

Studi Kasus: Penerapan Lean Six Sigma Dengan Pendekatan DMAIC Dalam Menurunkan Waste Defect Pada Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat

Setiawan¹, Algi Fahri², dan Choesnul Jaqin³

^{1,2,3}Magister Teknik Industri, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email korespondensi: setiawan.fafa2@gmail.com

Abstrak

Indonesia adalah salah satu produsen kendaraan roda empat di ASEAN dan merupakan negara yang berkembang secara dramatis di bidang otomotif. Tantangan berkelanjutan yang dihadapi sebagai produsen kendaraan roda empat sekarang adalah bagaimana industri terus menerus meningkatkan kualitas dan mengurangi aktifitas waste yang ada di proses produksinya agar memiliki daya saing yang kuat dalam era persaingan yang semakin ketat saat ini. *Lean Six Sigma* adalah metodologi berbasis data sistematis yang mengintegrasikan dua strategi peningkatan bisnis yang kuat dalam meningkatkan kualitas produk dan mengurangi pemborosan yang terjadi. Dalam konteks ini, penelitian ini menggunakan kerangka kerja *Lean Six Sigma* dengan pendekatan metodologi DMAIC dengan tujuan meningkatkan kualitas proses dan mengurangi pemborosan produk *defect* sepanjang jalur perakitan kendaraan roda empat.. Studi kasus industri di lakukan di salah satu produsen kendaraan roda empat yang ada di kawasan industri GIIC Indonesia. Diawali dengan mengidentifikasi pemborosan yang terjadi dengan *values stream mapping* dan pengambilan data *defect* sebanyak 20 hari kerja selama bulan Oktober 2020. Pada penerapannya berhasil menurunkan *defect* produk dari 4.556 DPMO manjadi 2.047 atau peningkatan *sigma level* perusahaan dari 4,10 menjadi 4,38.

Kata Kunci: *Lean Six Sigma, DMAIC, Value Stream Mapping, Industri Otomotif*

Abstract

Indonesia is one of the four-wheeled vehicle manufacturers in ASEAN and is a country that is developing dramatically in the automotive sector. The ongoing challenge faced as a manufacturer of four-wheeled vehicles now is how the industry continues to improve quality and reduce waste activities in the production process in order to have a strong competitiveness in the era of increasingly fierce competition today. Lean Six Sigma is a systematic data-driven methodology that integrates two powerful business improvement strategies to improve product quality and reduce waste. In this context, this study uses the Lean Six Sigma framework with the DMAIC methodology approach with the aim of improving the quality of the process and reducing waste of defect products along the four-wheeled vehicle assembly line.. The industrial case study was carried out in one of the four-wheeled vehicle manufacturers in the GIIC Indonesia industrial area. It begins with identifying the waste that occurs with values stream mapping and taking defect data for 20 working days during October 2020. In its implementation, it has succeeded in reducing the defect of product from 4,556 DPMO to 2,047 or increasing the sigma level of the company from 4.10 to 4.38.

Key words: *Lean Six Sigma, DMAIC, Value Stream Mapping, Automotive Industry*

1. Pendahuluan

Indonesia, Thailand, Malaysia, dan Filipina dikenal sebagai 'ASEAN-4 cluster' dan merupakan pemain otomotif dominan di Asia Tenggara (Irawati & Charles, 2010). Data *Asean Automotive Federation* (AAF) menunjukkan bahwa total produksi kendaraan roda empat di ASEAN mencapai 4.158.953 unit pada tahun 2018 (*Asean Automotive Federation* (AFF), 2019) dan Indonesia merupakan negara yang telah berkembang secara dramatis sebagai pengeksportir bagi produsen otomotif terkemuka dunia (Syah, 2019). Pada tahun 2012, setelah memulai perakitan kendaraan sejak tahun 1920-an, untuk pertama kalinya Indonesia memproduksi lebih dari 1 juta kendaraan. Sehingga menjadikan Indonesia menjadi produsen kendaraan terbesar ke-17 di dunia (Natsuda et al., 2015) (Natsuda et al., 2013). Sekarang, Persaingan adalah tantangan berkelanjutan yang dihadapi perusahaan industri, khususnya manufaktur kendaraan bermotor roda empat. Produsen kendaraan bermotor berusaha untuk terus menerus meningkatkan kualitas produk dan produktivitas, serta menggunakan pendekatan manajemen kualitas yang berbeda, seperti mengurangi variabilitas dan aktifitas yang tidak memiliki nilai tambah (*waste*) selama beberapa tahun terakhir. (Zare et al., 2016), (Chaurasia et al., 2019), (Garza-Reyes et al., 2018), (Makwana & Patange, 2019), (Vinodh, 2016)

