

PENURUNAN *REWORK* PRODUCT DENGAN PENDEKATAN *LEAN SIX SIGMA*

Hari Supriyanto^{1*}, Rindi Kusumawardani² dan Ega Rizkiyah²

¹ Departemen Teknik dan Sistem Industri, FTIRS, ITS Surabaya
Keputih Sukolilo, Surabaya 60111.

² Departemen Teknik dan Sistem Industri, FTIRS, ITS Surabaya
Keputih Sukolilo, Surabaya 60111

*Email: hariqive@ic.its.ac.id, rindi@its.ac.id, egarizkiyah@gmail.com

Abstrak

Produk tangki adalah salah satu komponen dalam truk tangki secara keseluruhan. Dengan lead time yang semakin pendek; menuntut perusahaan untuk dapat menghasilkan produk dengan pengiriman yang tepat waktu. Sering terjadi proses produksi berhenti dan menyebabkan kerugian finansial yang tinggi, ini menunjukkan aktifitas yang bersifat non value added. Aktifitas tersebut menyebabkan timbulnya losses. Diperlukan alat untuk menelusuri penyebab terjadinya waste atau losses pada aktivitas produksi dengan pendekatan lean six sigma. Tools yang dipakai untuk mengidentifikasi permasalahan adalah E-DOWNTIME waste, RCA (root cause Analisis) dan FMEA (Failure modes and effect analysis). Untuk itu diperlukan pengolahan sumber daya dan perusahaan selalu berupaya untuk melakukan perbaikan proses agar dapat berproduksi secara lebih efektif dan efisien melalui pendekatan Lean. Konsep ini dapat mengidentifikasi dan mengeliminasi pemborosan atau kegiatan yang tidak bernilai tambah. Paper ini menyuguhkan kegiatan identifikasi aktivitas yang mengandung pemborosan (waste). Identifikasi dimulai dengan memetakan proses berdasarkan pada value stream mapping dan process activity mapping. Diperoleh hasil bahwa value added activity sebesar 24%, necessary but non value added activity yaitu 44% dan non value added activity sebesar 32%. Diperoleh tiga waste kritis yaitu waiting, defect dan excess processing waste. Nilai sigma awal pada defect waste yaitu sebesar 2,65; nilai sigma ini merupakan permasalahan. Rekomendasi perbaikan adalah pembentukan tim dan pengawas SOP dan pengadaan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan keterampilan tenaga kerja. Dengan penerapan alternatif solusi, terjadi kenaikan nilai sigma sebesar 3.25 dan terjadi pengurangan biaya sampai 34%.

Kata kunci: Losses, activity, RCA, Lean, Six Sigma

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri manufaktur menjadi prioritas utama pada sebuah negara maju maupun negara berkembang (Hermawan and PS, 2016). Didalam persaingan industri ketat seperti sekarang ini, setiap pelaku bisnis dituntut untuk dapat meningkatkan performansi perusahaan agar dapat bersaing dengan kompetitor. Menurut hasil riset, mempertahankan pelanggan 10 kali lebih murah dibandingkan dengan menarik pelanggan baru (Hermawan and PS, 2016). Oleh karena itu untuk memperoleh pangsa pasar yang lebih besar dan mempertahankan jumlah *customer*, perusahaan berupaya meningkatkan performansi perusahaan dengan berbagai cara salah satunya adalah menerapkan *lean thinking* dan *six sigma* (Murmura *et al.*, 2021). Kualitas produk yang baik dan konsisten dilakukan dengan membangun variabilitas produk yang semakin kecil untuk dapat memenuhi standar kualitas pasar (Barlian Sari, Tri Herdiani and Sirajang, 2019).

Dalam proses produksi terdapat beberapa aktivitas yang mengindikasikan *waste* yang menyebabkan inefisiensi dan menurunnya kualitas dan kapasitas produksi. *Waste* adalah indikasi adanya *non value added activity* (Dara *et al.*, 2024). Performansi merupakan salah satu tolok ukur perusahaan; erat hubungannya dengan pengukuran kinerja, yang merupakan proses monitor yang terus menerus dilakukan perusahaan untuk mengetahui pencapaian suatu program. Pengukuran kinerja memiliki *Performance Indicator* (PI) yang merupakan informasi penting dan berguna untuk mengukur keberhasilan program, yang dapat digambarkan dalam bentuk prosentase, *index*, *rate* atau perbandingan lainnya dan dimonitor untuk interval tertentu (Khodeir and Othman, 2018). *Performance Indicator* (PI) mempunyai karakteristik SMART (*Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Timely and free of bias*) (Bound, no date; Selvik, Stanley and Abrahamsen, 2020).

