

**Penerapan *Lean Six Sigma* untuk Meningkatkan Kualitas Layanan dalam
Proses Rantai Pasok di PT.X**

**Mochamad Bagus Setiyawan¹, Seto Wahyu Prasetyo², Siti Mujanah³, Ahmad
Yanu Alif Fianto⁴**

^{1,2,3,4} Magister Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

1262300053@surel.untag-sby.ac.id¹, 1262300055@surel.untag-sby.ac.id²,
sitimujanah@untag-sby.ac.id³, achmadyanu@untag-sby.ac.id⁴

ABSTRACT

The manufacturing sector in Indonesia, particularly in the automotive cable and component industry, is facing significant challenges, as reflected in the declining Purchasing Manager's Index (PMI), indicating a contraction in production activities. To remain competitive, managing production process quality becomes essential, especially in improving supply chain performance. This study examines the application of Six Sigma in the copper busbar production process at PT. X, focusing on reducing supply chain costs through enhanced process quality management and waste reduction. Using the DMAIC approach (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), this research analyzes copper busbar production data, including defect rates and associated costs before and after improvements. The results show that Six Sigma implementation successfully reduced defect rates, particularly scratch defects, from 7.32% to 0.01%. Additionally, this improvement contributed to a reduction in supply chain costs, with total savings amounting to IDR 3,421,168,671, covering reductions in manufacturing, administration, warehouse, and capital costs. These findings demonstrate that Six Sigma can significantly enhance efficiency and effectiveness in copper busbar production, while positively impacting overall supply chain costs. The study also recommends further research to more thoroughly explore distribution and installation costs in the supply chain context.

Keywords: Six Sigma; DMAIC; Supply Chain Costs; Quality Control

ABSTRAK

Sektor industri manufaktur di Indonesia, khususnya industri kabel dan komponen otomotif, menghadapi tantangan signifikan terkait dengan penurunan indeks Purchasing Manager's Index (PMI) manufaktur yang menunjukkan kontraksi pada aktivitas produksi. Dalam upaya untuk tetap bersaing, pengelolaan kualitas proses produksi menjadi sangat penting, terutama dalam meningkatkan kinerja rantai pasok. Penelitian ini mengkaji penerapan metode Six Sigma pada proses produksi copper busbar di PT. X, dengan fokus untuk mengurangi biaya rantai pasok melalui peningkatan pengelolaan kualitas proses dan pengurangan pemborosan. Menggunakan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), penelitian ini menganalisis data produksi copper busbar, termasuk jumlah produk cacat dan biaya terkait sebelum dan setelah perbaikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan Six Sigma berhasil mengurangi jumlah produk *defect*, khususnya *defect* jenis *scratch*, dari 7,32% menjadi 0,01%. Selain itu, peningkatan kinerja ini juga berkontribusi pada pengurangan biaya rantai pasok, dengan total penghematan mencapai Rp 3.421.168.671, mencakup penurunan biaya manufaktur, administrasi, gudang, dan modal. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan Six Sigma dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas

dalam produksi copper busbar, serta memberikan dampak positif terhadap biaya rantai pasok secara keseluruhan. Penelitian ini juga merekomendasikan agar penelitian selanjutnya dapat mendalami lebih rinci terkait biaya distribusi dan pemasangan dalam konteks rantai pasok.

Kata kunci: Six Sigma; DMAIC; Biaya Rantai Pasok; Pengendalian Kualitas

PENDAHULUAN

Sektor industri manufaktur di Indonesia saat ini tengah menghadapi tantangan yang cukup signifikan, sebagaimana tercermin dari penurunan berkelanjutan pada indeks *Purchasing Manager's Index* (PMI) manufaktur dalam beberapa bulan terakhir. Indeks PMI telah menunjukkan tren penurunan sejak April 2024. Data yang dirilis oleh *Standard & Poor's* (S&P) Global menunjukkan bahwa nilai PMI manufaktur Indonesia pada bulan Juli dan Agustus 2024 berada di bawah angka 50, yaitu sebesar 49,3 dan 48,9 (Wuryandani, 2024). Kondisi ini mengindikasikan bahwa aktivitas produksi di sektor manufaktur mengalami kontraksi atau penurunan. Agar industri manufaktur di Indonesia dapat tetap bersaing pengelolaan kualitas proses produksi harus dilakukan untuk dapat meningkatkan kinerja *supply chain* perusahaan. Mempertahankan kualitas dan kinerja telah menjadi prioritas bagi industri untuk memperoleh kepuasan pelanggan, seiring dengan meningkatnya permintaan akan produk. Perusahaan harus mendefinisikan, mengukur, menganalisis, melakukan perbaikan, dan mengendalikan sistem manufaktur yang ada untuk menghadapi persaingan pasar. Berbagai metode, pendekatan, dan alat digunakan untuk perbaikan produktivitas dan kualitas secara berkelanjutan (Gupta *et al*, 2013).