Industri otomotif merupakan salah satu industri yang paling aktif terlibat dalam upaya kualitas, efisiensi tenaga kerja, dan kegiatan perbaikan berkelanjutan (Habidin et al., 2016). Untuk meningkatkan daya saing, maka perlu menciptakan produk yang berkualitas dengan cara mengurangi *waste* salah satunya adalah *waste defect* (Behrooz Noori, 2016). Dimana masih adanya aktifitas yang tidak memiliki nilai tambah seperti *waste defect* yang menyebabkan penambahan tenaga kerja untuk proses *rework* menjadi langkah proses yang memakan waktu dan biaya yang menimbulkan ketidak-efisienan proses (Boysen et al., 2009). Beberapa studi penelitian dengan jelas menunjukkan peluang yang signifikan untuk peningkatan efisiensi dalam industri otomotif melalui implementasi dan tingkat pemanfaatan *lean management* yang lebih tinggi (Ismail et al., 2019). Saat ini, *Lean Six Sigma* adalah metodologi berbasis data sistematis yang mengintegrasikan dua strategi peningkatan bisnis yang kuat, *lean manufacturing* dan *six sigma* dengan tujuan menghilangkan pemborosan dan mengurangi variasi proses (Ruben et al., 2017), (Olga Maria Formigoni Carvalho Walter, 2019), (Shokri, 2017), (Gijo et al., 2018).

2. Landasan Teori

Dalam mengeliminasi *waste* ini diperlukan pendekatan yang terstruktur dengan baik agar mudah dipahami yaitu pendekatan *lean manufacturing*. Pemetaan (*value stream*) adalah satu-satunya alat *lean* yang disarankan dalam banyak literatur, untuk menghilangkan *muda*, proses yang tidak memiliki nilai tambah (*non value added*) dan ketidakefisienan proses pada lini produksi (Masuti & Dabade, 2019). Pemetaan aliran nilai menggunakan peta keadaan saat ini untuk merekam keadaan jalur produksi saat ini sebelum penerapan teknik perbaikan. *Lean manufacturing* merupakan metode yang ideal untuk mengoptimalkan performansi dari sistem dan proses produksi karena mampu mengidentifikasi, mengukur, menganalisa dan mencari solusi perbaikan atau meningkatkan performansi secara komprehensif (Daonil, 2012), (Nallusamy & Adil Ahamed, 2017)

Lean production dan *six sigma* adalah strategi yang paling populer dan banyak digunakan oleh perusahaan yang mencari perbaikan berkelanjutan (Salah et al., 2010), (Albliwi et al., 2014), (Abu Bakar et al., 2015). Sistem ini saling melengkapi, *lean production* berupaya untuk mengoptimalkan proses dengan merampingkan alur kerja proses produksi dan menghilangkan pemborosan sambil menekankan kecepatan dan efisiensi dan *six sigma* berusaha menghilangkan

Penelitian ini dilakukan disalah satu perusahaan kendaraan roda empat di kawasan industri GIIC. Peneliti menggunakan metode DMAIC untuk menganalisis dan menurunkan *defect* yang terjadi. Memecahkan masalah ini dapat menurunkan *waste defect* yang terjadi di lini produksi yang berimbas kepada biaya produksi keseluruhan.

4.1 Tahap *Define*

Tahap *define* merupakan langkah operasional pertama dalam program peningkatan kualitas dalam *six sigma*. Tahap yang perlu dilakukan adalah mendefinisikan beberapa hal yang terkait dengan kriteria pemilihan produk *defect* yang akan diteliti. Kriteria pemilihan proyek dalam penelitian ini dilakukan dengan memprioritaskan masalah yang sering muncul. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka penelitian ini dilakukan pada lini perkaitan kendaraan roda empat. Pemilihan proyek ini dilakukan karena hasil dari proses perakitan ini akan menentukan kualitas pada produk akhir yang akan dinikmati *customer*. Tujuan pemilihan proyek ini dikarenakan adanya temuan *defect* pada kendaraan yang menyebabkan lini proses perakitan terganggu dan sebagian unit sampai pada *customer*. Berikut ini data defect hasil perakitan kendaraan roda empat di salah satu produsen otomotif di Indonesia selama bulan Oktober 2018.