Pembuatan tangki adalah proses produksi yang setiap tahun meningkat khususnya untuk tangki air minum dan sanitasi. Dari data Biro Pusat Statistik, penyaluran air minum dan sanitasi

secara umum mengalami peningkatan. Berdasarkan target yang ditetapkan oleh pemerintah di tahun 2023 untuk akses sanitasi dan air minum layak pakai, merupakan peluang untuk pengusaha industri manufaktur tangki. Peluang ini disadari perusahaan, namun pada kenyataannya jumlah order yang diperoleh mengalami penurunan setiap tahunnya. Kualitas produk yang baik dan konsisten dilakukan dengan membangun variabilitas produk yang semakin kecil untuk dapat memenuhi standar kualitas pasar. Dalam proses produksi terdapat beberapa aktivitas yang mengindikasikan *waste* yang menyebabkan inefisiensi dan menurunnya kualitas dan kapasitas produksi (Yuan *et al.*, 2022). *Waste* adalah indikasi adanya *non value added activity*. Penurunan order disebabkan oleh meningkatnya *lead time* dan biaya produksi; terdapat banyak aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah sehingga menyebabkan *lead time* menjadi panjang (Adrianto and Kholil, 2016; Gebeyehu, Abebe and Gochel, 2022). Ini indikasi penurunan performansi perusahaan.

Dengan penerapan konsep lean six sigma tujuan utama adalah perbaikan performansi dengan cara mengurangi atau menghilangkan *waste*, *non-value added activity*, dan mengurangi overall *lead time* (Dara *et al.*, 2024). Pengurangan ini akan menaikkan kecepatan produksi, perbaikan kualitas, peningkatan produktivitas, serta pengurangan biaya produksi. Tools yang dipakai untuk melakukan improvement dengan konsep lean six sigma adalah Value Stream Mapping, Root Cause Analysis (RCA), dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

2. METODOLOGI

Salah satu metoda yang mampu mengidentifikasi *waste* (pemborosan) adalah konsep *lean thinking*. Diperlukan diidentifikasi adanya aktivitas-aktivitas yang tidak memberi nilai tambah (*non value added*), karena aktifitas ini adalah merupakan *waste* (pemborosan). Konsep ini di dalam produksi banyak dipakai sebagai dasar untuk membangun performansi departemen. Tujuan utamanya adalah pengurangan *waste* ataupun *losses* pada aktifitas produksi (Dara *et al.*, 2024). Untuk menghindari timbulnya gangguan proses produksi maka seluruh mesin produksi harus berfungsi dengan baik. Dengan penerapan *lean manufacturing* diharapkan perusahaan dapat melakukan perbaikan terhadap *waste* agar terjadi peningkatan *customer value* (Correction Chalmers *et al.*, 2014). Konsep ini menyediakan banyak cara untuk melakukan kegiatan produksi dengan lebih baik dengan melibatkan sedikit usaha dari manusia, peralatan, waktu dan ruang, yang berakibat positif pada pemenuhan kebutuhan konsumen. Siklus *Six-Sigma* dipakai untuk membangun *continous process improvement* (Cardenas-Cristancho *et al.*, 2021). Siklus yang dipakai adalah *Define, Measure, Analysis, Improvement* dan *Control*. Pemikiran *Lean Six Sigma* perlu disebarluaskan ke seluruh bagian tanpa memandang tipe industri atau tipe kegiatan. Dengan demikian *Lean Six Sigma* dapat diterapkan dalam semua proses (Lal Bhaskar, 2020). *Lean Six Sigma* yang diterapkan dalam industri manufaktur akan menjadi *Lean Six Sigma Manufacturing*, seperti gambar 1.



