

PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DAN KUALITAS PADA LINI PRODUKSI DRUM MENGGUNAKAN PENDEKATAN *LEAN SIX SIGMA*

Yoseph¹⁾, Wilson Kosasih²⁾, Carla O. Doaly³⁾, Kevin Adrian⁴⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾yoseph_hermawan97@hotmail.com, ²⁾wilsonk@ft.untar.ac.id, ³⁾carlaol@ft.untar.ac.id, ⁴⁾kevin.545190007@stu.untar.ac.id

ABSTRAK

Jumlah defect yang tinggi dalam industri manufaktur berdampak signifikan pada kualitas produk dan produktivitas perusahaan. Penelitian dilakukan di perusahaan manufaktur yang memproduksi drum, pail can, dan kemasan kaleng lainnya. Dalam proses produksinya ditemukan tingkat defect yang tinggi pada proses produksi drum yang berakibat pada penurunan kualitas dan produktivitas pabrik. Penelitian ini ditujukan untuk membantu perusahaan dalam mengurangi tingkat cacat produksi drum, meningkatkan efisiensi proses, memberikan usulan perbaikan proses, dan mengurangi waste yang ada. Penelitian ini menggunakan pendekatan Lean Six Sigma, dengan menggunakan SIPOC dan CTQ untuk mendefinisikan masalah, pengukuran efisiensi proses dan kualitas produk diperoleh nilai process cycle efficiency sebesar 8,06% dan nilai sigma sebesar 4,6. Berdasarkan pareto diagram diperoleh cacat dominan adalah lecet, cat top/body rusak, dan sablon top/body rusak, sedangkan berdasarkan WAM diperoleh waste dominan adalah defect, inventory, dan waiting. Berdasarkan tahap tersebut, dilakukan analisa pada ketiga defect menggunakan fault tree analysis, why-why analysis, dan FMEA. Pada tahap improve diberi usulan perbaikan untuk mengurangi jumlah defect dan meningkatkan produktivitas dimana terjadi peningkatan nilai PCE menjadi 9,23% dan nilai sigma sebesar 5,04 setelah dilakukan perbaikan.

Kata Kunci: Lean Six Sigma, Process Cycle Efficiency, Value Stream Mapping, FMEA, Waste

ABSTRACT

The high number of product defects in the manufacturing industry has a significant impact on the products quality and productivity of the enterprise. The research was conducted at manufacturing companies that produce drums, pail cans, and other can packaging. In the production process, they found a high defect rate in the drum production process, which resulted in a decrease in the quality and productivity of the factory. This research is aimed at assisting companies in reducing the defect rate of drum production; improving process efficiency; providing proposed process improvements; and minimizing existing waste. This study used the Lean Six Sigma approach, using SIPOC and CTQ to define problems, and measure process efficiency and product quality, obtaining a process cycle efficiency value of 8.06% and a sigma value of 4.6%. Based on the pareto diagram, the dominant defects are abrasions, paint top/body damaged, and screen printing top/body damaged, while based on WAM, the dominant defects are defects, inventory, and waiting. Based on this stage, analysis was carried out on all three defects using fault tree analysis, why-why analysis, and FMEA. In the future, improvements will be implemented to reduce the number of defects and increase productivity so that there is an increase in the value of PCE of 9.23% and a sigma value of 5.04 after improvements.

Keywords: Lean Six Sigma, Process Cycle Efficiency, Value Stream Mapping, FMEA, Waste.

PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia industri, setiap perusahaan akan terus berlomba untuk memperbaiki sistem produksi, kualitas, dan produknya untuk mempertahankan kepuasan pelanggan serta memaksimalkan keuntungan yang ada [1]. Dalam perusahaan manufaktur, kualitas akan dinilai dari produk yang dihasilkan oleh perusahaan tersebut. Pada perusahaan manufatkru yang memproduksi drum, *pail can*, serta kemasan kaleng lainnya ditemukan tingkat *defect* yang tinggi yang berakibat pada pemborosan pada proses *rework*, produk yang di *reject*, dan *unnecessary inventory* yang secara langsung merugikan perusahaan. Penelitian ini akan fokus pada lini produksi drum mengetahui *process cycle*

efficiency (PCE) dan level sigma dari proses produksi. Analisis ini dilakukan dengan pendekatan *lean six sigma* untuk meminimalisir jumlah *defect* dan *waste* pada proses produksi sehingga efisiensi produksi meningkat, produktivitas lini produksi drum meningkat, dan meningkatkan kualitas produk yang diproduksi perusahaan.

TINJAUAN PUSTAKA

Lean Six Sigma

Lean six sigma merupakan kombinasi *lean* dengan *six sigma* sebagai suatu filosofi bisnis, pendekatan yang sistematis dalam mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan *waste* berupa aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah melalui peningkatan berkelanjutan secara radikal [1,2].

Lean six sigma menggunakan siklus tahapan DMAIC (*Define-Measure-Analyze-Improve-Control*) dalam proses penyelesaian masalah. Pada setiap fase dalam DMAIC terdapat proses yang cenderung berbeda-beda sesuai dengan kondisi yang terjadi selama proyek berjalan. Sasaran *lean* adalah menciptakan aliran yang lancar dari produk sepanjang proses *value stream* dan menghilangkan semua jenis pemborosan yang ada. Sasaran *six sigma* adalah meningkatkan kapabilitas proses sepanjang *value stream* untuk mencapai *zero defect* dan menghilangkan variasi yang ada [1].

Siklus DMAIC

DMAIC merupakan siklus sistematis dengan lima fase perbaikan yaitu *define* (mendefinisikan), *measure* (mengukur), *analyze* (menganalisis), *improve* (memperbaiki), dan *control* (mengendalikan) sebagai langkah untuk memecahkan permasalahan produk atau proses yang diterapkan dengan pendekatan *lean six sigma* [2].

Fault Tree Analysis (FTA)

Fault tree analysis merupakan teknik yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan *top-down*, yang diawali dengan mengasumsi kegagalan atau kerugian dari kejadian puncak (*top event*) kemudian merinci seluruh penyebab terjadinya *top event* hingga akar penyebab masalah [3].