Tabel 1. Data Defect Proses Kendaraan Bermotor Roda Empat

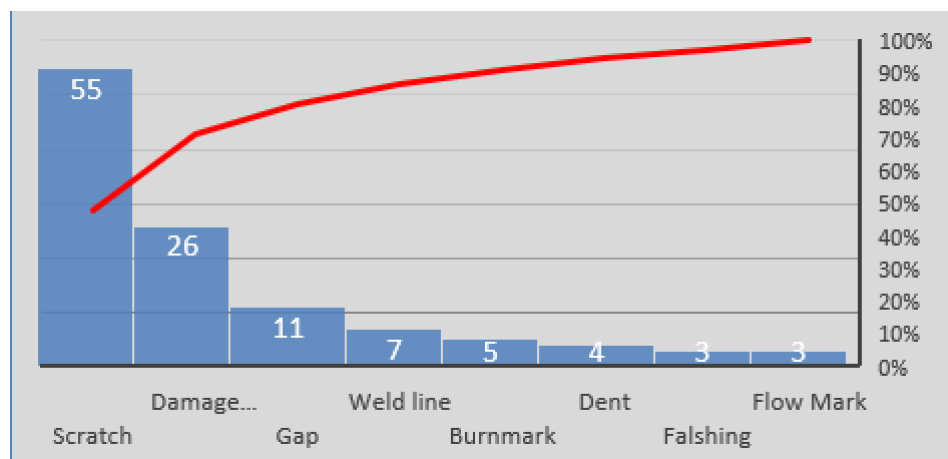
Pengamatan ke-	<i>Damage Foam</i>	<i>Gap</i>	<i>Dent</i>	<i>Burnmark</i>	<i>Flashing</i>	<i>Scratch</i>	<i>Weld line</i>	<i>Flow Mark</i>	Jumlah Defect
1		2		1		4	1		8
2	2		1			3		1	7
3	3			1		2	1		7
4		1			1	4			6
5	3						1	1	5
6		1				5			6
7	3		1	1		3			8
8	2	1							3
9						4	1		5
10	1					5			6
11		1				2			3
12	2		1	1		1			5
13		1				4	1		6
14	2			1		3			6
15		2			1	3			6
16	3					4			7
17			1			3	1		5
18	2					2			4
19	1	2					1	1	5
20	2				1	3			6
Total	26	11	4	5	3	55	7	3	114

4.2. Tahap *Measure*

Tahap ini dilakukan pengukuran terhadap jenis *defect* yang sudah teridentifikasi. Untuk menentukan pengukuran tersebut, maka akan dilakukan penetapan karakteristik kunci yang penting bagi kualitas (CTQ), dan menghitung *sigma level* dari tingkat *defect* per sejuta kesempatan (DPMO).

1) Penentuan *Critical to Quality* (CTQ)

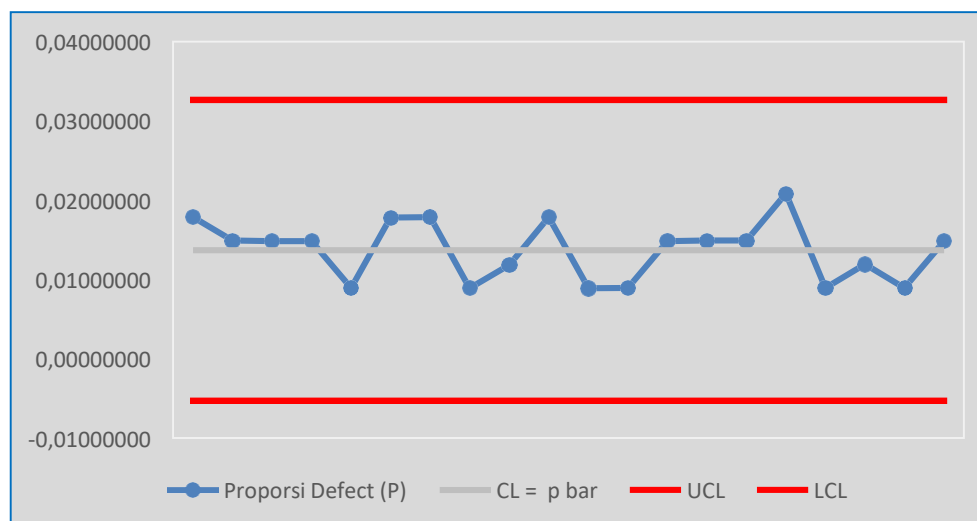
Penentuan *Critical to Quality* (CTQ) ditetapkan berdasarkan kebutuhan spesifik dari konsumen. Pemilihan CTQ ini berdasarkan jenis *defect* terbesar yang diketahui mempunyai pengaruh yang besar terhadap kualitas produk. Jenis *defect* prioritas yang termasuk dalam kumulatif 80% merupakan persoalan utama yang akan ditangani. Berdasarkan diagram *Pareto*, dapat dilihat bahwa *defect* terbesar yang perlu dilakukan tindakan perbaikan adalah jenis *defect Scratch* dengan persentase 48,25%, *Damage Foam* dengan persentase 22,81% dan *Gap* dengan persentase 9,65%. Sehingga secara akumulasi ke tiga jenis *defect* sebesar 80,70%, sesuai dengan prinsip *pareto* 80:20. Dengan demikian CTQ tersebut sangat berpengaruh terhadap kualitas produk.



