

Implementation of Lean and Green Manufacturing to Minimize Waste in Industrial Machine Spare Part Production

[Penerapan Lean and Green Manufacturing untuk Meminimalkan Waste pada Produksi Sparepart Mesin Industri]

Muhammad Salammudin Al Faruq¹⁾, Indah Apriliana Sari Wulandari^{*2)}

¹⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: indahapriliana@umsida.ac.id

Abstract. CV Pesona Wijaya Seal Tulangan is a manufacturing company that produces spare parts for industrial machines using a make to order system. Production processes that are still dominated by manual activities and conventional machines cause inconsistencies in cycle times, high levels of non-value added activities, and potential waste of energy and materials. This research aims to increase productivity through a Lean and Green Manufacturing approach. The methods used include Value Stream Mapping (VSM), Process Activity Mapping (PAM), and fishbone analysis to identify the root causes of waste. The research results show that the highest waste is waiting at 13%. After improvements were made, waste waiting decreased to 7%. In the current state conditions, the cycle time is 7,930 seconds with a value added ratio of 70%. After improvements were made in the form of balancing process capacity, standardizing setup, and reducing bottlenecks, cycle time decreased 38% to 4,910 seconds and the value added ratio increased to 75%. The lean and green approach has been proven to be able to increase productivity while reducing energy and material waste.

Keywords - productivity, lean manufacturing, green manufacturing, value stream mapping, waste.

Abstrak. CV Pesona Wijaya Seal Tulangan merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi spare part mesin industri dengan sistem make to order. Proses produksi yang masih didominasi aktivitas manual dan mesin konvensional menyebabkan ketidakkonsistenan waktu siklus, tingginya aktivitas non value added, serta potensi pemborosan energi dan material. Penelitian ini bertujuan meminimalkan waste pada proses produksi sparepart mesin industri melalui pendekatan Lean and Green Manufacturing. Metode yang digunakan meliputi Value Stream Mapping (VSM), Process Activity Mapping (PAM), serta analisis fishbone untuk mengidentifikasi akar penyebab waste. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waste tertinggi adalah waiting sebesar 13%. Setelah dilakukan perbaikan waste waiting menurun menjadi 7%. Pada kondisi current state diperoleh cycle time sebesar 7.930 detik dengan value added ratio 70%. Setelah dilakukan perbaikan berupa penyeimbangan kapasitas proses, standarisasi setup, dan pengurangan bottleneck, cycle time menurun 38% menjadi 4.910 detik dan value added ratio meningkat menjadi 75%. Pendekatan lean and green terbukti mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi pemborosan energi dan material.

Kata Kunci - produktivitas, lean manufacturing, green manufacturing, value stream mapping, waste.

I. PENDAHULUAN

CV Pesona Wijaya Seal Tulangan merupakan perusahaan manufaktur skala kecil yang bergerak dalam produksi berbagai jenis spare part mesin industri. Perusahaan ini menjalankan proses produksinya berdasarkan sistem make to order, sehingga seluruh output disesuaikan dengan permintaan pelanggan. Dengan jumlah tenaga kerja sebanyak 20 orang, operasional di perusahaan ini masih didominasi oleh aktivitas manual dan penggunaan mesin bubut konvensional. Kondisi tersebut menyebabkan ketidakkonsistenan waktu siklus produksi antar operator, karena sangat bergantung pada keterampilan individu, sehingga waktu penyelesaian pesanan sulit diprediksi dan target produksi tidak selalu tercapai. Selain itu, proses kerja yang belum terstandarisasi dengan baik memicu tingginya aktivitas *non value added*, seperti waktu menunggu antar proses, gerakan kerja yang tidak efisien, serta perpindahan material yang berulang.

Permasalahan ini penting untuk dikaji karena produktivitas berperan krusial dalam mempertahankan daya saing industri manufaktur, khususnya pada perusahaan skala kecil yang dituntut untuk mampu bersaing dari aspek mutu produk, kecepatan proses produksi, serta efisiensi biaya. Selain itu, proses produksi yang masih dilakukan secara manual cenderung memunculkan berbagai bentuk pemborosan (*waste*), serta pemanfaatan energi yang belum optimal. Jika kondisi ini dibiarkan, maka perusahaan akan mengalami kesulitan menjaga stabilitas output, meningkatkan kapasitas produksi, serta menekan biaya operasional. Maka dari itu jika tingkat produktivitas di perusahaan rendah,

maka perusahaan tidak akan mampu mencapai target kerja yang telah ditetapkan dan akan kesulitan bersaing dalam dunia industri yang kompetitif [1].

Berdasarkan kondisi di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan, ditemukan bahwa aliran proses kerja belum optimal, serta masih tingginya aktivitas *non value added* terutama pada proses pembubutan dan proses pendukung lainnya. Untuk mengurangi pemborosan (*waste*) yang terjadi pada proses pembubutan dan proses pendukung lainnya. CV Pesona Wijaya Seal Tulangan telah melakukan beberapa langkah perbaikan operasional yaitu mulai menerapkan standar waktu kerja dasar untuk beberapa jenis produk guna mengurangi ketidak konsistenan waktu produksi antar operator. Selain itu, perusahaan meningkatkan pengawasan kualitas melalui inspeksi produk pada setiap *batch* produksi untuk menekan potensi cacat sebelum proses berlanjut ke tahap berikutnya.

Hasil dari berbagai upaya perbaikan tersebut menunjukkan adanya pengurangan tingkat produk cacat serta peningkatan ketepatan waktu dalam penyelesaian pesanan, walaupun capaian yang diperoleh masih tergolong terbatas. Di sisi lain, waktu tidak produktif dan aktivitas yang tidak bernilai tambah masih relatif tinggi, disebabkan proses kerja yang masih sangat bergantung pada keterampilan manual operator dan belum didukung oleh sistem aliran proses yang terstruktur. Kondisi ini mengindikasikan bahwa perusahaan memerlukan pendekatan perbaikan yang lebih menyeluruh dan terintegrasi, seperti *Lean and Green Manufacturing*, guna meminimalkan pemborosan secara menyeluruh serta mengoptimalkan produktivitas operator.