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan *tool* yang digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan yang mungkin akan terjadi dan dampak yang diakibatkan serta kemungkinan untuk terjadinya kegagalan tersebut. FMEA merupakan salah satu alat dalam *six sigma* yang sering digunakan untuk mengidentifikasi sumber dan penyebab dari suatu masalah yang berkaitan dengan kualitas [4]. FMEA menghitung RPN (*risk priority number*) untuk menentukan prioritas masalah yang perlu diselesaikan terlebih dahulu berdasarkan urgensinya [2,4].

Defects per Million Opportunities (DPMO)

DPMO merupakan metrik untuk mengukur jumlah kesalahan dalam suatu bisnis dengan menghitung jumlah *defect* per satu juta kesempatan. DPMO dapat digunakan sebagai metrik untuk mengukur hasil yang diproduksi dalam proyek perbaikan proses produksi yang sedang dijalankan [5,6]. DPMO dapat ditung dengan rumus [7,8]:

$$DPMO = \frac{D}{U \times O} \times 1.000.000 \quad (1)$$

Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping (VSM) adalah perangkat dari manajemen kualitas (*quality management tools*) yang dapat menyusun keadaan saat ini dari sebuah proses dengan cara

membuka kesempatan untuk melakukan perbaikan dan mengurangi pemborosan. VSM juga berfungsi untuk mengidentifikasi proses produksi agar material dan informasi dapat berjalan tanpa adanya gangguan, meningkatkan produktivitas dan daya saing, serta membantu dalam mengimplementasikan sistem.

Peta Kendali

Peta kendali merupakan diagram untuk menunjukkan proses produksi dari suatu perusahaan dan menentukan batas toleransi untuk mengamati seberapa baik proses produksi [2,7].

Process Cycle Efficiency (PCE)

Process cycle efficiency atau efisiensi siklus proses merupakan metode untuk mengukur efisiensi proses produksi berdasarkan data waktu yang memberikan nilai tambah terhadap total waktu produksi [1,8,9,10]. Berikut rumus yang digunakan untuk menentukan nilai PCE proses produksi [7,11]:

$$PCE = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100\% \quad (2)$$

Waste Relationship Matrix (WRM)

WRM merupakan metode untuk memodelkan hubungan dan tingkat dari semua jenis *waste* yang terjadi dalam setiap proses produksi [2,12]. Matriks ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis *waste* dengan peringkat tertinggi serta menunjukkan hubungan antara satu jenis *waste* dengan *waste* lainnya beserta besar pengaruhnya [12].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dari melakukan observasi di lini produksi drum yang menurut data perusahaan memiliki tingkat *defect* tertinggi dibandingkan dengan lini produksi lainnya. Proses identifikasi masalah serta pengumpulan data di lini produksi drum dilakukan dengan mengamati keseluruhan proses produksi dan melakukan wawancara dengan tiga orang yang memiliki posisi penting dalam kegiatan produksi, yaitu *general manager*, *manager operasional*, dan *manager QA*. Data yang berhasil dikumpulkan dalam proses observasi proses produksi dan wawancara adalah data jenis *defect* dan jumlah *defect*, data waktu siklus produksi, data proses produksi, jumlah produksi drum, dan jumlah produk yang *defect*. Tahapan pemecahan masalah menggunakan siklus DMAIC untuk melakukan analisa masalah dan memberikan solusi untuk perbaikan proses produksi pada lini produksi drum.

Tahap pertama dimulai dengan tahap *define* dengan memetakan keseluruhan proses produksi dimulai dari memetakan pemasok, bahan baku, proses produksi, produk yang dihasilkan, dan konsumen dengan diagram SIPOC. Dalam meningkatkan kualitas produk, maka perlu dipetakan aspek-aspek dalam produk drum yang memiliki peran penting terhadap kualitas produk dari sisi konsumen dengan analisis *critical to quality*. Proyek *lean six sigma* merupakan proyek besar yang memerlukan kerjasama tim, biaya, serta persetujuan dari pihak perusahaan sehingga *project charter* akan dibuat.

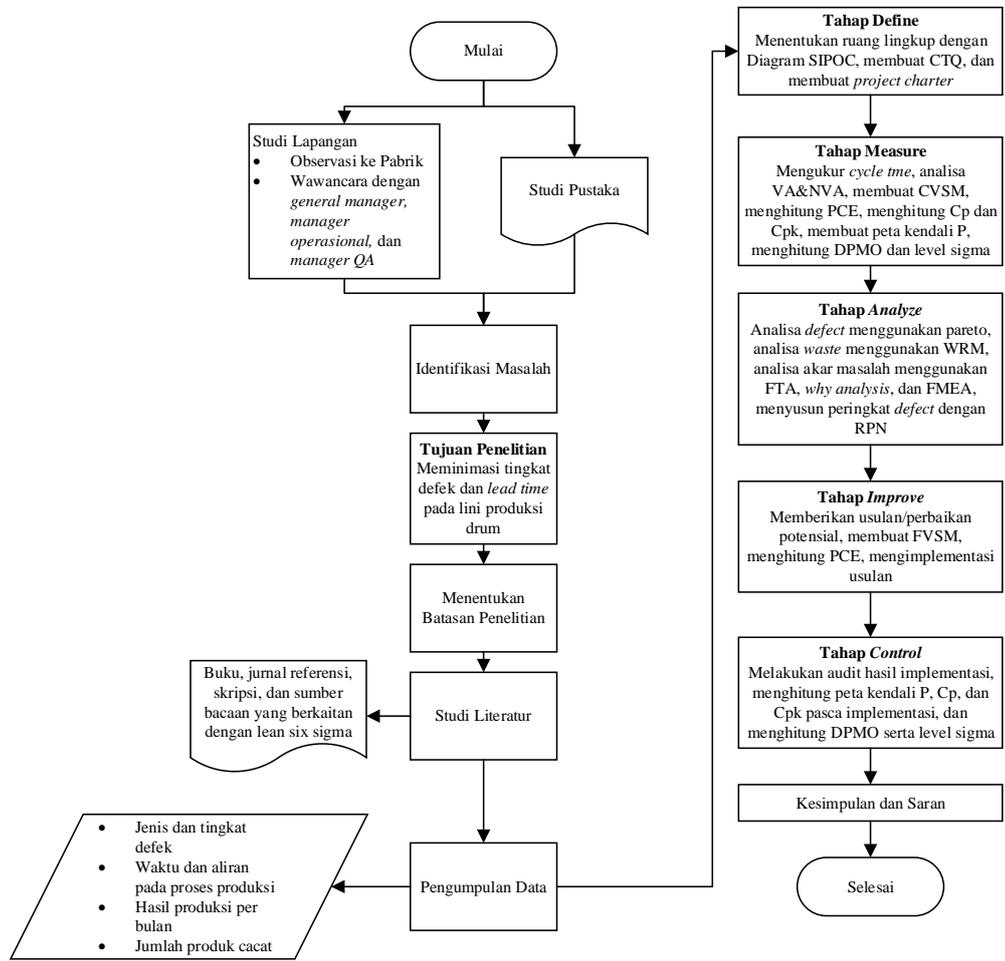
Tahap kedua merupakan tahap *measure* untuk melakukan validasi identifikasi masalah dengan mengukur waktu siklus, melakukan analisa *value added* maupun *non-value added activities*, memetakan keseluruhan proses produksi dengan *current value stream mapping*, mengukur efisiensi proses produksi dengan metrik *process cycle efficiency*, memetakan proporsi *defect* terhadap jumlah produksi dengan peta kendali p, menghitung kapabilitas proses produksi dengan menentukan nilai Cp dan Cpk, serta menentukan nilai DPMO serta level sigma proses produksi.

