



Analisis Lean Manufacturing Untuk Menurunkan Waste Waiting Pada Proses Assembly di PT. Z

David Arifin

arifindavid234@gmail.com

Universitas Pelita Bangsa

Muhamad Arman Maulana

muhamadarmanmaulana08@gmail.com

Universitas Pelita Bangsa

Feriyansah

feriyansah18072001@gmail.com

Universitas Pelita Bangsa

MD. Rafiffallah

mrafall900@gmail.com

Universitas Pelita Bangsa

Tri Ngudi W

tringudi@pelitabangsa.ac.id

Universitas Pelita Bangsa

Korespondensi penulis: *arifindavid234@gmail.com*

Abstrak. *This study aims to identify and reduce waiting waste in the assembly process of product X through the application of lean manufacturing principles. The methods employed include value stream mapping, cycle time analysis, and the implementation of 5S. Conducted at PT. Z, the results indicate several significant sources of waiting waste, such as additional movements during material disposal and retrieval, waiting for materials during the buffing process, and machine downtime during the welding bracket process. By applying lean tools such as balanced production, single minute exchange of die, and a kanban system. Furthermore, resource utilization improved, and product quality also showed enhancement. The conclusion of this research emphasizes that lean manufacturing is an effective approach to addressing waiting waste issues in the assembly process and enhancing production efficiency.*

Keywords: *Lean Manufacturing, 5S, Kanban, PDCA, Fishbone Diagram*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi waste waiting dalam proses perakitan produk X melalui penerapan prinsip lean manufacturing. Metode yang digunakan mencakup pemetaan aliran nilai, analisis waktu siklus, dan penerapan 5S. Penelitian dilaksanakan di PT. Z, dan hasilnya menunjukkan adanya beberapa sumber waste waiting yang signifikan, seperti gerakan tambahan saat membuang dan mengambil material, proses menunggu material pada tahap buffing, serta waktu tunggu mesin pada proses pengelasan bracket. Dengan penerapan alat lean seperti balanced production, single minute exchange of die, dan sistem kanban. Selain itu, tingkat pemanfaatan sumber daya meningkat dan kualitas produk juga mengalami perbaikan. Kesimpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa lean manufacturing merupakan pendekatan yang efektif untuk mengatasi masalah waste waiting dalam proses perakitan dan meningkatkan efisiensi produksi.

Kata Kunci: *Lean Manufacturing, 5S, Kanban, PDCA, Fishbone*

PENDAHULUAN

Dalam era persaingan global yang semakin ketat, perusahaan manufaktur dituntut untuk terus meningkatkan efisiensi dan produktivitas guna mempertahankan daya saing. Salah satu tantangan utama yang dihadapi oleh perusahaan manufaktur adalah waktu tunggu pada proses assembly. Waktu tunggu yang panjang tidak hanya meningkatkan biaya produksi, tetapi juga berdampak negatif pada kualitas produk, ketepatan waktu pengiriman, dan kepuasan pelanggan.

PT. Z, sebagai salah satu perusahaan manufaktur terkemuka di Indonesia yang bergerak di bidang manufaktur otomotif, juga mengalami permasalahan waktu tunggu pada proses assembly produk X. Hal ini dapat dilihat dari waktu siklus yang Panjang, area terlalu sempit di waktu yang bersamaan, MP 2 harus menunggu MP yang ada di line sebelumnya, dan job antar robot tidak ballance. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan waktu tunggu pada proses assembly produk X di PT. Z melalui penerapan prinsip-prinsip lean manufacturing. Dengan menggunakan pendekatan value stream mapping, analisis waktu siklus, dan 5S, penelitian ini akan mengidentifikasi akar penyebab waktu tunggu yang signifikan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada PT. Z dan metode pengambilan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan teknik wawancara dan observasi. Berdasarkan kajian teori dan latar belakang masalah, penelitian ini menerapkan metodologi penelitian melalui tahapan-tahapan berikut:

