

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK *COIL* DENGAN PENDEKATAN METODE *SIX SIGMA*

Muhamad Subana¹, Sahrupi², Supriyadi³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Serang Raya

^{1,2,3}subanamuhamad@gmail.com, sahrupi@gmail.com, supriyadi@unsera.ac.id

Abstrak

Cold rolled coil merupakan bahan baku untuk industri manufaktur seperti otomotif, peralatan rumah tangga, properti dan industri lain yang menggunakan bahan baku plat baja. Pada proses produksi selama Januari – Juni 2020 kurang baik sehingga proses produksinya terjadi *defect*. Jenis *defect* tersebut antara lain *stoppage mark*, *bad trimmer* dan *over pickle*. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan proses Cpk, dan level kualitas sigma serta menganalisis akar penyebab masalah rendahnya kualitas produk. Penelitian ini menggunakan metode Six Sigma dengan fase *Define*, *Measure*, *Analyze* dan *Improve*. Hasil penelitian menunjukkan nilai Cpk = 1,27 dan nilai sigma 3,86. Jenis defect yang terjadi adalah *stoppage mark* 72,9 %, *bad trimmer* 17,8 % dan *over pickle* 9,3 %. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan yaitu dengan melakukan pelatihan kepada karyawan, melakukan pengawasan pada karyawan bagian produksi, perawatan pada mesin/peralatan secara berkala dan pengontrolan proses produk. Implementasi six sigma mampu mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan kualitas yang terjadi.

Kata Kunci: Cold Rolled Coil, Defect, Kemampuan Proses, Six Sigma

Abstract

The cold-rolled coil is a raw material for manufacturing industries such as automotive, household appliances, property, and other industries that use steel plates. The production process during January - June 2020 was not good enough, so that the production process had a defect. The types of defects include stoppage marks, bad trimmer, and over the pickle. This study aims to measure Cpk, and sigma quality levels' process capability and analyze the root causes of low product quality. This study uses the Six Sigma method with the phase Define, Measure, Analyze and Improve. The results showed that Cpk = 1.27, and the sigma value of 3.86. Types of defects that occur are a 72,9% stoppage mark, 17,8% bad trimmer, and 9.3% over the pickle. Recommendations for improvements can be made by conducting training for employees, supervising production employees, periodic maintenance of machines/equipment, and controlling production processes. Six Sigma implementation can identify and improve the quality problems that occur.

Keywords: Cold Rolled Coil, Defect, Process Capability, Six Sigma.

1. PENDAHULUAN

Pengendalian kualitas mempunyai peranan yang penting untuk meningkatkan loyalitas konsumen pada era persaingan bebas. Produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan dalam jangka panjang akan mempengaruhi kepercayaan konsumen. Pemenuhan produk yang berkualitas memerlukan peranan produksi dalam menjaga produksi sesuai dengan yang telah ditentukan [1]

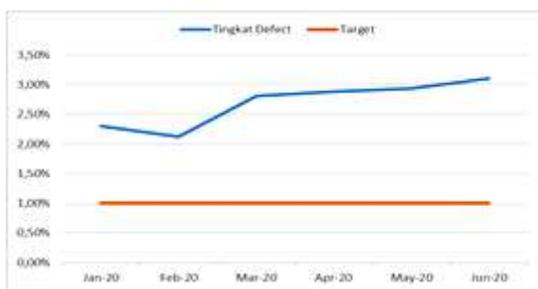
Sebuah perusahaan yang bergerak di produksi baja di daerah Banten juga mengalami masalah defect produksi baja lembaran dingin/*Cold rolled coil* (CRC). CRC adalah coil hasil proses yang dimulai dari pencucian bahan baku menggunakan bahan kimia asam clorida (HCL) sehingga permukaan menjadi bersih.

Pinggiran lembaran baja diratakan dan dipotong untuk proses tahap lanjutan pada lini *Tandem Cold Reduction Mill*. Setelah bahan baku bersih dari karat dan kotoran lain, diberikan lapisan oli (*oiling*). Coil di lini CPL (*Continuous Pickling Line*) memiliki rentang ketebalan produk antara 2,00 – 6,00 mm dan rentang lebar antara 600 – 1.350 mm.