Metode *Six Sigma* memberikan berbagai keuntungan, seperti peningkatan produktivitas dan efisiensi dalam suatu perusahaan. Dengan kontribusinya dalam meningkatkan kinerja organisasi, *six sigma* menjadi elemen penting dalam menjaga daya saing dan kelangsungan hidup perusahaan di era ekonomi modern saat ini (Salah *et al*, 2010). Menurut Widodo *et al*, 2022 penerapan metodologi *six sigma* telah terbukti secara signifikan meningkatkan kualitas produk atau layanan serta efisiensi operasional dalam berbagai organisasi. Produktivitas yang tinggi juga memberikan dampak positif terhadap keuntungan perusahaan dan dapat membantu dalam mencapai pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan. Oleh karena itu, perusahaan manufaktur terus berupaya untuk meningkatkan produktivitas melalui berbagai upaya dan perbaikan yang berkelanjutan (Hasibuan *et al*, 2018). Fokus penelitian mengenai *six sigma* sering kali terarah pada sektor manufaktur, khususnya industri otomotif, seperti yang terlihat pada studi-studi yang dilakukan oleh Hariyanto *et al*, 2021. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, minat terhadap penerapan *six sigma* dalam konteks logistik dan manajemen rantai pasok semakin meningkat, baik di kalangan akademisi maupun praktisi (Doni dan Fiameni, 2024).

PT. X merupakan perusahaan manufaktur yang khusus bergerak dalam produksi kabel yang digunakan pada industri otomotif, mencakup kabel untuk sistem kelistrikan kendaraan (*automotive cable*) dan kabel untuk baterai (*battery cable*). Selain itu, perusahaan ini juga memproduksi komponen tembaga lainnya seperti

copper busbar, yang merupakan konduktor listrik berukuran besar yang umumnya digunakan dalam sistem distribusi tenaga listrik. Dalam proses produksi *copper busbar* selama ini masih menghasilkan *waste* yang menyebabkan besarnya *manufacturing cost*. *Waste* adalah segala aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sepanjang aliran proses mengubah *input* menjadi *output* (Matta, 2014).

Menurut Janvier-James, 2011 menggambarkan rantai pasok sebagai sebuah jaringan yang kompleks, di mana berbagai organisasi saling terhubung dalam suatu rangkaian proses dan aktivitas yang berkelanjutan. Tujuan akhir dari jaringan ini adalah untuk menciptakan nilai bagi pelanggan akhir melalui penyediaan produk dan jasa. Sementara itu, menurut LeMay *et al*, 2017 menyoroti aspek transformasi dan aliran barang serta jasa dalam rantai pasok, termasuk pertukaran informasi yang menyertainya, mulai dari tahap awal pengadaan bahan baku hingga produk tersebut sampai ke tangan konsumen. Lebih lanjut, menurut Mentzer *et al*, 2001 memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai komponen-komponen fisik dan logistik dalam rantai pasok. Mereka menjelaskan bahwa rantai pasok terdiri dari berbagai fasilitas yang tersebar di berbagai lokasi geografis, seperti pabrik, gudang, dan pusat distribusi, yang saling terhubung melalui jaringan transportasi. Fasilitas-fasilitas ini dapat dikelola secara internal oleh perusahaan, atau melibatkan kerja sama dengan pihak eksternal seperti pemasok, pelanggan, atau penyedia layanan logistik.