Penerapan *Lean and Green Manufacturing* diperlukan untuk mengidentifikasi aktivitas atau proses yang tidak memberikan nilai tambah sekaligus meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan. *Lean* merupakan suatu pendekatan terstruktur untuk melakukan peningkatan secara berkesinambungan dengan fokus pada identifikasi dan eliminasi berbagai bentuk pemborosan, baik yang berasal dari aktivitas maupun penggunaan sumber daya, yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk [2]. Sedangkan *green Manufacturing* menekankan proses produksi yang mampu menghasilkan produk dengan dampak lingkungan yang serendah mungkin, melalui pemanfaatan energi dan sumber daya alam secara efisien [3]. oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi pengelolaan terhadap faktor-faktor penyebab aktivitas non-value added pada proses produksi spare part mesin industri.

Penelitian yang dilakukan oleh Arsa menunjukkan keberhasilan penerapan pendekatan Lean Manufacturing melalui metode *Value Stream Mapping* (VSM) dan Kaizen untuk mengidentifikasi serta meminimalkan pemborosan pada proses produksi tas kulit, namun penelitian tersebut masih terbatas pada aspek peningkatan efisiensi waktu dan pengurangan aktivitas *non value added* tanpa mempertimbangkan aspek lingkungan serta belum dilakukan pada sektor industri komponen teknik yang memiliki karakteristik proses dan jenis *waste* yang berbeda, terutama *waste* berupa penggunaan energi, bahan kimia pelumas, dan limbah material logam [4]. Sementara itu, Wulandari menunjukkan bahwa integrasi *lean* dan *green* mampu meningkatkan kinerja lingkungan dan produktivitas secara simultan, namun studi tersebut difokuskan pada industri pangan dan belum meninjau secara spesifik sektor manufaktur *spare part* yang memiliki karakteristik proses, limbah, serta penggunaan energi yang berbeda [5]. Oleh karena itu, masih terdapat celah penelitian (*research gap*) mengenai bagaimana pendekatan *lean and green manufacturing* dapat diimplementasikan secara tepat untuk meningkatkan produktivitas proses produksi spare part industri, yang membutuhkan strategi perbaikan sistem produksi sekaligus pengelolaan lingkungan yang lebih spesifik dan terukur.

Dengan adanya berbagai permasalahan tersebut, Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai jenis *waste* yang terjadi pada proses produksi *spare part* mesin industri di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan, serta merumuskan usulan perbaikan berbasis *lean and green manufacturing* guna meningkatkan produktivitas. Dalam upaya tersebut, dilakukan analisis terhadap aktivitas yang tergolong *value added* (VA) dan *non value added* (NVA) untuk meminimalkan pemborosan sekaligus mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategis dalam meningkatkan efisiensi produksi yang tidak hanya efektif secara operasional, tetapi juga berkelanjutan bagi perusahaan.

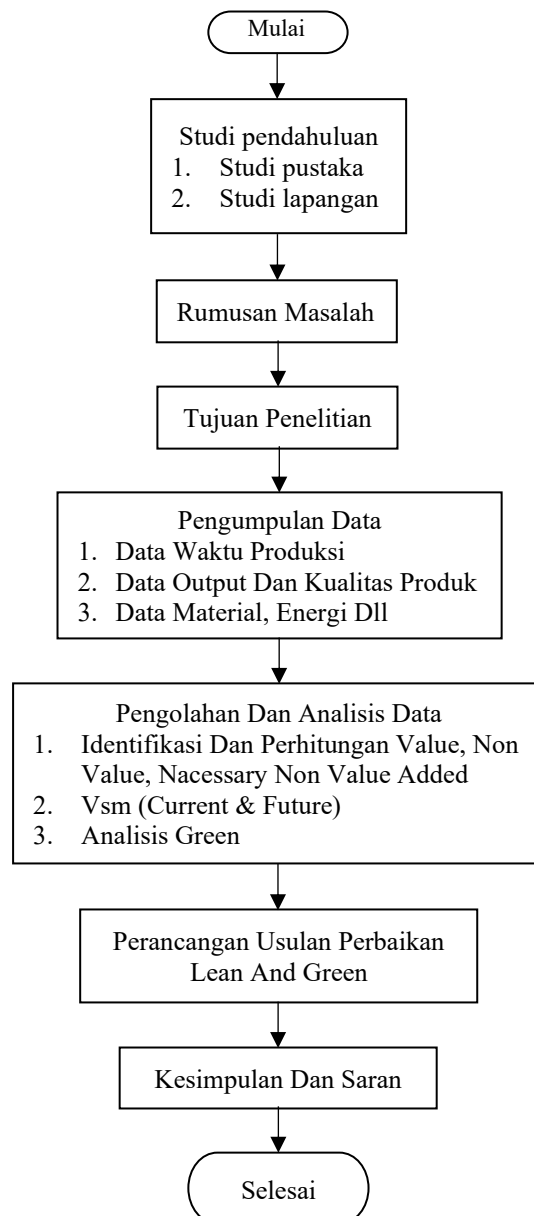
II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan, Kabupaten Sidoarjo, dengan fokus pada proses produksi *As Stoper Gripper* TPH. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif dengan studi kasus, yang bertujuan untuk mengidentifikasi pemborosan (*waste*) serta merumuskan usulan perbaikan berbasis *Lean and Green Manufacturing*. Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan melalui pengamatan langsung di area produksi dengan tujuan mengidentifikasi aliran material, aktivitas operator, kondisi mesin, serta durasi proses pada setiap stasiun kerja. Selain itu, wawancara juga dilakukan dengan kepala pengawas dan operator produksi untuk memperoleh informasi mengenai hambatan operasional, variasi waktu kerja, serta faktor-faktor penyebab terjadinya pemborosan. Data sekunder dikumpulkan dari berbagai dokumen perusahaan, seperti catatan produksi masa lalu, jumlah hasil produksi, tingkat kecacatan produk, serta penggunaan bahan baku dan energi. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisis dengan pendekatan *Lean Manufacturing* menggunakan metode *Value Stream Mapping* (VSM) guna memetakan aliran

material dan informasi mulai dari bahan baku hingga menjadi produk akhir. Selanjutnya, dilakukan Process Activity Mapping (PAM) untuk mengelompokkan aktivitas ke dalam kategori *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary Non Value Added* (NNVA). Untuk mengetahui penyebab utama pemborosan, digunakan analisis diagram fishbone dengan mempertimbangkan faktor manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