Berdasarkan data produksi pabrik CRM, pada tahun 2020 (Januari-Juni) tingkat defect yang terjadi masih diatas defect yang ditargetkan (Gambar 1). Defect yang terjadi pada proses coil ini adalah bercak hitam (*stoppage mark*), hasil potongan tidak baik (*bad trimmer*) dan bercak coklat (*over pickle*). Permasalahan ini jika tidak teratasi akan terjadi pemborosan pada bahan baku,

waktu, dan tenaga kerja [2], [3] yang dapat meningkatkan biaya produksi

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab *defect* pada proses produksi adalah *Six Sigma*. *Six sigma* Six Sigma adalah metode top-down, dan merupakan cara yang cermat dan sangat kuantitatif untuk meningkatkan kualitas produk atau proses yang mengikuti metode pengukuran berorientasi data dan berfokus pada pelanggan [4]. *Six Sigma* berfokus pada pengurangan variansi sehingga peluang terjadinya tingkat kecacatan dapat diminimalisir [5], [6]



Gambar 1. Tingkat Cacat Produksi Coil

Six Sigma mempunyai tahapan yang terstruktur dalam mencapai target yang telah ditetapkan. *Six Sigma* sebagai metodologi sistematis untuk perbaikan proses strategis yang sangat bergantung pada alat statistik dan metode ilmiah untuk mengurangi tingkat cacat yang ditentukan pelanggan [7]. Metode ini menggunakan alat statistic untuk mengurangi tingkat kecacatan, penghematan biaya, mengefektifkan proses dan meningkatkan kapasitas produksi. Penerapan metodologi *Six Sigma* memiliki pengaruh finansial yang signifikan terhadap profitabilitas perusahaan. Perkiraan penghematan sebesar US \$ 70.000 per tahun, yang merupakan tambahan dari manfaat peningkatan kualitas [8]. Penerapan metode *Six Sigma* mampu membantu perusahaan dalam meningkatkan kualitas produknya melalui peningkatan nilai sigma perusahaan [9]–[12].

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kemampuan proses Cpk, dan level kualitas sigma serta menganalisis akar penyebab masalah rendahnya kualitas produk. Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan solusi perbaikan pada proses produksi *Cold Rolled Coil* yang dapat meningkatkan kualitas produksi di masa mendatang.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada sebuah perusahaan baja di daerah Banten dengan fokus pada *Cold Rolling Mill lini Continuous Pickling Line*. Objek penelitian adalah produk *Coil* yang tingkat cacat masih melebihi dari yang telah ditetapkan. Langkah pengolahan data menggunakan tahapan Six Sigma yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control* dengan bantuan *software* minitab 14.

Metodologi Six Sigma untuk meningkatkan kualitas hasil proses dengan mengidentifikasi dan menghilangkan penyebab kesalahan dan meminimalkan ketidakkonsistenan dalam proses manufaktur dan bisnis [4] berdasarkan 5 tahapan. Tahap *define* merupakan tahapan awal dalam mengidentifikasi dan menentukan objek penelitian. Tahap *define* dilakukan pernyataan proyek penelitian, dan identifikasi terhadap permasalahan yang berkaitan dengan kualitas dalam suatu perusahaan. Identifikasi dilakukan dengan :SIPOC (*Supplier-Input-Process-Output-Customer*) dan menentukan *Critical To Quality* (CTQ) yang merupakan kriteria karakteristik kegagalan kualitas.

Tahap *measure* merupakan tahapan pengukuran tingkat kualitas yang terjadi sebelum perbaikan. Pengukuran ini bertujuan untuk mengetahui tingkat sigma saat ini sebagai strategi peningkatan kualitas pada langkah berikutnya. Pada tahapan ini dilakukan pengukuran DPMO, level sigma dan Indeks kemampuan proses. *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) merupakan metrik pengukuran kegagalan proses berdasarkan tingkat cacat per satu juta kesempatan [13]. Indeks kapabilitas proses Cpk merupakan *index* pengukuran kapabilitas proses untuk menghasilkan produk yang baik dengan menetapkan hubungan antara spesifikasi produk dan variabilitas proses [14].