- a. Tahapan identifikasi waste, Dalam penelitian ini, tahap identifikasi waste bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai waste yang dihasilkan selama proses perakitan melalui kuesioner yang didasarkan pada konsep Borda. Kuesioner disusun berdasarkan kondisi dan karakteristik sistem, menilai potensi terjadinya waste (Waktu Tunggu) sekaligus memberikan bobot pada waste dengan menggunakan kriteria skor yang disesuaikan dengan peringkat tingkat frekuensinya.
- b. Memanfaatkan diagram tulang ikan untuk melakukan analisis faktor kausal yang bertujuan untuk mengidentifikasi unsur-unsur yang bertanggung jawab atas terjadinya waste dalam sistem, dengan fokus pada faktor variabel Manusia, Mesin, Metode, dan Material
- c. Menggunakan alat pemetaan aliran nilai untuk mengidentifikasi pemborosan dan mengungkap kelompok aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah yang ada dalam setiap proses di seluruh aliran nilai.
- d. Melakukan analisis kegagalan melalui analisis mode dan efek kegagalan (FMEA) dengan memeriksa nilai RPN untuk mengidentifikasi kejadian menunggu yang paling signifikan yang muncul.
- e. Rekomendasi perbaikan meningkatkan proses operasi sistem produksi bertujuan untuk mengurangi pemborosan, sehingga meningkatkan target produksi untuk memenuhi nilai Perusahaan. Hal ini dapat dicapai dengan menghilangkan penundaan dalam proses perakitan.

Lean Manufacturing merupakan suatu cara untuk peningkatan kualitas yang dilakukan dengan meminimalisir perborosan (waste) disepanjang proses produksinya. Pemborosan merupakan segala bentuk kegiatan dalam proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah pada perubahan input menjadi output (produk). Adanya kegiatan yang tidak bernilai tersebut akan mengakibatkan penggunaan sumber daya perusahaan (manusia, waktu, tenaga, material dll) menjadi tidak efisien. Oleh karena itu, dengan adanya identifikasi jenis pemborosan disetiap proses produksi, maka perusahaan dapat melakukan perbaikan secara berkelanjutan. Lean dapat diimplementasikan dengan menggunakan beberapa alai analisis (tools), antara lain:

- a. Value Stream Mapping (VSM), VSM merupakan salah satu alat dalam implementasi lean yang bertujuan untuk mengetahui aliran proses dan informasi dalam proses bisnisnya. VSM memberikan kemudahan bagi pelaksana di perusahaan untuk mengetahui proses produksi dari bahan baku sampai dengan produk siap pakai. Dengan VSM, maka penanggung jawab proses diperusahaan dapat mengetahui tentang titik kritis terjadinya penumpukan inventori dalam proses produksinya.

- b. Pull System, merupakan metode produksi yang didasarkan pada kebutuhan aktual pelanggan. Dalam sistem ini, barang diproduksi atau dikirim hanya jika ada permintaan, sehingga menghindari produksi berlebih dan mengurangi waste. Sistem tarik menggunakan alat seperti papan kanban untuk mengatur aliran material, memastikan bahwa setiap tahap dalam proses produksi hanya menerima atau memproduksi barang yang dibutuhkan untuk tahap berikutnya.
- c. Set up Reduction, set up reduction mengacu pada proses pengurangan waktu yang diperlukan untuk mempersiapkan mesin atau peralatan sehingga siap untuk produksi. Teknologi ini dirancang untuk meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi dengan mengurangi waktu henti saat berpindah dari satu proses atau produk ke proses atau produk lainnya. Metode yang umum digunakan adalah SMED (Single Minute Exchange of Die), yang membagi aktivitas setup menjadi internal (dilakukan saat mesin berhenti) dan eksternal (dilakukan saat mesin sedang berjalan)
- d. TPM (Total Production Management) merupakan pendekatan pemeliharaan yang dirancang untuk memaksimalkan produktivitas mesin dan peralatan melalui keterlibatan seluruh karyawan. TPM berfokus pada pencegahan kerusakan, mengurangi waktu henti, dan meningkatkan efisiensi operasional melalui pemeliharaan yang proaktif dan terencana.

