYZ, specifically Department C, faces the problem of low production capacity on the *Hydraulic Cutter* (HC) machine line due to workload imbalances (*bottlenecks*) and high downtime caused by internal setup processes. This study aims to increase the production capacity and efficiency of the line by resolving these issues. The root causes were identified using a *Fishbone Diagram*. Next, the ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify*) method was applied to balance the workload across stations, supported by the validation of new standard times using *Method Time Measurement-1* (MTM-1). To reduce downtime, the *Single Minute Exchange of Die* (SMED) method was implemented by converting internal setup to external setup through a new layout design that integrates *gravity slide/roller* facilities, as well as *Double Pallet* and *Double Box* systems. Additionally, a *Kanban* system was implemented for communication flow from Department C to the Warehouse, resulting in improved forklift scheduling and shorter material order wait times. The research results show significant improvements. The implementation of ECRS successfully reduced cycle time from 33.73 seconds to 16.95 seconds, improved the *Smoothness Index* (SI) from 164.25 to 51.71, and increased line efficiency (LE) from 63.91% to 66.12%. Meanwhile, the implementation of SMED reduced the total setup time per pallet by 62.7% (from 3,128.71 seconds to 1,166.75 seconds). The synergy of all these improvements resulted in a 144.4% surge in production output capacity, from 6,750 kg/shift to 16,500 kg/shift, where this projected efficiency level can be sustained thanks to the implementation of the *Kanban* system. Additionally, Occupational Safety and Health (OSH) conditions improved drastically with the elimination of physical workload resulting from lifting 19 kg of material and manual cleaning activities.

Keywords: *Line Balancing*; ECRS; SMED; Setup Time; Production Capacity; *Hydraulic Cutter*.

1. Introduction

Persaingan bisnis di dunia industri yang semakin berkembang menuntut perusahaan untuk terus melakukan perbaikan dan peningkatan kinerjanya. Kekuatan perusahaan manufaktur dapat diukur dari efisiensi dan produktivitas pada sistem produksi [1]. Industri manufaktur di Indonesia terdiri dari berbagai sektor dilihat dari jenis produksi diantaranya industri *Metallic material* dan *Non-metallic material* [2]. Dalam industri manufaktur logam non-besi yang semakin kompetitif, efisiensi produksi merupakan faktor kunci yang sangat penting untuk mempertahankan daya saing perusahaan, terutama bagi perusahaan yang berorientasi ekspor. PT XYZ adalah sebuah perusahaan manufaktur non-besi berskala besar dengan rantai produksi yang saling terintegrasi, menghadapi tuntutan yang sama. Dalam struktur operasional perusahaan, Departemen C memainkan peran krusial sebagai pemasok utama bahan baku (hulu) untuk kelancaran proses di departemen hilir seperti D, F, dan E.

Tingginya permintaan pasar dan peluang ekspansi yang ada, gudang bahan baku PT XYZ terus menerima pasokan baterai bekas dalam jumlah yang sangat besar. Pasokan yang melimpah ini telah mendorong manajemen perusahaan untuk menyusun rencana strategis guna meningkatkan kapasitas produksi di Departemen C secara signifikan, dari rata-rata 4.000 metrik ton (MT) menjadi 6.000 MT per bulan. Namun, upaya untuk mencapai target perluasan kapasitas ini menghadapi tantangan teknis yang serius di rantai produksi. Berdasarkan pengamatan awal, alur produksi tidak dapat mengimbangi laju kedatangan bahan baku akibat kemacetan parah pada lini mesin *Hydraulic Cutter* (HC).

Hambatan operasional pada jalur pemotongan ini berasal dari dua masalah utama. Pertama, stabilitas hasil produksi sangat terganggu oleh waktu penyiapan yang berfluktuasi dan memakan waktu sangat lama. Waktu henti mesin yang tinggi ini disebabkan oleh ketergantungan proses pada ketersediaan *material handling* (forklift) dan aktivitas manual. Semua aktivitas penyiapan operasional, seperti menunggu forklift, menyiapkan wadah baru, dan membersihkan area kerja, masih dilakukan secara berurutan hanya ketika mesin dimatikan sepenuhnya (*Internal Setup*). Kedua, terdapat ketidakseimbangan yang ekstrem dalam distribusi beban kerja (*Line Balancing*) di antara operator stasiun kerja. Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa stasiun pemotongan utama mengalami kelebihan beban dengan waktu siklus yang jauh melebihi *Takt Time*, sementara operator di stasiun pendukung memiliki waktu menganggur yang tinggi karena mereka harus menunggu aliran material. Ketidakefisienan ini semakin diperparah oleh kurangnya fasilitas penanganan material pendukung yang memadai. Operator terpaksa secara manual dan berulang kali memindahkan bahan baterai dengan berat rata-rata 19 kg, yang secara langsung menyebabkan kelelahan fisik yang berlebihan dan kecepatan kerja yang tidak konsisten.

Kombinasi antara waktu penyiapan yang tidak efisien, metode penanganan bahan baku yang sangat bergantung pada tenaga kerja manual, serta distribusi beban kerja yang tidak merata membuat sangat sulit untuk mencapai target produksi sebesar 6.000 MT/bulan dengan sistem konvensional yang ada saat ini. Jika masalah ini tidak segera ditangani melalui reengineering, PT XYZ berisiko kehilangan momentum pertumbuhan pasarnya dan menanggung beban inefisiensi biaya operasional yang sangat tinggi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan Teknik Industri yang sistematis untuk mengatasi hambatan-hambatan ini. *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) adalah metode dari Lean Manufacturing yang digunakan untuk mempercepat waktu yang dibutuhkan untuk melakukan setup pergantian dari memproduksi satu jenis produk ke model produk lainnya yang tujuannya untuk mengurangi *waste*. SMED mengurangi waktu non-produktif dengan mempersatukan dan standarisasi operasi dalam pergantian alat [3]. Selain itu, untuk mengatasi ketidakseimbangan alur kerja, metode ECRS dapat diterapkan. ECRS (*Eliminate, Combine, Re-Arrange, Combine*) merupakan metode sederhana yang efektif untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) dan mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah dalam proses produksi, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas lini produksi [4].