$$DPO = \frac{\text{Banyaknya cacat yang ditentukan}}{\text{Banyaknya unit yang diperiksa} \times \text{jumlah CTQ}} \quad (1)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2)$$

$$\text{Nilai Sigma} = \text{Normsinv}((1.000.000 - DPMO)/1.000.000) + 1,5 \quad (3)$$

$$Cpk = \min\left(\frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \text{ atau } \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma}\right) \quad (4)$$

Tahapan *analyze* merupakan tahapan identifikasi masalah yang terjadi berdasarkan CTQ yang telah ditetapkan. Pada tahapan ini menggunakan diagram pareto untuk menentukan

CTQ yang menjadi prioritas perbaikan dan *Fishbone diagram* untuk mengidentifikasi penyebab masalah yang terjadi. Penentuan penyebab permasalahan dengan cara benchmarking dengan pihak-pihak yang berkompeten sehingga ditemukan akar penyebab masalah utama. Tahap *improve* merupakan tahapan perbaikan berdasarkan penyebab masalah yang ditemukan pada tahap *analyze*. Perbaikan yang dilakukan bertujuan untuk menghilangkan atau meminimalkan penyebab masalah terjadi lagi di masa mendatang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

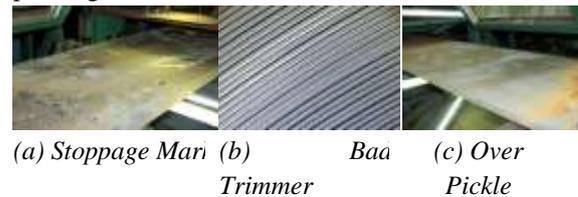
Cold Rolled Coil atau baja lembaran dingin merupakan produk yang diproduksi oleh pabrik *Cold Rolling Mill*. Baja lembaran dingin ini diproses menggunakan teknik *cold rolling* untuk mereduksi ketebalan lembaran baja. Bahan baku untuk produk CRC merupakan *Hot Rolled Coil* atau baja lembaran panas.

Six Sigma merupakan strategi bisnis yang menggunakan pendekatan disiplin untuk mengatasi variabilitas proses menggunakan aplikasi alat dan teknik statistik dan nonstatistik yang ketat [15]. *Six Sigma* bertujuan untuk menghilangkan item yang rusak dalam produk, proses, atau transaksi apapun melalui proses perbaikan secara terus menerus melalui 5 fase yang disebut DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*).

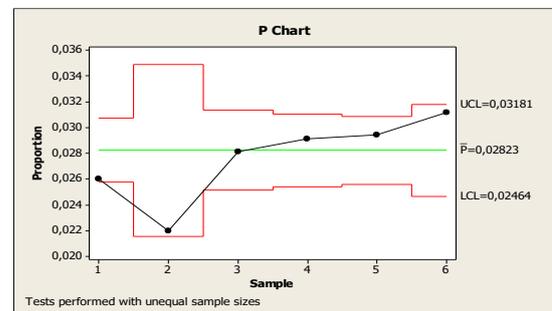
Tahap *define* adalah mengidentifikasi permasalahan berdasarkan diagram SIPOC dan CTQ. Diagram SIPOC menjelaskan tentang supplier yang terdiri divisi HSM dan Impor dari Hyundai Steel yang mensuplai kebutuhan proses produksi coil yang dibutuhkan di lini *Continuous pickling line*. *Input* yang dibutuhkan dalam proses produksi coil tersebut adalah bahan untuk proses produksi, mesin produksi serta SDM. Proses produksi coil terdiri dari proses *cutting head, uncoiling, cutting tail, welding, pickling tank, rinsing tank, cutting side, oiling, recoiling* dan *packing*. Setelah melewati proses-proses pengerjaan tersebut, akan menghasilkan produk coil. *Customer* dari lini *Continuous Pickling Line* adalah lini *Continuous Tandem Coil Mill* dan perusahaan yang memesan.