Beberapa jenis pemborosan yang dapat diidentifikasi dalam proses produksi antara lain:

- a. *Overproduction*, adalah jenis waste yang dihasilkan oleh perusahaan yang memproduksi secara berlebihan. Keadaan ini terjadi karena kuantitas produksi perusahaan tidak sesuai dengan permintaan pelanggan
- b. *Waiting*, merupakan pemborosan yang disebabkan oleh waktu tunggu bahan, dokumen, informasi dan aspek produksi lainnya.
- c. *Unnecessary Transportation*, merupakan bentuk pemborosan yang disebabkan oleh pergerakan barang atau orang yang tidak perlu. Situasi ini menyebabkan pekerja cepat merasa lelah dan mengurangi waktu kerja yang efektif.
- d. *Overprocessing*, merupakan salah satu jenis pemborosan ketika sebuah proses atau produk diproses lebih dari yang diperlukan atau dilakukan dengan cara yang lebih kompleks daripada yang seharusnya.
- e. *Unnecessary inventory*, adalah jenis pemborosan yang terjadi karena adanya kelebihan dalam persediaan bahan baku maupun tenaga kerja.
- f. *Unnecessary motion*, adalah jenis pemborosan yang terjadi karena adanya gerakan- gerakan berlebihan yang tidak perlu.
- g. *Defect*, adalah pemborosan yang terjadi karena adanya cacat produk dalam jumlah yang berlebihan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Tabel 1 Analisis Waste

No	Problem	CT	Cause	Standard Condition
1.	Ada proses menunggu untuk melakukan proses buffing	15	Area terlalu sempit, diwaktu yang bersamaan, MP2 harus menunggu MP yang ada diline ASDF	MP tidak menunggu
2.	Masi ada waktu tunggu mesin diproses welding bracket	16	Job antar robot tidak balance	Irreguler jobs <5%

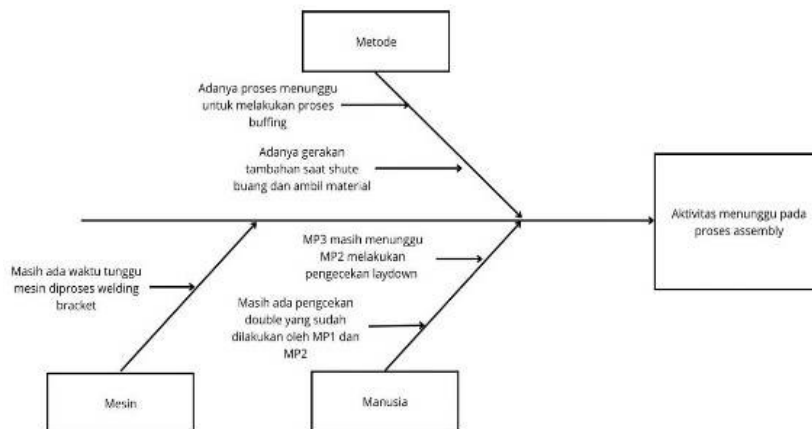
3.	MP3 masih menunggu MP2 melakukan pengecekan laydown	14	Job antar Mp Tidak balance	CT=TT
4.	Adanya gerakan tambahan saat shute buang dan ambil material	15	Material tidak tersusun secara rapih	Material tersusun secara rapih
5.	Masih ada pengecekan double yang sudah dilakukan oleh MP1 dan MP2	12	Hasil welding tidak tergaransi OK 100% secara visual oleh MP1 dan MP2	Hasil welding OK 100%

Tabel 2 Pembobotan Waste

No	Waste Waiting	Frekuensi (1-5)	Durasi (1-5)	Bobot	Prioritas
1	Ada proses menunggu untuk melakukan proses buffing	4	4	8	Tinggi
2	Masih ada waktu tunggu mesin diproses welding bracket	3	4	7	Tinggi
3	MP3 masih menunggu MP2 melakukan pengecekan laydown	3	3	6	Sedang
4	Adanya gerakan tambahan saat shute buang dan ambil material	3	3	6	Sedang
5	Masih ada pengecekan double yang sudah dilakukan oleh MP1 dan MP2	2	2	4	Rendah