Gambar 2. Diagram *Pareto* Jenis Defect Kendaraan Roda Empat

2) Peta Kendali

Peta kendali yang digunakan adalah peta kendali jenis atribut, karena karakteristik kualitas yang tidak dapat disajikan dalam bentuk *numeric*, tetapi hanya dapat digolongkan menjadi kelompok-kelompok tertentu seperti *defect* atau tidak, sesuai atau tidak sesuai dengan spesifikasi, berhasil atau gagal. Oleh karena itu, jenis data seperti diatas digolongkan kedalam jenis data atribut. Peta yang digunakan adalah jenis peta kendali p, karena peta kendali p digunakan bila memakai ukuran defect berupa proporsi produk *defect* dalam setiap sampel yang diambil dan sampel yang diambil bervariasi untuk setiap kali melakukan observasi berubah-ubah jumlahnya.



Gambar 3. Peta Kendali Defect Kendaraan Roda Empat
(Sebelum Perbaikan)

3) Pengukuran DPMO dan Level Sigma

Hasil pengukuran berupa data atribut akan ditentukan kinerjanya menggunakan satuan pengukuran DPMO (*Defects per Million Opportunities*). Dimana dalam mendapatkan DPMO diperlukan data *opportunities* (OP), *defect* (D), *defect per unit* (DPU), *total opportunities* (TOP), *defect per opportunities* (DPO).

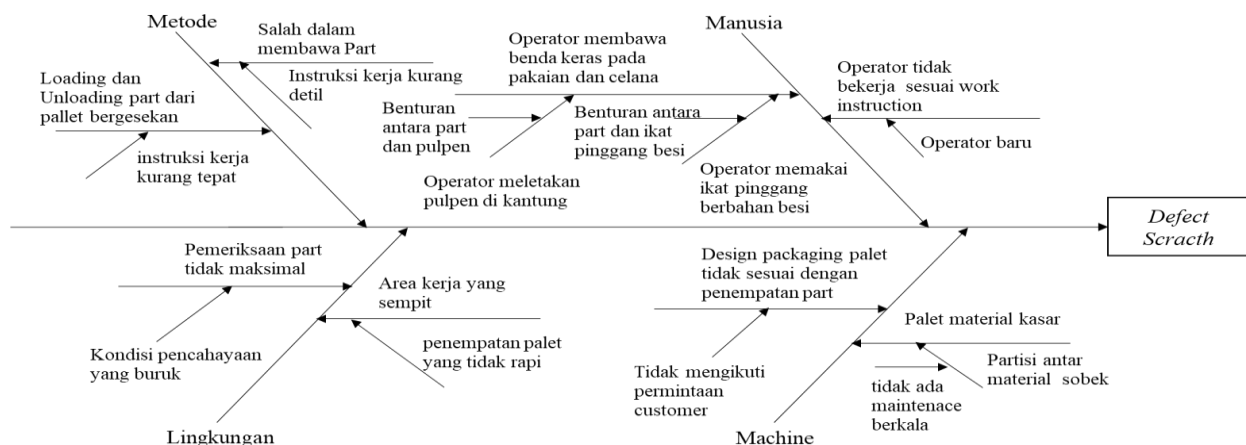
Tabel 2. DPMO Defect

Unit	OP	D	DPU	TOP	DPO	DPMO
6.730 unit	3 jenis	92 unit	0,01367013	20.190	0,00455671	4.556

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, bahwa nilai DPMO pada bulan Oktober 2018 berada pada nilai 4.556 dan untuk *sigma level* perusahaan masih berada pada *level 4,10*