Gambar 1. Keterkaitan *Lean* dan *Six Sigma*

Metoda yang dipakai untuk menentukan problem dalam bentuk *waste* (pemborosan) adalah pendekatan *lean thinking* dengan *E-downtime waste* (Sunder Sharma and Khatri, 2021). Kekuatan dari kedua konsep ini disinergikan menjadi satu konsep yang tertintegrasi yaitu konsep *Lean Six Sigma*. Metoda lain yang dapat mendukung perbaikan proses adalah mengetahui nilai dari *overall equipment effectiveness* (OEE) (Corrales *et al.*, 2020). Tujuan pendekatan OEE adalah mengetahui *waste* atau *losses*. Nilai OEE terlihat dari tiga factor yaitu, pertama, nilai *availability* dikarenakan adanya *downtime* pada saat jam kerja, kedua, *performance* dikarenakan hasil *output* produk tidak sesuai dengan kecepatan kerja dan adanya *bottleneck* pada proses produksi, ketiga, *quality* dikarenakan banyaknya barang yang *defect* (rusak) maupun *rework* (proses ulang).

Tahap pertama, adalah tahap pencarian informasi yang berhubungan dengan permasalahan. Diperlukan identifikasi awal berupa mapping proses produksi yang bertujuan untuk memetakan

seluruh proses. Salah satu *mapping tools* adalah *big picture mapping* (Adeodu, Kanakana-Katumba and Rendani, 2021). Dari identifikasi tersebut penelusuran problem terutama *waste* (pemborosan) akan diketahui. Pemborosan sering terindikasi dari adanya *non value added activity*. Pada tahap awal ini berdasarkan pada data maka dapat dihitung nilai *sigma* awal.

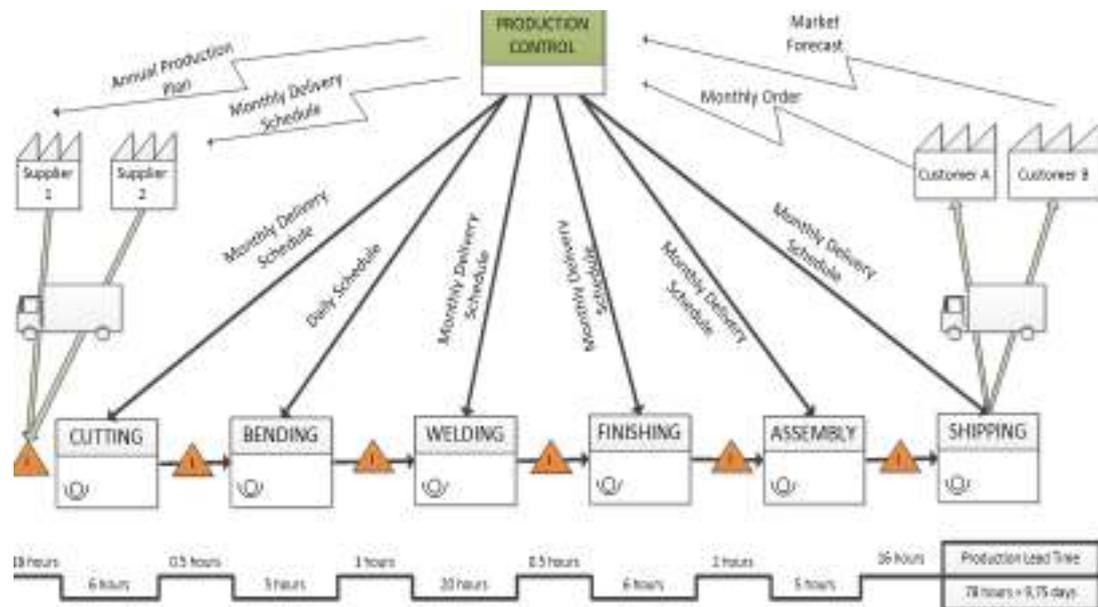
Tahap kedua, analisa. Dari tahap pertama selanjutnya *pareto chart* dipakai untuk menentukan *waste* kritis. Selanjutnya dicari akar penyebab masalah dengan RCA (*root cause analysis*) (Ershadi, Aiasi and Kazemi, 2018). Tahap terpenting adalah mencari penyebab timbulnya *critical to quality* (CTQ) yang merupakan faktor pembentuk problem (Liu *et al.*, 2023). Untuk mengetahui prioritas atas kekritisian dipakai perhitungan RPN (*risk priority number*) dengan pendekatan FMEA (*failure mode and effect analysis*) (Okwuobi *et al.*, 2018).

