



Penerapan Lean Six Sigma untuk Mereduksi Waste pada Proses Pengantongan Urea: Studi pada Pabrik-6, Pt. Pupuk Kaltim

Gilberth Sontanan Biu

Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Indonesia

*Penulis korespondensi : gilberth.biu@gmail.com

Abstract. The urea bagging process at PT Pupuk Kaltim is a critical stage in the production chain, currently operating under a push system based on production planning. Historical data from 2021 to 2023 indicate an increasing trend in the reject product ratio at the bagging-2 unit, rising from 0.013% to 0.057%. This increase reflects the presence of process inefficiencies and waste, leading to higher operational costs, reduced production efficiency, and potential declines in customer satisfaction. Although the push system is conceptually less aligned with Lean Six Sigma principles, which emphasize a pull-based approach, Lean Six Sigma remains relevant as a structured methodology to identify waste and improve overall process performance. This study aims to analyze the root causes of product rejects and propose appropriate improvement strategies to enhance efficiency and quality in the bagging process. The DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) framework is employed as a systematic approach for continuous improvement. In the Define phase, Value Stream Mapping (VSM) is used to map the process flow and distinguish between value-added and non-value-added activities. The Measure phase utilizes a Pareto Chart to prioritize the most significant problems. In the Analyze phase, Root Cause Analysis (RCA) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) are applied to identify root causes and assess the risk level of process failures. The Improve phase focuses on developing corrective actions, such as machine modifications and refinement of work procedures. Finally, the Control phase employs Control Charts to ensure process stability after improvements are implemented. The results of this study are expected to provide a foundation for continuous improvement efforts in enhancing the efficiency and quality of the urea bagging process at PT Pupuk Kaltim.

Keywords: Bagging efficiency; Failure Mode and Effect Analysis (FMEA); Lean Six Sigma; Push system; Root cause analysis.

Abstrak. Proses pengantongan urea di PT Pupuk Kaltim merupakan tahapan krusial dalam rantai produksi yang saat ini masih menerapkan sistem dorong (*push system*) berbasis rencana produksi. Data historis periode 2021 hingga 2023 menunjukkan adanya tren peningkatan rasio produk *reject* pada unit *bagging-2*, dari 0,013% menjadi 0,057%. Peningkatan ini mengindikasikan terjadinya pemborosan dalam proses, yang berdampak pada meningkatnya biaya operasional, menurunnya efisiensi produksi, serta berpotensi menurunkan tingkat kepuasan pelanggan. Meskipun sistem *push* secara konsep kurang selaras dengan prinsip *Lean Six Sigma* yang berorientasi pada sistem tarik (*pull system*), pendekatan *Lean Six Sigma* tetap relevan digunakan untuk mengidentifikasi sumber pemborosan dan meningkatkan kinerja proses secara menyeluruh. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab utama terjadinya produk *reject* serta merumuskan usulan perbaikan yang tepat guna meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengantongan. Metode yang digunakan adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai kerangka kerja sistematis dalam perbaikan berkelanjutan. Pada tahap *Define* dilakukan pemetaan aliran proses menggunakan *Value Stream Mapping* (VSM) untuk mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. Tahap *Measure* memanfaatkan *Pareto Chart* guna menentukan prioritas masalah utama. Selanjutnya, tahap *Analyze* dilakukan dengan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi akar penyebab serta tingkat risiko kegagalan proses. Tahap *Improve* berfokus pada perancangan solusi perbaikan, seperti modifikasi mesin dan penyempurnaan prosedur kerja. Terakhir, tahap *Control* menggunakan *Control Chart* untuk memastikan stabilitas proses setelah perbaikan dilakukan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar implementasi perbaikan berkelanjutan dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas proses pengantongan urea di PT Pupuk Kaltim.

Kata kunci: Analisa akar masalah; Efisiensi pengantongan; *Failure Mode and Effect Analysis*; *Lean Six Sigma*; Sistem dorong.

1. LATAR BELAKANG

Berbagai elemen memiliki peran strategis dalam mendukung situasi pertanian dan ketahanan pangan suatu negara, salah satunya adalah industri pupuk (Wu, 2024). Tak terkecuali di Indonesia sebagai negara agraris yang bergantung pada pertanian. Badan Pangan Nasional menyebutkan bahwa kebutuhan pupuk di Indonesia untuk tahun 2024 adalah sekitar 23 Juta ton sementara alokasi dana negara untuk pupuk urea bersubsidi baru mampu memenuhi sebanyak 4,5 Juta ton, yang kemudian ditambah menjadi 9 Juta ton. Membandingkan total produksi pupuk di Indonesia dengan angka kebutuhan pupuk tersebut masih sangat kurang dengan hanya mencapai 14,5 Juta ton ([www. pupuk-indonesia.com](http://www.pupuk-indonesia.com), 2024). PT Pupuk Kalimantan Timur (PKT) yang telah beroperasi sejak 7 Desember 1977 merupakan salah satu perusahaan produsen pupuk urea dan NPK terbesar di Indonesia, yang juga berperan strategis dalam menyediakan pupuk bagi petani, hanya mampu memproduksi 3,43 Juta Ton/ Tahun. Permasalahan kekurangan produksi pupuk ini rentan menyebabkan kelangkaan bahkan kekurangan pasokan pupuk di masyarakat dan petani, yang secara signifikan juga mengakibatkan harga pupuk yang sangat tinggi di masyarakat.

Laporan dari Pusat Analisis Keparlemenan Badan Keahlian Setjen DPR RI Tahun 2024 menunjukkan bahwa anggaran subsidi pupuk di Indonesia mengalami perubahan secara berkala. Anggaran untuk pupuk subsidi pada tahun 2012 sebesar Rp 13,96 triliun untuk 8,81 juta ton pupuk kemudian meningkat menjadi Rp 34,24 triliun pada tahun 2020 untuk 10,52 juta ton pupuk. Namun anggaran kembali turun menjadi Rp 29,06 triliun pada tahun 2021 dan menjadi sebesar Rp 25,28 triliun pada tahun 2022. Anggaran subsidi pupuk kembali mengalami kenaikan yang cukup signifikan pada tahun 2024, menjadi Rp 54 triliun untuk rencana alokasi kuantum pupuk 9,55 juta ton di tahun 2024. PT. Pupuk Kaltim, sebagai salah satu anak perusahaan dari Holding Pupuk Indonesia, dan distributornya mendapatkan amanah dari negara untuk mendukung upaya pemenuhan pupuk di masyarakat, khususnya pupuk bersubsidi sekaligus menjamin agar produksi pupuk tepat sasaran.