4.3. Tahap Analyze

Dari hasil *defect* dominan pada diagram *pareto*, peneliti melakukan *fokus group discussion* untuk *brainstorming* kepada karyawan terkait mengenai *defect* yang sangat berpengaruh pada CTQ. Berdasarkan hasil *pareto* dan *brainstorming*, *defect* paling dominan di proses perakitan adalah *defect scratch*. Selanjutnya akan dilakukan analisis apa akar penyebab dari permasalahan *defect* tersebut dengan menggunakan diagram *fishbone* pada gambar 4



Gambar 4. Fisbone Diagram Defect Scarth

4.4. Tahap Improvement

Berdasarkan diagram *fishbone* dapat dilakukan perbaikan terhadap *defect* kendaraan bermotor roda empat dengan menggunakan metode 5W+1H yang merupakan pengembangan rencana perbaikan dan peningkatan kualitas. Tabel rencana perbaikan kualitas pada jenis *defect scratch* dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Rencana Perbaikan Dengan Metode 5W1H

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
Manusia	Operator baru	Agar operator baru menjalankan tugas sesuai <i>work instruction</i> , maka perlu diberikan pelatihan ulang	Memberikan pelatihan dan pengetahuan kepada operator baru mengenai proses <i>work instruction</i> dan dibuatkan prosedur yang lebih detail	Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat	Operator	Nov 2019

Faktor	What	Why	How	Where	Who	When
	Benturan antara unit dengan benda keras yang dipakai di baju dan celana	Agar tidak terjadi benturan perlu dilakukan pengecekan standar pakaian dan alat bantu oleh <i>Leader</i> sebelum bekerja	<i>Leader</i> melakukan pengecekan pakaian yang dipakai <i>operator</i> sudah sesuai standar sebelum bekerja, untuk meminimalisir terjadinya benturan	Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat	<i>Leader, Foreman</i>	Nov 2018
Metode	Proses <i>loading</i> dan <i>unloading part</i> sulit	Agar mudah, maka perlu dilakukan perbaikan desain dan cara penempatan part di dalam palet	Membuat proposal pengajuan perbaikan posisi penempatan <i>part</i> dalam palet kepada <i>supplier</i>	Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat	<i>Staff, Foreman</i>	Nov 2018
Mesin (<i>Packaging</i>)	Partisi part robek	Agar partisi tidak robek, maka perlu dilakukan pemeliharaan pengecekan kualitas partisi dalam <i>packaging</i> secara berkala	Jadwal pengecekan kualitas <i>packaging</i> secara berkala yang akan dijalankan oleh <i>Operator</i> dan <i>Leader</i>	Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat dan warehouse	<i>Staff Foreman</i>	Jan 2018
	Desain <i>packaging</i> tidak sesuai dengan <i>part</i>	Agar desain <i>packaging</i> palet sesuai dengan kebutuhan penempatan actual <i>part</i> , perlu desain ulang <i>packaging</i>	Studi disain penempatan <i>part</i> pada palet yang efisien sesuai kebutuhan, dan mengajukan perubahan disain palet pada <i>supplier</i>	Warehouse	<i>Staff</i>	Jan 2018
Lingkungan	Kondisi pencahayaan buruk	Agar kondisi pencahayaan tidak buruk, meningkatkan standar cahaya untuk memaksimalkan proses pemeriksaan part	<i>Foreman</i> dan <i>Leader</i> melakukan studi, selanjutnya mengubah cahaya sesuai kebutuhan	Lini Perakitan Kendaraan Roda Empat	Foreman. Leader	Jan 2018

Ada beberapa contoh perbaikan yang di lakukan di lapangan dalam menghindari *scratch*, yaitu mulai dari perubahan disain palet dengan menghilangkan partisi (Gambar 5) dan Pembuatan SOP terkait pelarangan membawa benda keras saat bekerja (Gambar 6)