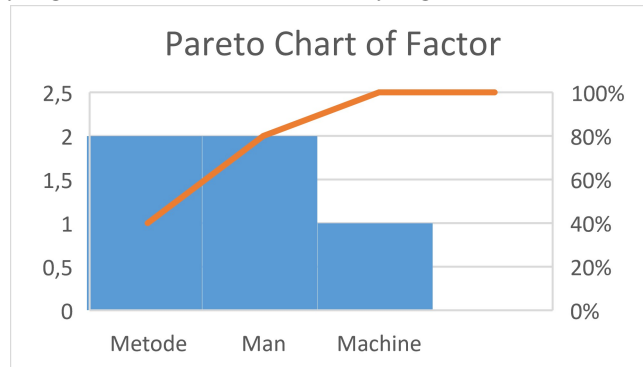
Dengan memanfaatkan data pembobotan waste yang disajikan dalam tabel 1 dan 2, wawancara dengan manajemen perusahaan dilakukan untuk mengeksplorasi hubungan antara sistem manajemen waste dan alat aliran nilai, yang bertujuan untuk mengidentifikasi alat yang tepat untuk menurunkan waktu tunggu.

Fishbone Diagram



Gambar 1 Diagram Fishbone Proses Assembly

Diagram Fishbone (gambar 1) digunakan untuk mengorganisir dan mengembangkan hipotesis mengenai kemungkinan penyebab masalah dalam suatu proses dengan mencatat semua penyebab serta efek yang ditimbulkan dari masalah yang diidentifikasi.



Gambar 2 Diagram Pareto Frekuensi Faktor

Berdasarkan diagram Pareto yang ditampilkan pada gambar 2, dapat dilihat bahwa faktor penyebab terjadinya waste waiting dipengaruhi oleh 40% faktor metode, 40% faktor manusia, dan 20% faktor mesin.

Process Activity Mapping (PAM)

Process Activity Mapping (PAM) adalah alat visual yang digunakan untuk memetakan dan menganalisis setiap aktivitas dalam suatu proses. Tujuan utama PAM adalah untuk mengidentifikasi kegiatan yang memberikan nilai tambah (value-added) serta yang tidak memberikan nilai tambah (non-value-added) dalam proses tersebut. Dengan demikian, PAM dapat membantu kita dalam mengoptimalkan proses, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan efisiensi.

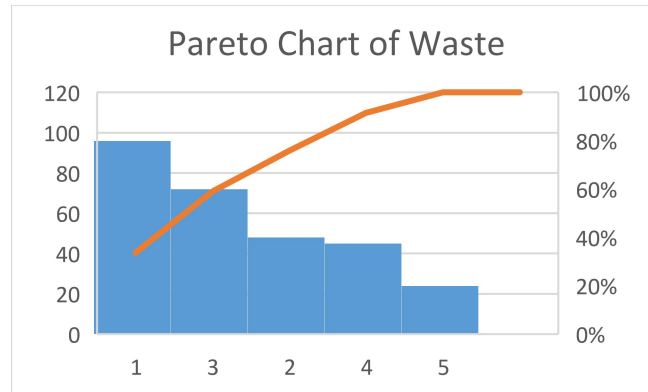
Tabel 3 Rekapitulasi PAM

VALUE	Waktu(detik)	Presentase
VA	40	55%
NNVA	15	20%
NVA	17	25%
TOTAL	72	100%

Berdasarkan tabel 3, terlihat bahwa proporsi aktivitas non-value-added (NVA) sebesar 25% merupakan angka yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada proses yang belum berjalan secara efisien, sehingga perlu menjadi perhatian khusus bagi perusahaan untuk memperbaiki proses marking-up dan cutting. Dengan memahami akar penyebab faktor-faktor tersebut, perusahaan dapat melakukan perbaikan yang diperlukan.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Melakukan analisis terhadap mode kegagalan dengan menerapkan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) bertujuan untuk mengidentifikasi masalah yang paling kritis, berdasarkan nilai tertinggi dari Risk Priority Number (RPN).



Gambar 3 Diagram Pareto Hasil FMEA

Berdasarkan hasil analisis FMEA yang ditunjukkan dalam diagram 5, diketahui bahwa proses buffing mengalami waktu tunggu terlama, dengan persentase hampir 80% dan RPN sebesar 96. Selain itu, proses welding bracket memiliki RPN sebesar 72, yang mencerminkan klasifikasi efek potensial dari penyebab kegagalan dalam operasi sistem produksi untuk memenuhi tenggat waktu. Oleh karena itu, perlu dilakukan penanganan dengan skala prioritas, di mana langkah pertama difokuskan pada waste waiting dalam proses buffing, diikuti oleh proses welding bracket.