Konsep CTQ (*Critical To Quality*) memungkinkan untuk meningkatkan kualitas dari perspektif pelanggan. CTQ merupakan aspek kritis

yang mempunyai pengaruh langsung pada proses terhadap hasil pencapaian kualitas yang telah ditetapkan. Karakteristik CTQ menjadi 3 yaitu *Stoppage Mark, Bad Trimmer* dan *Over Pickle* (Gambar 2). *Stoppage Mark* merupakan *defect* yang disebabkan ketika proses produksi berhenti, *defect* ini terjadi di Rinsing Tank. *Bad Trimmer* adalah *Defect* yang disebabkan oleh pemangkas/pisau dan material yang kurang bagus. *Over Pickle* merupakan *Defect* yang disebabkan ketika proses produksi berhenti, *defect* ini terjadi oleh reaksi HCL yang berlebihan pada saat proses pickling di dalam Pickle Tank.



Gambar 2. Critical To Quality (CTQ)



Gambar 3. Peta Kendali P

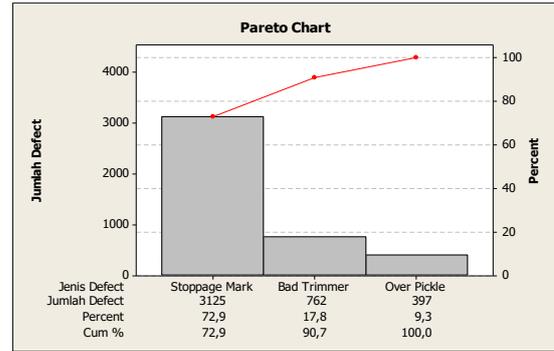
Tahap *measure* merupakan langkah kedua dari fase DMAIC. Pada tahap ini dilakukan pembuatan peta kendali (*Control Chart*), pengukuran nilai DPMO dan *Sigma* level, serta pengukuran kemampuan proses Cpk. Berdasarkan hasil peta kendali P diketahui tingkat proporsi cacat yang terjadi masih terkendali karena tidak melewati batas kontrol yang telah ditetapkan (Gambar 3).

Identifikasi standar performansi perusahaan melalui perhitungan tingkat *Defect Per Million Opportunity* (DPMO) dan nilai sigma. Rata-rata nilai sigma sebesar 3,86 dengan nilai DPMO 9146 (Tabel 1). Nilai sigma dari Januari sampai Juni mengalami penurunan sehingga ini menjadi permasalahan yang perlu diperhatikan. Nilai Cpk berdasarkan nilai sigma adalah sebesar 1,27. Nilai tersebut menunjukkan proses sudah berjalan tetapi memerlukan perbaikan.

Tabel 1. Level Sigma

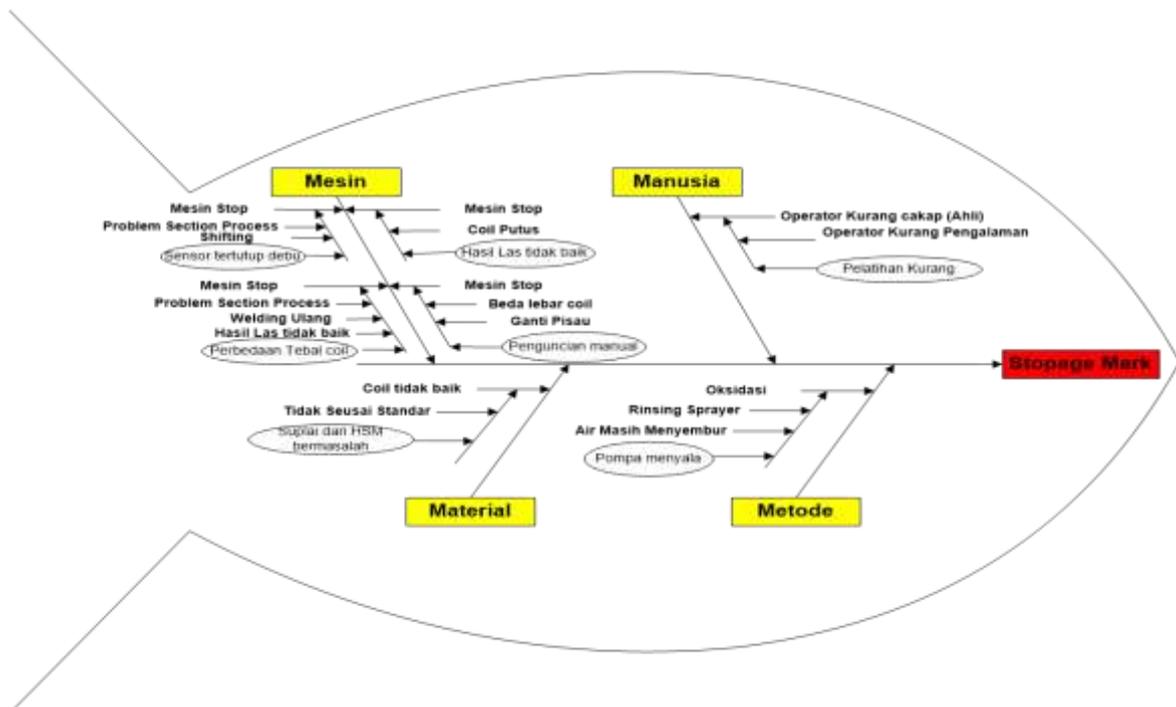
Bulan	Produksi (Ton)	Defect (Ton)	CTQ	DPMO	Level Sigma
Jan-20	40026	921	3	7670	3,92
Feb-20	5511	117	3	7077	3,95
Mar-20	25589	720	3	9379	3,85
Apr-20	30449	887	3	9710	3,84
May-20	35365	1041	3	9812	3,83
Jun-20	19188	598	3	10388	3,81
Rata-rata	26021	714	3	9146	3,86