Tahap ketiga merupakan tahap *analyze* untuk menentukan akar dari masalah yang terjadi. Identifikasi akar masalah diawali dengan menentukan jenis cacat tertinggi menggunakan diagram Pareto, menentukan penyebab terjadinya *waste* dengan *fault tree analysis* dan *5 whys analysis*, menentukan penyebab *defect* dengan FMEA, dan memprioritaskan perbaikan berdasarkan nilai RPN pada FMEA.

Pada tahap keempat yaitu tahap *improve* merupakan tahap lanjut setelah menganalisa seluruh masalah dan akar masalah potensial yang akan diselesaikan. Usulan perbaikan diberikan berdasarkan hasil analisa dengan FTA, *5 whys analysis*, dan FMEA. Berdasarkan hasil usulan tersebut maka akan divalidasi keunggulan kompetitif yang diberikan dengan menghitung efisiensi proses produksi dengan PCE dan *future value stream mapping*.

Setelah usulan perbaikan diterima oleh perusahaan, maka tahap terakhir adalah tahap *control* untuk melakukan pengawasan terhadap proses implementasi dan hasil implementasi dengan menggunakan peta kendali P, menentukan kapabilitas proses produksi yang baru dengan menghitung Cp dan Cpk, serta menghitung DPMO dan level sigma.

Seluruh metode penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* metode penelitian pada Gambar 1.



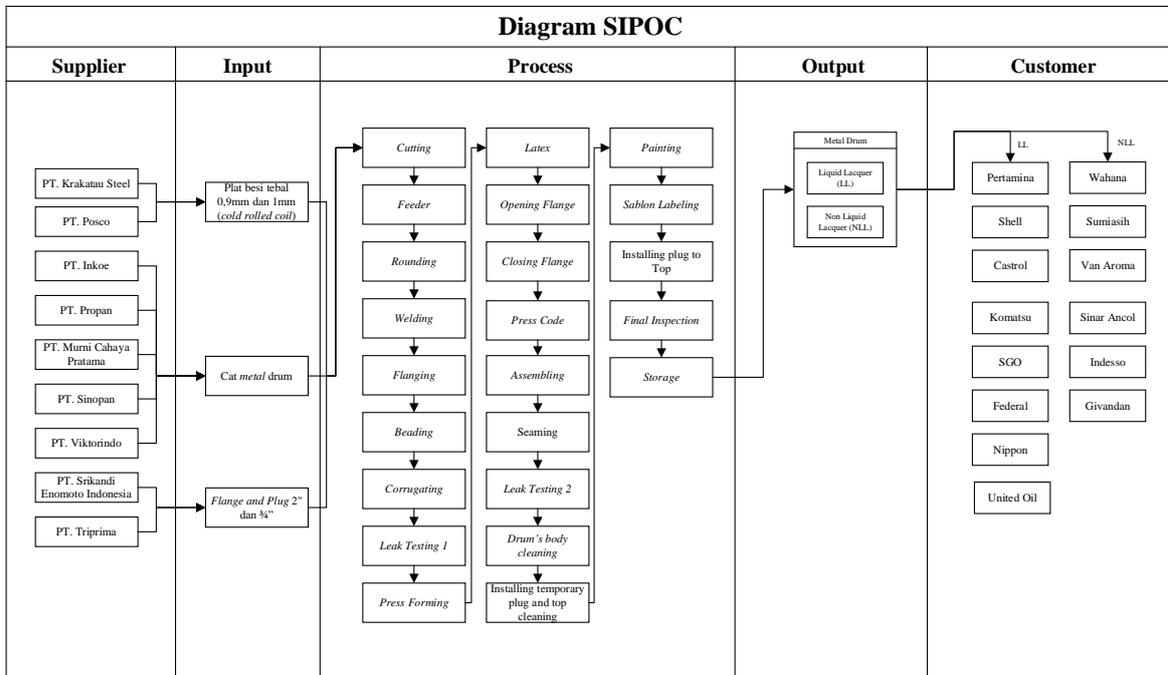
Gambar 1. *Flowchart* Metodologi Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penerapan *lean six sigma* dengan menggunakan siklus tahapan DMAIC dimulai dari tahap *define*, *measure*, *analyze*, *improve*, dan *control* untuk menganalisa penyebab terjadinya *defect* dan *waste* serta menganalisa akar masalah untuk memberikan solusi guna meningkatkan produktivitas dan kualitas produk drum.