Tahap ketiga, *build alternative*. Tahap ini dimulai dari *men-generate* alternatif yang mungkin dapat dijalankan perusahaan. Pemilihan didasarkan pada nilai dari *risk priority number* (RPN) yang diperoleh dari FMEA. Langkah terakhir adalah pemilihan alternatif terbaik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tangki yang diletakkan di belakang truk digunakan untuk mengangkut muatan yang bersifat cair (*liquid*). Ukuran kapasitas tangki truk yang diproduksi pun berbeda-beda mulai dari 5000 liter, 7000 liter, dan 8000 liter. Proses produksi tangki dibagi menjadi enam tahap yaitu proses *cutting*, *bending*, *welding*, *finishing*, *assembly* dan *shipping*. Proses produksi tersebut dapat digambarkan dalam bentuk *value stream mapping*, dapat dilihat di gambar 2.

Lead time untuk proses produksi tangki mempunyai total waktu selama 79 jam atau 9,75 hari. Dari hasil pengamatan awal di lapangan, banyak ditemukan aktifitas yang tidak bernilai tambah yang mengindikasikan *waste* terutama pada proses *welding*.



Gambar 2. Value Stream Mapping (VSM) pembuatan tangki

Diperlukan pengukuran yang berbasis KPI (*Key Performance Indicator*) dengan cara mengukur dan menganalisa indikator perusahaan. Tujuan menentukan indikator dengan pengukuran KPI adalah dapat merepresentasikan hasil operasi manufaktur. Terdapat enam indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, pengiriman, *safety*, dan moral. Untuk mempersempit analisa, berdasarkan diagram *pareto* maka ditentukan bahwa KPI yang digunakan dibatasi hanya pada 4 (empat) pengukuran indikator yaitu produktifitas, kualitas, biaya, dan *safety*. KPI yang ditentukan mempunyai identifikasi aktifitas yang bersifat *non value added activity*. Oleh karena itu identifikasi

ini diperlukan untuk menentukan aktifitas yang perlu dikurangi atau bahkan bila mungkin aktifitas tersebut dapat dihilangkan.

Lean manufacturing merupakan sebuah konsep yang berpikir bahwa dalam manufaktur perlu identifikasi untuk mengurangi terjadinya *non value added activity*. Konsep ini mengarahkan pada setiap pelaku bisnis manufaktur untuk mengklasifikasikan terlebih dahulu aktivitas-aktivitas di sepanjang proses produksi. Aktivitas-aktivitas ini dibedakan menjadi tiga klasifikasi, yakni *value added activity*, *non value added activity*, dan *necessary non value added activity*.

Setelah dilakukan pengklasifikasian aktivitas maka diperoleh hasil akhir tiap aktifitas, yaitu *value added activity* sebesar 32%, *necessary but non value added activity* yaitu 32% dan *non value added activity* sebesar 34%. Prosentase ini menunjukkan bahwa masih banyak mengandung *non value added activity* pada proses produksi tangki. Aktivitas *non value added* ini mengindikasikan adanya *waste*. Secara garis besar aktifitas *non value added* terjadi pada proses *welding*, seperti sering melakukan *welding* yang berulang-ulang. Demikian pula pada proses *cutting* terdapat tiga aktivitas *non value added*; yaitu pemotongan dan pengecekan berulang pada material yang sedang diproses, membersihkan scrap dan menata ulang material yang tidak terpakai. Sedangkan pada proses *bending*, sering terjadi proses *rework* terhadap tingkat kelengkungan material untuk memenuhi spesifikasi produk.

Identifikasi *waste* dilakukan berdasarkan 4 KPI produksi yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu produktivitas, kualitas, biaya dan *safety*. Identifikasi *waste* berdasarkan pada sembilan tipe *waste*, yaitu *E-DOWNTIME waste*, yaitu *environmental, healthy, and safety (ehs), defect, over production, waiting, not utilizing employee, transportation, inventory, motion, dan excessive processing* (Halim and Suharyanti, 2019). Indikator produktivitas dilihat dari nilai efisiensi produksi. Identifikasi pengelompokan *waste* dalam KPI produktivitas yaitu *defect, waiting, not utilizing employee, motion dan Excessive processing*. *Waiting waste* merupakan jenis pemborosan karena aktivitas menunggu. Ini berhubungan dengan kejadian *downtime* mesin yang menyebabkan terjadinya produksi menjadi tertunda. Kejadian *downtime* dalam sebuah perusahaan dapat dibagi menjadi dua yaitu *planned downtime* dan *unplanned downtime* (Okwuobi et al., 2018).