Hasil analisis tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan. Pendekatan Green Manufacturing turut diterapkan dengan mengevaluasi dampak pemborosan terhadap penggunaan energi, konsumsi material, serta potensi timbulan limbah. Dengan demikian, metodologi penelitian ini tidak hanya menitikberatkan pada peningkatan efisiensi operasional, tetapi juga pada upaya peningkatan kinerja lingkungan yang berkelanjutan.

Pada penelitian ini terdapat alur yang digunakan sebagai acuan proses berjalannya penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Lean Manufacturing adalah suatu metode terstruktur yang bertujuan untuk menemukan serta menghapus segala bentuk kegiatan tidak bernilai tambah (*waste*) melalui proses peningkatan yang dilakukan secara terus-menerus, dengan menitikberatkan pada kelancaran aliran produk sesuai permintaan pelanggan guna mencapai hasil yang optimal [6][7]. Pemborosan tidak hanya berkaitan dengan bahan yang tersisa atau terbuang, tetapi juga mencakup penggunaan sumber daya lainnya secara lebih luas, seperti waktu, energi, dan ruang kerja [8].

Tujuan utama penerapan konsep ini adalah menekan biaya produksi melalui pembentukan sistem kerja yang lebih efisien, yaitu memproduksi sesuai kebutuhan pelanggan secara tepat waktu dengan menghapus berbagai bentuk

pemborosan seperti kelebihan produksi, waktu menunggu, aktivitas transportasi yang tidak perlu, proses yang berlebihan, gerakan yang tidak efisien, serta cacat pada produk [9].

Salah satu metode dalam lean adalah *Value Stream Mapping* (VSM). Value stream mapping (VSM), atau yang juga dikenal sebagai *Big Picturing Mapping* merupakan metode dalam *lean manufacturing* yang berfungsi untuk menggambarkan serta menganalisis aliran material dan informasi pada proses produksi mulai dari bahan baku hingga menjadi produk akhir [10]. *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk menggambarkan secara menyeluruh aliran proses produksi dan arus informasi pada setiap bagian kerja, serta menyusun rancangan kondisi ideal di masa depan dengan performa yang lebih optimal [11][12]. Berikut adalah langkah-langkah dalam pembuatan *value stream mapping* (VSM)[13]:

1. Mengidentifikasi serta menggambarkan seluruh pihak yang berperan dalam kegiatan produksi.
2. Menyajikan setiap tahapan dalam *Value Stream Mapping* (VSM) dan menentukan jenis serta arah aliran informasi dari masing-masing proses.
3. Mencantumkan jumlah tenaga kerja yang terlibat.
4. Menghitung waktu proses dengan cara mengalikan jumlah produk dalam satu batch dengan rata-rata waktu pengerjaan per unit.
5. Menyusun diagram waktu untuk memisahkan aktivitas yang bernilai tambah dan yang tidak bernilai tambah pada bagian bawah VSM, kemudian menghitung persentase nilai tambah dari keseluruhan aktivitas.

Green Manufacturing (manufaktur hijau) adalah pendekatan yang bertujuan menciptakan sistem berkelanjutan dengan meningkatkan aspek lingkungan pada proses industri serta produk yang dihasilkan, sehingga mampu menekan atau mencegah pencemaran udara, air, dan tanah, mengurangi volume limbah, serta meminimalkan risiko bagi manusia maupun makhluk hidup lainnya[14]. Konsep ini meliputi pemanfaatan sumber daya secara optimal, meminimalkan timbulan limbah, serta mengintegrasikan teknologi berwawasan lingkungan pada setiap tahap siklus hidup produk, mulai dari proses perancangan hingga penanganan akhir atau pembuangannya[15].

Green Manufacturing perlu menghasilkan produk melalui pendekatan yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, memaksimalkan efisiensi penggunaan energi dan bahan baku, menciptakan kondisi kerja yang aman bagi pekerja, masyarakat, serta konsumen, dan memberikan kontribusi yang menguntungkan bagi aspek ekonomi[16].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aliran Fisik Produk

Aliran proses produksi as stoper gripper tph terdiri dari 4 divisi, yaitu pemotongan, pembubutan, milling, dan pengerasan.

1. Proses Pemotongan

Material dari gudang bahan baku dialirkan ke proses pemotongan. Tujuan proses ini adalah membentuk ukuran awal benda kerja sesuai spesifikasi desain. Waktu siklus (*cycle time*) pada proses ini relatif lebih singkat dibanding proses berikutnya, sehingga berfungsi sebagai tahap persiapan material. Setelah pemotongan, komponen ditempatkan sementara sebelum diteruskan ke proses berikutnya.

2. Proses Pembubutan

Komponen hasil pemotongan masuk ke proses pembubutan untuk pembentukan dimensi presisi menggunakan mesin bubut. Tahap ini memiliki waktu proses yang lebih panjang karena melibatkan pengerjaan detail geometris produk. Pembubutan menjadi salah satu proses inti yang menentukan kualitas dimensi produk. Setelah selesai, produk mengalir ke area antrian sebelum proses milling.