Sebelum Perbaikan



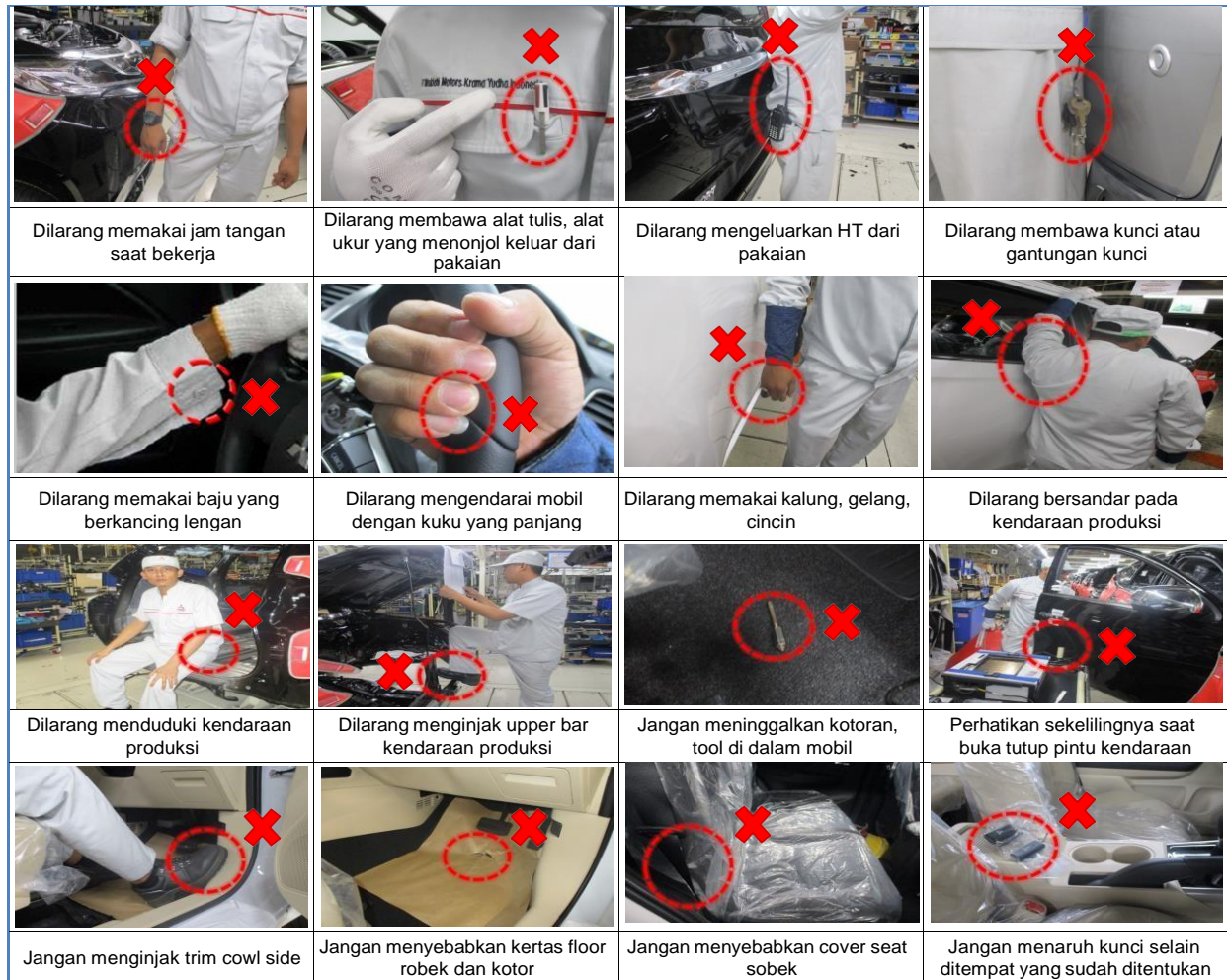
Packaging masih menggunakan partisi (potensi menggores part besar)

Setelah Perbaikan



Partisi dihilangkan (hanya ditambah sandaran busa pada bagian atas)

Gambar 5. Perubahan Disain Palet



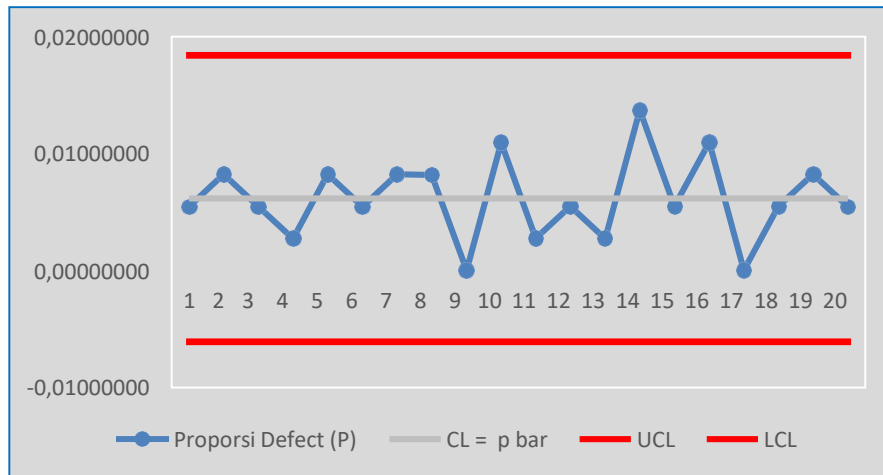
Gambar 6. Larangan Agar Tidak Terjadi *Defect Scratch*