PT. Pupuk Kaltim saat ini telah mengoperasikan 5 pabrik urea berkapasitas total 3,43 juta ton/tahun. Dalam prosesnya, hampir semua hasil produk urea yang dihasilkan akan dikirim ke pabrik-6 menggunakan konveyor untuk disimpan di dalam gudang curah urea dengan kapasitas penyimpanan mencapai 315.000 Metrik Ton dan selanjutnya untuk dikemas. Output produksi dari PT. Pupuk Kaltim dibagi menjadi 2 tipe yaitu urea curah yang langsung dikirim menggunakan kapal curah dan urea kantong yang masih harus dilakukan pengemasan di unit

bagging-2. Untuk proses pengantongan mengambil bahan baku urea dari jalur konveyor pabrik secara langsung atau mengambil urea yang disimpan dari gudang penyimpanan urea.

Peningkatan permintaan akan pupuk urea bersubsidi tersebut menuntut perusahaan agar dapat memproduksi secara konsisten, efisien, dengan kualitas yang terjaga dan biaya yang terkendali. Berbagai tantangan selama proses produksi pupuk urea menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi efisiensi, salah satunya adalah masalah pengemasan, langkah akhir dalam rantai produksi sebelum produk didistribusikan kepada konsumen. Sampai saat ini PT. Pupuk Kaltim sudah memiliki 11 unit alat pengantongan urea yang ditempatkan di 3 lokasi berbeda yaitu di Pabrik 1A, Pabrik 5 dan Pabrik 6, dengan sebagian besar pengantongan urea dipusatkan di pabrik 6. Secara desain, satu jalur unit pengantongan terdiri dari beberapa alat yaitu *Hooper*, *Weight Bag Fill Scale*, *Sewing Machine*, *Bagging Conveyor*, *Bag Coding* dan *Bag sliding tray*. Masing-masing *line* pengantongan mempunyai kapasitas pengantongan 20 kantong / menit dengan aktivitas produksi dalam 3 shift. Produk pupuk urea yang diproduksi harus memenuhi parameter yang di antaranya: berat karung pupuk isi urea berkisar 50,2 Kg - 50,4 Kg; bentuk karung kubus dan anyaman tidak ada yang sobek; jahitan karung rapi sehingga tidak ada urea yang keluar; hasil cetak tulisan karung rapi dan warna tidak luntur; dan urea dalam karung tidak mengeras.

Peningkatan angka kantong pupuk urea yang di *reject* pada produksi bagging-2 menjadi landasan untuk mengevaluasi kinerja mesin pengantongan. Peningkatan angka kegagalan dalam aktivitas pengantongan hingga menyebabkan sebanyak 208,3 ton urea rusak akhirnya harus dikirim ke pengolahan *re-cycle* urea, menjadikan proses produksi di unit bagging-2 kurang efisien mengindikasikan rendahnya kualitas peralatan. Nilai efisiensi ini merupakan indikator bagi pabrik-6 untuk segera mengambil langkah strategis guna menurunkan, mengurangi dan mengeliminasi segala bentuk *waste* yang ada dalam keseluruhan proses. Departemen pabrik 6 wajib segera mencari sumber masalah, perbaikan dan *improvement* secara berkelanjutan di unit bagging-2.

Penelitian ini mengangkat metode *Lean Six Sigma* untuk mengatasi permasalahan ini (Snee, 2004). Metode *Lean Six Sigma* dapat secara efektif menggabungkan dua metode yaitu *Lean* yang berfokus pada pengurangan *waste* untuk mencapai efisiensi suatu proses (Colombo et al., 2025), dan *Six Sigma* yang berfokus pada pengendalian kualitas dengan membatasi probabilitas cacat sebanyak 3,4 unit dari 1 juta produk (Ngouono et al., 2025). Metode ini sudah banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan produksi besar, di antaranya seperti Toyota

yang digunakan untuk memproduksi mobil dan mengurangi sampah untuk meningkatkan efisiensi perusahaan (Liker, 2004). Motorola juga salah satu dari banyak perusahaan yang menerapkan metode six sigma selain metode lean. Motorola menggunakan metode ini untuk mengukur kualitas dengan menghitung jumlah cacat produksi dengan hasil yang tidak memuaskan pada tahun 1980 (Arnteiter & Maleyeff, 2005). Motorola menetapkan "*Six Sigma*" sebagai pencapaian nilai 3,4 dari jumlah cacat yang diperbolehkan pada satu juta peluang (Hoerl & Snee, 2004).

Proses produksi dan pengemasan pupuk urea yang berjalan saat ini masih menggunakan pendekatan push system, di mana aliran material mengikuti perencanaan produksi dan bukan permintaan aktual. Pendekatan Lean Six Sigma masih tetap relevan untuk diimplementasikan secara sistematis dalam proses pengantongan urea di PT. Pupuk Kaltim dengan fokus pada identifikasi dan pengurangan pemborosan, serta peningkatan kualitas proses secara menyeluruh. Metode ini tidak hanya mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah, tetapi juga mengurangi adanya variasi proses yang dapat menyebabkan produk rusak. Perbaikan kualitas dan efisiensi proses produksi melalui kombinasi dua metode Lean dan Six sigma diikuti oleh tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improvement, and Control*) (Widodo & Soediantono, 2022).

2. KAJIAN TEORITIS

Kualitas merupakan aspek fundamental dalam manajemen operasi yang menentukan daya saing organisasi. Feigenbaum (1994) mendefinisikan kualitas sebagai kesesuaian produk atau layanan untuk digunakan (*fitness for use*), sementara Feigenbaum melalui konsep *Total Quality Control* (TQC) menekankan bahwa kualitas merupakan tanggung jawab seluruh fungsi dalam organisasi. Garvin mengidentifikasi delapan dimensi kualitas, yaitu *performance, features, reliability, conformance, durability, serviceability, aesthetics, dan perceived quality*, yang menjadi kerangka evaluasi karakteristik produk (Feigenbaum, 1994).

Dalam upaya peningkatan kualitas dan efisiensi, berkembang konsep Lean manufacturing sebagai pendekatan sistematis yang berfokus pada eliminasi pemborosan (*waste*) di sepanjang aliran proses produksi. Lean bertujuan meningkatkan nilai tambah bagi pelanggan melalui pengurangan aktivitas tidak bernilai tambah serta penurunan waktu siklus (*cycle time*). Secara konseptual, Lean berbasis pada sistem tarik (*pull system*), di mana produksi disesuaikan dengan permintaan aktual (Shobur et al., 2021).

