

PENDEKATAN GREEN LEAN SIX SIGMA UNTUK MINIMISASI LIMBAH DALAM PRODUKSI PRODUK GELAS DI INDUSTRI PERALATAN PLASTIK RUMAH TANGGA

Adelia Dwi Rizkika¹⁾, Wilson Kosasih²⁾, Lithrone Laricha Salomon³⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara
e-mail: ¹⁾adelia.545210021@stu.untar.ac.id, ²⁾wilsonk@ft.untar.ac.id, ³⁾lithrones@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan yang memproduksi peralatan plastik rumah tangga dengan menerapkan pendekatan Green Lean Six Sigma. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Pada tahap identifikasi, analisis pemborosan dilakukan menggunakan alat VALSAT, yang menunjukkan bahwa pemborosan utama terjadi pada aspek menunggu (waiting) dan produk cacat (defect). Selain itu, penelitian ini juga menghitung limbah cair dan padat yang dihasilkan akibat produk cacat. Penggunaan air dan material dalam proses produksi diukur dan dijadikan indikator untuk menilai aspek lingkungan. Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi awal perusahaan adalah 27,91%, dengan tingkat Defects Per Million Opportunities (DPMO) sebesar 5320,19 dan level sigma 1,358. Temuan ini menunjukkan perlunya perhatian lebih dalam perbaikan proses. Rekomendasi perbaikan dibuat berdasarkan identifikasi penyebab masalah menggunakan diagram fishbone serta analisis Risk Priority Number (RPN) dari Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), yang menghasilkan prioritas untuk mengatasi masalah produk cacat dan limbah yang dihasilkan. Setelah usulan perbaikan diterapkan, efisiensi perusahaan meningkat menjadi 73,17%. Selain itu, usulan tambahan berupa pengelolaan limbah juga disarankan untuk lebih meningkatkan keberlanjutan dan efisiensi operasional perusahaan.

Kata kunci: *Pemborosan, Green Lean Six Sigma, Analisis VALSAT, Defects Per Million Opportunities, level sigma, Failure Mode and Effects Analysis.*

ABSTRACT

This research was conducted at a company that produces household plastic equipment by implementing the Green Lean Six Sigma approach. The method used in this research is DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). At the identification stage, waste analysis was carried out using the VALSAT tool, which revealed that the main wastes occurred in the aspects of waiting and product defects. In addition, this research also measured the liquid and solid waste generated due to defective products. The usage of water and materials in the production process was measured and used as indicators to evaluate environmental aspects. The analysis results showed that the company's initial efficiency was 27.91%, with a Defects Per Million Opportunities (DPMO) rate of 5320.19 and a sigma level of 1.358. These findings indicate the need for more attention to process improvement. Improvement recommendations were made based on identifying the root causes of problems using a fishbone diagram and Risk Priority Number (RPN) analysis from Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), resulting in prioritized recommendations to address defective products and generated waste. After implementing the proposed improvements, the company's efficiency increased to 73.17%. Additionally, waste management was also suggested to further enhance the company's sustainability and operational efficiency.

Keywords: *Waste, Green Lean Six Sigma, VALSAT Analysis, Defects Per Million Opportunities, level sigma, Failure Mode and Effects Analysis.*

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan teknologi, jenis dan bahan utama pembuatan produk rumah tangga semakin beragam. Contoh bahan utama produk rumah tangga meliputi kain, kaca, plastik, dan logam, yang masing-masing menawarkan ketahanan serta keunggulan sesuai kebutuhan konsumen. Selain variasi bahan, peralatan rumah tangga juga hadir dalam berbagai bentuk, seperti wadah makanan, gelas, toples, dan botol. Perusahaan yang dipilih sebagai lokasi penelitian ini adalah salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di industri plastik.