3. Proses Milling

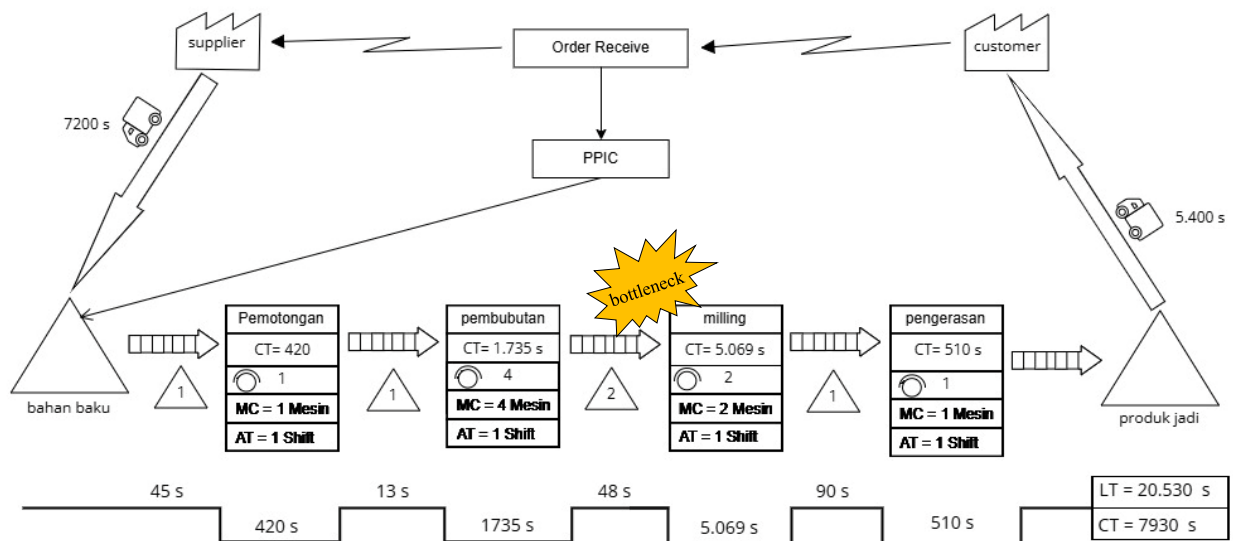
Pada proses milling, produk mengalami pengerjaan lanjutan untuk membentuk permukaan, alur, atau fitur tertentu. Proses ini merupakan tahap dengan waktu pengerjaan terbesar dalam aliran produksi, sehingga berpotensi menjadi bottleneck. Pengendalian aliran material sangat penting agar tidak terjadi penumpukan.

4. Proses Pengerasan

Produk yang telah melalui *milling* masuk ke proses pengerasan untuk meningkatkan kekuatan material sesuai standar produk. Tahap ini memastikan produk memiliki ketahanan mekanik yang memadai. Setelah pengerasan, komponen siap dipindahkan ke area produk jadi.

B. *Current State Mapping*

Current state value stream mapping (VSM) menggambarkan kondisi aktual aliran material dan informasi pada proses produksi. Pemetaan ini disusun untuk memberikan visualisasi menyeluruh mengenai urutan proses, waktu siklus, serta hubungan antar aktivitas mulai dari penerimaan bahan baku hingga produk jadi. Pemetaan aliran produksi pada perusahaan dapat di lihat pada gambar 2.



Gambar 2. Current State Mapping

Gambar 2 menunjukkan *value stream mapping* (VSM) *current state* proses produksi As Stoper Gripper TPH di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan. Berdasarkan pemetaan tersebut, diperoleh total *lead time* sebesar 20.530 detik atau 5,7 jam, *cycle time* sebesar 7.930 detik atau 2,2 jam dan *value added time* sebesar 5518 detik. Aliran produksi terdiri dari proses pemotongan (420 detik), pembubutan (1.735 detik), *milling* (5.069 detik), dan pengerasan (510 detik). Proses *milling* menjadi *bottleneck* karena memiliki *cycle time* paling besar dibandingkan proses lainnya, sehingga berpotensi menyebabkan dan meningkatnya waktu tunggu antar stasiun kerja.

C. Proses Activity Mapping (PAM)

Proses Activity Mapping (PAM) menyajikan rincian aktivitas pada setiap tahapan proses produksi yang meliputi pemotongan, pembubutan, *milling*, dan pengerasan. Setiap aktivitas diidentifikasi berdasarkan jenis kegiatannya, waktu yang dibutuhkan, serta pengelompokan ke dalam kategori *Value Added* (VA), *Non Value Added* (NVA), dan *Necessary Non Value Added* (NNVA). Penyusunan tabel ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai aliran kerja aktual di rantai produksi, sehingga dapat diketahui aktivitas yang memberikan nilai tambah maupun yang berpotensi menimbulkan pemborosan. Informasi ini menjadi dasar penting dalam analisis efisiensi proses dan perencanaan perbaikan berkelanjutan. Jenis pemborosan berdasarkan 5 jenis aktivitas, yaitu Operation (O), Transportation (T), Inspection (I), Save (S), dan Delay (D). Tabel analisa PAM disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Proses Activity Mapping (PAM).

no	proses	aktivitas	Aktivitas					Waktu (s)			CT efektif (s)
			O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA	
1		Pengambilan bahan dari gudang		T				45			
2	Pemotongan	Pengukuran & penandaan				I					75
3		Setting mesin potong				S					90
4		Proses pemotongan	O					210			465
5		Pemeriksaan hasil potong				I					45
6		Pengambilan material dari stasiun pemotongan		T				13			
7	Pembubutan	Pemasangan benda kerja				S					131
8		Setting pahat & parameter				S					185
9		Pembubutan kasar	O					783			1748
10		Pembubutan finishing	O					484			
11		Pembersihan serpihan	O								71
12		Pemeriksaan dimensi				I					83
13	Milling	Pengambilan dari stasiun pembubutan		T				48			5117

14		Penjepitan benda kerja	S		426		
15		Setting tool & posisi	S		555		
16		Proses <i>milling</i> utama	O	2769			
17		<i>Milling</i> finishing	O	898			
18		Pembersihan hasil <i>milling</i>	O		183		
19		Pemeriksaan hasil <i>milling</i>	I		239		
20		Pengambilan dari stasiun <i>milling</i>	T		90		
21		Pembersihan permukaan	O		75		
22	pengerasan	Pemanasan	O	240		600	
23		Pendinginan (<i>quenching</i>)	O	135			
24		Pemeriksaan visual	I		60		
total				5518	195	2218	7930

Berdasarkan tabel tersebut, total waktu produksi pada kondisi *current state* adalah 7.930 detik, dengan rincian waktu VA sebesar 5.518 detik, NVA sebesar 195 detik, dan NNVA sebesar 2.218 detik. Distribusi ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar waktu produksi telah digunakan untuk aktivitas bernilai tambah, masih terdapat proporsi waktu yang cukup signifikan pada aktivitas NNVA dan NVA, terutama pada proses pembubutan dan *milling*. Kondisi ini mengindikasikan adanya peluang perbaikan melalui pengurangan waktu setup, transportasi, serta aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah guna meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses produksi secara keseluruhan.