Tabel 1. Root Cause Analysis untuk Downtime Mesin Produksi

Waste	Subwaste	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4	Why-5
Waiting	Downtime Cutting	Komponen elektronik rusak	Elemen listrik hangus	Kemampuan mesin pemotong material buruk	Daya mesin kurang	Pemilihan tidak tepat
			<i>Konsleting</i>	kejutan arus	Kekerasan pisau	<i>operator</i>
	Downtime Welding	Motor rusak	<i>Transmission</i> rusak	Poros <i>spindel</i> kotor	<i>stabilizer</i> tidak ada	
		Motor rusak	Control tidak berfungsi	Kerusakan komponen <i>panel</i>	tidak dibersihkan	
Downtime Welding	Kerusakan kabel		Sistem kendur	Benturan	Kurangnya <i>maintenance</i>	
			Suhu tidak stabil	Pendingin rusak	Penempatan mesin tidak tepat	debu kipas tidak bersih
	<i>Travo converter</i> daya hangus	Hubungan pendek	Mesin las terkena air	Sirkulasi tidak baik	Penempatan tidak sesuai	
			Debu menumpuk	tidak diber sihkan		

Excessive processing merupakan jenis pemborosan karena proses yang lebih panjang dari yang seharusnya. Termasuk dalam *waste* ini yaitu aktivitas yang dilakukan secara berulang (*rework*). Terjadi proses *rework* pada proses *cutting, bending, dan welding* (Liao et al., 2020). Indikator kualitas merupakan KPI yang berhubungan dengan spesifikasi dari customer. Indikator kualitas diukur berdasarkan jumlah *defect*. Dimana semakin banyak *defect* dapat diklasifikasikan dalam kualitas yang rendah dan sebaliknya. KPI biaya merupakan indikator yang mengukur seluruh biaya produksi dan operasional perusahaan. Dalam perhitungan KPI biaya, pengukuran dapat dilakukan

pada *over production, transportation dan inventory waste*. *Over production* terjadi karena produksi melebihi kapasitas. Pengukuran *waste* ini dilakukan berdasarkan aktivitas logistik. *Waste* ini diukur dari tingkat keterlambatan *delivery* kepada pelanggan. Pengukuran *inventory waste* berhubungan dengan *warehousing* mulai dari material masuk sampai material keluar dari *warehouse*. Indikator *safety* dapat diukur dengan menghitung seberapa banyak kecelakaan kerja selama produksi. KPI *safety* berhubungan dengan *environmental, health and safety (EHS) waste*.

Pemilihan terhadap *waste* yang penting untuk diperbaiki, menunjukkan bahwa *Excessive processing waste* merupakan *waste* yang memiliki kerugian finansial yang paling besar yaitu sebesar Rp 4.331.494 selanjutnya *waiting waste* dengan kerugian finansial sebesar Rp 2.114.705 dan yang terakhir merupakan *defect waste* dengan kerugian sebesar Rp 1.019.420. Selanjutnya dibuat *root cause analysis (RCA)* terhadap terjadinya *downtime* pada mesin *cutting* dan mesin *welding*, seperti terlihat pada tabel 1.

Akar penyebab *defect waste* dicari dari proses *welding* (Ramasamy and Jeyasimman, 2020). Terdapat dua jenis *defect* yang terjadi pada proses *welding* yaitu *defect* karena keretakan dan karena keropos, yang selanjutnya dilakukan analisa dengan FMEA, dapat dilihat di tabel 2.

Tabel 2. Failure Mode and Effect Analysis Defect Waste

Waste	Potential Failure Mode	Potential Effect	Severity	Potential Causes	Occurrence	Control	Detection	RPN
Defect	Hasil pengelasan retak	dilakukan proses pengelasan ulang	5	tidak melakukan pemeriksaan elektroda	6	Analisa lebih lanjut	5	130
			5	Kemampuan operator kurang	4	Inspeksi visual	4	80
			6	Pengetahuan operator kurang	6	Pengawasan lapangan	6	216
			5	Skill operator kurang	6	Pengawasan lapangan	5	150
			5	Kesalahan setting mesin	4	Pengawasan lapangan	4	80
	Hasil pengelasan berlobang	dilakukan pengelasan ulang	5	Operator lupa membersihkan	5	Inspeksi visual	5	125
			5	Kesalahan pemilihan elektroda	6	Analisa lanjut	5	130
			6	Kesalahan setting arus	5	Pengawasan lapangan	5	130

Dari tabel 2 maka alternatif yang mungkin dapat digunakan untuk membangun *improvement* yaitu, 1. Pembentukan tim pembuatan SOP, 2. Penjadwalan *maintenance* mesin produksi dan 3. Pelatihan untuk meningkatkan *knowledge, skills and abilities*.