Berdasarkan latar belakang masalah operasional tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang perbaikan menyeluruh terhadap sistem kerja di Departemen C Perusahaan XYZ. Melalui identifikasi akar masalah secara terstruktur menggunakan Diagram Tulang Ikan, penelitian ini akan mengintegrasikan penerapan metode SMED untuk meminimalkan waktu henti mesin yang disebabkan oleh aktivitas *setup*, serta penerapan metode ECRS untuk mendesain ulang dan menyeimbangkan beban kerja di antara para operator. Sinergi antara perbaikan alur kerja ini dan penyesuaian tata letak fasilitas fisik yang diusulkan diharapkan dapat menghilangkan hambatan, secara signifikan meningkatkan persentase Efisiensi Lini, dan pada akhirnya meningkatkan stabilitas proses untuk memastikan pencapaian target strategis perusahaan sebesar 6.000 MT/bulan.

2. Research Methods

Penelitian ini berfokus pada perbaikan sistem kerja di lintasan produksi Mesin *Hydraulic Cutter* (HC) pada Departemen C, PT XYZ. Pengambilan data dilaksanakan selama periode kerja praktik, yaitu dari 5 Januari hingga 27 Februari 2026. Tahap awal penelitian adalah identifikasi permasalahan melalui studi lapangan dan studi literatur untuk membatasi ruang lingkup. Agar

penelitian lebih terarah, ditetapkan sejumlah asumsi, yaitu mesin HC beroperasi normal tanpa *breakdown*, operator bekerja dengan tingkat keterampilan wajar dan konsisten, serta ketersediaan bahan baku berjalan lancar. Parameter berat material juga diasumsikan pada rata-rata 19 kg untuk satu unit aki dan 1.250 kg untuk satu *pallet*.

Setelah identifikasi, dilakukan tahap pengumpulan data primer melalui observasi langsung di lantai produksi dan wawancara dengan pekerja terkait. Pengukuran Waktu Kerja (*Time Study*) pada dasarnya merupakan suatu usaha untuk menentukan lamanya waktu kerja yang diperlukan oleh seorang operator untuk menyelesaikan suatu pekerjaan [5]. Selain data waktu proses aktual, dikumpulkan pula data pendukung berupa gambaran tata letak (*layout*) stasiun kerja aktual di departemen tersebut dan data waktu *setup* pada mesin disetiap lot.

Tahap selanjutnya adalah pengolahan data untuk mengevaluasi kondisi awal sistem (*baseline*). Waktu siklus yang terukur disesuaikan menggunakan metode penyesuaian *Westinghouse* untuk diubah menjadi waktu normal. Faktor penyesuaian atau *performance rating* merupakan aktivitas menilai kinerja operator. Penyesuaian *westinghouse* menggunakan 4 faktor yaitu keterampilan, usaha, kondisi dalam bekerja, dan konsistensi [6]. Selanjutnya, ditambahkan faktor kelonggaran (*allowance*). Kelonggaran adalah menambahkan waktu pada waktu normal, sehingga operator dapat bekerja secara normal. Kelonggaran diberikan untuk tiga hal yaitu untuk kebutuhan pribadi, menghilangkan rasa lelah dan hambatan-hambatan yang tidak dapat dihindarkan [7]. Waktu baku ini kemudian digunakan sebagai dasar evaluasi *line balancing* guna mengurangi perbedaan waktu operasi antar stasiun kerja. Evaluasi ini menghasilkan indikator kinerja seperti waktu siklus, *line efficiency*, *balance delay*, dan total waktu *setup* untuk mencapai *output* yang maksimal. Setelah profil kinerja diketahui, *fishbone diagram* digunakan untuk memetakan akar penyebab tingginya waktu tunggu dan ketidakseimbangan aliran kerja.

Berdasarkan akar permasalahan tersebut, dirancang usulan perbaikan sistem kerja. *Line Balancing* dengan pendekatan ECRS digunakan dalam mendesain metode kerja penerapannya tidak hanya dapat digunakan pada sebuah industri yang baru, akan tetapi juga dapat diterapkan disuatu tempat yang sistemnya sudah berjalan dengan tujuan untuk membuat desain ulang metode kerja guna meningkatkan efektivitas dari proses produksi maupun standarisasi yang lebih baik [8]. Secara bersamaan, metode SMED (*Single Minute Exchange of Die*) diterapkan untuk memisahkan aktivitas internal dan eksternal dalam proses setup serta mengonversi sebanyak mungkin aktivitas internal menjadi aktivitas eksternal. Dengan demikian, waktu henti mesin (*downtime*) dapat diminimalkan, dan perusahaan dapat meningkatkan fleksibilitas produksinya [9]. Waktu usulan dari tata cara kerja baru ini kemudian divalidasi menggunakan perhitungan *Method Time Measurement-1* atau MTM-1. *Methods Time Measurement* (MTM) adalah suatu sistem penerapan awal waktu baku (*predetermined time*) yang dikembangkan berdasarkan studi gambar gerakan-gerakan kerja dari suatu operasi kerja industri yang direkam dalam video. MTM membagi gerakan-gerakan kerja atas elemen-elemen gerakan menjangkau (*reach*), mengangkat (*move*), memutar (*turn*), memegang (*grasp*), mengarahkan (*position*), melepas (*release*), lepas rakit (*disassemble*), gerakan mata (*eye movement*), dan beberapa gerakan anggota badan lain yang besaran waktunya telah disediakan dalam tabel, yaitu Tabel THERBLIG [10].

Tahap akhir penelitian mencakup interpretasi hasil. Pada tahap ini, dilakukan evaluasi perbandingan antara indikator performa kondisi awal dengan kondisi usulan. Komparasi difokuskan pada seberapa besar penurunan waktu *setup* akibat penerapan SMED, serta seberapa besar peningkatan *Line Efficiency* yang berhasil dicapai [11]. Hasil analisis dari perbandingan indikator tersebut digunakan sebagai dasar penarikan kesimpulan dan perumusan saran teknis secara nyata bagi PT XYZ untuk merealisasikan target kapasitas 6.000 MT/bulan serta meningkatkan keselamatan kerja.

3. Results And Discussion

Bagian ini menjelaskan hasil dan pembahasan dari tahap-tahap penelitian yang telah dilaksanakan.