Tabel 3. Hasil VA, NVA, NNVA

Kategori	jumlah aktivitas	Total waktu (detik)	Persentase (%)
VA (<i>Value Added</i>)	7	5.518	70%
NNVA (<i>Necessary Non Value Added</i>)	13	2.218	28%
NVA (<i>Non Value Added</i>)	4	195	2%
Total	24	7.930	100%

Berdasarkan hasil tabel 3 pada proses analisis hasil VA, NVA dan NNVA, diketahui presentase *value added* sebesar 70%, dengan 7 aktivitas, untuk kegiatan yang tidak memberikan nilai tambah memiliki presentase 28% dengan 13 aktivitas dan aktivitas yang tidak ada nilai tambah tapi diperlukan dalam proses produksi sebesar 2% dengan 4 aktivitas.

D. Identifikasi Waste

Identifikasi *waste* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil identifikasi *waste lean and green*

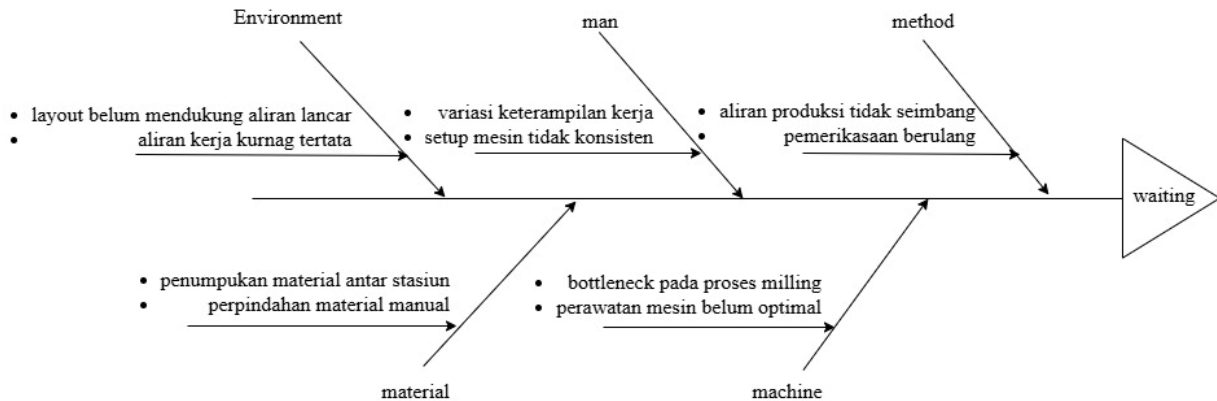
<i>Lean Waste</i>	Durasi (s)	Persentase	<i>Outcome</i> (dampak operasional)	<i>Green Waste</i> (Dampak Lingkungan)
<i>Waiting</i>	1025	13%	Waktu tunggu akibat antrian proses, setting mesin, dan penyesuaian parameter sebelum pengerjaan	Konsumsi energi listrik mesin saat idle, pemborosan energi tanpa menghasilkan output
<i>transportation</i>	0	0%	-	Tidak ada pemborosan energi atau emisi akibat perpindahan material
<i>Motion</i>	962	12%	Gerakan operator saat penjepitan benda kerja, pengambilan alat, dan penyesuaian posisi kerja	Pemborosan energi manusia dan potensi peningkatan kelelahan kerja
<i>Overprocessing</i>	427	5,4%	Pemeriksaan berulang dan pembersihan hasil proses yang tidak menambah nilai langsung	Penggunaan energi, cairan pembersih, dan material pendukung secara berlebih
<i>Inventory</i>	2	0,03%	Penumpukan material antar proses karena perbedaan waktu pengerjaan tiap stasiun	Penggunaan ruang penyimpanan berlebih, potensi kerusakan material, dan pemborosan energi penyimpanan

<i>overproduction</i>	0	0%	-	Tidak ada pemborosan bahan baku dan energi akibat produksi berlebih
<i>Defect</i>	7	1,29%	Ketidakesesuaian dimensi/kerusakan pada saat pengerjaan	Pemborosan material logam, energi proses ulang, dan peningkatan limbah produksi

Dari data analisa tabel didapatkan *waste* tertinggi yakni pada proses *waiting*, dimana didapatkan presentase sebesar 13%.

E. Analisis Permasalahan Menggunakan Fishbone Diagram

Analisis fishbone ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Fishbone diagram

Berdasarkan hasil identifikasi permasalahan menggunakan diagram *fishbone* (Ishikawa), diketahui bahwa pemborosan tertinggi yang terjadi pada proses produksi adalah *waste waiting*. Pemborosan ini dianalisis berdasarkan lima faktor utama yaitu *machine*, *method*, *man*, *material*, dan *environment*.

Faktor pertama adalah *method*, berupa aliran produksi yang tidak seimbang dan pemeriksaan berulang yang memperpanjang waktu proses. Selanjutnya adalah *machine*, yaitu adanya *bottleneck* pada proses *milling* dan perawatan mesin yang belum optimal sehingga menimbulkan antrian dan *downtime*.

Selanjutnya, pada faktor material terdapat penumpukan bahan di antara stasiun kerja serta proses perpindahan secara manual yang menyebabkan meningkatnya waktu tunggu. Pada faktor man, permasalahan muncul dari perbedaan tingkat keterampilan operator serta pengaturan mesin yang tidak seragam. Terakhir, pada faktor lingkungan (*environment*), tata letak yang ada belum mampu mendukung kelancaran aliran proses kerja.