Perusahaan ini didirikan pada tahun 1999 dan memproduksi berbagai produk rumah tangga yang terbuat dari plastik jenis PP. Sebagai produsen alat rumah tangga berbahan plastik, perusahaan ini menggunakan sistem produksi *Make to Order*, di mana produksi dilakukan berdasarkan pesanan yang diterima dan penjadwalan produksi dilakukan setiap hari. Produk plastik yang dihasilkan cukup bervariasi, termasuk berbagai jenis botol plastik, kotak penyimpanan, gelas, dan cetakan es. Proses produksi yang dijalankan oleh perusahaan ini tidak terhindar dari pemborosan dan cacat produksi, dimana pada periode Januari 2024 hingga Agustus 2024 total produksi gelas sebanyak 172760 buah dengan produk cacat sebanyak 3419 buah. Berdasarkan pengamatan terhadap proses produksi, terdapat beberapa potensi limbah di lini produksi, seperti waktu siklus produksi yang lama dan proses transportasi produk dari mesin ke stasiun pengendalian kualitas yang memakan waktu cukup panjang, serta jumlah cacat produk yang cukup tinggi dalam setiap siklus produksi. Banyaknya cacat ini juga menghasilkan limbah yang signifikan. Hal ini dapat berdampak negatif pada lingkungan dan berkontribusi terhadap pencemaran. Selain pencemaran, situasi ini merugikan perusahaan karena bahan baku yang digunakan untuk memproduksi produk menjadi terbuang dan tidak memberikan nilai tambah. Oleh karena itu, mengurangi jumlah limbah diharapkan dapat menekan volume limbah yang dihasilkan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Perusahaan ini juga menghasilkan limbah, baik padat maupun cair, dalam lini produksinya. Setiap kali terjadi kecacatan pada produk, akan muncul limbah padat berupa material serta limbah cair berupa air dan oli dari mesin. Dalam kondisi ini, perusahaan perlu berhati-hati dalam mengelola limbah agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Konsep *Green* yang diterapkan dalam *lean six sigma* merujuk pada pengukuran dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu proses produksi, sambil mengurangi pemborosan dan meminimalkan cacat [1]. Kombinasi antara konsep *green*, *lean manufacturing*, dan *six sigma* dapat membantu perusahaan dalam menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya yang lebih rendah, sekaligus tetap ramah lingkungan [2]. Berdasarkan permasalahan yang dihadapi oleh perusahaan peralatan plastik rumah tangga, peneliti berusaha memberikan solusi melalui usulan minimisasi limbah yang berasal dari pendekatan *green lean six sigma*.

METODE PENELITIAN

Sampel yang digunakan adalah produk peralatan rumah tangga gelas plastik yang diproduksi oleh perusahaan. Sampel ini dipilih melalui metode *purposive sampling*, di mana peneliti secara sengaja memilih sampel berdasarkan kriteria tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Kriteria ini dapat mencakup jenis produk, lini produksi, atau periode waktu tertentu. Penggunaan sampel yang tepat memungkinkan peneliti untuk secara efektif mengidentifikasi dan menganalisis masalah kualitas serta limbah dalam proses produksi, sehingga memberikan wawasan berharga untuk perbaikan proses.

Pengukuran dalam konteks penelitian ini mengacu pada proses pengumpulan data kuantitatif yang berkaitan dengan kinerja proses produksi dan kualitas produk. Pengukuran yang akurat dan konsisten sangat penting untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki serta mengevaluasi efektivitas intervensi yang dilakukan. Dalam pendekatan *Green Lean Six Sigma*, pengukuran umumnya mencakup metrik seperti tingkat cacat produk, waktu siklus, efisiensi proses, dan jumlah limbah yang dihasilkan.

Pengumpulan data dilakukan dari Januari hingga Agustus 2024 untuk mencerminkan kondisi produksi normal. Analisis data mengikuti metodologi DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Pada tahap *Define*, masalah utama dan *Critical to Quality* (CTQ) diidentifikasi dan akan dilakukan penentuan *tools* yang akan digunakan menggunakan analisis VALSAT. Tahap *Measure* menghitung metrik kinerja seperti DPMO

dan level sigma. Di tahap *Analyze*, alat seperti diagram Pareto dan *Value Stream Mapping* digunakan untuk menemukan akar penyebab masalah. Tahap *Improve* melibatkan analisis FMEA untuk mengembangkan solusi perbaikan, dan tahap *Control* mengevaluasi efektivitas perbaikan yang diterapkan. Proses analisis ini bertujuan untuk menghasilkan wawasan untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi [3].

VALSAT (*Value Stream Analysis Tools*)

Penentuan alat yang akan digunakan dalam penelitian ini melibatkan VALSAT (*Value Stream Mapping Analysis Tools*). Metode ini diterapkan dengan mengalikan faktor pengali dengan nilai bobot rata-rata waste yang telah dihitung sebelumnya [4]. Berikut adalah faktor pengali yang digunakan dalam VALSAT.