3.1. Data Pengamatan Mengenai Waktu Proses dan Waktu Setup

Waktu proses aktual diukur secara langsung (studi waktu) dengan menggunakan stopwatch untuk setiap elemen kerja operasional pada jalur produksi Mesin HC. Rincian pengamatan waktu proses untuk penyelesaian satu unit baterai disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Waktu Proses

Activities	Observation (Seconds)					Mean	Station	Total
	1	2	3	4	5			

Transport from pallet to HC machine	3,08	4,61	5,02	3,86	5,83	4,48	1	6,91
Cleaning the machine	2,16	2,11	2,64	2,22	3,01	2,43		
Preparing for the cut	6,25	6,51	8,35	8,64	7,84	7,52	2	17,69
Cutting process	7,34	3,96	4,02	6,73	5,21	5,45		
Transport to the separation	6,64	5,83	3,58	4,35	3,20	4,72		
Separation process	8,71	7,89	8,82	7,57	8,99	8,40	3	8,40

Selain waktu proses, waktu penyiapan aktual yang menyebabkan mesin berhenti beroperasi juga diukur untuk setiap batch (1 pallet aki). Rincian data waktu penyiapan tersebut ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Waktu Setup

Activities	Observation (Seconds)					Mean	Internal	Eksternal
	1	2	3	4	5			
Preparing a bag to hold the battery	109,68	115,44	119,28	111,37	113,87	113,93	✓	
Setting up the separator	38,55	31,42	37,23	35,87	36,62	35,94	✓	
Placing a sack on the battery compartment	130,41	80,67	117,82	121,26	103,87	110,81	✓	
Placing a mat under the machine	37,62	35,55	40,34	31,67	33,58	35,75	✓	
Arranging battery pallets	48,49	30,49	35,34	32,89	40,86	37,61	✓	
Waiting for the forklift	389,49	486,19	432,78	419,15	469,56	439,43	✓	
Waiting for the new box	506,10	511,94	500,78	516,83	495,57	506,24	✓	

3.2. Pengolahan Waktu Baku

Waktu standar yang diperoleh dari hasil pengukuran kerja dapat digunakan sebagai alat untuk menyusun jadwal kerja yang menetapkan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu tugas, hasil yang diharapkan, serta jumlah pekerja yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas tersebut [12].

$$Wb = Wn \times \left(\frac{100\%}{100\% - l} \right) \quad (1)$$

Tabel 3. Waktu Baku

Activities	Process Time	Adjustment	Normal Time (Seconds/Battery)	Allowance	Standard Time for Operators (Seconds)	Station
Preparing a bag to hold the battery	113,93	1,19	135,57	0,33	202,35	Station 1
Setting up the separator	35,94	1,18	42,41	0,35	65,24	
Placing a sack on the battery compartment	110,81	1,13	125,21	0,35	192,63	
Placing a mat under the machine	35,75	1,13	40,40	0,38	65,16	
Arranging battery pallets	37,61	1,13	42,50	0,38	68,55	
Waiting for the forklift	439,43	1,00	439,43	0,26	593,83	
Transport from pallet to HC machine	4,48	1,20	5,37	0,45	9,77	
Cleaning the machine	2,43	1,13	2,74	0,35	4,22	

Preparing for the cut	7,52	1,18	8,87	0,38	14,31	Station 2
Cutting process	5,45	1,18	6,43	0,35	9,90	
Transport to the separation	4,72	1,11	5,24	0,45	9,53	
Separation process	8,40	1,11	9,32	0,45	16,94	Station 3
Waiting for the new box	506,24	1,00	506,24	0,26	684,11	

3.3. Line Balancing Sebelum Perbaikan

Subbagian ini memaparkan perhitungan penyeimbangan jalur produksi yang dilakukan sebelum dilakukannya perbaikan. Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan kondisi awal keseimbangan jalur produksi. Data waktu baku untuk setiap elemen kerja, yang diperoleh melalui analisis pengamatan langsung dan pengolahan data, digunakan sebagai dasar untuk menghitung efisiensi jalur produksi, mengidentifikasi adanya ketidakseimbangan, dan kapasitas produksi.

Contoh perhitungan kapasitas produksi

$$\begin{aligned}
 \text{Capacity} &= \frac{\text{Time available per shift (seconds)}}{\text{Cycle time}} \\
 &= \frac{25200}{33,29} \\
 &= 747 \text{ Aki} \\
 &= 747 \times 19 \text{ kg} \\
 &= 14193 \text{ Kg} \\
 &= \text{Capacity per Shift} \times 60\% \\
 &= 14193 \times 60\% \\
 &= 8515,80 \text{ Kg}
 \end{aligned} \tag{2}$$

Contoh perhitungan *line balancing*

$$\begin{aligned}
 \text{LE} &= \frac{\sum_{i=1}^k ST_i}{\frac{k \times CT}{64,67}} \\
 \text{LE} &= \frac{3 \times 33,73}{64,67} \\
 \text{LE} &= 63,91\%
 \end{aligned} \tag{3}$$

Contoh perhitungan *smoothness index (SI)*

$$\begin{aligned}
 \text{SI} &= \sqrt{\sum_{i=1}^k (ST_{i_{maks}} - ST_i)^2} \\
 \text{SI} &= \sqrt{(389,58)^2 + (0)^2 + (281,81)^2} \\
 \text{SI} &= 164,25
 \end{aligned} \tag{4}$$

Hasil perhitungan kapasitas produksi dan efisiensi untuk lini mesin HC di Departemen C sebelum dilakukan perbaikan ditampilkan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Production Capacity