Menurut Bottani dan Montanari, 2010 menyoroti pentingnya pengurangan biaya rantai pasok (*Supply Chain Cost/SCC*) sebagai salah satu strategi utama untuk meraih keunggulan kompetitif. Untuk menganalisis SCC secara lebih mendalam, (Pettersson dan Segerstedt, 2013) mengusulkan suatu kerangka kerja yang membagi biaya rantai pasok menjadi enam kategori utama. Kelima kategori utama tersebut mencakup biaya manufaktur (*Manufacturing Costs/MANF*), biaya administrasi (*Administration Costs/ADMN*), biaya distribusi (*Distribution Costs/DIST*), biaya gudang (*Warehouse Costs/WRHS*), dan biaya modal (*Capital Costs/CPTL*). Selain itu, mereka juga menambahkan kategori keenam, yaitu biaya pemasangan (*Installation Costs/INSTL*), yang relevan untuk produk atau layanan yang memerlukan proses instalasi setelah penjualan. Dengan demikian, SCC dapat dihitung dengan menjumlahkan seluruh biaya yang termasuk dalam keenam kategori tersebut melalui persamaan berikut:

$$SCC = MANF + ADMN + DIST + WRHS + CPTL + INSTL \dots \dots \dots (1)$$

Implementasi sistem yang efektif tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas produk dan kepuasan pelanggan, namun juga mendorong terjadinya pertukaran informasi yang lebih baik dan lebih akurat antar berbagai departemen di dalam perusahaan. Lebih dari itu, sistem ini memfasilitasi kolaborasi yang lebih erat dengan para pemasok, pelanggan, dan mitra bisnis lainnya dalam ekosistem rantai pasok. Dengan demikian, sistem ini berperan sebagai katalisator dalam meningkatkan kinerja manajemen rantai pasok secara keseluruhan (*Supply Chain Management/SCM*). Seperti yang ditegaskan oleh (Tay dan Loh 2022), manfaat dari penerapan sistem yang baik tidak berhenti sampai di situ. Keunggulan kompetitif

yang dihasilkan dari SCM yang efisien memungkinkan perusahaan untuk meraih profitabilitas jangka panjang yang lebih solid dalam persaingan bisnis global yang semakin ketat. Dengan kata lain, investasi dalam sistem yang tepat merupakan investasi yang strategis untuk memastikan keberlangsungan dan pertumbuhan bisnis di masa depan.

Penelitian ini akan membahas penerapan *six sigma* dalam konteks biaya rantai pasok, dengan menggunakan studi kasus untuk menganalisis bagaimana *six sigma* diterapkan pada industri manufaktur *copper busbar* untuk mengurangi biaya rantai pasok melalui peningkatan pengelolaan kualitas proses produksi sehingga dapat mengurangi *waste* yang terjadi selama proses produksi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *six sigma* DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk meningkatkan kualitas produksi *copper busbar* di PT. X. Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan
2. Studi Pustaka
3. Identifikasi Masalah
4. Perumusan Masalah
5. Penentuan Tujuan Penelitian
6. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui observasi, wawancara, *brainstorming*, dan dokumentasi. Dalam penelitian ini, analisis pengendalian kualitas dilakukan untuk menurunkan jumlah produk *defect* atau pemborosan dalam proses produksi *copper busbar*. Data yang diambil mencakup

- a. Total produksi *copper busbar* periode Mei – Oktober 2024.
- b. Jumlah total *output* produksi *copper busbar* dengan status produk *defect* yang terjadi selama perbaikan proses produksi
- c. Total produksi *copper busbar* periode Mei – Oktober 2024 sebelum dan setelah perbaikan, serta biaya yang terkait dengan *defect*, seperti penanganan bahan baku berlebih dan biaya penyimpanan, biaya produksi, biaya distribusi.

Penelitian ini mengikuti tahapan DMAIC, menggunakan alat statistik seperti peta kontrol, diagram pareto, *failure mode and effect analysis* (FMEA), dan *action plan*. Pada tahap *define*, identifikasi *Critical to Quality* (CTQ) dilakukan untuk mengidentifikasi jenis-jenis *defect* yang paling sering terjadi. Tahap *measure* melibatkan pengumpulan data produksi dan perhitungan metrik kualitas seperti DPMO dan nilai *sigma* untuk mengukur tingkat *defect*. Analisis lebih lanjut dilakukan pada tahap *analyze* dengan menggunakan diagram pareto dan *failure mode and effect analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah, hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi perbaikan untuk perusahaan berdasarkan nilai *risk priority number* (RPN). Nilai RPN menunjukkan prioritas suatu kegagalan, dengan *defect* yang memiliki RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk diperbaiki, diikuti dengan