Tahap Define

Tahap ini merupakan tahap pertama untuk menentukan masalah, menentukan kebutuhan pelanggan, dan mengetahui aspek dalam *critical to quality* untuk melaksanakan peningkatan dari setiap tahap produksi [13]. Pada tahap ini akan dibuat diagram SIPOC untuk mengidentifikasi proses yang berjalan saat ini dari *supplier* hingga *customer*. Diagram SIPOC untuk proses pembuatan *metal drum* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram SIPOC Metal Drum

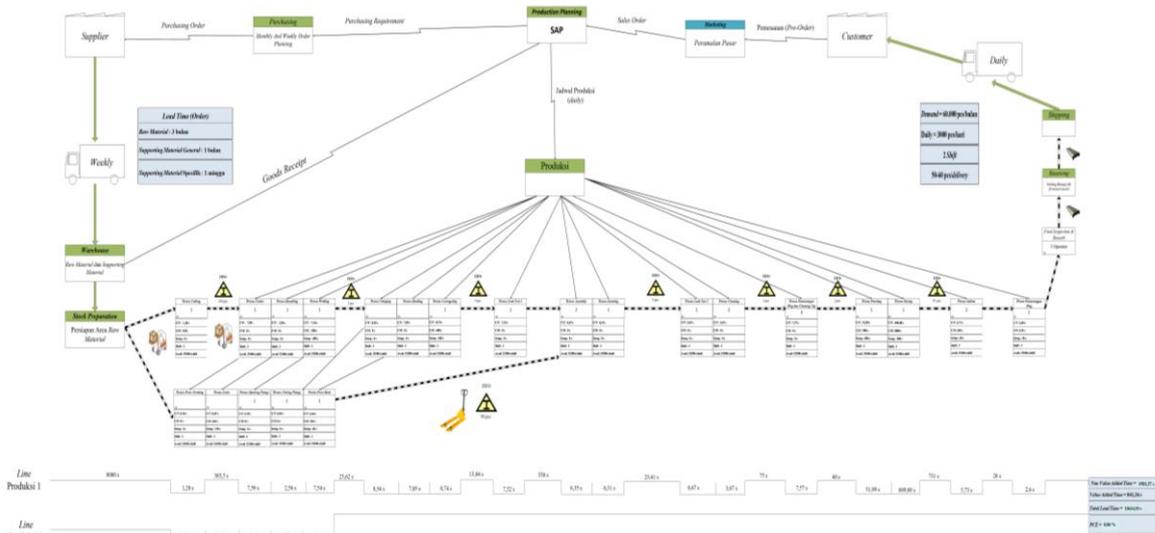
Setelah memetakan proses dengan diagram SIPOC, maka kebutuhan spesifik dari pelanggan perlu dipetakan sebagai aspek dalam *critical to quality*. Berikut merupakan kebutuhan dari pelanggan mengenai produk *drum* adalah sebagai berikut:

1. Waktu produksi disesuaikan dengan waktu yang telah ditentukan.
2. Tidak ada kebocoran pada produk drum.
3. Produk lulus dari jenis *defect* yang ada (*quality approved*).
4. Spesifikasi dimensi produk dari bentuk hingga massa produk harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan.
5. Hasil sablon jelas dan simetris.

Tahap Measure

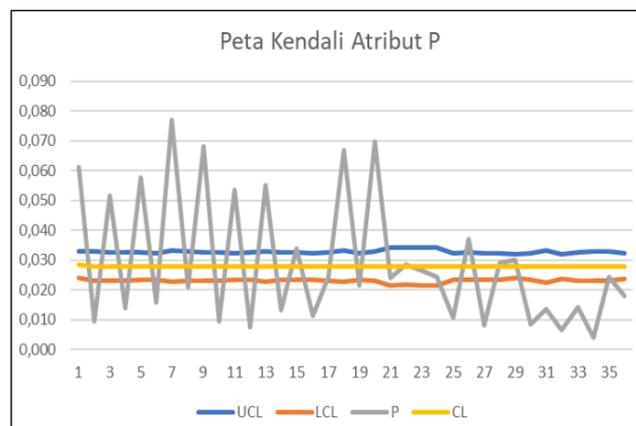
Pada tahap ini akan dihitung dan diukur performa keseluruhan dari proses bisnis yang sedang berjalan [10]. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menentukan dasar-dasar perbaikan yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi di lapangan [8].

Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan di lapangan, diperoleh nilai *process cycle efficiency* sebesar 8,06% sehingga dapat disimpulkan proses produksi yang berjalan tidak mencapai tahap *lean* dengan efisiensi lebih besar atau sama dengan 30% [1]. Setelah nilai PCE ditemukan, maka nilai PCE, total waktu aktivitas yang memberikan nilai tambah, serta *total lead time* akan digunakan untuk membuat *current value stream mapping* seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Current Value Stream Mapping

Selanjutnya akan diukur variasi *defect* dalam produksi drum dengan peta kendali p dalam 35 periode pengamatan seperti pada Gambar 4. Berdasarkan hasil pada peta kendali p di atas dapat dilihat terdapat 28 titik yang dikategorikan sebagai *out of control* karena menyimpang dari UCL atau LCL. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi drum belum sesuai dengan standar yang ada karena terjadi penyimpangan secara statistik [11].



Gambar 4. Peta Kendali P

Proses identifikasi dan mengukur tingkat *waste* di perusahaan menggunakan WRM dan diperoleh tiga jenis *waste* dengan peringkat tertinggi, yaitu *waste of defect* 25,52%, *waste of inventory* 17,75%, dan *waste of waiting* 16,03%. Tiga jenis *waste* tersebut merupakan jenis *waste* yang mendominasi dalam proses produksi.

Dalam menentukan kapabilitas proses produksi, akan ditentukan dengan menghitung kapabilitas proses potensial (C_p) dan kapabilitas proses aktual (C_{pk}) untuk mengukur kemampuan proses produks untuk mnghasilkan produk drum yang sesuai dengan spesifikasi [6,7]. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, diperoleh nilai C_p 0,73 dan C_{pk} 0,78 sehingga dapat disimpulkan kapabilitas produksi termasuk dalam kategori rendah karena indeks C_p dan C_{pk} lebih kecil dari satu [7].

Dalam menentukan level sigma dari proses produksi perusahaan, diperlukan perhitungan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Perhitungan Level Sigma dan DPMO

Keterangan	Nilai
Unit	391775
Opportunities	30
Defects	11142
Defects/Unit	0,02844
Total Opportunities	11753250
Defects/Opportunities	0,000948
DPMO	947,993
Sigma Level	4,606

Tahap Analyze

Dalam tahap *analyze* akan diidentifikasi akar masalah yang menyebabkan *waste* dan *defect* yang terjadi pada proses produksi sehingga tindakan perbaikan yang dilakukan akan efektif dan tepat sasaran [7,8]. Berikut merupakan data jumlah produksi dan *defect* pada drum dapat dilihat pada Tabel 2 dan dilanjutkan dengan perhitungan data *defect* untuk diagram Pareto pada Tabel 3.