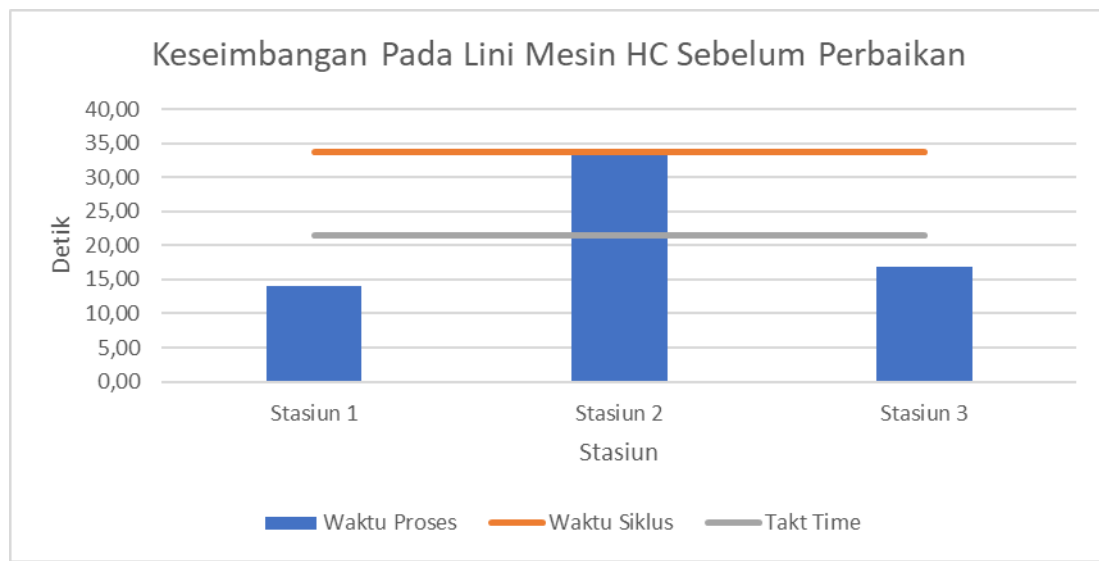
INITIAL DATA	
Time available per shift (seconds)	25200,00
Production Output Target (kg)	22392,83
Production Output Target (Batteries)	1178,00
Daily capacity (battery)	747,00
Daily input capacity (kg)	14193,00
Cycle Time (seconds)	33,73
Takt time (Detik)	21,39
Total Output (Kg/Shift)	8515,80
Operation Rate (Kg/Jam)	1216,54

Tabel 5. Line Efficiency

No	Station	Work Elements	Standard Time (Seconds)	Station Time (Seconds)	Idle (Detik)	(TI-Tmax)	LE	BD	SI
1	Operator 1	Transport from pallet to HC machine	9,77	13,99	19,74	389,58	63,91%	36,09%	164,25
		Cleaning the machine	4,22						
		Preparing for the cut	14,31						
2	Operator 2	Cutting process	9,90	33,73	0,00	0,00			
		Transport to the separation	9,53						
3	Operator 3	Separation process	16,94	16,94	16,79	281,81			
			Minimum	13,99					
			Maksimum	33,73					
			Total	64,67					
			WB(Hour)	0,02					
			Idle Time	36,53					

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa kapasitas produksi sebesar 8515,80 Kg, efisiensi lini sebesar 63,91%, dan nilai *smoothness index (SI)* sebesar 164,2.

Tingkat keseimbangan lini mesin HC sebelum perbaikan diperjelas pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik Keseimbangan Lini Produksi Mesin HC

Berdasarkan Gambar 1, ditunjukkan kondisi keseimbangan lini produksi mesin HC dimana pendistribusian elemen kerja belum merata dan stasiun 2 menjadi *bottleneck*.

3.4. Perhitungan Total Waktu Setup Awal

Sub-subbab ini membahas perhitungan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu batch produksi sebagai dasar evaluasi kinerja lini. Setelah dilakukan analisis terhadap waktu baku per unit aki, tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi dan menghitung kontribusi waktu setup atau waktu persiapan mesin terhadap keseluruhan waktu produksi.

Berikut cara menghitung waktu satu pallet, dengan 1 pallet berisi 65 aki.

$$\begin{aligned}
 \text{Total} &= \text{Waktu Siklus} \times \text{Jumlah Aki} \\
 &= 33,29 \times 65 \\
 &= 2163,80 \text{ detik}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Untuk hasil perhitungan ditampilkan pada tabel 6 dan 7.

Tabel 6. Data Awal Setup

Initial Data	
Available time per Shift (seconds)	25200,00
Shift capacity (pallets)	9,00
Cycle Time (seconds)	2800,00
Total Output (Kg/Shift)	6750,00
Operation Rate (Kg/Jam)	964,29

Tabel 7. Total Waktu Proses 1 Lot

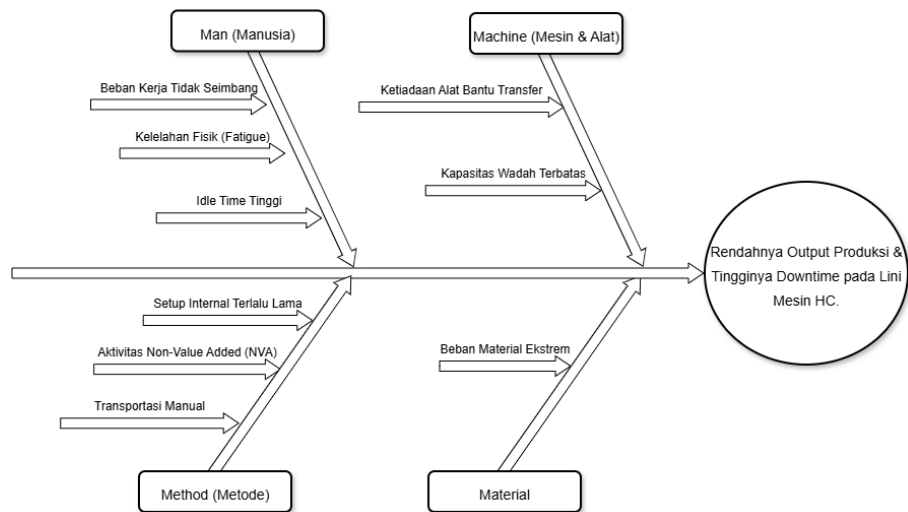
No	Work Elements	Standard Time
1	Preparing a bag to hold the battery	101,17
2	Setting up the separator	32,62
3	Placing a sack on the battery compartment	96,32
4	Placing a mat under the machine	32,58
5	Arranging battery pallets	34,28
6	Waiting for the forklift	296,91
7	Process per pallet	2192,77
8	Waiting for the new box	342,06
Total time before repair		3128,71

3.5. Diagram Fishbone

Sub subbab ini akan membahas terkait diagram fishbone. Berdasarkan hasil perhitungan kinerja aktual, diketahui bahwa lini mesin *Hydraulic Cutter* (HC) memiliki ketidakseimbangan beban kerja yang tinggi (terdapat *bottleneck*) dan waktu *downtime* yang besar.