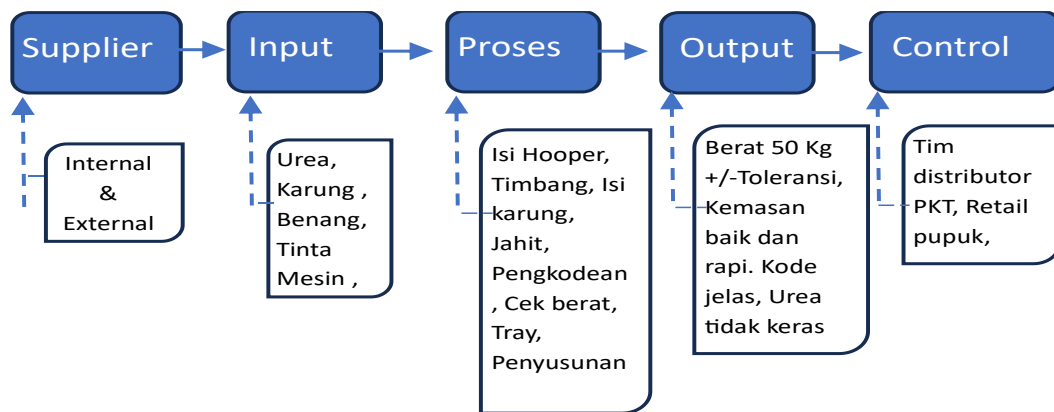
Namun, dalam industri tertentu seperti industri pupuk, sistem dorong (*push system*) masih dominan digunakan untuk menjamin ketersediaan produk dalam skala besar dan distribusi yang luas. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara konsep ideal Lean dan praktik operasional di lapangan, sehingga diperlukan pendekatan yang adaptif untuk tetap mengidentifikasi dan mengurangi pemborosan dalam sistem produksi berbasis push (Statistics, 2021).

Selain Lean, Six Sigma merupakan pendekatan berbasis data yang bertujuan untuk mengurangi variabilitas proses dan menekan tingkat cacat. Metode ini menggunakan kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) sebagai pendekatan sistematis dalam perbaikan berkelanjutan. Implementasi Six Sigma terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas proses melalui pengendalian variasi dan identifikasi akar penyebab masalah (Rakhmaputri et al., 2023).

Integrasi Lean dan Six Sigma menghasilkan pendekatan Lean Six Sigma (LSS) yang menggabungkan eliminasi pemborosan dengan pengendalian variasi proses. Pendekatan ini memungkinkan peningkatan efisiensi dan kualitas secara simultan. Dalam praktiknya, Lean Six Sigma memanfaatkan berbagai alat analisis seperti *Value Stream Mapping (VSM)*, *Root Cause Analysis (RCA)*, *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, serta pendekatan perbaikan berkelanjutan seperti Kaizen dan 5S (Zaman et al., 2021).

Pemborosan dalam Lean diklasifikasikan ke dalam tujuh jenis utama, yaitu *overproduction, waiting, transportation, overprocessing, inventory, motion, dan defects*. Identifikasi dan eliminasi pemborosan tersebut menjadi kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional dan kualitas proses.

Guna mendukung analisis proses, digunakan alat seperti diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) yang membantu memetakan elemen utama proses secara sistematis (Khoeruddin & Indrasti, 2023).



Gambar 1. Alur SIPOC untuk proses utama pengantongan.

Selain itu, *Value Stream Mapping* (VSM) digunakan untuk mengidentifikasi aliran material dan informasi, serta membedakan aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah. VSM umumnya terdiri dari *Current State Mapping* untuk menggambarkan kondisi aktual dan *Future State Mapping* untuk merancang perbaikan proses (Jamil, 2021).

Meskipun Lean Six Sigma telah banyak diterapkan dalam berbagai sektor manufaktur, sebagian besar penelitian berfokus pada sistem produksi berbasis pull. Kajian mengenai penerapan Lean Six Sigma dalam sistem push, khususnya pada proses pengantongan di industri pupuk, masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan Lean Six Sigma pada proses pengantongan urea berbasis push system guna meningkatkan efisiensi dan menurunkan tingkat cacat produk (Cahaya & Handayani, 2022).

3. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi permasalahan pemborosan (*waste*) serta tingginya tingkat produk cacat pada proses pengantongan urea di unit bagging-2 PT Pupuk Kaltim (Irwan Setiawan, 2021). Penelitian diawali dari identifikasi masalah melalui pengumpulan data produksi, tingkat cacat, waktu siklus, kapasitas mesin, dan alur proses produksi yang diperoleh dari observasi lapangan, wawancara dengan operator, teknisi, dan manajemen, serta dokumentasi laporan operasional (*Define*). Selanjutnya dilakukan pengukuran kinerja proses untuk mengetahui kondisi aktual dan tingkat cacat yang terjadi (*Measure*). Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan alat seperti *Root Cause Analysis* (RCA) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi akar penyebab utama permasalahan (*Analyze*). Berdasarkan hasil analisis, dirancang dan diimplementasikan usulan

perbaikan untuk mengurangi pemborosan dan meningkatkan kualitas proses (*Improve*). Tahap akhir dilakukan pengendalian menggunakan *control chart* dan standarisasi prosedur kerja untuk memastikan perbaikan yang telah dilakukan dapat berjalan secara konsisten dan berkelanjutan (*Control*). Pendekatan ini didukung oleh alat bantu seperti *Value Stream Mapping* (VSM) dan *Pareto Chart* untuk memetakan proses, menentukan prioritas masalah, serta meningkatkan efisiensi dan kualitas secara menyeluruh (Agista & Imam, 2022; Green et al., 2021; Irwanto et al., 2020).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang diperoleh dari pengukuran dan analisis berbagai bentuk pemborosan pada alur proses pengantongan urea di PT. Pupuk Kaltim menunjukkan bahwa PT Pupuk Kaltim secara empiris memiliki target *output* harian yang relatif stabil, tetapi tingkat *defect* yang muncul menunjukkan fluktuasi antar-periode. Data sebelumnya memperlihatkan peningkatan rasio *reject* dari 0,013% pada tahun 2021 menjadi 0,057% pada tahun 2023, mengindikasikan adanya penurunan kapabilitas.

Tahap *Define*: Identifikasi Masalah dan Data Awal *Defect*

Penelitian mengamati tiga jalur pengantongan yaitu 2838-LA, 2838-LB dan 2838-LC yang secara desain serupa, tetapi dengan mempertimbangkan jam operasional seperti dalam tabel:

Tabel 1. Jam Operasional Mesin bulan September.

No	Jalur	Jam Operasi	Jumlah produksi	Data reject
1	2838-LA	110 jam 10 menit	-	
2	2838-LB	362 jam 38 menit	379180 karung	470 karung
3	2838-LC	373 jam 30 menit	387384 karung	548 karung

Sumber: Data perusahaan, 2025

Mengingat kesamaan desain dan spesifikasi peralatan pada setiap jalur, penelitian serta pengumpulan data difokuskan pada jalur pengantongan 2838-LC. Secara umum, permasalahan yang terjadi dalam proses pengantongan pada unit bagging-2 dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori utama sebagai berikut: (a) Kegagalan sistem penimbangan (*weigher*), dalam menakar isi karung secara akurat, yang menyebabkan penyimpangan berat aktual dari standar spesifikasi (50,2–50,4 kg). Kegagalan ini umumnya hanya terdeteksi melalui pemeriksaan uji petik. (b) Cacat pada jahitan karung (*defect*), seperti jahitan lepas atau pola jahitan yang tidak simetris. Kondisi ini berpotensi menyebabkan kebocoran produk selama proses penyimpanan

maupun distribusi. (C) Ketidaksesuaian hasil pencetakan kode (*printing code*), pada kemasan, yang meliputi kesalahan informasi maupun hasil cetak yang tidak terbaca akibat penyumbatan nozzle atau kualitas penyebaran tinta yang tidak optimal. (d) Kerusakan fisik pada karung, terutama pada tahap pengisian (*bag filling*) dan saat pemindahan ke *conveyor* menuju proses penataan (*palletizing*). Kerusakan ini dapat disebabkan oleh kontak dengan bagian tajam pada jalur *conveyor*, tekanan beban yang berlebihan, maupun penanganan yang kurang tepat.