rekomendasi untuk mengatasi jenis pemborosan yang terjadi. Tahap *improve* berfokus pada implementasi tindakan perbaikan berdasarkan hasil analisis FMEA dengan nilai RPN tertinggi. Tahap selanjutnya adalah *control* dilakukan untuk memastikan perbaikan yang telah dilakukan dapat dipertahankan secara berkelanjutan. Terakhir adalah menghitung nilai dari biaya rantai pasok (*Supply Chain Cost/SCC*) sebelum dan setelah dilakukan perbaikan berdasarkan hasil FMEA dengan nilai RPN tertinggi untuk mengetahui pengaruh perbaikan terhadap biaya rantai pasok.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT. X merupakan perusahaan yang bergerak pada bidang peleburan tembaga yang memproduksi *copper busbar*. Proses produksi *copper busbar* membutuhkan beberapa proses, mulai dari kedatangan bahan baku yang berupa *copper cathode* kemudian dilanjutkan proses peleburan dengan jenis *upcast, rotary continuous extrusion*, hingga melalui proses *drawbench machine*.

Dalam proses produksi *copper busbar* PT. X selama ini masih mengalami berbagai permasalahan sehingga menimbulkan *defect* pada proses produksi. Produk *defect* timbul selama proses produksi berlangsung, sehingga perlu dilakukan *continuous improvement* yang dimulai dari awal proses produksi hingga menjadi *output* produksi, *continuous improvement* harus dilakukan secara terus menerus dikarenakan apabila terdapat produk *defect* maka produk tersebut tidak bisa diproses ulang dan menjadi avalan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan perbaikan seluruh rantai pasok proses produksi *copper busbar* di PT. X sehingga dapat menghasilkan proses produksi yang berkualitas, penurunan terjadinya produk *defect*, proses produksi yang lebih efisien sehingga dapat mengurangi biaya rantai pasok untuk meningkatkan kepuasan pelanggan.

Define

Pada tahap pertama proses *brainstorming* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan dan jenis *defect* yang terjadi selama proses produksi *copper busbar* di PT. X selama periode Mei 2024 – Juli 2024. Langkah awal dalam proses peningkatan kualitas produk adalah dengan identifikasi CTQ (*Critical to Quality*). Berikut ini adalah tahapan CTQ yang ditemukan dalam proses produksi *copper busbar* di PT. X:

- a. *Burry*: permukaan *copper busbar* yang tidak rata sehingga dapat mengurangi kualitas estetika dan fungsi busbar, mempengaruhi koneksi listrik, dan dapat menyebabkan titik pemanasan yang berlebihan saat beroperasi.
- b. *Crack*: kerusakan pada permukaan *copper busbar* sehingga dapat memperlemah struktur *copper busbar*, mengurangi daya tahan, dan berpotensi menyebabkan kegagalan listrik jika tidak diperbaiki.
- c. *Curved*: bentuk busbar yang tidak lurus, yang terjadi selama proses penarikan atau pembentukan sehingga dapat mengganggu pemasangan dan penempatan busbar dalam panel listrik, serta mengurangi efisiensi dan keamanan sistem kelistrikan.

- d. *Joint*: titik di mana dua bagian *copper busbar* disambung atau digabungkan. Sambungan yang buruk dapat menyebabkan peningkatan resistansi listrik, pemanasan berlebih, dan potensi kegagalan kelistrikan. Pada beberapa kasus, sambungan yang lemah juga bisa berisiko menimbulkan kebakaran.
- e. *Scratch*: goresan pada permukaan *copper busbar* yang terjadi selama proses produksi berlangsung. Sehingga dapat mempengaruhi kinerja, goresan dapat merusak lapisan pelindung atau menyebabkan ketidakestetisan. Pada kasus tertentu, goresan yang dalam bisa menyebabkan korosi atau titik lemah pada busbar.