Melakukan analisis terhadap berbagai faktor penyebab kendala yang saat ini dihadapi oleh Perusahaan XYZ pada Departemen C, khususnya yang berkaitan dengan rendahnya produksi, yaitu:

- Faktor Metode (*Method*): Faktor ini merupakan penyumbang *downtime* terbesar. Akar masalah utamanya adalah waktu *setup* internal yang terlalu lama, di mana mesin harus dimatikan saat aktivitas persiapan (seperti menunggu *forklift* dan menyiapkan karung). Selain itu, terdapat banyak aktivitas *Non-Value Added* (NVA) dan transportasi material secara manual antar stasiun yang menghambat aliran produksi (*continuous flow*).
- Faktor Mesin dan Alat (*Machine*): Rendahnya efisiensi waktu juga disebabkan oleh ketiadaan alat bantu transfer material. Hal ini memaksa operator memindahkan aki antar stasiun secara manual. Di samping itu, kapasitas wadah penampungan yang terbatas membuat frekuensi pergantian wadah menjadi tinggi, yang berujung pada berhentinya operasional mesin.
- Faktor Manusia (*Man*): Ketidakefisienan metode dan ketiadaan alat bantu berdampak langsung pada pekerja. Terdapat beban kerja yang tidak seimbang (*bottleneck*) di stasiun pemotongan. Hal ini memicu tingginya *idle time* (waktu menganggur) di stasiun lain yang harus menunggu aliran material, sekaligus memicu kelelahan fisik (*fatigue*) pada operator akibat pergerakan material yang intens.



Gambar 2. Diagram Fishbone

- Faktor Material (*Material*): Akar masalah dari beban kerja fisik pekerja bersumber dari beban material yang ekstrem. Berat satu unit aki yang mencapai 19 kg membuat proses penanganan material secara manual memakan waktu lebih lama dan mempercepat penurunan konsistensi kerja operator.

3.6. Penerapan ECRS

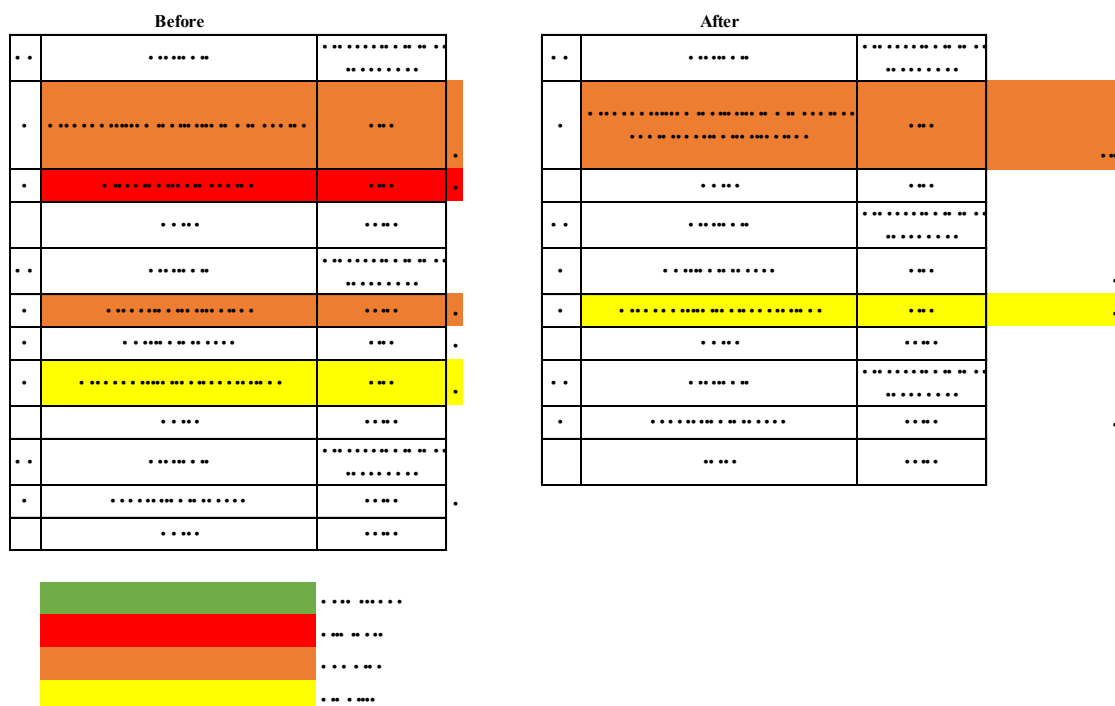
Pada subbab ini disajikan penerapan perbaikan metode kerja menggunakan ECRS (*Eliminate, Combine, Rearrange, Simplify*) sebagai salah satu tahap awal untuk perbaikan proses produksi. Dalam penerapan ini, keseimbangan lini menjadi salah satu konsep yang dipegang. Hal ini dilakukan agar metode kerja yang baru dapat mempertahankan bahkan meningkatkan efisiensi lini pada mesin *Hydraulic Cutter* (HC).

Perbaikan metode kerja (ECRS) dilakukan secara menyeluruh mulai dari stasiun 1 sampai dengan stasiun 3. Fokus perbaikan ditekankan pada stasiun 2 karena pada kondisi awal stasiun ini memiliki waktu proses yang sangat tinggi (33,73 detik) dan menjadi *bottleneck*. Tingginya waktu di stasiun 2 mengakibatkan stasiun lain tidak seimbang dan harus mengalami waktu tunggu (*idle time*) untuk memproses material selanjutnya agar produksi dapat terus berjalan. Dalam pendistribusian elemen tugas, konsep keseimbangan lini dijadikan pegangan agar beban kerja setiap stasiun merata. Setelah digunakan *ECRS based line balancing*, terjadi perpindahan dan penghapusan elemen kerja. Dimana elemen kerja *Cleaning the machine* dihilangkan (*Eliminate*), dan elemen *Preparing for the cut* di stasiun 2 ditarik dan digabungkan (*Combine*) dengan elemen transport di stasiun 1. Selain itu, elemen memindahkan barang ke area pemisahan di stasiun 2 disederhanakan (*Simplify*) waktunya dengan pembuatan alat transport seluncuran aki.

Perbaikan metode kerja (ECRS) yang dibuat dengan mempertimbangkan keseimbangan lini ditunjukkan pada Gambar 3.