Rekomendasi perbaikan waiting proses buffing

Permasalahan yang terjadi pada proses buffing yaitu adanya proses waiting atau menunggu saat akan melakukan proses buffing. Masalah penumpukan pekerjaan atau waktu tunggu dalam proses buffing sering kali disebabkan oleh berbagai faktor, seperti keterbatasan ruang, antrian mesin, ketidakseimbangan beban kerja, kerusakan mesin, atau ketidaksesuaian antara kapasitas mesin dan permintaan. Untuk mengatasi isu ini, diperlukan pendekatan yang menyeluruh. Salah satu langkah yang efektif adalah mengoptimalkan tata letak pabrik. Dengan merestrukturisasi posisi mesin dan jalur material secara strategis, kita dapat meminimalkan jarak tempuh material, menghindari kemacetan, dan memastikan aliran produksi lebih lancar. Selain itu, peningkatan kapasitas produksi juga sangat penting. Hal ini dapat dilakukan dengan menambah mesin baru, memperbaiki mesin yang ada, atau bahkan memperpanjang jam kerja.

Namun, optimasi fisik saja tidak cukup. Kita juga perlu memperhatikan aspek lain seperti standarisasi prosedur kerja dan pelatihan operator. Dengan memiliki prosedur yang jelas dan operator yang terlatih, kita dapat mengurangi kesalahan dan meningkatkan efisiensi. Implementasi sistem kanban juga dapat membantu dalam mengatur aliran material dengan lebih baik, sehingga mencegah kelebihan produksi dan mengurangi waktu tunggu. Pemeliharaan mesin secara berkala sangat penting untuk mencegah kerusakan dan downtime yang tidak terduga. Selain itu, analisis waktu dan gerakan dapat membantu dalam mengidentifikasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah dan menghilangkannya.

Rekomendasi perbaikan waiting pada proses welding bracket

Permasalahan yang terjadi pada proses welding bracket disebabkan oleh job antar robot tidak balance. Ketidakseimbangan beban kerja dapat menimbulkan berbagai masalah, seperti waktu tunggu yang lama, inefisiensi dalam penggunaan sumber daya, dan kualitas produk yang tidak konsisten. Untuk mengatasi masalah ini, kita perlu melakukan analisis menyeluruh terhadap proses produksi, mengidentifikasi titik-titik bottleneck, dan menyeimbangkan beban kerja di antara robot. Salah satu cara untuk melakukannya adalah dengan memetakan seluruh proses pengelasan bracket dan menghitung waktu siklus di setiap tahap. Setelah itu, kita dapat mendistribusikan pekerjaan secara merata ke semua robot dan mengatur urutan kerja yang lebih

efisien. Selain itu, meningkatkan fleksibilitas robot melalui pemrograman ulang atau penggunaan alat yang berbeda juga dapat memberikan kontribusi positif.

Rekomendasi perbaikan pada proses pengecekan laydown

Permasalahan yang terjadi adalah MP3 masih menunggu MP 2 melakukan pengecekan laydown, perbaikan yang paling tepat ialah dengan mengurangi jarak antar MC, selain mengurangi jarak antara mesin, kita dapat mengoptimalkan proses ini dengan pendekatan yang lebih komprehensif. Melakukan analisis mendalam terhadap jenis pekerjaan yang dilakukan oleh masing-masing mesin akan sangat bermanfaat. Dengan mengklasifikasikan pekerjaan berdasarkan kompleksitas dan waktu pengerjaan, kita dapat menyeimbangkan beban kerja dengan lebih efektif. Mesin yang lebih cepat dapat menangani pekerjaan yang lebih sederhana, sementara mesin yang lebih kompleks dapat fokus pada pekerjaan yang memerlukan waktu lebih lama.

Fleksibilitas mesin juga merupakan faktor kunci. Dengan memperbarui program atau menggunakan alat ukur yang lebih modular, mesin dapat menjalankan berbagai jenis tugas. Hal ini memberikan fleksibilitas dalam pengaturan jadwal produksi dan mengurangi waktu tunggu.