4.5 Tahap Control

Tahap kontrol merupakan tahap terakhir dalam metode peningkatan kualitas *Six Sigma*. Pada tahap ini, dilakukan kontrol terhadap hasil perbaikan. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah proses produksi setelah dilakukan implementasi perbaikan dapat menjadi lebih baik atau tidak. Pada kasus ini tahap kontrol terbesar yang akan dilakukan adalah pengecekan seragam operator sebelum bekerja dan kondisi penempatan *part* setelah dilakukan perubahan disain di *supplier*. Selain itu mengecek apakah disain baru menyulitkan proses *loading* dan *unloading* part atau tidak, serta dampak lainnya terhadap proses pekerjaan. Selanjutnya jika semua proses sudah baik setelah disain palet diganti, *Foreman* melakukan evaluasi secara berkala agar kasus ini tidak terulang kembali. Selain itu juga untuk mengetahui apakah nilai DPMO menurun atau tidak dan *level* sigma-nya meningkat atau tidak setelah dilakukan implementasi. Langkah-langkah yang dilakukan pada tahap ini adalah sebagai berikut:

1) Peta Kendali P Setelah Perbaikan

Ini dilakukan untuk melihat apakah data berada dalam batas kendali atau tidak. Jika terdapat data yang keluar dari batas kendali maka harus dilakukan penghitungan ulang (*revisi*) untuk menstabilkan proses



Gambar 7. Peta Kendali Defect Kendaraan Roda Empat (Setelah Perbaikan)

2) Perbandingan DPMO dan *Sigma Level*

Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui apakah DPMO setelah perbaikan mengalami penurunan dari DPMO sebelum perbaikan, sedangkan Level Sigma mengalami kenaikan setelah upaya perbaikan diimplementasikan terhadap proses. Besarnya DPMO dan Level Sigma sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan DPMO dan *Sigma Level* Sebelum dan Setelah Perbaikan

No	Baseline Kinerja	Nilai		Selisih	Keterangan
		Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan		
1	DPMO	4.556	2.047	2.509	Turun
2	<i>Sigma Level</i>	4,10	4,38	0,28	Naik

Berdasarkan Tabel 4 diketahui bahwa DPMO mengalami penurunan setelah perbaikan dilakukan. Besarnya penurunan DPMO setelah dilakukan perbaikan yaitu sebesar 2.509 dan besarnya kenaikan *Sigma Level* sebesar 0,28.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan yang diuraikan dapat disimpulkan bahwa melalui pendekatan metodologi DMAIC dapat menguraikan masalah *defect* yang terjadi secara sistematis dengan mengikuti setiap tahapannya. *Defect* dominan pada proses perakitan kendaraan roda empat di salah satu produsen industri otomotif di Indonesia adalah *scartch*. Penyebab *scartch* diteliti menggunakan diagram fishbone dan 5W1H dan melakukan eksekusi perbaikan dengan mempertimbangkan faktor manusia, metode, mesin (*packaging*), dan lingkungan. Didapat penurunan DPMO dari 4.556 menjadi 2.047 yang berimbas pada meningkatnya *sixma level* dari 4,10 menjadi 4,38. Dengan berkurangnya *defect*, hal ini secara tidak langsung mempengaruhi waktu *inline repair* pada proses final inspection tidak melebihi waktu *Takt Time* ($Cycle Time \leq Takt Time$).

Daftar Pustaka

Abu Bakar, F. A., Subari, K., & Mohd Daril, M. A. (2015). Critical success factors of Lean Six Sigma deployment: a current review. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(4), 339–348. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2015-0011>