3.7. Pengolahan Data Waktu Setup Menggunakan Metode SMED

Pada subbab ini, dilakukan identifikasi secara menyeluruh untuk mengonversi aktivitas *internal setup* menjadi *external setup* pada lini mesin *Hydraulic Cutter* (HC). Pendekatan ini sangat efektif karena aktivitas eksternal dieksekusi pada saat mesin masih dalam kondisi menyala atau beroperasi. Artinya, ketika mesin HC sedang melakukan proses pemotongan aki pada *batch* atau *pallet* sebelumnya, operator dapat secara paralel melakukan persiapan penanganan material.



Gambar 3. Penerapan ECRS

Tabel 8. Perubahan aktivitas setup internal menjadi setup eksternal

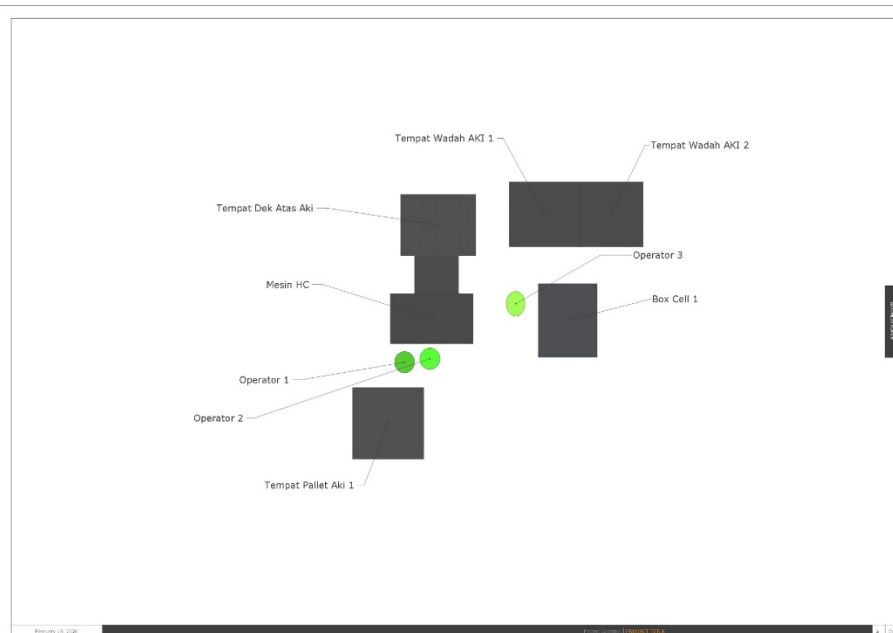
Activities	Time (Seconds)	Internal	Eksternal	Solution
Preparing a bag to hold the battery	101,17		√	Dilakukan secara paralel saat mesin melakukan proses potong.
Setting up the separator	32,62	√		Karung untuk dek atas disiapkan oleh operator saat mesin sedang melakukan proses potong.
Placing a sack on the battery compartment	96,32		√	
Placing a mat under the machine	32,58	√		
Arranging battery pallets	34,28		√	Posisi pallet cadangan diatur di area kerja tanpa mengganggu operasional mesin yang sedang berjalan.
Waiting for the forklift	296,91		√	Dengan Double Pallet, forklift meletakkan pallet cadangan di area <i>buffer</i> sebelum pallet utama habis dan penggunaan sistem kanban.
Process per pallet	1101,55	√		
Waiting for the new box	342,06		√	Dengan Double Box, persiapan box kedua dilakukan saat mesin masih memproses aki di box pertama.

Tabel 8 di atas menyajikan rancangan hasil konversi aktivitas *setup* internal menjadi *setup* eksternal pada operasional mesin *Hydraulic Cutter* (HC). Berdasarkan analisis pada tabel tersebut, diketahui bahwa terdapat beberapa proses persiapan yang sebelumnya memicu mesin berhenti (*downtime*), kini berhasil dieksternalkan sehingga dapat dilakukan secara paralel saat mesin memproses produk, di antaranya yaitu:

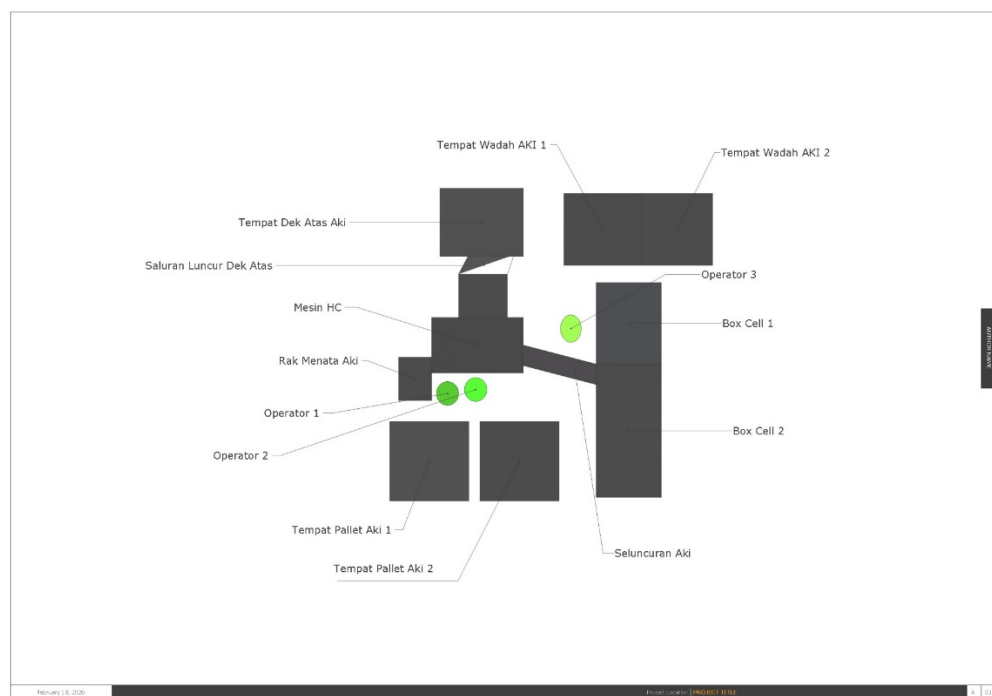
1. *Preparing a bag to hold the battery.*
2. *Placing a sack on the battery compartment.*
3. *Arranging battery pallets.*
4. *Waiting for the forklift*, yang dieliminasi waktu tungguannya melalui penerapan sistem *Double Pallet* dan penerepan sistem kanban.
5. *Waiting for the new box*, yang diatasi waktu tungguannya melalui penerapan sistem *Double Box*.