Tahap *analyze* merupakan tahap analisa penyebab faktor-faktor penyebab terjadinya cacat pada suatu proses. Analisa dilakukan berdasarkan tingkat nilai sigma dan indeks kapasitas proses dan target peningkatan nilai sigma yang telah ditetapkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama penyebab terjadinya masalah dalam suatu proses. Berdasarkan karakteristik *defect*, *stoppage mark* menyumbang penyebab defect yang tertinggi yaitu sebesar 72,9% (Gambar 4).



Gambar 4. Diagram Pareto

Analisa penyebab kegagalan difokuskan pada *defect stoppage mark* yang menyumbang defect paling besar pada produksi coil. Identifikasi permasalahan dilakukan dengan cara melakukan wawancara dengan pihak terkait yang kompeten pada proses produksi coil. Proses identifikasi menggunakan diagram fishbone untuk mencari akar masalah utama penyebab terjadinya cacat *stoppage mark*. Analisa dilakukan berdasarkan faktor manusia, mesin, material dan metode.



Gambar 5. Diagram Fishbone Stoppage Mark

Secara umum penyebab penyebab utama *defect stoppage mark* terjadi lebih banyak pada faktor mesin yaitu ketika proses produksi berjalan terdapat permasalahan di mesin yang

mengakibatkan mesin stop penyebabnya berada di *section process* seperti coil putus karena perawatan pada mesin tidak maksimal, welding ulang karena perbedaan tebal coil, ganti pisau

karena penguncian masih manual dan shifting karena sensor tertutup debu (Gambar 5). Faktor lainnya adalah kurangnya pelatihan yang disebabkan masih banyak operator baru (manusia), supply material dari HSM yang bermasalah (material) dan terjadinya oksidasi CI dengan Fe yang terkandung pada lembaran coil hal ini terjadi karena mesin pompa masih menyala.