Tabel 1. Faktor Pengali VALSAT

Jenis Waste	Mapping Tools						
	<i>Process Activity Mapping (PAM)</i>	<i>Supply Chain Response Matrix (SCRM)</i>	<i>Production Variety Funnel (PRV)</i>	<i>Quality Filter Mapping (QFM)</i>	<i>Demand Amplification Mapping (DAM)</i>	<i>Decision Point Analysis (DPA)</i>	<i>Physical Structure (PS)</i>
<i>Overproduction</i>	L	M		L	M	M	
<i>Transportation</i>	H						L
<i>Waiting</i>	H	H	L		M	M	
<i>Unnecessary inventory</i>	M	H	M		H	M	L
<i>Unnecessary Processing</i>	H		M	L		L	
<i>Unnecessary Motion</i>	H	L					
<i>Defect</i>	L			H			

(Source: Hines & Rich, [4])

Dimana:

- H (*High Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 9
- M (*Medium Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 3
- L (*Low Correlation and Usefulness*) : faktor pengali = 1

Process Cycle Efficiency (PCE)

Kondisi umum pabrik, dengan efisiensi sebagai indikator utama, dievaluasi melalui *Process Cycle Efficiency* (PCE). PCE mengukur efisiensi waktu proses dibandingkan dengan waktu siklus, yang membantu mengurangi biaya, [5]. PCE dihitung dengan membagi waktu bernilai tambah (*value-added time*) dengan total waktu nilai tambah (*total added value time*) dari proses manufaktur. Berikut persamaan perhitungan PCE pada persamaan (1).

$$PCE = \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100 \tag{1}$$

Indeks Kapabilitas (Cp)

Selanjutnya, dilakukan perhitungan indeks kapabilitas (Cp) untuk menilai kemampuan proses produksi dalam memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Indeks ini penting untuk menentukan apakah proses tersebut layak dan efisien. Melalui perhitungan Cp, kita dapat memahami variabilitas proses dan seberapa baik ia beroperasi dalam batas toleransi, [6]. Berikut adalah persamaan perhitungan Cp.

$$Cp = \frac{\text{Level Sigma}}{3} \tag{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Define

Analisis *critical-to-quality* mengidentifikasi tiga jenis cacat utama: cacat warna, cacat bintik hitam, dan cacat rongga. Cacat warna muncul sebagai ketidakkonsistenan warna akibat sisa warna dalam mesin. Cacat rongga adalah lubang pada produk yang disebabkan

oleh kekurangan material. Cacat bintik hitam disebabkan oleh kontaminan yang tercampur dalam bahan baku. Identifikasi pemborosan melalui kuesioner yang diisi oleh staf produksi mengungkapkan bahwa pemborosan paling signifikan adalah menunggu sebesar 26%, diikuti oleh cacat sebesar 20%. Alat Analisis Aliran Nilai (VALSAT) menentukan Pemetaan Aktivitas Proses sebagai metode analisis yang paling sesuai dengan skor 58,4.

Tabel 2. VALSAT Pembobotan Waste

Jenis Waste	Bobot	Mapping Tools						
		PAM	SCRM	PRV	QFM	DAM	DPA	PS
<i>Overproduction</i>	1,2	1,2	3,6	0	1,2	3,6	3,6	0
<i>Transportation</i>	1,8	16,2	0	0	0	0	0	1,8
<i>Waiting</i>	2,6	23,4	23,4	2,6	0	7,8	7,8	0
<i>Unnecessary inventory</i>	1	3	27	3	0	9	3	1
<i>Unnecessary Processing</i>	0,6	5,4	0	1,8	0,6	0	0,6	0
<i>Unnecessary Motion</i>	0,8	7,2	0,8	0	0	0	0	0
<i>Defect</i>	2	2	0	0	18	0	0	0
TOTAL	10	58,4	54,8	7,4	19,8	20,4	15	2,8

(Source: Plastic Houseware Company)

Berdasarkan hasil VALSAT, dibuat peta alur proses yang merinci semua langkah produksi dari bahan baku hingga barang jadi. Pembuatan peta juga dikoordinasikan dengan petugas/operator produksi dari perusahaan penelitian. Aktivitas diklasifikasikan sebagai bernilai tambah, tidak bernilai tambah tetapi diperlukan, atau tidak bernilai tambah untuk memetakan alur proses. Dari total waktu tunggu sebesar 1075 detik, hanya 27,91% yang merupakan waktu bernilai tambah, yang menunjukkan adanya ruang yang signifikan untuk perbaikan efisiensi.