Terdapat tiga kriteria yang digunakan dalam penilaian alternatif untuk dilakukan *improvement*, yaitu produktivitas, kualitas dan *Cycle Time*.

Tabel 3. Value Pemilihan Alternatif

Alternatif	Bobot KPI			Performance	Cost (Rp.)	Value
	Productivity 0,4	Quality 0,3	Cycle Time 0,3			
0	12	13	15	13,2	123.015.685	1
1	21	18	19	19,5	140.015.685	1,307,909,705
2	19	18	20	19	131.015.685	1,351,502,543
3	20	20	18	19,4	128.861.764	1,303,021,145
1,2	20	17	20	19,1	148.015.685	1,202,575,041
1,3	24	22	21	22,5	145.861.764	1,537,565,413
2,3	19	22	22	20,8	136.861.764	1,516,340,782
1,2,3	22	22	19	21,1	153.861.764	1,318,021,931

Secara keseluruhan terdapat delapan kombinasi alternatif perbaikan yang dapat dipilih oleh perusahaan. Selanjutnya untuk memilih alternatif terbaik dilakukan pendekatan *value* yang mempertimbangkan dua faktor yaitu *performance* dan *cost*, seperti terlihat di tabel 3.

Berdasarkan perhitungan pada pendekatan *value*, maka yang *value* tertinggi yaitu pada kombinasi alternatif 1,3. Alternatif yang diajukan yaitu pembuatan dan pengawasan SOP serta pengadaan pelatihan untuk meningkatkan *skills, knowledge, and abilities* karyawan.

Berdasarkan nilai *sigma* awal dari *defect* adalah 2,65 dan *sigma* setelah pelaksanaan kombinasi alternatif 1 dan 3 mempunyai nilai *sigma* sebesar 3,25; terjadi peningkatan nilai *sigma* terhadap *defect waste* sebesar 0,60.

Alternatif 1 dan 3 diperkirakan akan dapat mereduksi *cost* seiring dengan penurunan *rework* dan *defect product*. Pada perhitungan awal, *cost* yang ditimbulkan akibat *rework* adalah Rp 4.331.494 sedangkan setelah dilakukannya alternatif 1 dan 3, *cost* yang ditimbulkan adalah Rp 2.873.620,5 sehingga terjadi reduksi *cost* sebesar Rp 1.457.874 atau terjadi reduksi biaya 34%.

4. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil.

1. *Waste* kritis pada proses produksi tangki yaitu *waiting, defect* dan *excessive processing waste*
2. Alternatif terpilih untuk melakukan *improvement* yaitu pembuatan tim dan pengawas SOP serta pengadaan pelatihan guna meningkatkan kemampuan dan keterampilan tenaga kerja.
3. Berdasarkan nilai *sigma* awal dari *defect* adalah 2,65 dan *sigma* setelah pelaksanaan kombinasi alternatif 1 dan 3, nilai *sigma* adalah 3,25; artinya terjadi peningkatan nilai *sigma* terhadap *defect waste* sebesar 0,60.
4. Pada perhitungan awal, *cost* yang ditimbulkan akibat *rework* adalah Rp 4.331.494 sedangkan setelah dilakukannya alternatif 1 dan 3, *cost* yang ditimbulkan adalah Rp 2.873.620,5 sehingga terjadi reduksi *cost* sebesar Rp 1.457.874 atau terjadi reduksi biaya 34%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeodu, A., Kanakana-Katumba, M. G. and Rendani, M. (2021) 'Implementation of lean six sigma for production process optimization in a paper production company', *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(3), pp. 661–680. doi: 10.3926/jiem.3479.
- Adrianto, W. and Kholil, M. (2016) 'Analisis Penerapan Lean Production Process untuk Mengurangi Lead Time Process Perawatan Engine (Studi Kasus PT.GMF AEROASIA)', *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, 14(2), p. 299. doi: 10.25077/josi.v14.n2.p299-309.2015.
- Barlian Sari, S., Tri Herdiani, E. and Sirajang, N. (2019) 'Monitoring Variabilitas Proses Berdasarkan Statistik Wilks', *Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi*, 16(1), p. 1. doi: 10.20956/jmsk.v16i1.6485.
- Bound, T. (no date) 'What are SMART Goals? Specific Measurable Achievable Relevant'.
- Cardenas-Cristancho, D. et al. (2021) 'Continuous Improvement process model: A Knowledge Management approach Continuous Improvement process model: A Knowledge Management approach', *14th Conférence Internationale de Génie Industriel, May 5-7, 2021*, pp. 1–9. Available at: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03288224>.
- Corrales, L. del C. N. et al. (2020) 'Overall equipment effectiveness: Systematic literature review and overview of different approaches', *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18). doi: 10.3390/APP10186469.
- Correction Chalmers, I. et al. (2014) 'How to increase value and reduce waste when research priorities are set', *The Lancet*, 383(9912), pp. 156–165. doi: 10.1016/S0140-6736(13)62229-1.
- Dara, H. M. et al. (2024) 'Reducing non-value added (NVA) activities through lean tools for the precast industry', *Heliyon*. Elsevier Ltd, 10(7), p. e29148. doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29148.