Berdasarkan urutan tersebut, dapat disimpulkan bahwa penyebab paling dominan dan paling dekat terhadap terjadinya *waste waiting* adalah faktor mesin dan metode, yang secara langsung memengaruhi kelancaran aliran produksi. Oleh karena itu, prioritas perbaikan sebaiknya difokuskan pada penghilangan *bottleneck*, penyeimbangan lini produksi, dan optimalisasi perawatan mesin sebelum melakukan perbaikan pada faktor pendukung lainnya..

F. Rekomendasi Perbaikan

Tabel 5. Rekomendasi perbaikan.

No	Aspek	Rekomendasi Perbaikan	Dampak Green
1	Metode kerja	<ul style="list-style-type: none"> menerapkan <i>line balancing</i> untuk mengurangi ketidakseimbangan produksi dan <i>waiting time</i>. Kurangi <i>overprocessing</i> (pemeriksaan berulang) dengan sistem <i>quality at source</i> (inspeksi di awal proses). 	<ul style="list-style-type: none"> Mengurangi energi terbuang akibat proses berhenti/menunggu. Menghindari penggunaan listrik berulang karena start-stop mesin.
2	mesin	<ul style="list-style-type: none"> penambahan mesin agar kapasitas produksi lebih seimbang Melakukan <i>preventive maintenance</i> untuk menjaga performa mesin tetap optimal. Menggunakan inverter (VFD) untuk mengatur kecepatan motor sesuai beban kerja. 	<ul style="list-style-type: none"> Penurunan konsumsi listrik (kWh). Mengurangi emisi tidak langsung dari penggunaan energi. Menghindari pemborosan energi saat mesin <i>idle</i>.
3	manusia	<ul style="list-style-type: none"> Memberikan program pelatihan yang lebih efektif terhadap pekerja baru ataupun pekerja lama. Meningkatkan kesadaran pekerja 	<ul style="list-style-type: none"> Pengurangan energi akibat mesin yang dibiarkan menyala tanpa produksi.

		terhadap penghematan energi dan pengelolaan limbah.	• Efisiensi penggunaan sumber daya manusia dan energi.
4	material	<ul style="list-style-type: none"> • Standarisasi prosedur setup mesin (SOP + visual control) untuk menghindari pengulangan setup yang boros energi dan waktu. • Kurangi penumpukan dengan sistem Just In Time (JIT) agar material datang sesuai kebutuhan. • Sisa material dapat dikumpulkan dan dipilah untuk kemudian digunakan kembali sebagai bahan baku sekunder (<i>recycle</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • Mengurangi energi dari transportasi berulang. • Menghindari kerusakan material
5	Environment	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaiki <i>layout</i> berbasis <i>flow line</i> untuk mengurangi jarak perpindahan material untuk menekan konsumsi energi. • Gunakan jalur material satu arah (<i>one way flow</i>) untuk meminimalkan <i>crossing</i> dan <i>waiting</i>. • Optimalkan pencahayaan dan ventilasi alami untuk mengurangi penggunaan energi listrik. 	<ul style="list-style-type: none"> • Penurunan konsumsi energi transportasi dan fasilitas. • Proses lebih cepat, waktu operasi lebih singkat dan energi lebih hemat.

G. Proses activity mapping perbaikan

Setelah dilakukan rekomendasi perbaikan, tahapan selanjutnya adalah proses membuat *activity mapping* dengan memberikan perbaikan proses setelah dilakukan pemetaan proses aliran produksi sesuai tabel 6.

Tabel 6. Proses activity mapping setelah perbaikan.

no	proses	aktivitas	Aktivitas									
			O	T	I	S	D	VA	NVA	NNVA		
1		Pengambilan bahan dari gudang		T						45		
2		Pengukuran & penandaan			I						75	
3	Pemotongan	Setting mesin potong				S					90	465
4		Proses pemotongan	O						210			
5		Pemeriksaan hasil potong			I						45	
6		Pengambilan material dari WIP		T						13		
7		Pemasangan benda kerja				S					131	
8	Pembubutan	Setting pahat & parameter				S					150	1616
9		Pembubutan kasar	O						783			
10		Pembubutan finishing	O						484			
11		Pemeriksaan dimensi			I						56	
12		Pengambilan dari WIP bubut		T						24		
13		Penjepitan benda kerja				S					213	
14	Milling	Setting tool & posisi				S					180	2340
15		Proses milling utama	O						1385			
16		Milling finishing	O						449			
17		Pemeriksaan hasil milling			I						90	
18		Pengambilan dari WIP milling		T						30		
19		Pembersihan permukaan	O								30	
20	pengerasan	Pemanasan	O						240			465
21		Pendinginan (quenching)	O						135			
22		Pemeriksaan visual			I						30	
		total							3685	135	1090	4910

Berdasarkan PAM *future state* setelah implementasi perbaikan, terjadi penurunan signifikan pada aktivitas *non value added* terutama pada waktu *transportation* dan *setup* mesin melalui standarisasi kerja dan penyeimbangan kapasitas proses. Total *cycle time* berkurang dari 7930 detik menjadi 4910 detik atau turun 38%. Hal ini menunjukkan

bahwa *waste waiting* dan *bottleneck* berhasil diminimalkan sehingga aliran produksi menjadi lebih lancar dan produktivitas meningkat.