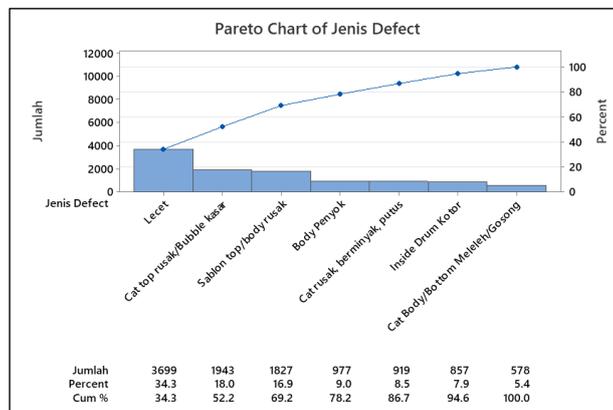
Tabel 2. *Checksheet* Jumlah Produksi dan Dat *Defect* Drum

Periode	Total Produksi	Total Defect	Jenis Defect						
			Lecet	Cat top rusak/ Bubble kasar	Sablon top/ body rusak	Cat rusak, berminyak, putus	Body Penyok	Inside Drum Kotor	Cat Body/Bottom Meleleh/Gosong
1	49908	1500	552	326	179	168	96	104	75
2	42323	1538	601	307	205	114	130	105	76
3	45873	1382	510	258	201	155	97	84	77
4	54609	1535	527	257	265	133	119	132	102
5	42871	1757	666	228	318	192	190	102	61
6	24651	558	191	72	91	24	65	91	24
7	61276	1056	322	186	269	70	82	81	46
8	50710	698	227	140	148	29	32	78	44
9	59519	776	103	169	151	34	166	80	73
TOTAL	431740	10800	3699	1943	1827	919	977	857	578

Tabel 3. Perhitungan Data *Defect*

Jenis Defect	Jumlah	Kumulatif	Jumlah (%)	Kumulatif (%)
Lecet	3699	3699	34,25%	34,25%
Cat top rusak/Bubble kasar	1943	5642	17,99%	52,24%
Sablon top/body rusak	1827	7469	16,92%	69,16%
Cat rusak, berminyak, putus	919	8388	8,51%	77,67%
Body Penyok	977	9365	9,05%	86,71%
Inside Drum Kotor	857	10222	7,94%	94,65%
Cat Body/Bottom Meleleh/Gosong	578	10800	5,35%	100,00%
TOTAL	10800			

Setelah melakukan perhitungan pada data *defect* dalam produksi drum, lebih lanjut dibuat diagram Pareto untuk menentukan jenis *defect* yang diprioritaskan untuk diselesaikan. Diagram Pareto pada produksi drum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Pareto untuk *Defect* pada Drum

Dalam menentukan prioritas jenis *defect* yang perlu diselesaikan sesegera mungkin dapat menggunakan prinsip 80/20, dimana 80% *defect* dihasilkan oleh jenis *defect* lecet, cat pada *top* rusak/*bubble* kasar, dan sablon *top/body* rusak.

Dalam menentukan kesalahan-kesalahan yang menjadi penyebab *defect*, maka digunakan *tools fault tree analysis* (FTA). Hasil analisis FTA untuk setiap jenis *defect* dapat dilihat pada Tabel 4 hingga Tabel 6.

Tabel 4. *Fault Tree Analysis* untuk *Defect* Lecet

<i>Top Event</i>	<i>1st Event</i>	<i>2nd Event</i>	<i>3rd Event</i>	<i>Basic Event</i>
<i>Defect</i> Lecet	Manusia	Proses <i>handling</i> yang kasar <i>Setting</i> mesin tidak sesuai	-	Operator kurang dilatih Standar yang belum tepat
	Mesin	Mesin tidak terawat	-	<i>Preventive maintenance</i> tidak dilaksanakan
	Material	Material tidak sesuai standar	-	Kualitas material <i>supplier</i> buruk
	Metode	SOP tidak dilaksanakan Alat <i>handling</i> drum rusak	Operator menggunakan metodenya sendiri	Kurang pengawasan pelaksanaan SOP Alat <i>handling</i> tajam
	Lingkungan	Kurang cahaya	-	Jumlah lampu sedikit

Tabel 5. *Fault Tree Analysis Defect* Cat *Top* Rusak/*Bubble* Kasar

<i>Top Event</i>	<i>1st Event</i>	<i>2nd Event</i>	<i>Basic Event</i>
<i>Defect</i> cat <i>top</i> rusak/ <i>bubble</i> kasar	Manusia	Process <i>cleaning</i> tidak bersih Mesin <i>metal forming</i> sudah tua	Operator tidak teliti dan malas mengganti kain kotor Banyak mengeluarkan oli
	Mesin	Temperatur oven tidak tepat <i>Nozzle sprayer</i> cat kotor	Kalibrasi yang tidak sesuai Pembersihan berkala jarang dilaksanakan
	Material	Kualitas cat tidak bagus	Terkontaminasi oleh material cat lain
	Metode	Proses pengeringan cat kurang Metode <i>cleaning</i> tidak seragam	Alat pengering tidak cukup Operator menggunakan metodenya sendiri
	Lingkungan	Temperatur udara berubah-ubah	Area pabrik terbuka

Tabel 6. *Fault Tree Analysis Defect* Sablon *Top/Body* Rusak

<i>Top Event</i>	<i>1st Event</i>	<i>2nd Event</i>	<i>Basic Event</i>
<i>Defect</i> sablon <i>top/body</i> rusak	Manusia	Kemampuan menyablon kurang baik Teknik sablon tidak konsisten	Operator kurang dilatih Pergantian operator antar stasiun kerja
	Mesin	Mesin kotor Mesin sudah tua	Mesin jarang dilakukan <i>maintenance</i> secara berkala <i>Preventive maintenance</i> tidak dilaksanakan dengan baik
	Material	Pencampuran material tidak optimal Kualitas material buruk	Tidak ada alat ukur dalam proses <i>mixing</i> Inspeksi material kurang teliti
	Metode	proses pengeringan sablon kurang lama Perbandingan cat dan tinner tidak sesuai setting mesin sablon dan cetakan tidak optimal	selang waktu dengan proses <i>delivery</i> sedikit kelalaian dalam proses <i>mixing</i> Tidak ada prosedur proses sablon