- Ershadi, M. J., Aiasi, R. and Kazemi, S. (2018) 'Root cause analysis in quality problem solving of research information systems: A case study', *International Journal of Productivity and Quality Management*, 24(2), pp. 284–299. doi: 10.1504/IJPQM.2018.091797.
- Gebeyehu, S. G., Abebe, M. and Gochel, A. (2022) 'Production lead time improvement through lean manufacturing', *Cogent Engineering*. Cogent, 9(1). doi: 10.1080/23311916.2022.2034255.
- Halim, L. and Suharyanti, Y. (2019) 'E-Waste: Current Research and Future Perspective on Developing Countries', *International Journal of Industrial Engineering and Engineering Management*, 1(2), pp. 25–42. doi: 10.24002/ijieem.v1i2.3214.
- Hermawan, I. and PS, V. T. (2016) 'Membangun Kinerja Usaha Melalui Faktor Pembentuk Kapabilitas Pelaku Kewirausahaan Industri Kreatif Nasional', *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, 18(2), p. 33. doi: 10.24914/jeb.v18i2.258.
- Khodeir, L. M. and Othman, R. (2018) 'Examining the interaction between lean and sustainability principles in the management process of AEC industry', *Ain Shams Engineering Journal*. Ain Shams University, 9(4), pp. 1627–1634. doi: 10.1016/j.asej.2016.12.005.
- Lal Bhaskar, H. (2020) 'Lean Six Sigma in Manufacturing: A Comprehensive Review', *Lean Manufacturing and Six Sigma - Behind the Mask*, (February). doi: 10.5772/intechopen.89859.
- Liao, L. *et al.* (2020) 'Investigating critical non-value adding activities and their resulting wastes in BIM-based project delivery', *Sustainability (Switzerland)*, 12(1), pp. 1–20. doi: 10.3390/SU12010355.
- Liu, H. C. *et al.* (2023) 'From total quality management to Quality 4.0', *Frontiers of Engineering Management*, 10(2), pp. 191–205.
- Murmura, F. *et al.* (2021) 'Lean Six Sigma for the improvement of company processes: the Schnell S.p.A. case study', *TQM Journal*, 33(7), pp. 351–376. doi: 10.1108/TQM-06-2021-0196.
- Okwuobi, S. *et al.* (2018) 'A reliability-centered maintenance study for an individual section-forming machine', *Machines*, 6(4). doi: 10.3390/machines6040050.
- Ramasamy, N. and Jeyasimman, D. (2020) 'Performance Analysis of Chromium Carbide Overlay in Coal Nozzle Tip for Utility Boilers', *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(3), pp. 2122–2127. doi: 10.35940/ijitee.c8743.019320.
- Selvik, J. T., Stanley, I. and Abrahamsen, E. B. (2020) 'SMART criteria for quality assessment of key performance indicators used in the oil and gas industry', *International Journal of Performability Engineering*, 16(7), pp. 999–1007. doi: 10.23940/ijpe.20.07.p2.9991007.
- Sunder Sharma, S. and Khatri, R. (2021) 'Introduction to Lean Waste and Lean Tools', *Lean Manufacturing*. doi: 10.5772/intechopen.97573.
- Yuan, Z. *et al.* (2022) 'Coupling Relationship between Capabilities and Benefits of Lean Construction for Precast Buildings from a Multivariable Moderation Perspective', *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(5). doi: 10.1061/(asce)co.1943-7862.0002258.