3.8. Perubahan Layout Lini Produksi Mesin HC

Sub subbab ini akan membahas terkait perubahan layout. Penerapan metode ECRS dan SMED yang telah dihitung sebelumnya tidak hanya mengubah tata cara kerja secara sistem, tetapi juga menuntut adanya modifikasi fasilitas fisik di lantai produksi. Berdasarkan evaluasi terhadap tata letak awal yang telah diuraikan sebelumnya, dirancang sebuah tata letak (*layout*) usulan guna mengakomodasi alat bantu tambahan dan kelancaran sistem penanganan material.



Gambar 4. Layout Awal



Gambar 5. Layout Perbaikan

Berdasarkan gambar 5, tata letak area kerja ada perbaikan fisik utama berupa instalasi jalur seluncur (*gravity slide/roller*) pada mesin *Hydraulic Cutter* (HC) yang dirancang dengan fungsi ganda. Pertama, fasilitas ini mengarahkan serpihan dek atas aki agar meluncur otomatis ke karung penampungan, sehingga mengeliminasi total aktivitas manual pembersihan mesin (*cleaning the machine*). Kedua, jalur seluncur difungsikan sebagai penghubung material dari staisun 2 ke 3. Selain pembuatan seluncur, tata letak area kerja juga diperluas dengan menyediakan ruang *buffer*. Penyesuaian ini memfasilitasi penerapan sistem *Double Pallet* dan *Double Box* (SMED), sehingga operator dapat menyiapkan material cadangan secara paralel (*external setup*) tanpa menginterupsi operasional mesin.

3.9. Perhitungan Waktu Proses Menggunakan MTM-1 dan Waktu Baku Baru

Waktu normal untuk metode kerja usulan divalidasi secara teoretis menggunakan *Method Time Measurement-1* (MTM-1). Pengukuran ini dilakukan dengan memetakan aktivitas manual operator ke dalam gerakan fundamental (seperti *reach*, *grasp*, *move*, dan *release*), yang kemudian dikonversi dari satuan *Time Measurement Unit* (TMU) menjadi detik (1 TMU = 0,036 detik).

Selanjutnya, waktu normal hasil perhitungan MTM-1 tersebut dikalikan dengan persentase faktor kelonggaran (*allowance*) masing-masing stasiun untuk menetapkan Waktu Baku yang baru. Rincian analisis gerakan MTM-1 dan rekapitulasi Waktu Baku usulan disajikan berturut-turut pada tabel 9 dan tabel 10.

3.10. Interpretasi Hasil

Sub subbab ini akan membahas terkaitinterpretasi hasil. Berikut tabel dari perbaikan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *line balancing* dengan ECRS dan pengurangan waktu *setup* dengan SMED.

Tabel 9. Penggunaan MTM-1

OPERATOR 1						
No	Elemen	Code	TMU	TMU	Code	Normal Time
1	1,3	W1P	15	0	-	
2		R12B	12,9	0	-	
3		G1A	2	0	-	
4		Wt	14,3	0	-	
5		W1P	15	0	-	
6		M12C	15,2	0	-	
7		Dw	7,1	0	-	
8		P1SE	5,6	0	-	
9		RL1	2	0	-	
Total TMU			89,1		x 0,036	3,21
OPERATOR 2						
No	Elemen	Code	TMU	TMU	Code	Normal Time
1	5	M12B	13,4	0	-	
2		Dw	1,5	0	-	
3		RL1	2	0	-	
Total TMU			16,9		x 0,036	0,61

Tabel 10. Waktu Baku Baru

Activities	Normal Time (Seconds/Battery)	Allowance	Standard Time for Operators (Seconds)
Transport from pallet to HC machine and preparing for the cut	3,21	0,45	5,83
Cutting process	6,43	0,35	9,90
Transport to the separation	0,61	0,35	0,94
Separation process	9,32	0,45	16,94

Tabel 11. Line Balancing Setelah Perbaikan

Proposed Data	
Time available per shift (seconds)	25200,00
Target Output Produksi (Kg)	22392,83
Target Output Produksi (Aki)	1178,00
Daily capacity (Aki)	1487,00
Daily input capacity (kg)	28253,00
Cycle Time (seconds)	16,95
Takt time	21,39
Total Output (Kg/Shift)	16951,80
Operation Rate (Kg/Jam)	2421,69

No	Workstation	Work Elements	Standard Time	Station Time	Idle	(TI-Tmax)	LE	BD	SI
1	Operator 1	Transport from pallet to HC machine and preparing for the cut	5,83	5,83	11,11	123,49			
2	Operator 2	Cutting process	9,90	10,83	6,11	37,35	66,12%	33,88%	51,71041372
3		Transport to the separation	0,94						
4	Operator 3	Separation process	16,94	16,94	0,00	0,00			
			Minimum	5,83					
			Maksimum	16,94					
			Total	33,61					
			WB(Hour)	0,01					
			Idle Time	17,23					

Tabel 12. Total waktu *setup*

DATA	
Available time per Shift (seconds)	25200,00
Shift capacity (pallets)	22,00
Cycle Time (Seconds)	1145,45
Total Output (Kg/Shift)	16500,00
Operation Rate (Kg/Jam)	2357,14

No	Work Elements	Standard Time
1	Setting up the separator	32,62
2	Placing a sack on the battery compartment	32,58
3	Process per pallet	1101,55
Total Time		1166,75

Tabel 13. Perbandingan Hasil Akhir

Attributes	Before	After
Line Efficiency	63,91%	66,12%
Balance Delay	36,09%	33,88%
Smoothness Index	164,25	51,71
Idle Time (Seconds)	36,53	17,23
Cycle Time (Seconds)	33,73	16,95
Total Processing Time for 1 Pallet (Seconds)	3128,71	1166,75
Total Output (Kg/Shift)	6750	16500

4. Conclusion

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada lini produksi mesin *Hydraulic Cutter* (HC), permasalahan utama berupa tingginya waktu *setup* internal, banyaknya aktivitas *non-value added*, dan ketidakseimbangan beban kerja telah berhasil diselesaikan secara komprehensif. Implementasi metode ECRS dan penambahan fasilitas *gravity slide* terbukti efektif meratakan beban kerja antar stasiun. Hal ini ditandai dengan penurunan *Cycle Time* secara signifikan dari 33,73 detik menjadi 16,95 detik.