Tahap Measure

Tahap *Measure* bertujuan menjawab pertanyaan fundamental dalam manajemen kualitas (Bahauddin & Latif, 2022). Dalam konteks penelitian ini, tahap *Measure* diarahkan untuk memberikan gambaran faktual mengenai performa aktual proses pengantongan urea jalur 2838-LC di unit Bagging-2 Pabrik-6 PT Pupuk Kaltim. Tabel 3 dan 4 merupakan kinerja operasional jalur pengantongan 2838-LC dan kinerja kualitas produk.

Tabel 2. Kinerja Operasional Jalur Pengantongan 2838-LC.

Parameter	Nilai	Keterangan
Periode pengamatan	September 2024	30 hari operasi
Sistem kerja	3 shift/hari	2 jam persiapan + 6 jam operasi
Waktu operasional terencana	540 jam/bulan	$6 \times 3 \times 30$
Waktu operasi aktual	373,5 jam/bulan	Berdasarkan data operator
Waktu tidak produktif	166,5 jam	Selisih waktu
Utilisasi mesin	69%	Di bawah standar industri (70–85%)
Planned downtime	$\pm 70\%$	Faktor eksternal (gudang & distribusi)
Unplanned downtime	$\pm 30\%$	Gangguan teknis mesin

Sumber: Data perusahaan, 2025

Tabel 3. Kinerja Kualitas Produk.

Parameter	Nilai	Keterangan
Total produksi	387.384 karung	Urea 50 kg
Total produksi (ton)	19.367 ton	Produk jadi
Jumlah defect	548 karung	Produk tidak sesuai spesifikasi
Defect rate	0,141%	Tingkat cacat
First Pass Yield (FPY)	99,86%	Produk langsung lolos

Sumber: Data perusahaan, 2025

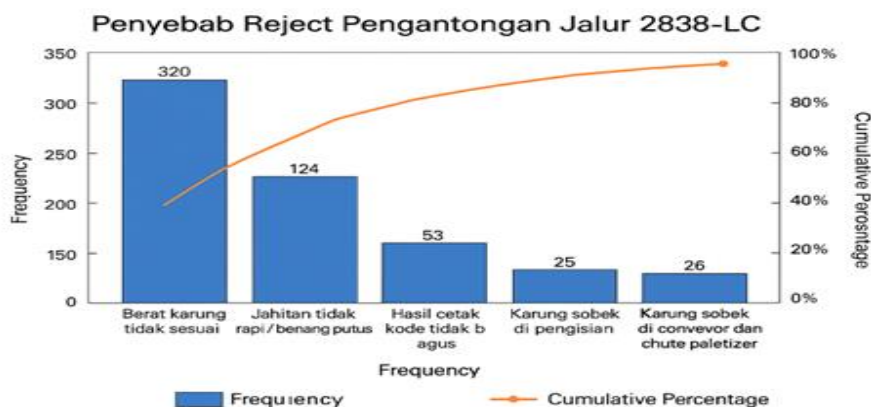
Berdasarkan Tabel 3, tingkat utilisasi mesin pengantongan masih relatif rendah, yaitu sebesar 69%, yang menunjukkan belum optimalnya pemanfaatan waktu produksi. Sebagian besar waktu tidak produktif disebabkan oleh *planned downtime* yang dipengaruhi oleh faktor eksternal, seperti keterbatasan kapasitas gudang dan koordinasi distribusi. Sementara itu, berdasarkan Tabel 4, meskipun nilai *defect rate* tergolong rendah (0,141%) dan *First Pass Yield* tinggi (99,86%), jumlah absolut produk cacat masih signifikan dan berpotensi menimbulkan pemborosan dalam proses produksi.

Nilai *yield* yang tinggi menunjukkan bahwa mayoritas produk telah memenuhi spesifikasi mutu yang ditetapkan. Namun demikian, dalam konteks *Lean Six Sigma*, meskipun tingkat *defect* tampak kecil secara persentase, jumlah absolutnya (548 karung per bulan) tetap dianggap signifikan karena dapat menimbulkan biaya tambahan untuk *rework*, penanganan ulang dan kehilangan material urea.

Tabel 4. Pareto Dari *Defect* Jalur 2838-LC.

No	Jenis Reject	Jumlah (pcs)	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Berat karung tidak sesuai	320	56,1	56,1
2	Jahitan tidak rapi / benang putus	124	21,7	77,8
3	Hasil cetak kode tidak bagus	53	9,3	87,1
4	Karung sobek di conveyor/chute palletizer	26	4,6	91,7
5	Karung sobek di pengisian	25	4,4	96,1
	Total	548	100	

Sumber: Data perusahaan, 2025



Gambar 2. diagram pareto penyebab *reject*.

Diagram Pareto menunjukkan bahwa penyebab utama *reject* pada proses pengantongan adalah ketidaksesuaian berat karung (*overweight/underweight*). Untuk memastikan bahwa data tersebut dianalisis dalam kondisi proses yang stabil, dilakukan analisis menggunakan peta kendali *Individuals–Moving Range* (I–MR) yang dibagi berdasarkan periode mingguan (Minggu 1–4). Pembagian ini bertujuan untuk melihat variasi operasional antar minggu, mengidentifikasi masalah spesifik seperti perubahan setelan *weigher*, serta menyediakan dasar statistik yang lebih akurat sebelum analisis kapabilitas proses dilakukan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa secara umum proses relatif stabil, meskipun terdapat satu titik yang melewati batas kendali (UCL/LCL) akibat gangguan pada sistem pneumatik. Setelah dilakukan perbaikan, variasi proses kembali terkendali. Namun demikian, rata-rata

proses (CL = 50,40 kg) berada tepat pada batas spesifikasi atas (USL = 50,40 kg), sehingga menyebabkan frekuensi produk *overweight* menjadi tinggi.

Ringkasan hasil analisis kapabilitas proses ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 5. Ringkasan Analisis Kapabilitas Proses Penimbangan.