Tabel 3. Activity Grouping

Aktivitas	Waktu Proses	Persentase Penggunaan Waktu(%)
<i>Value Added</i>	285	26,51
<i>Necessary Non Value Added</i>	125	11,63
<i>Non Value Added</i>	665	61,86
TOTAL	1075	100

(Source: Plastic Houseware Company)

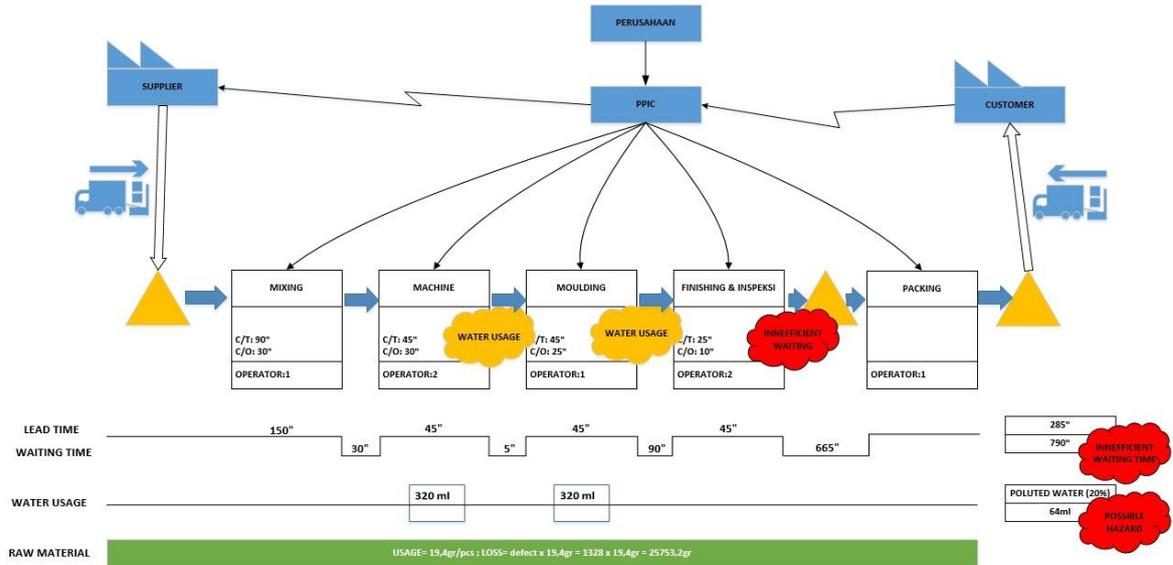
Dari Tabel 3 di atas, kita dapat melihat bahwa aktivitas tidak bernilai tambah memberikan kontribusi pada sebagian besar persentase waktu yang digunakan dalam proses. Ini berarti ada kemungkinan untuk membuat proses produksi menjadi lebih efisien. Aktivitas tidak bernilai tambah di sini adalah waktu menunggu untuk mengumpulkan semua produk jadi dalam wadah sebelum akhirnya dikemas untuk pengiriman. Waktu yang dihabiskan adalah 665 detik dari total waktu produksi 1075 detik dengan persentase sebesar 61,86%.

1. Identifikasi Dampak Lingkungan

Identifikasi limbah yang ditemukan adalah adanya aliran limbah padat dan cair. Produk cacat menghasilkan limbah plastik padat. Proses pendinginan menghasilkan air limbah, dengan 20% terkontaminasi oleh minyak mesin. Limbah padat akan didaur ulang atau dibuang tergantung pada jenis cacatnya. Pengelolaan air limbah yang terkontaminasi minyak tetap menjadi perhatian lingkungan. Proses tersebut menghasilkan limbah padat sebesar total 25.763,2 gram berdasarkan jumlah cacat warna dan air limbah sebanyak 47.895 ml yang terkontaminasi minyak mesin.

2. Current Sustainable Value Stream Mapping

Sustainable Current Value Stream Mapping adalah pemetaan keadaan aktual di lantai produksi yang mencakup informasi terkait produksi dengan mempertimbangkan beberapa aspek lingkungan, termasuk konsumsi air dan konsumsi bahan baku sesuai dengan penggunaan *green lean six sigma* [7]. Berikut ini adalah *Sustainable Current Value Stream Mapping* pada proses produksi Produk Gelas di perusahaan peralatan plastik rumah tangga.