Measure

Tahap kedua adalah proses pengukuran dari perhitungan *Defect Per Million Opportunities* (DPMO) dan nilai level sigma. Data *output* produksi diambil dengan periode waktu Mei 2024 – Juli 2024, dan dengan melakukan wawancara kepada departemen produksi yang diwakili oleh Manajer produksi dan Operator produksi. Berikut adalah data hasil produksi *copper busbar* periode Mei 2024 – Juli 2024:

Tabel 1. Data Output Produksi Mei 2024 – Juli 2024

Minggu Ke	Output (Pcs)
1	617
2	941
3	760
4	1.124
5	623
6	759
7	762
8	885
9	527
10	707
11	796
12	648
Total	9.149

Tabel 2. Data Defect Mei 2024 – Juli 2024

Minggu Ke	Burry	Crack	Curved	Joint	Scratch	Total
1	3	22	1	48	21	95
2	8	67	6	25	39	145
3	1	25	6	23	60	115
4	9	58	8	15	74	164
5	7	39	0	15	32	93
6	12	22	0	38	39	111
7	8	31	4	19	54	116

8	5	64	0	0	62	131
9	3	11	0	25	40	79
10	4	31	0	12	61	108
11	11	20	19	41	27	118
12	2	36	0	2	60	100
Total	73	426	44	263	569	1.375

Untuk dapat menghitung nilai *sigma* setelah data total *output* produksi dan data *defect* produksi periode Mei 2024 – Juli 2024 dikumpulkan, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai DPU, DPO, dan DPMO. Berikut tabel hasil perhitungan nilai DPU, DPO, dan DPMO:

Tabel 3. Nilai DPU, DPO, dan DPMO

Minggu Ke	Defect	DPU	DPO	DPMO
1	95	0,154	0,031	30.794,165
2	145	0,154	0,031	30.818,278
3	115	0,151	0,030	30.263,158
4	164	0,146	0,029	29.181,495
5	93	0,149	0,030	29.855,538
6	111	0,146	0,029	29.249,012
7	116	0,152	0,030	30.446,194
8	131	0,148	0,030	29.604,520
9	79	0,150	0,030	29.981,025
10	108	0,153	0,031	30.551,627
11	118	0,148	0,030	29.648,241
12	100	0,154	0,031	30.864,198

Setelah nilai DPU, DPO, dan DPMO telah diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *sigma*. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan nilai *sigma*:

Tabel 4. Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Minggu Ke	DPMO	SIGMA
1	30.794,165	3,369
2	27.891,892	3,413
3	45.138,055	3,194
4	26.714,801	3,431
5	37.672,282	3,278
6	20.000,000	3,554
7	53.181,818	3,115
8	29.604,520	3,387
9	37.090,909	3,285
10	48.354,430	3,161
11	29.648,241	3,386

12	45.416,079	3,191
Total	431.507,193	39,764
Rata-rata	35.958,933	3,314

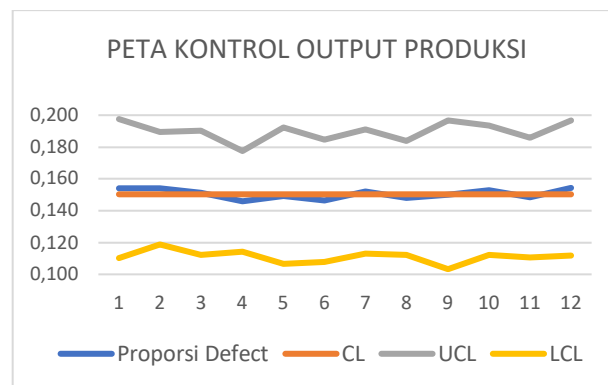
Dari tabel 4 dapat kita ketahui proses produksi *copper busbar* periode Mei 2024 – Juli 2024 menghasilkan nilai total DPMO sebesar 431.507,193 dengan rata-rata 35.958,933 dan nilai total sigma 39,764 dengan rata-rata 3,314.

Peta Kontrol

Peta kontrol digunakan untuk memantau serta mengontrol kualitas dari proses produksi *copper busbar* periode Mei 2024 – Juli 2024. Berikut ini adalah nilai dari *Control Limit* (CL), *Lower Control Limit* (LCL), dan *Upper Control Limit* (UCL) yang digunakan untuk membuat peta *control* proses produksi *copper busbar* periode Mei 2024 – Juli 2024:

Tabel 5. Kalkulasi Peta Kontrol Produksi *Copper busbar*

Minggu Ke	Proporsi Defect	CL	UCL	LCL
1	0,154	0,150	0,198	0,110
2	0,154	0,150	0,189	0,119
3	0,151	0,150	0,190	0,112
4	0,146	0,150	0,177	0,114
5	0,149	0,150	0,192	0,106
6	0,146	0,150	0,185	0,108
7	0,152	0,150	0,191	0,113
8	0,148	0,150	0,184	0,112
9	0,150	0,150	0,197	0,103
10	0,153	0,150	0,193	0,112
11	0,148	0,150	0,186	0,110
12	0,154	0,150	0,197	0,112