Optimasi urutan kerja juga sangat penting. Algoritma penjadwalan yang canggih dapat membantu menyusun urutan pekerjaan secara optimal, meminimalkan waktu tunggu, dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan. Menyediakan buffer stock untuk pekerjaan tertentu juga bisa menjadi solusi untuk menghadapi fluktuasi beban kerja yang tidak terduga.

Sistem Informasi Produksi (SIP) memiliki peran penting dalam memantau kinerja setiap mesin secara real-time. Dengan SIP, kita dapat mendeteksi potensi masalah sebelum terjadinya penumpukan pekerjaan dan mengambil tindakan korektif. Pelatihan operator juga sangat penting; operator yang terlatih dan memiliki prosedur kerja yang jelas akan meningkatkan efisiensi dan mengurangi kemungkinan kesalahan

Rekomendasi perbaikan gerakan tambahan saat shute buang dan ambil material

Rekomendasi untuk mengurangi gerakan tambahan selama proses pengambilan dan pembuangan material, kita perlu menciptakan lingkungan kerja yang efisien dan teratur. Penerapan prinsip 5S, Monozukuri, dan Kaizen dapat menjadi solusi yang efektif. Dengan 5S, kita merapikan area kerja, membuang barang-barang yang tidak diperlukan, dan mengatur tata letak dengan lebih efisien. Monozukuri mendorong kita untuk terus meningkatkan kualitas dan efisiensi proses, sedangkan Kaizen memastikan bahwa kita selalu mencari cara untuk memperbaiki proses secara berkelanjutan.

Dengan mengintegrasikan ketiga prinsip ini, kita dapat mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan, meningkatkan efisiensi, serta meningkatkan kualitas produk. Bisa kita implementasikan dengan penggunaan rak ergonomis, menciptakan jalur yang jelas untuk pergerakan material, dan memberikan pelatihan kepada pekerja tentang teknik pengangkatan yang benar. Selain itu, penerapan sistem kanban seperti warna, name plate material atau simbol juga dapat membantu dalam memudahkan identifikasi lokasi penempatan material.

Rekomendasi perbaikan pengecekan double yang dilakukan oleh MP1 dan MP2

Pengecekan ganda yang dilakukan oleh MP1 dan MP2 dapat mengakibatkan inefisiensi, meningkatkan biaya operasional, serta meningkatkan risiko kesalahan. Hal ini biasanya disebabkan oleh kurangnya koordinasi, sistem informasi yang tidak terintegrasi, atau alur kerja yang kurang optimal. Untuk mengatasi masalah pengecekan ganda ini, kita dapat menerapkan sistem visualisasi berbasis kamera. Dengan mengintegrasikan kamera di titik-titik kritis dalam proses produksi, kita dapat memantau kualitas produk secara real-time dan otomatis.

Integrasi teknologi kamera sebagai alat inspeksi otomatis dapat mengatasi masalah pengecekan ganda antara MP1 dan MP2. Dengan kamera yang dilengkapi sistem pengenalan

visual, proses pengecekan dapat dilakukan dengan akurasi dan konsistensi sejak di MP1, sehingga hasil inspeksi bisa langsung digunakan oleh MP2 tanpa perlu pengulangan. Teknologi ini memungkinkan deteksi cacat atau ketidaksesuaian secara real-time, sekaligus mengurangi ketergantungan pada pengecekan manual yang berisiko menimbulkan duplikasi. Selain itu, data dari kamera dapat langsung terintegrasi dengan sistem pemantauan produksi, mempermudah pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi keseluruhan lini kerja.