Gambar 1. Current Sustainable Value Stream Mapping

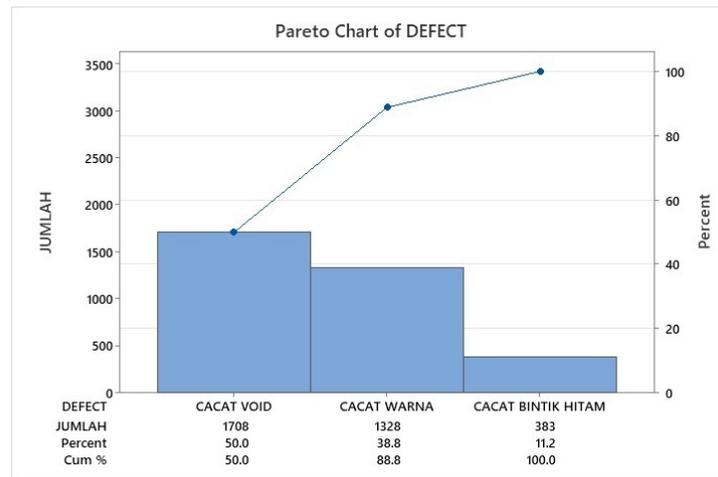
Measure

Tahap *Measure* menghitung efisiensi siklus proses hanya sebesar 27,91%, yang menunjukkan adanya ketidakefisienan yang substansial dalam proses produksi. Berikut ini menunjukkan proses perhitungan efisiensi siklus proses.

$$\text{Process Cycle Efficiency} = \frac{\text{Total Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100\% = \frac{300}{1075} \times 100\% = 27,91\% \quad (3)$$

1. Analisis Pareto

Analisis Pareto terhadap cacat menunjukkan bahwa cacat *void* merupakan yang paling umum dengan persentase 49,96%, diikuti oleh cacat warna sebesar 38,84%. Dalam analisis Pareto, jenis cacat yang dipilih adalah yang memiliki akumulasi mencapai 80%. Dalam hal ini, terdapat 2 jenis cacat, yaitu cacat rongga dan cacat warna.

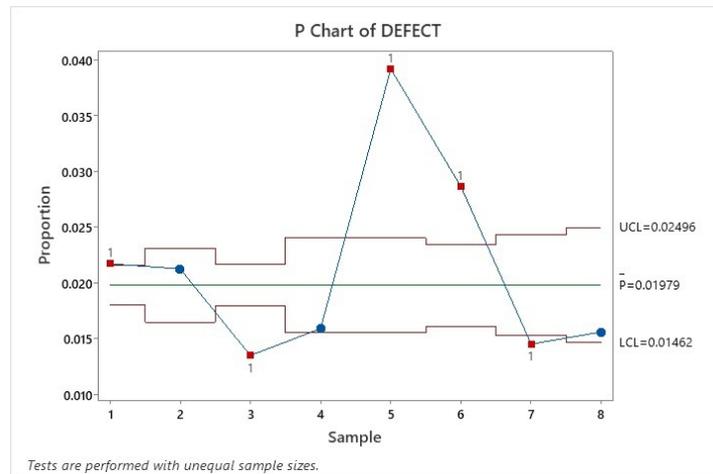


Gambar 2. Diagram Pareto

2. Peta Kendali P

Peta kendali P digunakan untuk menganalisis stabilitas proses produksi, 5 dari 8 titik data jatuh di luar batas kontrol, proses dianggap tidak stabil dan memerlukan perbaikan. Pada Gambar 3 di bawah ini dapat dilihat data yang melewati UCL dan LCL yang

menunjukkan bahwa proses produksi belum stabil. Oleh karena itu, perlu adanya perbaikan berkelanjutan agar proses produksi menjadi stabil dan terkontrol.



Gambar 3. Peta Kendali P

3. DPMO dan Level Sigma

Penghitungan DPMO dilakukan untuk mengukur jumlah cacat per sejuta kemungkinan. Selain itu, DPMO dan level sigma juga dihitung untuk mengevaluasi kinerja perusahaan, [8]. Berikut ini adalah hasil perhitungan DPMO dan level sigma pada proses produksi Produk Gelas di perusahaan peralatan plastik rumah tangga. Berdasarkan hasil penghitungan DPMO dan level sigma pada data produksi Produk Gelas di perusahaan peralatan plastik rumah tangga dari bulan Januari hingga Agustus 2024, diperoleh rata-rata nilai sigma sebesar 4,074. Kemudian dilakukan perhitungan indeks kapabilitas untuk menguji suatu proses produksi dikatakan mampu. Berikut perhitungan indeks kapabilitas.

$$Level\ Sigma = Cp \times 3$$

$$Cp = \frac{Level\ Sigma}{3} = \frac{4,074}{3} = 1,358 \tag{4}$$

Sebuah proses produksi dikatakan mampu jika nilai target indeks kapabilitas 6-sigma adalah 2 ($Cp = 2$). Dari perhitungan di atas, terlihat bahwa nilai $Cp < 2$, sehingga proses produksi belum memenuhi kriteria kemampuan dan perlu perbaikan untuk meningkatkan indeks kapabilitas agar dapat mencapai target 6-sigma.