Analisa untuk mengidentifikasi akar masalah yang menyebabkan *waste* pada proses produksi menggunakan metode 5 *why's analysis* untuk setiap jenis *waste* yang telah diidentifikasi. Hasil 5 *why's analysis* untuk *waiting* dan *inventory* dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. 5 *Why's Analysis* untuk *Waste of Waiting*

Jenis <i>Waste</i>	Faktor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	Recommended Action
<i>Waiting</i>	<i>Man</i>	Produktivitas Operator Menurun	Operator jenuh dan menganggur	Operator tidak bisa melakukan pekerjaan secara kontinu	Operator menunggu produk selesai melakukan <i>leak testing</i> dan <i>drying</i>	-	Melakukan evaluasi dan perbaikan stasiun kerja untuk mempersingkat rentang waktu antara proses
	<i>Machine</i>	Kecepatan setiap stasiun produksi tidak seimbang	Sistem pengaturan setiap mesin belum optimal	Adanya gabungan antara proses otomatis dengan manual	Proses otomatis menyesuaikan dengan kecepatan manual	-	Penambahan operator di proses manual atau transformasi manual ke otomatisasi
	<i>Method</i>	Pekerja menunggu lama karena jarak beberapa proses cukup berjauhan	<i>Setting</i> kecepatan <i>conveyor belt</i> tidak optimal	<i>Conveyor belt</i> sudah tua	Kurangnya perawatan dan pemeliharaan mesin secara berkala	Penjadwalan <i>preventive maintenance</i> tidak dilaksanakan secara konsisten	Melakukan <i>maintenance</i> secara berkala atau mengganti <i>conveyor belt</i> dengan yang baru
	<i>Material</i>	Penggunaan <i>supporting</i> material yang berbeda	Spesifikasi dan persyaratan setiap model drum berbeda	Disesuaikan dengan keinginan dan persyaratan dari <i>customer</i>	-	-	Dibuat kelompok penjadwalan produksi dengan mempertimbangkan persyaratan setiap model drum

Tabel 8. 5 Why's Analysis untuk Waste of Inventory

Jenis Waste	Faktor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5	Recommended Action
Inventory	Man	Penumpukan produk defect di area finishing	Defect teridentifikasi pada inspeksi akhir	Ketidakteelitian dan kelalaian operator pada setiap stasiun kerja	Tidak ada sampel produk defect sebagai indikator	Operator tidak melakukan pengisian check-sheet dengan benar	Menerapkan sistem pokayoke pada area produksi
	Machine	Akumulasi WIP di lantai produksi	ketidaksesuaian dalam penyetelan mesin	Kurang pemeliharaan mesin secara berkala	Penjadwalan preventive maintenance tidak terlaksana dengan teratur	-	Menambah staff maintenance dan penjadwalan maintenance
	Method	Produk defect pada drum	Penumpukan barang jadi pada gudang	Terjadi produksi berlebih	Kapasitas produksi mesin yang tidak bisa disesuaikan dengan permintaan	Area gudang pabrik yang terbatas	Menerapkan sistem kanban pada area produksi

Berdasarkan hasil analisis dengan *fault tree analysis* dan *5 why's analysis* untuk setiap jenis waste, maka *tool* FMEA digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan pada masalah yang ada. Tabel FMEA dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. FMEA Produk Drum

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Failure Cause		S	Potential Causes	O	Current Process Control	D	RPN	R	Action
		Proses Selanjutnya	Performa Produk								
Proses sablon top (Manual)	Sablon tidak tercetak merata	Hasil sablon dihapus dan disablon ulang	Tulisan sablon tidak sempurna	6	Operator kurang terlatih, teknik sablon salah	5	Visual check oleh operator	7	210	1	Training dan evaluasi operator secara berkala
Proses painting	Cat pada drum rusak	Proses painting dihentikan, setting ulang, dan melanjutkan proses	Cat produk rusak dan tidak sempurna	5	Nozzle sprayer kotor, setting mesin tidak optimal	5	Visual check pada pressure gauge, meteran, ford cup no 4, dan indicator display	8	200	2	Review teknik uji sampel, membersihkan nozzle sprayer secara rutin
Proses cleaning	Permukaan top berminyak	Membersihkan top drum	Cat menjadi bubble atau kasar	5	Kain pembersih jarang diganti	5	Visual check pada produk jadi	7	175	3	Membuat indikator pergantian kain yang kotor
Proses cleaning	Permukaan top berdebu/kotor	Proses painting tidak sempurna	Cat menjadi rusak, berbintik, dan bernoda	5	Operator tidak teliti	5	Visual check pada produk jadi	7	175	4	Mengadakan refreshment training dan evaluasi SOP serta kualitas produksi
Proses Sablon top (manual)	Sablon rusak	Hasil sablon dihapus, inspeksi pada cetakan dan tinta	Hasil sablon berbintik, sulit kering, dan ada perubahan warna	6	Campuran cat tidak optimal, cetakan kotor, waktu pengeringan tidak cukup	4	Visual check oleh operator dan QC	7	168	5	Membuat tempat meletakkan cetakan sablon, inspeksi rutin pada kebersihan alat dan mesin sablon
Proses metal forming	Drum penyok	Produk masuk mesin press, proses produksi terganggu	Produk penyok	5	Proses handling yang kasar	5	Visual check oleh operator metal forming dan QC	5	125	6	SOP pada operator, melakukan penyesuaian pada jalur conveyor belt proses loading
Proses final inspection	Defectif lolos inspeksi	Produk sampai ke konsumen dan melakukan retur	Menurunnya kepercayaan konsumen	4	kelalaian dan ketidakteelitian QC inspector dalam inspeksi akhir	5	Visual check oleh QC dan melakukan uji	6	120	7	Training dan evaluasi rutin dan melakukan inspeksi dengan sampel
Proses metal forming	Drum lecet	Proses dihentikan dan produk dikeluarkan dari lini produksi	Muncul goresan pada permukaan body	3	Mesin metal forming dan pelontar drum bermasalah	3	Visual check oleh operator dan defectif dikumpulkan ke area defect	7	63	8	Review setting pada setiap uji, menutup komponen mesin yang tajam
Prises sablon body	Sablon rusak	Proses sablon dihentikan, setting ulang, dan melanjutkan proses produksi	Hasil sablon berbintik, sulit kering, dan ada perubahan warna	3	setting mesin tidak sesuai, mesin dan cetakan sablon kotor, perbandingan campuran tinta yang tidak sesuai	2	visual check oleh operator dan QC	8	48	9	Membuat jadwal maintenance mesin dan SOP kebersihan, training operator
Proses leak testing	Drum bocor lolos inspeksi	Produk akan dikumpulkan ke area defect, dan inspeksi dengan mesin welding	drum bocor	2	Operator tidak teliti dalam proses inspeksi	2	Visual check pada produk	8	32	10	Training dan evaluasi rutin, menambah pencahayaan pada stasiun leak testing