Parameter	Nilai	Interpretasi
CL (rata-rata)	50,40 kg	Sama dengan batas atas (USL)
σ (simpangan baku)	0,0798 kg	Variasi proses cukup besar
Cp	0,417	Proses tidak kapabel ($C_p < 1,33$)
Cpk	0	Sangat tidak kapabel, dominan <i>overweight</i>

Sumber: Data Diolah, 2025

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa meskipun proses relatif stabil secara statistik, kapabilitas proses sangat rendah. Hal ini disebabkan oleh posisi rata-rata proses yang berada di batas atas spesifikasi, sehingga meningkatkan risiko terjadinya produk *overweight* dan berkontribusi besar terhadap tingginya tingkat *reject* pada proses pengantongan.

Analisis Efisiensi Waktu Produksi dan Pemborosan (Cycle Time)

Value Stream Mapping (VSM)

Berdasarkan hasil pemetaan proses (*Value Stream Mapping*), aktivitas dalam proses pengantongan urea dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu *Value Added (VA)*, *Necessary but Non-Value Added (NNVA)*, dan *Non-Value Added (NVA)*. Aktivitas VA meliputi penakaran berat urea, pengisian ke dalam karung, penjahitan, dan pencetakan kode. Aktivitas ini secara langsung memberikan nilai tambah bagi pelanggan, namun masih terdapat potensi perbaikan, khususnya terkait ketidakakuratan berat, kerusakan karung saat pengisian, serta kualitas jahitan yang dapat menyebabkan cacat produk. Aktivitas NNVA merupakan aktivitas pendukung yang tidak memberikan nilai langsung, tetapi tetap diperlukan, seperti pemindahan material, pengujian berat (*sampling*), pemotongan benang jahit, dan penataan karung di palet. Aktivitas ini berpotensi menimbulkan pemborosan dalam bentuk *waiting*, *motion*, dan *overprocessing*. Sementara itu, tidak ditemukan aktivitas NVA murni (pemborosan total) dalam proses utama.

Berdasarkan *time study*, waktu siklus rata-rata untuk satu proses pengantongan adalah 63 detik per karung.

Tabel 6. Ringkasan Waktu Aktivitas.

Kategori Aktivitas	Waktu (menit)	Persentase
Value Added (VA)	0,69	20,78%
Non-Value Added (NNVA)	2,63	79,21%
Non-Value Added (NVA)	0	0%
Total Cycle Time	3,32	100%

Sumber : Data Diolah, 2025

Process Cycle Efficiency (PCE)

Nilai *Process Cycle Efficiency* (PCE) dihitung sebagai perbandingan antara waktu VA terhadap total waktu siklus, dengan hasil sebesar : **PCE = 20,78%**.

Nilai ini menunjukkan bahwa hanya sekitar 20,78% waktu proses yang benar-benar memberikan nilai tambah, sementara sisanya merupakan aktivitas pendukung yang berpotensi untuk dioptimalkan. Meskipun nilai ini masih berada dalam kisaran realistis untuk sistem semi-otomatis (10–30%), namun masih berada di bawah standar sistem manufaktur berbasis Lean yang umumnya mencapai 40–60%. Hal ini menunjukkan adanya peluang signifikan untuk meningkatkan efisiensi proses melalui pengurangan aktivitas NNVA, seperti transportasi, *setup*, *cleaning*, dan inspeksi berulang.

Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Kapabilitas proses pengantongan urea pada jalur 2838-LC dievaluasi menggunakan metrik *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) untuk mengukur kinerja cacat secara komprehensif. Berdasarkan data pengamatan, terdapat 548 cacat yang menghasilkan nilai DPMO sebesar 82.842, yang ekuivalen dengan tingkat kapabilitas proses sekitar 2,9 sigma. Nilai ini menunjukkan bahwa proses masih berada jauh di bawah standar *world-class performance* (≥ 6 sigma). Meskipun *quality yield* tercatat sebesar 91,7%, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar produk memenuhi spesifikasi, tingkat cacat yang ada tetap signifikan dalam perspektif Lean Six Sigma.

Rendahnya level sigma mencerminkan tingginya variasi proses serta belum optimalnya pengendalian terhadap karakteristik kualitas kritis, khususnya pada akurasi penimbangan dan integritas kemasan. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses belum mampu secara konsisten memenuhi batas spesifikasi yang ditetapkan, sehingga berpotensi menimbulkan cacat berulang dan inefisiensi operasional. Dari sudut pandang *cost of quality*, tingkat cacat tersebut berdampak pada meningkatnya kebutuhan *rework*, kehilangan material, serta tambahan

aktivitas penanganan, yang secara keseluruhan menurunkan kinerja produktivitas dan efisiensi biaya.

Temuan ini menegaskan perlunya upaya perbaikan yang sistematis dan terarah, dengan prioritas pada sumber-sumber cacat dominan yang telah diidentifikasi melalui analisis Pareto. Intervensi yang berfokus pada stabilisasi proses, peningkatan keandalan peralatan, serta optimasi parameter operasional menjadi kunci dalam menurunkan variabilitas dan meningkatkan kapabilitas proses. Peningkatan menuju level sigma yang lebih tinggi diharapkan tidak hanya memperbaiki kualitas produk, tetapi juga mendorong tercapainya keunggulan operasional yang berkelanjutan.

Tahap Analyze

Hasil observasi menunjukkan bahwa berbagai bentuk pemborosan (*waste*) tetap terjadi di dalam aktivitas VA maupun NNVA. Pemborosan ini muncul bukan karena aktivitas tersebut tidak diperlukan, tetapi karena adanya ketidakefisienan, keterlambatan, *rework*, dan variasi hasil yang menghambat kelancaran aliran proses.

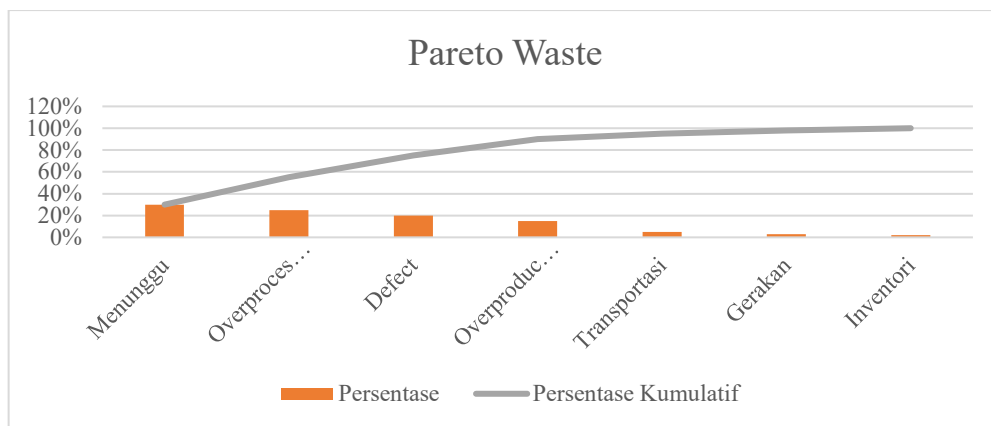
Analisa Seven WASTE

Setiap kategori *waste* dihitung berdasarkan frekuensi kemunculan dan dampaknya terhadap efisiensi proses, baik menggunakan data log operasional maupun hasil observasi lapangan. Persentase kontribusi masing-masing *waste* dihitung dengan membandingkan total frekuensi kejadian terhadap keseluruhan permasalahan yang diamati selama periode pengukuran.