4. Perhitungan Limbah

Perhitungan limbah memperkirakan 47.895 ml limbah air terkontaminasi dan 25.763,2 gram limbah plastik *non-recyclable* akibat cacat warna dalam setiap siklus produksi. Hal ini menunjukkan kerugian ekonomi dan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari produksi yang cacat.

Tabel 4. Rekapitulasi Limbah

Jenis Limbah	Jumlah Cacat Warna (pcs)	Jumlah Cacat Bintik Hitam (pcs)	Jumlah Cacat Void (pcs)	Jumlah Total Cacat (pcs)	Satuan	Total
Air	1328	383	1708	3419	15 ml	47895 ml
Material					19.4 gr	25763.2 gr

Analyze

1. Diagram Sebab dan Akibat

Pada fase Analisis, digunakan diagram sebab dan akibat untuk mengidentifikasi penyebab utama cacat dan pembentukan limbah. Untuk cacat warna, faktor kunci yang teridentifikasi meliputi kurangnya pembersihan mesin, keterampilan operator yang tidak

memadai, kualitas bahan baku yang buruk, dan masalah dengan perubahan komposisi warna. Cacat *void* disebabkan oleh faktor-faktor seperti tersumbatnya jalur material akibat kurangnya pembersihan, pelatihan operator yang tidak memadai yang mengakibatkan kekurangan material, perubahan sifat bahan baku, dan perencanaan produksi yang tidak akurat.

2. FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Analisis Mode Kegagalan dan Efek (FMEA) dilakukan secara terpisah untuk cacat produk dan limbah produksi. FMEA membantu memprioritaskan upaya perbaikan dengan memberikan angka prioritas risiko (RPN) pada berbagai mode kegagalan berdasarkan frekuensi terjadinya, tingkat keparahan, dan kesulitan dalam mendeteksi [9]. Hasil FMEA memberikan cara terstruktur untuk mengatasi isu-isu paling kritis dalam proses produksi. Dengan memfokuskan pada mode kegagalan dengan skor RPN tertinggi, perusahaan dapat mengarahkan upaya perbaikan untuk memberikan dampak maksimum baik pada kualitas produk maupun kinerja lingkungan.

Secara keseluruhan, hasil analisis menggambarkan kondisi untuk cacat warna, penyebab utama termasuk kurangnya fokus pekerja, ketidakpahaman terhadap ketentuan komposisi warna, dan kurangnya pembersihan mesin mixing, yang menyebabkan residu pewarna tersisa. Kondisi ini menghasilkan risiko prioritas (RPN) tertinggi pada pembersihan mesin mixing dengan nilai 140. Di sisi lain, untuk cacat *void*, kurangnya ketelitian pekerja dan ketidakfokusan menyebabkan masalah seperti bahan yang tidak sesuai jumlah dan habis, dengan RPN tertinggi mencapai 108. Secara keseluruhan, permasalahan seperti pelatihan yang tidak memadai dan kurangnya pengecekan berkala menjadi faktor penghambat yang signifikan dalam menjaga kualitas produk dan efisiensi proses.

Pada aspek limbah, produksi limbah air terkontaminasi minyak dan limbah plastik *non-recyclable* akibat cacat warna menjadi persoalan yang cukup serius. Pembentukan limbah ini terkait dengan mesin yang sudah tua yang memerlukan lebih banyak pelumas, kurangnya kondisi kerja yang steril, kontaminasi bahan baku, dan prosedur operasional standar yang buruk untuk perencanaan dan pelaksanaan produksi. Mengatasi masalah ini memerlukan kombinasi perbaikan proses, manajemen material yang lebih baik, dan kemungkinan penerapan teknologi baru untuk pengolahan atau daur ulang limbah.

Improve

1. Action Planning of FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Analisis sebab dan akibat serta hasil FMEA memberikan panduan untuk upaya perbaikan. Area kunci yang perlu difokuskan meliputi pemeliharaan dan prosedur pembersihan mesin, pelatihan operator dan standarisasi praktik kerja, pengendalian kualitas bahan baku, dan akurasi perencanaan produksi. Implementasi perbaikan ini memiliki potensi untuk secara bersamaan meningkatkan produktivitas, mengurangi cacat, dan meminimalkan dampak lingkungan. Hal ini sejalan dengan pendekatan *green lean six sigma*, yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses demi kinerja ekonomi dan lingkungan.