Berdasarkan hasil analisis FMEA pada Tabel 9, didapat prioritas perbaikan yang diperlukan berdasarkan pada nilai RPN dan diurutkan berdasarkan besar RPN sehingga semakin tinggi nilai RPN, maka masalah tersebut akan menjadi prioritas perbaikan. Proses sablon pada top dengan cara manual berada pada peringkat pertama, peringkat kedua adalah masalah pada proses painting dan yang ketiga adalah masalah pada proses cleaning.

Tahap Improve

Tahap improve merupakan tahap memberikan usulan perbaikan yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisa pada tahap analyze. Tabel 10 menunjukkan usulan perbaikan dan rekomendasi tindakan yang perlu diambil untuk memperbaiki masalah berdasarkan FMEA.

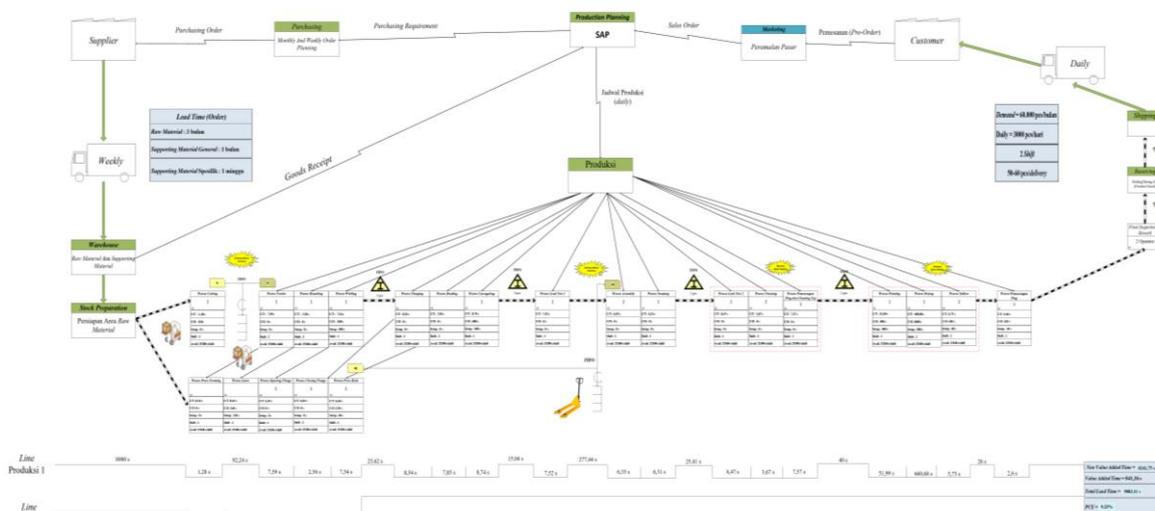
Tabel 10. Usulan Perbaikan Berdasarkan Hasil FMEA

Rank	Process Function	Potential Failure Mode	Action
1	Proses sablon top (Manual)	Sablon tidak merata	Menempatkan operator yang mahir Training dan evaluasi operator
		Sablon rusak	Membuat standarisasi campuran tinner dan tinta Inspeksi rutin pada kebersihan cetakan dan alat sablon manual
2	Proses painting	Cat rusak	Membuat <i>checksheet</i> inspeksi kompresor angin dan selang <i>nozzle sprayer</i> Membuat SOP kebersihan pada <i>nozzle sprayer</i> dan area <i>painting</i> Melakukan inspeksi kondisi cat setelah proses pengeringan
3	Proses cleaning	Permukaan top berminyak	Membuat tempat pergantian untuk kain kotor dan kain bersih Refreshment training pada operator, membuat SOP proses <i>cleaning</i>

Berikut merupakan usulan perbaikan untuk mengurangi *defect* serta untuk meningkatkan efisiensi proses:

1. Menyediakan alat ukur dalam proses *mixing* tinta sablon dengan *reducer* sehingga operator dapat melakukan proses *mixing* berdasarkan ketentuan yang ada serta membuat standarisasi instruksi proses *mixing*.
2. Melakukan penggabungan stasiun *Leak Testing 2*, stasiun *cleaning* dan stasiun pemasangan *plug* sementara dan *cleaning top* pada drum menjadi satu proses untuk mengurangi *waste of waiting* operator dan jumlah operator yang digunakan dari total 6 operator menjadi 4 operator.
3. Melakukan penggabungan stasiun *drying* dengan stasiun sablon *body* drum menjadi satu proses sehingga dapat mengeliminasi waktu *waiting* sebesar 731 detik.
4. Membuat *checksheet* inspeksi kebersihan pada ujung *nozzle sprayer*, kebersihan cat dan area *painting* setiap pergantian model drum guna mengurangi *waste of defect* pada proses *painting* dikarenakan kelalaian operator sehingga dapat mengurangi jumlah operator pada stasiun *rework* dari total 3 operator menjadi 2 operator.
5. Mengaplikasikan metode *kanban* pada beberapa proses yaitu pada proses transportasi komponen *top-bottom* ke stasiun *assembly* diperoleh waktu *pitch* sebesar 277,44 detik dan proses transportasi proses *cutting* ke *feeder* diperoleh waktu *pitch* sebesar 92,24 detik.
6. Membuat *one point lesson* penggunaan dan penyimpanan kain lap pada stasiun *cleaning* drum guna meminimasi *waste of defect* akibat kelalaian operator dalam menggunakan kain lap pada proses *cleaning*.