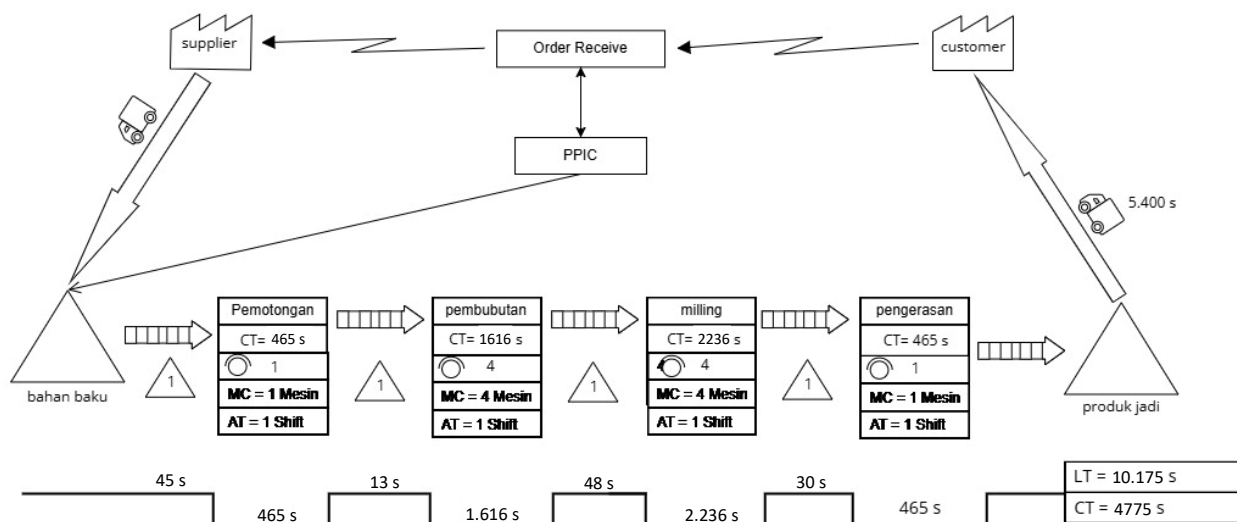
Tabel 7. Value Added Ratio Future State

Kategori	jumlah aktivitas	Total waktu (detik)	Persentase (%)
VA (<i>Value Added</i>)	7	3.685	75%
NNVA (<i>Necessary Non Value Added</i>)	11	1.090	22%
NVA (<i>Non Value Added</i>)	4	135	3%
Total	22	4.910	100%

Value Added Ratio yang sebelumnya sebesar 70% pada *current state* mengalami peningkatan sebesar 5% menjadi 75% pada *future state*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa sebagian besar waktu produksi telah terfokus pada aktivitas yang benar-benar memberikan nilai tambah terhadap produk, sementara aktivitas NNVA dan NVA berhasil ditekan secara signifikan. Perbaikan tersebut berdampak pada menurunnya *cycle time* dan meningkatnya kelancaran aliran proses produksi, sehingga potensi keterlambatan penyelesaian pesanan dapat diminimalkan dan perusahaan lebih mampu memenuhi target produksi yang telah ditetapkan. Hasil perbandingan analisa implementasi rekomendasi disajikan pada Tabel 8.

H. Future State Mapping

Berdasarkan hasil analisis *current state* dan identifikasi *waste*, selanjutnya disusun *future state mapping* sebagai rancangan kondisi perbaikan proses produksi. Pemetaan ini bertujuan memperbaiki aliran material dan informasi, mengurangi aktivitas *non value added*, serta menyeimbangkan kapasitas antar stasiun kerja guna menurunkan *cycle time* dan meningkatkan produktivitas.. Pemetaan *future state mapping* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Future stream mapping

Gambar 3 menyajikan *value stream mapping future state* dengan waktu siklus produksi yang mengalami penurunan dibandingkan kondisi *current state*. Total *cycle time* berkurang menjadi 4775 detik dan *value added time* menurun menjadi 3685 detik. Penurunan ini terjadi karena adanya pengurangan waktu pada aktivitas *setup*, *waiting*, dan *transportasi* yang sebelumnya tergolong sebagai aktivitas NNVA dan NVA, serta penyeimbangan kapasitas mesin khususnya pada proses *milling*. Perbaikan tersebut berdampak pada berkurangnya *bottleneck*, kelancaran aliran produksi, dan peningkatan produktivitas secara keseluruhan. Berikut hasil perhitungan *value added ratio* PAM *future state* disajikan pada tabel selanjutnya. Berikut hasil perhitungan *value added ratio future state* disajikan pada tabel 7.

Tabel 8. Hasil Analisa Perbandingan CSM dan FSM

pengamatan	csm	fsm	presentase
<i>cycle time</i>	7.930	4910	38%
VA (<i>Value Added</i>)	70%	75%	5%
NNVA (<i>Necessary Non Value Added</i>)	28%	22%	-6%
NVA (<i>Non Value Added</i>)	2%	3%	0%

Hasil analisa perbandingan *current state map* (CSM) dan *future state map* (FSM) setelah implementasi rekomendasi menunjukkan hasil yang efektif dan signifikan. Berdasarkan *cycle time* terjadi penurunan sebesar 38%, dari sebelumnya 7.930 detik menjadi 4910 detik. Berdasarkan *value added ratio* mengalami peningkatan sebesar 5%,

dari 70% menjadi 75%, sementara persentase NNVA dan NVA mengalami penurunan yang cukup besar. Hal ini menunjukkan bahwa rekomendasi penyeimbangan kapasitas proses, standarisasi *setup*, dan pengurangan *bottleneck* mampu meningkatkan efisiensi aliran produksi serta produktivitas perusahaan secara keseluruhan.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah ditetapkan, penelitian ini berhasil mengidentifikasi jenis-jenis *waste* yang terjadi pada proses produksi *spare part* mesin industri di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan menggunakan pendekatan *Lean and Green Manufacturing*. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa *waste* tertinggi adalah *waiting* sebesar 13%, *Waste* tersebut menyebabkan tingginya aktivitas *non value added* serta berdampak pada pemborosan energi, material, dan waktu proses. Penelitian ini juga menghasilkan beberapa usulan perbaikan berbasis *lean and green manufacturing*, melalui penerapan *line balancing*, standarisasi *setup* mesin, *preventive maintenance*, perbaikan layout aliran produksi, penerapan *quality at source*, serta penggunaan inverter (VFD) untuk meningkatkan efisiensi energi. Setelah implementasi usulan perbaikan dilakukan, diperoleh hasil berupa penurunan *cycle time* dari 7.930 detik menjadi 4.910 detik atau sebesar 38%, peningkatan *value added ratio* dari 70% menjadi 75%, serta berkurangnya aktivitas *waiting* dan *bottleneck* pada proses produksi.