2. Proposed Waste Management

Limbah padat yang dihasilkan akibat produk cacat dipisahkan menjadi limbah yang dapat digunakan kembali oleh perusahaan (cacat *void* dan cacat bercak hitam) dan limbah yang tidak dapat digunakan lagi oleh perusahaan (cacat warna). Limbah padat yang dapat digunakan kembali akan dihancurkan menggunakan alat penghancur untuk diubah menjadi potongan-potongan yang lebih kecil yang dapat diproses kembali. Sementara itu, limbah yang tidak dapat digunakan lagi akan diserahkan kepada pengumpul. Limbah cair yang dihasilkan terdiri dari air yang tercampur dengan minyak mesin akibat kurangnya pemisahan

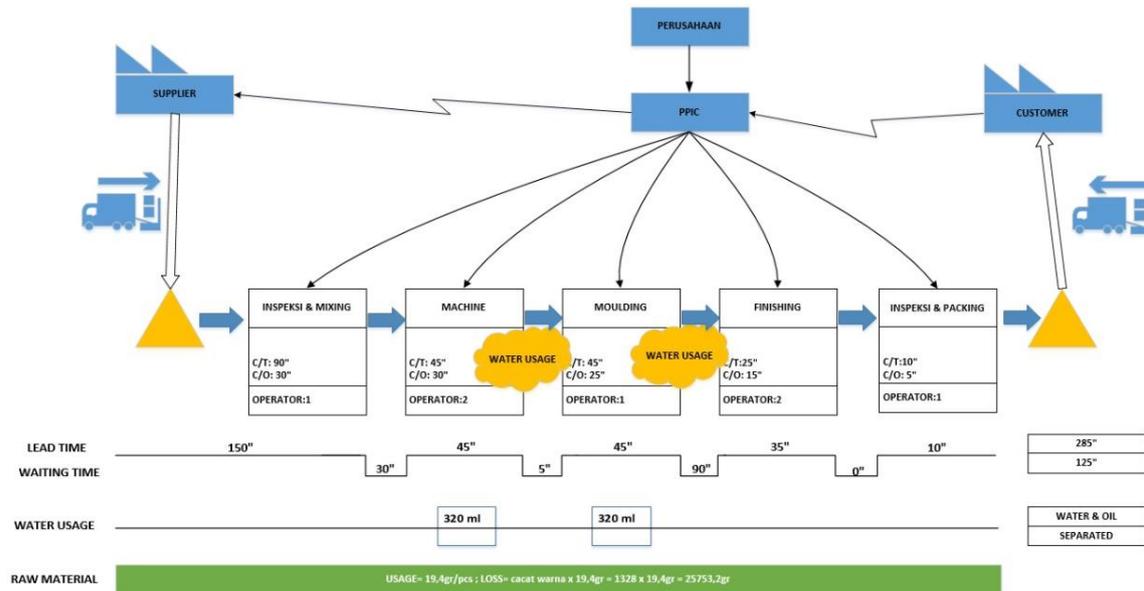
dalam saluran pembuangan mesin. Limbah cair tetap menjadi masalah kritis karena risiko yang terlibat dalam pengelolaannya. Perusahaan perlu menerapkan perbaikan dengan memisahkan saluran pembuangan untuk air dan minyak mesin guna meningkatkan persentase air yang dapat digunakan kembali. Dengan cara ini, limbah cair yang dapat menimbulkan potensi bahaya bagi lingkungan sekitar dapat diminimalkan.

3. Proposed future state Value Stream Mapping

Langkah-langkah ke depan harus mencakup perbaikan rencana untuk mengatasi masalah yang telah diidentifikasi. Penilaian dilakukan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan dari proses produksi yang dipetakan. Hal ini memungkinkan pemetaan tidak hanya terhadap masalah produksi, tetapi juga identifikasi isu-isu yang berdampak pada lingkungan [10]. Penghapusan *non value added activity* dilakukan sebagai berikut:

- Transportasi ke kontainer dapat dihilangkan karena produk tidak perlu menunggu sesi pengemasan.
- Produk yang dikumpulkan dalam kontainer dapat dihilangkan karena produk langsung dikemas.

Dengan melakukan penghapusan ini, total waktu yang dikonsumsi oleh aktivitas yang tidak menambah nilai berkurang dari 665 detik menjadi 0 detik. Ini membantu meningkatkan efisiensi siklus proses secara signifikan menjadi 73,17%. Gambar 4 adalah *Proposed Future State Value Stream Mapping*.