- Albliwi, S., Antony, J., Lim, S. A. H., & van der Wiele, T. (2014). Critical failure factors of lean Six Sigma: A systematic literature review. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 31(9), 1012–1030. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2013-0147>
- Asean Automotive Federation (AFF). (2020). *Produksi Kendaraan Roda Empat di Kawasan ASEAN*.
- Behrooz Noori, M. L. (2016). *International Journal of Lean Six Sigma Development of Six Sigma methodology to improve grinding processes : a change management approach Article information : About Emerald www.emeraldinsight.com*.
- Boysen, N., Fliedner, M., & Scholl, A. (2009). Sequencing mixed-model assembly lines: Survey, classification and model critique. *European Journal of Operational Research*, 192(2), 349–373. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.09.013>
- Chaurasia, B., Garg, D., & Agarwal, A. (2019). Lean Six Sigma approach: A strategy to enhance performance of first through time and scrap reduction in an automotive industry. *International Journal of Business Excellence*, 17(1), 42–57. <https://doi.org/10.1504/IJBEX.2019.096903>
- Daonil. (2012). *Implementasi Lean Manufacturing untuk Eliminasi Waste pada Lini Produksi Machining Cast Wheel dengan Menggunakan Metode WAM dan VALSAT*.
- Desai, G. Y. T. N. (2016). *Lean Six Sigma : A Categorized Review of the Literature*.
- Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Chaikittisilp, S., & Tan, K. H. (2018). The effect of lean methods and tools on the environmental performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Economics*, 200(October 2017), 170–180. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.030>
- Gijo, E. V, Palod, R., & Antony, J. (2018). The Management of Operations Lean Six Sigma approach in an Indian auto ancillary conglomerate : a case study Lean Six Sigma approach in an Indian auto ancillary conglomerate : a case study. *Production Planning & Control*, 7287(May), 1–12. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1469801>
- Habidin, N. F., Salleh, M. I., Md Latip, N. A., Azman, M. N. A., & Mohd Fuzi, N. (2016). Lean six sigma performance improvement tool for automotive suppliers. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(4), 215–235. <https://doi.org/10.1080/21681015.2015.1136966>
- Irawati, D., & Charles, D. (2010). The involvement of Japanese MNEs in the Indonesian automotive cluster. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 10(2–3), 180–196. <https://doi.org/10.1504/IJATM.2010.032623>
- Ismail, M. Z. M., Zainal, A. H., Kasim, N. I., & Mukhtar, M. A. F. M. (2019). A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 469(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/469/1/012086>
- Makwana, A. D., & Patange, G. S. (2019). A methodical literature review on application of Lean & Six Sigma in various industries. *Australian Journal of Mechanical Engineering*, 00(00), 1–15. <https://doi.org/10.1080/14484846.2019.1585225>
- Masuti, P. M., & Dabade, U. A. (2019). Lean manufacturing implementation using value stream mapping at excavator manufacturing company. *Materials Today: Proceedings*, 19(xxxx), 606–610. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.07.740>
- Nallusamy, S., & Adil Ahamed, M. A. (2017). Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 175–185. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.175>
- Natsuda, K., Otsuka, K., & Thoburn, J. (2015). Dawn of Industrialisation? The Indonesian Automotive Industry. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 51(1), 47–68. <https://doi.org/10.1080/00074918.2015.1016567>
- Natsuda, K., Segawa, N., & Thoburn, J. (2013). Liberalization, Industrial Nationalism, and the Malaysian Automotive Industry. *Global Economic Review*, 42(2), 113–134. <https://doi.org/10.1080/1226508X.2013.791475>

- Olga Maria Formigoni Carvalho Walter, E. P. P. (2019). *Lean Six Sigma in Brazil: a literature review*. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 10 Issue: 1, pp.435-472. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2017-0103>
- Ruben, R. Ben, Vinodh, S., & Asokan, P. (2017). Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm : a case study. *Implementation of Lean Six Sigma framework with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm : a case study. Production Planning & Control*, 7287(July), 1–19. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1357215>
- Salah, S., Rahim, A., & Carretero, J. A. (2010). The integration of Six Sigma and lean management. In *International Journal of Lean Six Sigma* (Vol. 1, Issue 3). <https://doi.org/10.1108/20401461011075035>
- Setiawan, I., & Setiawan, S. (2020). Defect reduction of roof panel part in the export delivery process using the DMAIC method: a case study. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 4(2), 108–116. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i2.2775>
- Shokri, A. (2017). *Quantitative analysis of Six Sigma , Lean and Lean Six Sigma research publications in last two decades*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-07-2015-0096>
- Singh, M., & Rathi, R. (2019). *A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-03-2018-0018>
- Syah, D. O. (2019). Identifying vertical partnership among automotive component companies: empirical evidence from automotive industry in Jabodetabek, Indonesia. *Journal of Economic Structures*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40008-019-0149-z>
- Uluskan, M. (2016). A comprehensive insight into the Six Sigma DMAIC toolbox. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(4), 406–429. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2015-0040>
- Vinodh, V. S. S. (2016). *Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0023>
- Zare, M., Croq, M., Hossein-Arabi, F., Brunet, R., & Roquelaure, Y. (2016). Does Ergonomics Improve Product Quality and Reduce Costs? A Review Article. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 26(2), 205–223. <https://doi.org/10.1002/hfm.20623>