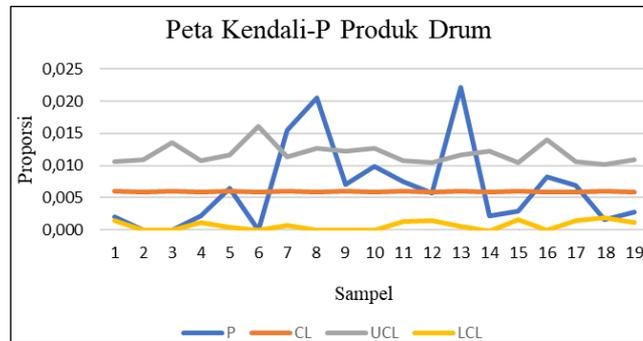
Perhitungan efisiensi siklus proses pada usulan perbaikan menunjukkan adanya peningkatan efisiensi sebesar 1,17%. Gambar 6 memperlihatkan *future value stream mapping* yang direkomendasikan.



Gambar 6. Future Value Stream Mapping

Tahap Control

Tahap *control* merupakan tahap reviu atau proses evaluasi secara berkala dari usulan perbaikan yang diimplementasikan. Pada tahap ini menggunakan peta kendali p untuk melihat kembali jumlah *defect* pada proses produksi, dilanjutkan dengan mengevaluasi nilai Cp, Cpk, DPMO, dan level sigma. Peta kendali p pasca implementasi usulan perbaikan dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Kendali P Pasca Implementasi Usulan Perbaikan

Berdasarkan peta kendali p pada Gambar 7, terjadi pengurangan jumlah *defect* dibandingkan sebelum implementasi usulan perbaikan. Pasca-implementasi usulan perbaikan, kapabilitas proses dan level sigma menunjukkan peningkatan signifikan, seperti terlihat pada Tabel 11, namun Cp sesudah implementasi sebesar 0,92 (masih di bawah 1) artinya dalam hal ini proses masih belum cukup baik dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi standar yang ditetapkan. Kedepannya, tahap pengendalian dan peningkatan perlu dilakukan secara konsisten dan berkelanjutan.

Tabel 11. Kapabilitas Proses Produksi dan Level Sigma Pasca Implementasi Usulan Perbaikan

Nilai	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi	Keterangan
Cp	0,73	0,92	+26,03%
Cpk	0,78	0,84	+7,69%
DPMO	947,993	201,153	+9,33%
Level Sigma	4,61	5,04	+9,33%

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan pada lini produksi drum, didapat jumlah *defect* lecet sebesar 43%, cat *top* rusak/*bubble* kasar 19%, dan sablon *top/body* rusak sebesar 18%. Berdasarkan hasil analisa *waste* dengan WRM, didapat jenis *waste of defect* sebesar 25,52%, *waste of inventory* 17,75%, dan *waste of waiting* 16,03%. Dan berdasarkan data historis pada lini produksi drum, didapat nilai DPMO sebesar 947,99 dengan level sigma sebesar 4,606. Setelah menerapkan usulan perbaikan, didapat peningkatan efisiensi sebesar 1,17% dan level sigma meningkat menjadi 5,04.

Studi ini memberikan manfaat kepada pihak manajemen perusahaan dalam upaya peningkatan produktivitas dan kualitas proses pada produksi drum. Pengambilan jumlah sampel yang relatif kecil pasca-implementasi usulan perbaikan dianggap sebagai keterbatasan penelitian ini sehingga perlu dilakukan *longitudinal study* dan direviu secara periodik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Gasperz and A. Fontana, *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries: Waste Elimination and Continuous Cost Reduction*, Bogor: Vinchristo Publication, 2011.

- [2] M. L. George, *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*, New York: McGraw Hill, 2002.
- [3] J. W. Martin, *Lean Six Sigma for Supply Chain Management: a 10-step Solution Process*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Education LLC., 2014.
- [4] S. Muis and A. Haryanto, *Metodologi 6 Sigma: Menciptakan Kualitas Produk Kelas Dunia*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2011.
- [5] Ahmad, L. L. Salomon, and V. I. Wijaya, “Analisa Penerapan Lean Six Sigma untuk Mengurangi Non Value Added Time dan Jumlah Produk Cacat pada Produksi Set Kotak Bedak Lean Six Sigma Implementation Analysis to Reduce Non Value Added Time and Number of Defective Products on Setting Powder Box Production,” *Jurnal Ilmiah PASTI*, Vol. 7, No. 1, pp. 33–41, 2013.
- [6] W. Kosasih, and L.L. Solomon, and S. Valensia “Continuous Improvement Proses Pengecatan Part Plastik CFT Black Tipe KWWX di PT. X Menggunakan Metodologi Lean Six Sigma,” *Prosiding Temu Ilmiah Nasional Dosen Teknik X*, pp. 20–31, 2012.
- [7] M. George, J. Maxey, D. Rowlands, and M. Price, *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Process Quality, Speed, and Complexity*. McGraw-Hill, 2005. doi: doi:10.1036/0071441190.
- [8] W. Kosasih, D. Agusman, and Fergio, “Aplikasi Lean Six Sigma Untuk Mereduksi Pemborosan di Lini Produksi R223B (Studi Kasus: PT.A),” *Jurnal Kajian Teknologi*, Vol. 9, No. 1, pp. 49–66, 2013.
- [9] T. Ohno and N. Bodek, *Toyota Production System*, Productivity Press, 2019. doi: 10.4324/9780429273018.
- [10] D. B. Modi and H. R. Thakkar, “Lean Thinking: Reduction of Waste, Lead Time, Cost through Lean Manufacturing Tools and Technique,” *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Vol. 4, No. 3, p. 4, 2014.
- [11] M. A. Saryatmo, L. L. Salomon, and R. Dayana, “Strategi Minimasi Waste Aluminium Foil pada Proses Pengemasan Susu Kental Manis dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma (Studi Kasus: PT. X),” *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, Vol. 5, No. 17, pp. 1-9, 2016.
- [12] I. A. Rawabdeh, “A Model for The Assessment of Waste in Job Shop Environments,” *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 25, No. 8, pp. 800–822, 2005, doi: 10.1108/01443570510608619.
- [13] R. Bettini, A. Giorgetti, E. Cini, and P. Citti, “The Lean Six Sigma Approach for Process Improvement: A Case Study in A High Quality Tuscany Winery,” *Journal of Agricultural Engineering*, Vol. 41, No. 4, p. 1, 2012, doi: 10.4081/jae.2010.4.1.