Tabel 7. Persentase *seven waste* 2838-LC, Bagging-2.

No	Seven Waste	Total waktu (menit /bulan)	Rasio terhadap total waktu	% waste	keterangan
1	Menunggu	540	540/ 1800	30%	Idle time akibat aktifitas transport urea, Set-up mesin, masalah mesin jahit (2x per shift) dan masalah mesin printing (1x per shift).
2	Overprocessing	450	450/1800	25%	Cleaning Hopper mesin dari pewarna urea untuk tipe subsidi yang berulang Kalibrasi ulang.
3	Defect	360	360/1800	20%	kesalahan penakaran ($\pm 0,2$ kg per karung). Kantong robek (3%), jahitan tidak rapi (5%), dan label rusak (3%).
4	Overproduction	270	270/1800	15%	Produksi urea kantong melebihi kebutuhan sehingga menumpuk.
5	Transportasi	90	90/1800	5%	Waktu transport urea dari gudang lama (15 menit vs standar 10 menit)
6	Gerakan	54 (bisa jadi naik)	54/1800	3%	Aktivitas Cleaning Hopper, weigher dan mesin lainnya, Membawa karung kosong ke mesin dan menata (20-25) detik.
7	Inventori	36	36/1800	2%	Hopper kosong (1x per shift)

Sumber : Data Diolah, 2025

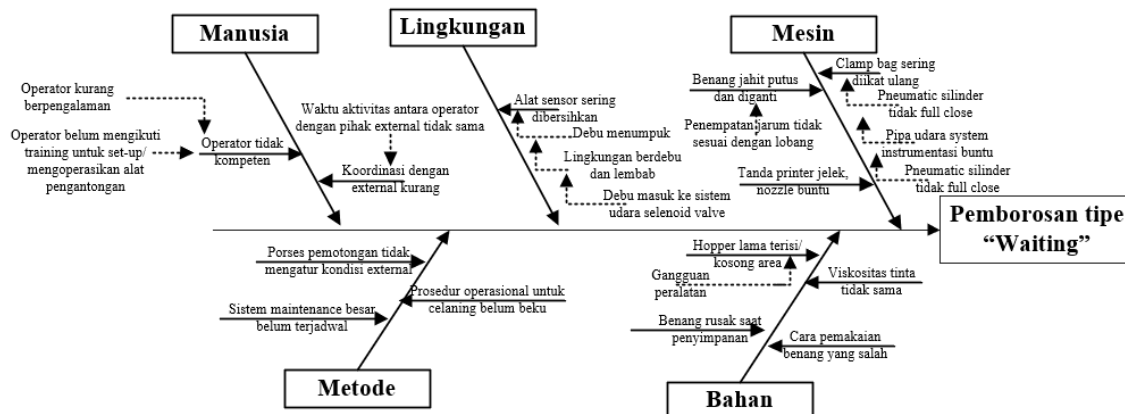


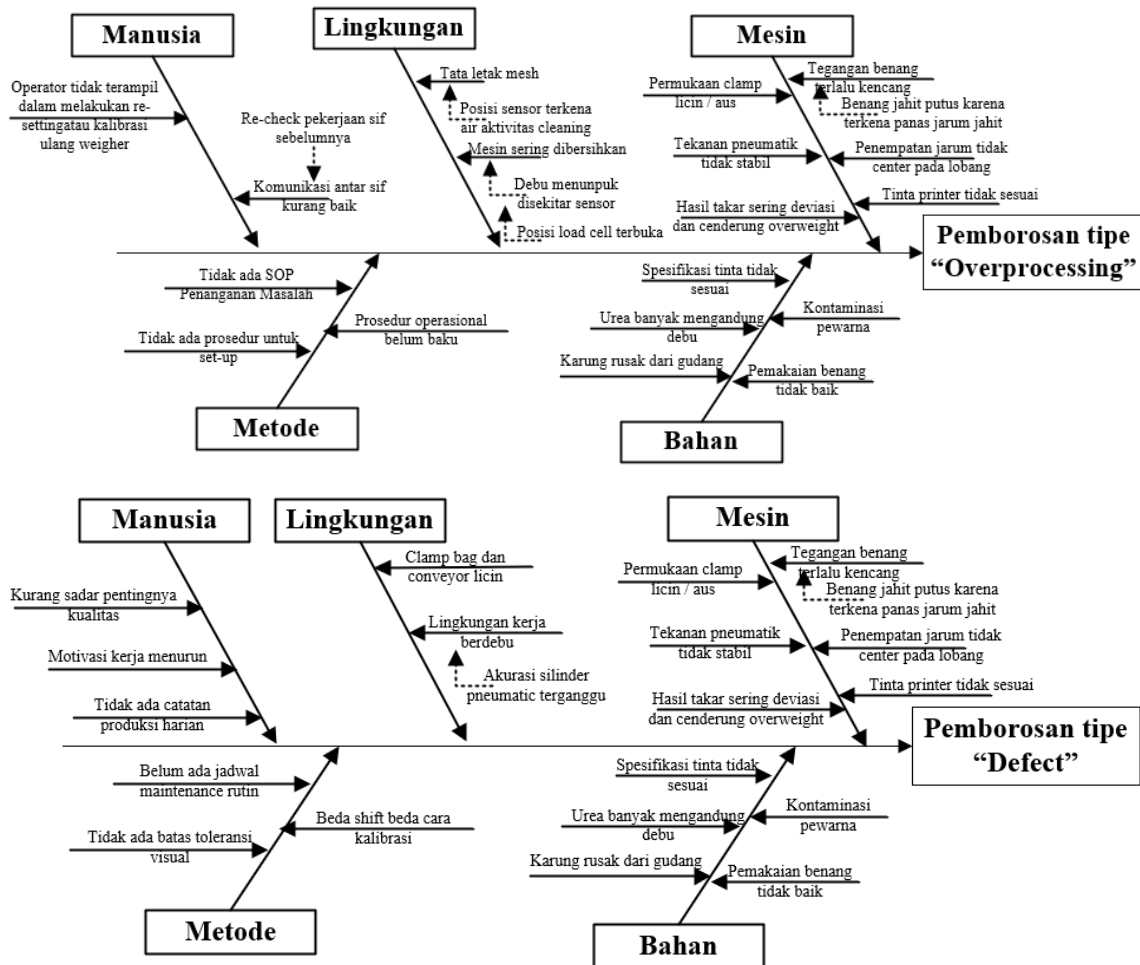
Gambar 3. Pareto dari waste unit Bagging-2

Diagram Pareto tersebut menunjukkan distribusi jenis pemborosan (*waste*) dalam proses, di mana kategori menunggu (*waiting*) menjadi kontributor terbesar, diikuti oleh *overprocess* dan *defect*. Ketiga jenis *waste* ini mendominasi sebagian besar total pemborosan, sebagaimana terlihat dari kurva kumulatif yang meningkat tajam di awal. Sementara itu, *waste* lainnya seperti *overproduction*, transportasi, gerakan, dan *inventory* memberikan kontribusi yang relatif kecil. Temuan ini mengindikasikan bahwa upaya perbaikan sebaiknya diprioritaskan pada pengurangan waktu menunggu, penyederhanaan proses, dan penurunan cacat, karena akan memberikan dampak paling signifikan terhadap peningkatan efisiensi secara keseluruhan.