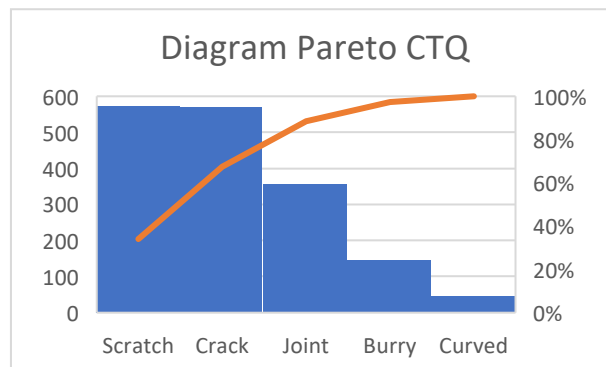
Gambar 1. Peta Kontrol *Output* Produksi

Berdasarkan gambar 1 proses produksi *copper busbar* periode Mei 2024 – Juli 2024 berada di area batas atas dan batas bawah, sehingga dapat disimpulkan proses

produksi dalam kondisi terkendali dan stabil. Hasil ini berbeda dengan *Key Performance Indicator* (KPI) Perusahaan dimana batas maksimal untuk produk *defect* adalah 14% dari total produksi. Berikut adalah data persentase *output* produksi dibandingkan dengan produk *defect*:

Tabel 6. Persentase *Output* Produk *Defect*

Minggu Ke	%
1	15,4%
2	15,4%
3	15,1%
4	14,6%
5	14,9%
6	14,6%
7	15,2%
8	14,8%
9	15,0%
10	15,3%
11	14,8%
12	15,4%



Gambar 2. Diagram Pareto CTQ *Copper busbar*

Berdasarkan diagram pareto, *defect* jenis *scratch* menjadi penyumbang paling tinggi dengan nilai 34%, diikuti dengan *crack*, *joint*, *burry* dan *curved*. Perbaikan akan berfokus dengan satu jenis *defect* dengan nilai yang terbesar yaitu *scratch*.

Analyze

Pada tahap analisis dilakukan dengan cara *brainstorming* dengan departemen Produksi, *Engineering*, dan *Quality* untuk mengetahui *root cause* dari penyebab terjadinya *defect* saat proses produksi berlangsung. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan yang terjadi selama proses berlangsung, sehingga menyebabkan hasil produksi *defect*. Berikut ini adalah tabel FMEA potensi mode kegagalan selama proses produksi *copper busbar*:

Tabel 7. Failure Mode and Effect Analysis Produk Scratch

<i>Key Process Input</i>	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Failure Effect</i>	<i>Severity</i>	<i>Potential Cause</i>	<i>Occurrence</i>	<i>Current Control</i>	<i>Detection</i>	<i>RPN</i>	<i>Recommended Action</i>
	Surface dies tergores	Surface copper strip busbar tidak rata	4	Surface material copper rod memiliki kandungan grafit	4	Pemasangan roll silica pada jalur input material	2	32	Penambahan 3 roll silica pada jalur input material, serta air wipper
Scratch	Proses rotary extrusion berjalan dengan speed dibawah table setting	Pada saat material input bertemu panas yang dihasilkan tidak maksimal	4	Diameter material copper rod tidak sesuai dengan product spec	3	Incoming material dengan product spec yang telah ditetapkan	1	12	Penambahan alat ukur otomatis yang dihubungkan dengan ERP selama proses incoming berlangsung
	Scrap keluar tidak pada jalur normal	Material scrap menghambat proses rotary extrusion	7	Gaya gesek yang terjadi pada saat material rod bertemu	2	Penggantian sparepart nose	4	56	Penentuan lifetime seluruh sparepart dan pembuatan schedule

abutm
ent
 tidak
 optim
 al

PM pada
 mesin

Dari tabel FMEA didapatkan bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang tertinggi adalah *potential failure mode scrap* keluar tidak pada jalur normal. Dari hasil tersebut dapat dijadikan dasar dalam menentukan tindakan *continuous improvement* sehingga jumlah produk *scratch* dapat diatasi dengan *action plan* yang sudah direkomendasikan.