Tahap *improve* merupakan tahapan perbaikan berdasarkan permasalahan yang ditemukan pada proses *analyze*. Faktor mesin menjadi prioritas utama dalam proses ini. Usulan untuk mengurangi *defect stoppage mark* adalah ketika mesin stop/Line Stop yang mengakibatkan proses produksi berhenti yang bisa menimbulkan *defect Stoppage mark* maka untuk mengetahui mesin stop harus ada sistem yang terkoneksi di rinsing tank untuk mematikan mesin pompa air secara otomatis untuk menghentikan spray air dan ketika timbul *defect* proses harus mundur, coil harus dicuci ulang untuk menghilangkan *defect* tersebut. Langkah lainnya adalah meningkatkan perawatan mesin secara berkala dan menyiapkan *sparepart* mesin terutama mesin welding, menambahkan alat ukur pada mesin *Side trimmer* untuk mengurangi waktu pengukuran yang masih manual dan melakukan pengecekan pisau side trimm secara berkala dan membersihkan sensor dengan rutin dan menambah alarm untuk mencegah coil shift. Perbaikan dari faktor manusia dapat dilakukan dengan mengadakan pelatihan internal terutama operator baru tentang persamaan persepsi dalam proses produksi coil sehingga ketika terjadi masalah dapat cepat terselesaikan. Supply material dari HSM terkait dengan kualitas coil yang dapat mengganggu proses produksi dapat dilakukan pengecekan sampling terkait bahan baku yang diterima dari supplier sehingga material yang digunakan untuk proses produksi terbebas dari cacat. Oksidasi yang disebabkan pompa masih menyala dapat dilakukan perbaikan dengan cara perbaikan sistem proses pompa otomatis sehingga meminimalkan oksidasi yang terjadi.

Implementasi *six sigma* memerlukan komitmen dari pimpinan perusahaan, dan sumber daya yang terlibat dalam proyek *sig sigma* agar mampu berjalan konsisten dan berhasil mencapai target yang telah ditetapkan. *Six sigma* merupakan standar pengukuran kualitas produk atau proses untuk peningkatan efisiensi dan kesempurnaan

proses. Budaya *six sigma* merupakan budaya proses perbaikan secara sistematis dengan pendekatan pemecahan masalah kualitas secara terstruktur untuk peningkatan kepuasan pelanggan melalui perbaikan tingkat kualitas produk [16]. Tujuan utama penerapan pendekatan *six sigma* adalah memberikan standar kualitas produk dan layanan kelas dunia dengan menghilangkan semua cacat internal maupun eksternal dengan biaya serendah mungkin [17].

4. PENUTUP

4.1 Simpulan

Tingkat nilai *six sigma* proses produksi *Cold Rolled Coil* berada dalam tingkat 3,86 dengan nilai DPMO 9146 selama bulan Januari sampai Juni 2020. Nilai tersebut menunjukkan proses masih memerlukan proses perbaikan berdasarkan nilai Cpk sebesar 1,27. Analisa perbaikan dikhususkan perbaikan pada faktor *stoppage mark* yang menyumbang cacat produksi sebesar 72,9%. Faktor penyebab cacat *stoppage mark* adalah lebih banyak dipengaruhi faktor mesin yang mengakibatkan shifting, coil putus, *looper* penuh, side trimmer, sensor yang kotor. Perbaikan mesin stop/line stop yang mengakibatkan proses produksi berhenti dapat dilakukan dengan membuat sistem yang terkoneksi di rinsing tank untuk mematikan mesin pompa air secara otomatis untuk menghentikan spray air dan ketika timbul cacat proses harus mundur, coil harus dicuci ulang untuk menghilangkan defect tersebut. Langkah lainnya adalah meningkatkan perawatan mesin secara berkala dan sparepart mesin, menambahkan alat ukur pada mesin side trimmer, membersihkan sensor dengan rutin dan menambah guide roll untuk mencegah coil shift.