Diagram Fishbone

Diagram *Fishbone* digunakan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab masalah utama dengan mengelompokkan berbagai faktor potensial ke dalam kategori utama dalam rangka memperoleh gambaran menyeluruh mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap *waste*, baik yang berasal dari mesin (*machine*), manusia (*man*), metode kerja (*method*), material (*material*) dan environment (lingkungan).





Gambar 4. diagram fishbone tiga aspek WASTE utama.

Penyusunan *Fishbone Diagram* dilengkapi dengan diskusi lintas fungsi yang melibatkan Departemen Operasi, Pemeliharaan, Quality Control, dan Process untuk memvalidasi akar penyebab masalah. Berdasarkan hasil diskusi dan analisis, ditemukan beberapa penyebab utama *defect waste*, yaitu: (1) kontaminasi debu urea pada sistem pneumatik dan sensor yang menyebabkan deviasi penimbangan; (2) sistem kalibrasi *weigher* yang kurang ergonomis dan terbatas; (3) fluktuasi level material di hopper yang mempengaruhi akurasi pengisian; (4) gangguan pada sistem instrumentasi akibat proses pembersihan; (5) kebijakan operasional yang cenderung menghasilkan *overweight* serta ketidakstabilan akurasi timbangan; dan (6) penurunan kualitas karung akibat kondisi penyimpanan yang tidak terkendali.

Tabel 8. Rekomendasi Perbaikan.

Akar Penyebab	Rekomendasi Awal	Penanggung Jawab / Catatan
Debu urea masuk ke sistem instrumen	Tambah filter air dryer dan lakukan scheduled air flushing. Reposisi penempatan solenoid valve ke area yang tidak terkena efek aktivitas cleaning	Maintenance & Instrument Dept.
Setup kalibrasi lama	Desain ulang posisi gantungan kalibrator agar mudah dipasang di Bagging-2. Pengadaan balok kalibrator baru untuk setiap jalur pengantongan.	Engineering Reliability
Sistem time-based filling	Tambah sensor weight feedback agar weigher menyesuaikan kecepatan buka-tutup.	Automation & Process Control
Proses cleaning pewarna	Ubah arah aliran air pembersih (buat penghalang air turun & drain line khusus).	Engineering Maintenance
Kebijakan berat lebih aman dan ketelitian	Revisi SOP pengisian: target berat isi (50.0 kg \pm 0.2) serta berat karung 0,2 kg. Ketelitian ukur 0,01Kg	Operasional Bagging
Penyimpanan karung	Implementasi sistem FIFO & penambahan dehumidified storage room.	Warehouse & Logistic Dept.

Sumber : Data Diolah, 2025

FMEA

Penggabungan teknik FMEA dilakukan untuk memastikan bahwa semua risiko dievaluasi dan persiapan tindakan perbaikan direncanakan secara menyeluruh. Hasil analisis FMEA menggunakan penilaian skor S, O dan D yang dilakukan bersama oleh pihak perusahaan (*expert department* operasi P6 dan inspeksi).

Tabel 9. Analisis FMEA Idle Time

No	Function	Failure mode	Failure Efek	S	O	D	Critical Rank	Control Process	RPN *
1	Penakaran Urea ditakar di weigher.	Berat tidak sesuai (Over/underweight), untuk berat berlebih masih dianggap normal. Ketelitian masih 0,2 Kg. Variasi takaran dikarenakan level Hopper turun dan udara instrument kotor.	Material terbuang & berlebih. Klaim konsumen/rework. Gerak pneumatic silinder terganggu krn kotor	9	9	5	1	Prosedur kalibrasi mesin wiegher	405
2	Set-Up alat	Set-Up dan kalibrasi lama menyebabkan Produk tertahan dan deviasi berlanjut Karung melorot dari Clamp Bag dan	Proses tertunda, mengurangi produktivitas	9	9	4	3	Prosedur pemeriksaan kondisi alat dan pembersihan	324
3	Pengisian ke karung	menyebabkan sobek. Karung terjatuh	Material terbuang dan rework	6	5	5	6	Prosedur persiapan mesin bag filling	150

4	Penjahitan	Jahitan tidak rapi, Benang putus, jarum patah dan karung inner tidak terlipat dengan benar	Karung bocor dan urea terbuang. Jarum panas karena gesekan dengan tepi lobang jahit.	8	8	6	2	Penerapan SOP yang baik, Preventive dari jarum dan metode penyimpanan benang	384
5	Percetakan kode	Kode tidak terbaca/pudar	Traceability kurang	7	6	4	5	Pengecekan kondisi tinta (Originalitas) dan nozzle sebelum proses pengantongan	168
6	Pertukaran jenis produk	Residu pewarna mengenai produk yang tidak berwarna	Produk urea non-subsidi tidak sesuai spesifikasi.	5	9	4	4	Pemeriksaan visual	180

Sumber : Data Diolah, 2025

Hasil analisis FMEA memberikan nilai Risk Priority Number (RPN) yang bervariasi antara 150 – 405. Nilai tertinggi RPN terjadi pada fungsi penakaran menunjukkan kelemahan pada kebijakan operasional dan sistem pengendalian mutu. Temuan ini sejalan dengan data lapangan pada tahap *define-measure*, di mana operator masih menganggap berat berlebih sebagai kualitas yang baik, padahal secara konsep Lean Six Sigma, kondisi tersebut merupakan *defect waste*. Dari hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan penerapan metode Pareto (80/20) kemudian diperoleh sejumlah kegagalan yang memberikan kontribusi terhadap total nilai RPN:

Tabel 10. Persentase nilai RPN function jalur 2838-LC Bagging-2.

Rank	Function	RPN	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Penakaran (Weigher)	405	26.2%	26.2%
2	Penjahitan	384	24.8%	51.0%
3	Set-Up alat	324	21.0%	72.0%
4	Pertukaran jenis produk	180	11.6%	83.6%
5	Percetakan kode	168	10.8%	94.4%
6	Pengisian ke karung	150	9.7%	100.0%

Sumber : Data Diolah, 2025

Berdasarkan hasil analisis, ketiga faktor (Variasi berat dan tingginya *defect overweight* dari sistem *weigher*, kurangnya kinerja dari mesin jahit serta tingginya waktu tunggu pada saat dilakukan *set-up* alat) menjadi prioritas tinggi dalam fokus perbaikan utama pada tahap *Improve*, sedangkan tiga faktor kegagalan lainnya dengan RPN < 200 tetap dilakukan pengendalian rutin dan monitoring berkala.