Improve

Tahap Analisa telah dilakukan dengan hasil nilai RPN penyebab jenis *defect scratch* tertinggi adalah *potential failure mode scrap* keluar tidak pada jalur normal. Tindakan perbaikan yang direkomendasikan adalah penentuan *lifetime* seluruh *sparepart* dan pembuatan *schedule* PM pada mesin. Implementasi *action plan* dilakukan selama 3 bulan (Agustus – Oktober 2024) untuk menurunkan persentase produk *defect scratch* selama proses produksi *copper busbar* berlangsung. Berikut ini tabel data yang diambil setelah implementasi *action plan* direalisasikan:

Tabel 8. Data Output Produksi Agustus – Oktober 2024

Minggu Ke	Output (Pcs)	Scratch	%	DPU	DPO	DPMO	SIGMA
1	650	2	0,017 %	0,00 3	0,00 3	3.076,92 3	4
2	897	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
3	1436	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
4	1506	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
5	531	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
6	1178	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
7	720	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
8	783	0	0,000 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6

9	871	0	0,00 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
10	873	0	0,00 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
11	784	0	0,00 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6
12	1200	0	0,00 %	0,00 0	0,00 0	0,000	6

Control

Tahap *control* merupakan tahapan terakhir dalam implementasi *six sigma* dengan menggunakan pendekatan DMAIC. Tindakan perbaikan yang direkomendasikan akan dijadikan standarisasi untuk menstabilkan proses produksi dan meminimalisir terjadinya kesalahan yang berpotensi menyebabkan *defect*.

Tabel 9. Perbandingan Sebelum Perbaikan dan Sesudah Perbaikan Produk Defect Scratch

Deskripsi	Keterangan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
Ouput Produksi	Pcs	9.149	11.429
Defect Scratch	Pcs	569	2
DPU	Defect/Unit	0,062	0,000
DPMO	Defect/Million	62.192,589	174,993
Sigma Level	-	3,037	5,075
Loss Profit	Rp	Rp1.566.309.060	Rp5.505.480

Pada tabel 9 dapat dilihat bahwa proses produksi *copper busbar* setelah dilakukan tindakan perbaikan penentuan *lifetime* seluruh *sparepart* dan pembuatan *schedule* PM pada mesin berdampak positif terhadap penurunan *defect* jenis *scratch*.

Pengaruh Penerapan Lean Manufacturing Terhadap Biaya Rantai Pasok

Perhitungan biaya rantai pasok atau *Supply Chain Cost* (SCC) dihitung dengan menjumlahkan biaya dari enam bidang utama yaitu *manufacturing cost*, *administration cost*, *distribution cost*, *warehouse cost*, *capital cost*, dan *installation cost*. Biaya produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi. Biaya ini dibagi menjadi tiga kategori yaitu biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, biaya *overhead* pabrik. Biaya administrasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan yang mendukung operasional perusahaan tetapi tidak langsung berhubungan dengan produksi. Biaya gudang adalah biaya yang terkait dengan penyimpanan barang, baik bahan baku maupun barang jadi, dalam fasilitas penyimpanan. Biaya modal adalah biaya yang terkait dengan investasi dalam

aset jangka panjang yang diperlukan untuk memulai atau menjalankan operasi manufaktur.

Biaya distribusi adalah biaya yang dikeluarkan untuk membawa produk dari pabrik ke konsumen yang meliputi biaya pengiriman atau transportasi, biaya penyimpanan sementara, dan biaya pengemasan. Biaya instalasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk menginstalasi atau memasang mesin, peralatan, atau sistem yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi. Dalam penelitian ini biaya distribusi dan instalasi belum dapat diukur secara rinci, sehingga kedua biaya tersebut digunakan nilai Rp. 0. Berikut perhitungan SCC produksi *copper busbar* sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan pada proses produksi:

Tabel 10. Perhitungan *Supply Chain Cost* (SCC) Produksi *Copper busbar*

Keterangan	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan
<i>Manufacturing Cost</i>	Rp 1.199.955.329	Rp 1.125.573.054
<i>Administration Cost</i>	Rp 24.389.336	Rp 22.877.501
<i>Distribution Cost</i>	-	-
<i>Warehouse Cost</i>	Rp 6.087.134.667	Rp 2.801.728.767
<i>Capital Cost</i>	Rp 965.817.704	Rp 905.949.043
<i>Installation Cost</i>	-	-
Total	Rp 8.277.297.035	Rp 4.856.128.365