Parameter keseimbangan lini juga mengalami peningkatan, yang dibuktikan dengan penurunan *Smoothness Index* (SI) dari 164,25 menjadi 51,71, serta peningkatan *Line Efficiency* (LE) dari 63,91% menjadi 66,12%.

Selain perbaikan metode kerja, penerapan SMED melalui sistem *Double Pallet* dan *Double Box* berhasil mengonversi aktivitas *setup* internal menjadi eksternal. Perbaikan ini sukses memangkas total waktu penyelesaian untuk satu *pallet* sebesar 62,7%, yaitu dari 3.128,71 detik menjadi 1.166,75 detik. Sinergi dari minimasi *downtime* dan percepatan waktu siklus ini membuahkan lonjakan proyeksi kapasitas produksi sebesar 144,4%, dari 6.750 Kg/Shift menjadi 16.500 Kg/Shift. Dari segi kualitatif, perancangan tata letak usulan berhasil mengeliminasi proses pembersihan manual dan membebaskan pekerja dari beban angkat fisik material aki seberat 19 kg, sehingga aspek ergonomi dan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) meningkat secara drastis.

Sebagai tindak lanjut, perusahaan disarankan untuk merealisasikan pembuatan *gravity slide/roller* secara fisik dan melakukan standarisasi prosedur operasi (SOP) baru terkait sistem penanganan material (*Double Pallet* dan *Double Box*) agar tingkat efisiensi yang telah diproyeksikan dapat terus dipertahankan dan penerepan sistem kanban untuk departemen C ke Gudang sehingga jadwal penggunaan *forklift* bisa lebih baik dan pesanan material dari Departemen C tidak menunggu lama.

Acknowledgements

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT XYZ, khususnya jajaran manajemen dan staf di Departemen C, atas dukungan, izin, serta fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan kerja praktik dan penelitian ini. Apresiasi khusus juga ditujukan kepada para *supervisor* dan rekan-rekan operator di lini produksi mesin *Hydraulic Cutter* (HC) atas kerja sama dan bantuannya selama proses observasi dan pengumpulan data di lantai produksi. Selain itu, penulis juga menyampaikan rasa terima kasih kepada PROF. DR. IR. Lobes Herdiman M.T. selaku dosen pembimbing, serta Program Studi Teknik Industri Universitas Sebelas Maret atas segala arahan dan bimbingan.

References

- [1] Pristianingrum, N. (2017). Peningkatan efisiensi dan produktivitas perusahaan manufaktur dengan sistem Just In Time. *ASSETS: Jurnal Ilmiah Ilmu Akuntansi, Keuangan Dan Pajak*, 1(1), 41-53.
- [2] Fauzi, A., Ramadan, R. G., Kurnia, H., Egga, D., & Zakaria, M. U. (2023). Penggunaan Non-Metallic Material di Berbagai Industri Manufaktur Indonesia Secara Tinjauan Literatur Sistematis. *Jurnal KaLIBRASI: Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 6(1), 13-21.
- [3] Setiawan, L. C. (2023). Mereduksi Waktu Setup Menggunakan Metode Smed Pada Mesin Iss Kemas Pt Phapros Tbk Semarang. *Industrial Engineering Online Journal*, 12(1).
- [4] Bârsan, R. M., & Codrea, F. M. (2019). Lean university: applying the ECRS method to improve an administrative process. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 290, p. 07003). EDP Sciences.
- [5] Cahyawati, A. N., & Prastuti, N. D. (2018). Analisis Pengukuran Waktu Kerja pada Proses Packaging Kasa Hidrofil Menggunakan Metode Stopwatch Time Study. *Prosiding SENIATI*, 4(2), 256-260.
- [6] Latief, A., Melu, P. F., Lahay, I. H., & Hasanuddin, H. (2021). Pengukuran Waktu Kerja Karyawan pada Pengemasan Es Kristal Menggunakan Metode Time Study. *Jambura Industrial Review (JIREV)*, 1(2), 48-57.
- [7] Widagdo, G. U. (2013). Analisis perhitungan waktu baku dengan menggunakan metode jam henti pada produk pulley di CV. Putra mandiri jakarta. *Jurnal Pasti*, 12, 119-136.
- [8] Tandean, K. Y., & Lukmandono, L. (2024, March). OPTIMALISASI LINI PRODUKSI PADA PRODUK EJ0078 DENGAN VSM (VALUE STREAM MAPPING) DAN METODE ERCS-BASED LINE BALANCING (ELIMINATE, COMBINE, REARRANGE, SIMPLIFY) DI PT. XYZ, SURABAYA. In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan* (Vol. 4).
- [9] Sumasto, F., Azzahra, S., Rangkuti, I. Y., Imdam, I. A., Lianny, I. K. M., & Solih, E. S. (2025). Penerapan Single-Minute Exchange of Die (SMED) untuk Penurunan Waktu Setup dan Biaya Produksi pada Injection Molding. *Jurnal Optimasi Teknik Industri (JOTI)*, 7(1), 52-57.
- [10] Fathira, Y. (2025). OPTIMALISASI PENGISIAN GAS LPG DI PT PERTAMINA PATRA NIAGA: STRATEGI UNTUK MENURUNKAN WAKTU BAKU DI TERMINAL LPG TANJUNG PRIOK. *Industrial Engineering Online Journal*, 14(3).
- [11] Nugrianto, G., Robin, M. S., Diky, R., & Demus, N. (2020). Analisis Penerapan Line Balancing untuk Peningkatan Efisiensi pada Proses Produksi Pembuatan Pagar Besi Studi Kasus: CV. Bumen Las Kontraktor. *Bulletin of Applied Industrial Engineering Theory*, 1(2).
- [12] Widagdo, G. U. (2013). Analisis perhitungan waktu baku dengan menggunakan metode jam henti pada produk pulley di CV. Putra mandiri jakarta. *Jurnal Pasti*, 12, 119-136.