Gambar 4. Future Sustainable Value Stream Mapping

Control

Terjadi peningkatan efisiensi siklus proses meningkat dari 27,91% menjadi 73,17%. Hal ini disebabkan oleh perbaikan yang diusulkan yang menghilangkan waktu tunggu yang tidak efisien dan tidak menambah nilai pada produk. Ini juga terlihat pada kondisi awal, di mana terdapat 665 detik aktivitas yang tidak menambah nilai, selama waktu tersebut produk mengalami penantian yang tidak perlu. Proses penantian ini kemudian dihilangkan dalam kondisi yang diperbaiki, sehingga menghasilkan 0 detik aktivitas yang tidak menambah nilai dalam kondisi yang telah diperbaiki. Dalam aspek lingkungan, perbaikan yang dilakukan dengan memisahkan pembuangan air dan minyak akan mengurangi limbah cair dan meningkatkan jumlah air yang dapat digunakan kembali dalam siklus produksi berikutnya.

Hal ini akan membantu perusahaan mengurangi biaya penggunaan air dan mencegah pencemaran lingkungan akibat air yang terkontaminasi minyak. Limbah dalam bentuk minyak bekas kemudian dapat diserahkan kepada pihak ketiga, seperti pengumpul oli bekas.

KESIMPULAN

Studi ini mengidentifikasi tiga jenis cacat dalam proses produksi Gelas: Cacat Warna, Cacat Void, dan Cacat Bercak Hitam, di mana Cacat Void adalah yang paling umum. Limbah yang terjadi di lini produksi meliputi overproduksi, transportasi, waktu tunggu, inventaris yang tidak perlu, pemrosesan yang tidak perlu, gerakan yang tidak perlu, dan cacat, dengan fokus utama perbaikan pada waktu tunggu dan cacat. Nilai DPMO rata-rata yang diperoleh adalah 5320,19, yang sesuai dengan level sigma 4,074. Proses produksi menghasilkan limbah cair dan padat, termasuk air terkontaminasi minyak dan bahan yang tidak dapat digunakan akibat cacat warna. Strategi perbaikan yang diusulkan meliputi penghapusan transportasi produk ke penyimpanan dengan langsung memindahkan produk ke meja kemasan, mengurangi waktu tunggu dengan segera mengemas produk yang sudah diberi label, mengurangi waktu transportasi dengan memindahkan stasiun pengecekan kualitas dan pengemasan lebih dekat ke konveyor, serta memisahkan pembuangan air dan minyak untuk mengurangi kontaminasi dan memungkinkan daur ulang air. Untuk meminimalkan potensi mode kegagalan, penelitian ini merekomendasikan peningkatan pengawasan selama produksi, memberikan peringatan untuk pelanggaran disiplin, memeriksa kualitas bahan pemasok, menjadwalkan pemeliharaan rutin mesin dan cetakan, serta mengembangkan SOP untuk pencampuran material dan pewarna. Perbaikan ini menghasilkan peningkatan signifikan dalam Efisiensi Siklus Proses dari 27,91% menjadi 73,17%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Gaspersz, *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2007.
- [2] M.S. Kaswan and R. Rathi, "Green Lean Six Sigma for Sustainable Development: Integration and Framework," *Environmental Impact Assessment Review*, vol. 83, 2020.
- [3] J. Mohan, R. Rathi, M.S. Kaswan, and S.S. Nain "Green Lean Six Sigma Journey: Conceptualization and Realization," *Materials Today: Proceedings*, vol. 50, 2022.
- [4] P. Hines and N. Rich "The Seven Value Stream Mapping Tools," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 17, no. 1, pp. 46-64, 1997.
- [5] J.R. Evans dan W.M. Linsay, *An Introduction to Six Sigma & Process Improvement*, Jakarta: Salemba Empat, 2007.
- [6] D.A. Novitasari, "Analisis Kapabilitas Proses untuk Pengendalian Kualitas Produk Pembatas Buku Industri Rumahan," *Jurnal EKBIS*, vol. 14, no. 2, pp. 722-727, 2015.
- [7] H. Gholami, N. Jamil, M.Z. Mat Saman, D. Streimikiene, S. Sharif, and N. Zakuan, "The Application of Green Lean Six Sigma," *Business Strategy and the Environment*, vol. 30, no. 4. 2021.
- [8] S. Gultom, T.S. Sinaga, and S. Sinulingga, "Studi Pengendalian Mutu dengan Menggunakan Pendekatan Lean Six sigma pada PT. XYZ," *Jurnal Teknik Industri USU*, vol. 3, no. 2, 2013.
- [9] K.D. Sharma and S. Srivastava, "Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review," *Journal Of Advance Research in Aeronautics and Space Science*, vol. 5, no. 1 & 2, pp. 1-17, 2018.
- [10] A.S. Torres and A.M. Gati, "Environmental Value Stream Mapping as Sustainability Management Tool," *PICMET'09-2009 Portland International Conference on Management of Engineering & Technology*, 2009.