Dari tabel di atas setelah dilakukan perbaikan pada proses produksi dapat dilihat terjadi penurunan biaya *manufacturing cost*, *administration cost*, *warehouse cost*, dan *capital cost* dengan total penurunan sebesar Rp. 3.421.168.671.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan menerapkan *lean manufacturing* PT.X berhasil mengelola kualitas proses produksi *copper busbar* menjadi lebih baik, hal ini dibuktikan dengan penurunan jumlah produk *defect scratch* selama proses produksi. Produk *defect scratch* sebelum dilakukan perbaikan periode Mei – Juli 2024 memiliki persentase sebesar 7,32 %, sedangkan setelah dilakukan perbaikan jumlah produk *defect scratch* periode Agustus – Oktober 2024 memiliki persentase sebesar 0,01%. Selain itu nilai rata – rata *sigma* yang dihasilkan sebelum dilakukan perbaikan sebesar 3,314 sedangkan setelah dilakukan perbaikan nilai *sigma* sebesar 6.

Penerapan *lean manufacturing* PT.X juga berhasil berdampak positif terhadap biaya rantai pasok, *manufacturing cost* turun sebesar Rp 74.382.275, *administration cost* turun sebesar Rp 1.511.835, *warehouse cost* turun sebesar 3.285.405.900, dan *capital cost* turun sebesar 59.868.661, total penurunan *cost* yang didapatkan setelah penerapan *lean manufacturing* selama proses produksi periode Agustus – Oktober

2024 adalah sebesar Rp 3.421.168.671 sehingga setelah dilakukan perbaikan proses produksi *copper busbar* di PT. X jauh lebih efektif dan efisien.

Penelitian ini masih memiliki kekurangan dalam mendeskripsikan *distribution cost* dan *installation cost* sehingga disarankan pada penelitian selanjutnya dapat mendeskripsikan secara lebih rinci kedua biaya tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bottani, E., & Montanari, R. (2010). Supply chain design and cost analysis through simulation. *International Journal of Production Research*, 48(10), 2859–2886. <https://doi.org/10.1080/00207540902960299>
- Doni, F., & Fiameni, M. (2024). Can innovation affect the relationship between environmental, social, and governance issues and financial performance? Empirical evidence from the STOXX200 index. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 546–574. <https://doi.org/10.1002/bse.3500>
- Hariyanto, D., Sastra, R., & Putri, F. E. (2021). Implementasi metode. *Jurnal Al-Ilmi*, 13(1), 110–117.
- Hasibuan, S. M., & Bahri, S. (2018). Pengaruh kepemimpinan, lingkungan kerja, dan motivasi kerja terhadap kinerja. *Maneggio: Jurnal Ilmiah Magister Manajemen*, 1(1), 71–80. <https://doi.org/10.30596/maneggio.v1i1.2243>
- Janvier-James, A. M. (2011). A new introduction to supply chains and supply chain management: Definitions and theories perspective. *International Business Research*, 5(1), 194–207. <https://doi.org/10.5539/ibr.v5n1p194>
- LeMay, S., Helms, M. M., Kimball, B., & McMahon, D. (2017). Supply chain management: The elusive concept & definition. *International Journal of Logistics Management*, 28(4), 1425–1453. <https://doi.org/10.1108/IJLM-10-2016-0232>
- Matta, V. (2014). Implementation of lean manufacturing. *International Journal of Applied Engineering Research*, 9(23), 21401–21408.
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1–25.
- Pettersson, A. I., & Segerstedt, A. (2013). Measuring supply chain cost. *International Journal of Production Economics*, 143(2), 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.012>
- Salah, S., Rahim, A., & Carretero, J. A. (2010). The integration of six sigma and lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/20401461011075035>
- Tay, H. L., & Loh, H. S. (2022). Digital transformations and supply chain management: A lean six sigma perspective. *Journal of Asia Business Studies*, 16(2), 340–353. <https://doi.org/10.1108/JABS-10-2020-0415>

Widodo, A., & Soediantono, D. (2022). Manfaat metode six sigma (DMAIC) dan usulan pada industri pertahanan: A literature review. *International Journal of Social and Management Studies (Ijosmas)*, 3(3), 1–12.

Wuryandani, D., & Zanggi, M. Z. E. (2024). Purchasing manager's index.