Selain meningkatkan produktivitas dan efisiensi aliran produksi, penerapan konsep *green manufacturing* juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan melalui pengurangan konsumsi energi listrik saat mesin *idle*, penurunan pemborosan material akibat *defect* dan *overprocessing*, serta optimalisasi penggunaan sumber daya produksi. Dengan demikian, pendekatan *Lean and Green Manufacturing* terbukti mampu meminimalkan *waste* sekaligus meningkatkan produktivitas dan kinerja lingkungan pada proses produksi *spare part* mesin industri di CV Pesona Wijaya Seal Tulangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (UMSIDA) serta CV Pesona Wijaya Seal Tulangan atas dukungan yang telah diberikan pada penelitian ini.

REFERENSI

- [1] A. Sutiko, H. Suprpto, and D. Zainuddin, "Analisis Produktivitas dan Beban Kerja Operator Produksi dengan Metode Work Sampling dan NASA-TLX di PT. Tokai Dharma Indonesia Plant II," *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 3, no. 2, p. 49, 2021, doi: 10.30998/joti.v3i2.10026.
- [2] D. Fannysia, S. Hartini, P. Pantau, and P. Santosa, "Analisis Lean Manufacturing Produk Keramik dengan Pendekatan VALSAT dan Pemodelan DES Pada PT . Perkasa Primarindo," *J. Teknol. dan Manaj.*, vol. 2, pp. 133–148, 2022, doi: 10.52330/jtm.v20i2.63.
- [3] P. W. Ndari, R. H. Saputra, S. Suyani, and L. Suratno, "Green Supply Chain Management pada kinerja UKM Keripik Tempe Sanan Malang," vol. 23, no. 1, 2024.
- [4] C. I. Parwati, I. W. A. Arsa, and I. Sodikin, "Pendekatan Lean Manufacturing Dengan *Value Stream Mapping* (VSM) Dan Kaizen Pada Proses Produksi Tas Kulit," *Nusant. Eng.*, vol. 6, no. 1, pp. 74–81, 2023, doi: 10.29407/noe.v6i1.19906.
- [5] I. A. S. Wulandari, N. Ravita, and A. S. Cahyana, "A Model for Enhancing the Environmental Performance by Integrating Lean and Green Productivity Concept : A Case Study of Food Production," vol. 25, no. 1, pp. 83–96, 2024.
- [6] D. S. Oetomo and R. B. Ulum, "LEAN MANUFACTURING".
- [7] D. D. Harjanto and P. D. Karningsih, "Pengembangan Dimensi dan Indikator Lean Assessment Tools Untuk UMKM Di Indonesia David," vol. 5, no. 1, pp. 21–29, 2021.
- [8] G. F. V. Katuuk, I. Andrianti, and Nurjanah, "Analisis Pemborosan Pada Sistem Penerimaan Sparepart & Nonsparepart Menggunakan Metode Value Stream Map Bagian Receiving PT X," *EKOMA J. Ekon.*, vol. 3, no. 5, pp. 2874–2884, 2024.
- [9] R. E. Toyosito, L. Citra Ramadhanti, and A. Y. Bustommy, "Penjadwalan Flow Shop dengan Metode Algoritma Heuristik Pour, Algoritma Campbell Dudek And Smith, Algoritma Tabu Search di Industri Porcelain Tableware," *J. JITES*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [10] I. Ramadhani, A. Rasyid, and S. Junus, "IDENTIFIKASI DAN MINIMASI WASTE PRODUKSI KERIPIK PISANG KEJU MENGGUNAKAN METODE LEAN MANUFACTURING * Indah PENDAHULUAN Perkembangan dunia usaha sejalan dengan pertumbuhan teknologi dan kemampuan inovasi dalam bidang proses serta pengendalian dan penjamina," vol. 11, no. 2, pp. 240–250, 2023.

- [11] R. Brilianto and N. P. Waluyowati, “ANALISIS PROSES PRODUKSI DENGAN *VALUE STREAM MAPPING* PADA INDUSTRI MANUFAKTUR Rafi,” vol. 3, no. 4, pp. 1095–1103, 2024.
- [12] R. Khoeruddin and D. Indrasti, “Analisis Lean Manufacturing Produksi Saus Gulai dengan Metode *Value Stream Mapping* Lean Manufacturing Analysis of Curry Sauce Production Using *Value Stream Mapping* Method,” vol. 10, no. 1, pp. 15–23, 2023, doi: 10.29244/jmpi.2023.10.1.15.
- [13] H. Ponda, N. F. Fatma, and I. Siswanto, “Usulan Penerapan Lean Manufacturing Dengan Metode *Value Stream Mapping* (Vsm) Dalam Meminimalkan Waste Pada Proses Produksi Ban Motor Pada Industri Pembuat Ban,” *Heuristic*, pp. 23–42, 2022, doi: 10.30996/heuristic.v19i1.6568.
- [14] D. F. Auliya, N. Marlyana, and W. Fatmawati, “Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan Green Manufacturing di PT . Aneka Adhilogam Karya dengan Metode Fuzzy Topsis,” vol. 11, no. 2, pp. 156–163.
- [15] D. H. Kirana, I. Kamal, K. K. Rafiah, and M. A. Revinzky, “Evaluasi Kinerja Green Manufacturing Pada Toyota Indonesia : Dampak Terhadap Pengurangan Emisi Karbon Dan Efisiensi Operasional Green Manufacturing Performance Evaluation At Toyota Indonesia : Impact On Carbon Emission Reduction And Operational Efficiency,” pp. 1848–1854, 2025.
- [16] D. Chandradinata and R. N. Fadilah, “Minimalisasi pemborosan menggunakan metode lean manufacturing dan green manufacturing di UKM Asela,” pp. 49–59, 2025, doi: 10.33364/kalibrasi/v.23-1.1600.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.