4.2 Saran

Penelitian ini masih sebatas pada rekomendasi perbaikan sehingga keberhasilan program implementasi *six sigma* masih belum dapat diketahui hasilnya. Penelitian lanjutan dapat dilakukan pada perencanaan perawatan mesin yang merupakan salah satu faktor penyumbang cacat terbesar dengan total preventive maintenance atau penerapan lean *six sigma* untuk memastikan proses lebih efisien.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Supriyadi, G. Ramayanti, and A. Chandra Roberto, "Analisis Kualitas Produk dengan Pendekatan Six Sigma," in *Prosiding SNTI dan SATELIT 2017 1 (Teknik Industri Universitas Brawijaya)*, 2017, pp. 7–13. Available: <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/lib/article/view/901>.
- [2] I. Setiawan and S. Setiawan, "Defect reduction of roof panel part in the export delivery process using the DMAIC method: a case study," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 108–116, Dec. 2020, doi: 10.30656/jsmi.v4i2.2775.
- [3] A. Banawi and M. M. Bilec, "A framework to improve construction processes: Integrating Lean, Green and Six Sigma," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 14, no. 1, pp. 45–55, Jan. 2014, doi: 10.1080/15623599.2013.875266.
- [4] P. Mihir and D. D. Arunbhai, "Critical review and analysis of measuring the success of Six Sigma implementation in manufacturing sector," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 35, no. 8, pp. 1519–1545, Jan. 2018, doi: 10.1108/IJQRM-04-2017-0081.
- [5] R. Rohimudin, G. A. Dwiputra, and S. Supriyadi, "Analisis Defect pada Hasil Pengelasan Plate Konstruksi Baja dengan Metode Six Sigma," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Jan. 2016. Available: <https://ejournal.lppmunsera.org/index.php/INTECH/article/view/857>.
- [6] G. A. Mohamed, "Six Sigma quality: a structured review and implications for future research," *Int. J. Qual. Reliab. Manag.*, vol. 27, no. 3, pp. 268–317, Jan. 2010, doi: 10.1108/02656711011023294.
- [7] F. Daniel, "Six Sigma: an evolutionary analysis through case studies," *TQM J.*, vol. 22, no. 4, pp. 423–434, Jan. 2010, doi: 10.1108/17542731011053343.
- [8] J. Antony, E. V Gijo, and S. J. Childe, "Case study in Six Sigma methodology: manufacturing quality improvement and guidance for managers," *Prod. Plan. Control*, vol. 23, no. 8, pp. 624–640, Aug. 2012, doi: 10.1080/09537287.2011.576404.
- [9] N. Nelfiyanti, A. M. Rani, and A. Fauzi, "Implementasi Six Sigma untuk Perbaikan Kualitas Produk Kiwi Paste Berdasarkan Keluhan Pelanggan," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 41–50, Jul. 2018, doi: 10.30656/jsmi.v2i1.609.
- [10] R. Rosihin, L. M. Ulinnuha, and D. Cahyadi, "Analisis Pengendalian Kualitas Super Absorbent Polymer Dengan Menggunakan Metode Six Sigma," *J. Sist. dan Manaj. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–28, 2017, doi: 10.30656/jsmi.v1i1.170.
- [11] V. Swarnakar and S. Vinodh, "Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization," *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 7, no. 3, pp. 267–293, Aug. 2016, doi: 10.1108/IJLSS-06-2015-0023.
- [12] A. Plecko, H. N. Vujica, and A. Polajnar, "An Application of six sigma in manufacturing company," *Adv. Prod. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 4, pp. 243–254, 2009. Available: https://www.apem-journal.org/Archives/2009/APEM4-4_243-254.pdf.
- [13] W. O. Widyarto, A. Firdaus, and A. Kusumawati, "Analisis Pengendalian Kualitas Air Minum dalam Kemasan Menggunakan Metode Six Sigma," *J. INTECH Tek. Ind. Univ. Serang Raya*, vol. 5, no. 1, pp. 17–22, 2019, doi: 10.30656/intech.v5i1.1460.
- [14] A. P. Baía, "Achieving Customer Specifications Through Process Improvement Using Six Sigma: Case Study of NutriSoil – Portugal," *Qual. Manag. J.*, vol. 22, no. 2, pp. 48–60, Jan. 2015, doi: 10.1080/10686967.2015.11918428.
- [15] J. R. Evans and W. M. Lindsay, *An introduction to Six Sigma and process improvement*. Nelson Education, 2014.
- [16] J. Ploytip, A. G.-R. Jose, K. Vikas, and K. L. Ming, "A Six Sigma and DMAIC application for the reduction of defects in a rubber gloves manufacturing process," *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 5, no. 1, pp. 2–21, Jan. 2014, doi: 10.1108/IJLSS-03-2013-0020.
- [17] V. Gupta, R. Jain, M. L. Meena, and G. S. Dangayach, "Six-sigma application in tire-manufacturing company: a case study," *J. Ind. Eng. Int.*, vol. 14, no. 3, pp. 511–520, 2018, doi: 10.1007/s40092-017-0234-6.