KESIMPULAN

Lean merupakan sebuah pendekatan untuk meningkatkan kualitas yang bertujuan mengurangi pemborosan dalam proses produksi, sehingga sumber daya perusahaan dapat dimanfaatkan secara optimal. Penerapan metode lean melibatkan berbagai alat, seperti Value Stream Mapping (VSM) untuk memetakan alur proses, Pull System yang berfokus pada produksi sesuai permintaan, Set-Up Reduction untuk mempersingkat waktu pengaturan mesin, serta Total Productive Maintenance (TPM) untuk memastikan kinerja mesin tetap optimal. Terdapat beberapa jenis pemborosan yang sering ditemukan, antara lain overproduction (produksi berlebihan), waiting (waktu tunggu), unnecessary transportation (transportasi tidak perlu), overprocessing (proses berlebihan), unnecessary inventory (persediaan berlebihan), unnecessary motion (gerakan tidak perlu), dan defect (produk cacat). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan dalam proses perakitan di PT. Z melalui wawancara, observasi, dan distribusi kuisioner. Analisis penyebab pemborosan dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone, pemetaan aliran nilai melalui Value Stream Mapping (VSM), serta analisis kegagalan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa waste waiting adalah jenis pemborosan yang paling signifikan, dengan penyebabnya terdiri dari 40% terkait metode, 40% terkait manusia, dan 20% terkait mesin. Melalui analisis menggunakan Process Activity Mapping (PAM) dan Supply Chain Risk Management (SCRM), ditemukan bahwa proses buffing memiliki Risk Priority Number (RPN) tertinggi yaitu 96, diikuti oleh proses pengelasan bracket dengan RPN 72, pengecekan laydown dengan RPN 48, gerakan tambahan saat membuang dan mengambil material dengan RPN 45, serta pengecekan ganda oleh MP1 dan MP2 dengan RPN 24. Berdasarkan hasil FMEA, disimpulkan bahwa fokus utama perbaikan adalah waste waiting pada proses buffing, diikuti oleh proses pengelasan bracket. Rekomendasi perbaikan dalam berbagai proses produksi bertujuan untuk mengurangi pemborosan, meningkatkan efisiensi, dan mencapai target produksi yang optimal. Pada proses buffing, perbaikan dilakukan dengan mengoptimalkan tata letak, menambah kapasitas mesin, standarisasi prosedur kerja, serta pemeliharaan rutin untuk mencegah downtime. Dalam welding bracket, solusi difokuskan pada penyeimbangan beban kerja antar robot, pengoptimalan urutan kerja, dan peningkatan fleksibilitas alat. Untuk pengecekan laydown, perbaikan mencakup pengurangan jarak antar mesin, optimalisasi urutan kerja, dan penggunaan sistem informasi produksi untuk memantau kinerja secara real-time. Pada gerakan tambahan, efisiensi ditingkatkan melalui penerapan prinsip 5S, Kaizen, dan sistem visual untuk menciptakan area kerja yang lebih teratur dan ergonomis. Terakhir, untuk mengatasi masalah pengecekan ganda, teknologi kamera dengan inspeksi otomatis diusulkan guna meningkatkan akurasi, mengintegrasikan data produksi, dan mengurangi ketergantungan pada pemeriksaan manual. Pendekatan ini menyeluruh untuk memastikan proses produksi lebih lancar dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Pratama, R. A., & Al Faritsy, A. Z. (2024). Optimalisasi Proses Produksi Briket dengan Metode Lean Manufacturing: (Studi Kasus: CV Harico). *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, 3(2), 220-229.
- Putra, D. A. (2019). Implementation of Lean Manufacturing with tool Value Stream Mapping Segment 1160 at PT. ETA Indonesia (Doctoral dissertation, Untag 1945 Surabaya).
- Sarjono, S., & Supratman, J. (2021). Meminimasi Waste Pada Pembuatan Oil Seal Dengan Pendekatan Lean Manufacturing (Studi Kasus Proses Produksi Oil Seal Line SIM di PT. NOK Indonesia). *Kocenin Serial Konferensi*, (1), 2(1).
- Laila, P. (2024). Penerapan Lean Manufacturing Untuk Meminimalkan Waste pada Bagian Produksi di PT. Mechmar Jaya Industri (JTII), 2(1).
- Lestari, R. C., Handayani, K. F., Firmansyah, G. G., & Fauzi, M. (2022). Upaya Meminimalkan Cacat Produk Dengan Implementasi Metode Lean Six Sigma: Studi Kasus PT. XYZ. *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika*, 2(1), 82-92.
- Fole, A., & Kulsaputro, J. (2023). Implementasi Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Waste Pada Proses Produksi Sirup Markisa. *Journal of Industrial Engineering Innovation*, 1(1), 23-29.
- Wijaya, W. (2024). Penerapan Lean Manufacturing untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi. *Circle Archive*, 16.