Tahap Improve

Secara rinci, proses penakaran urea di *weigher* memperoleh nilai RPN tertinggi sebesar 405, menunjukkan bahwa variasi takaran dan gangguan sistem *pneumatik* akibat instrumen kotor memiliki pengaruh besar terhadap terbuangnya material dan klaim konsumen. Proses penjahitan menempati urutan kedua dengan nilai RPN 384, di mana kegagalan seperti benang putus, jahitan tidak rapi, serta jarum patah menyebabkan kebocoran karung dan kerugian akibat *rework*. Sedangkan proses *set-up* alat memperoleh nilai RPN 324, dengan risiko utama berupa lamanya kalibrasi dan persiapan mesin yang menyebabkan keterlambatan produksi.

Berikut rencana tindakan perbaikan yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Tabel 11. Ringkasan Tindakan Perbaikan

No	Function	Failure Mode (Mode Kegagalan)	Akar Penyebab (Root Cause)	Rencana Tindakan Korektif (Corrective Action Plan)	Tujuan Perbaikan
1	Penakaran Urea di Weigher	Berat tidak sesuai (Overweight / Underweight) dan variasi takaran antar karung	Posisi Solenoid Valve terlalu dekat dengan weigher menyebabkan tekanan udara tidak stabil; setting toleransi berat dan ketelitian ukuran terlalu longgar	<ul style="list-style-type: none"> Memindahkan Solenoid Valve dari area weigher ke box control terpisah. Mengubah standar setting berat menjadi 50,20–50,40 kg dengan sistem auto-stop jika berat lebih. Menetapkan prosedur re-calibration segera setelah terjadi auto-stop akibat berat lebih dari 50,40 kg (Ketelitian 0,01). 	<ul style="list-style-type: none"> Menurunkan variasi berat karung urea. Meningkatkan stabilitas sistem pneumatik dan akurasi timbangan.
2	Set-Up dan Kalibrasi Alat	Waktu kalibrasi lama, area kerja sempit, operator kesulitan menggantung beban kalibrator	Desain gantungan kalibrator tidak ergonomis dan jarak antar komponen terlalu sempit	<ul style="list-style-type: none"> Modifikasi gantungan kalibrator agar memiliki ruang lebih luas dan posisi pengait lebih tinggi. Revisi SOP kalibrasi dengan tata cara baru dan estimasi waktu kerja standar. 	<ul style="list-style-type: none"> Mengurangi waktu set-up dan kalibrasi alat. Memperbaiki ergonomi kerja saat kalibrasi
3	Proses Penjahitan Karung (Sewing)	Jahitan tidak rapi, benang putus, jarum patah akibat panas berlebih	Kenaikan temperatur jarum akibat gesekan terus-menerus, tidak ada pemantauan suhu, serta setelan tension benang tidak konsisten	<ul style="list-style-type: none"> Menyusun prosedur baru penjahitan. Pengukuran suhu (thermocouple) sederhana untuk mencatat data tren temperatur jarum. Penyesuaian tension benang dan jadwal penggantian jarum tiap 100 jam operasi. 	<ul style="list-style-type: none"> Mencegah kerusakan jarum dan benang putus berulang. Menjaga kualitas jahitan dan mengurangi rework.

Sumber : Data diolah, 2025

Tahap Control

Peta Kendali Individual dan Moving Range (I-MR Chart)

Evaluasi stabilitas proses setelah aktivitas perbaikan dilakukan dengan menggunakan peta kendali Individual–Rentang Gerak (I–MR) berdasarkan 30 data pengukuran berat karung urea yang diambil dalam 1 hari pengamatan.



Gambar 5. Perbandingan Peta Kendali Individual Setelah Perbaikan.

Tabel 12. Perbandingan Data Sebelum dan Sesudah Perbaikan.

No.	Parameter	Sebelum	Sesudah	Kesimpulan
1	Nilai CL-I (μ)	50,4 – 50,41 Kg	50,36 Kg	Mendekati nilai ideal center line spesifikasi yaitu 50,30
2	Nilai variasi (σ)	0,08524	0,02548 Kg	Nilai variasi menurun (70%) karena efek program stabilitas sistem pneumatic dan penerapan SOP kalibrasi.
3	Nilai kapabilitas potensi (C_p)	0,537	1,30	Mengalami perbaikan -Mendekati nilai standard umum yaitu 1,33
4	Nilai kapabilitas actual (C_{pk})	0,0367	0,52	Proses sudah lebih terpusat -Mendekati nilai standard umum yaitu 1,33

Sumber: Data diolah, 2025

Data *defect* yang diperoleh dari pengamatan ini selanjutnya direkapitulasi dalam bentuk jumlah unit yang diperiksa, jumlah *defect* per kategori CTQ, serta total *opportunity defect*.

Tabel 13. Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah perbaikan berdasarkan DPMO

No.	Parameter	Sebelum	Sesudah	Kesimpulan
1	Jumlah defect	548	193	Penurunan defect sekitar 64%
2	Level Sigma (σ)	2,9	3,6	Proses pengantongan menjadi jauh lebih kapabel dalam memenuhi persyaratan CTQ.
3	Nilai Yield	91,7 %	97,03%	Proporsi karung yang memenuhi seluruh 5 CTQ meningkat, Potensi complain, rework, dan scrap berkurang

Sumber : Data Diolah, 2025

Meskipun telah mengalami peningkatan hingga level 3,6 sigma, kinerja proses masih berada di bawah standar industri kelas dunia ($\geq 4-6$ sigma), sehingga peluang perbaikan lanjutan masih terbuka.

Peningkatan Sumber Daya Manusia

Keberhasilan perbaikan tidak hanya bergantung pada aspek teknis, tetapi juga pada kesiapan sumber daya manusia. Oleh karena itu, dilakukan peningkatan kompetensi operator, teknisi, dan pengawas melalui pelatihan untuk memastikan pemahaman SOP yang seragam, mengurangi *human error*, serta menjaga stabilitas proses. Investasi pelatihan ini dipandang sebagai strategi jangka panjang untuk meningkatkan kinerja operasional.

Analisis Kelayakan Ekonomi

Selanjutnya, kelayakan ekonomi perbaikan dievaluasi menggunakan indikator *payback period*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menutup biaya investasi melalui penghematan yang dihasilkan. Perbaikan dinilai layak apabila periode pengembalian lebih pendek dibandingkan umur teknis peralatan atau horizon perencanaan perusahaan.

Berdasarkan hasil perhitungan penghematan biaya, terjadi penurunan jumlah karung *reject* dari 548 menjadi 193 karung per bulan, atau berkurang sebanyak 355 karung per bulan. Penurunan ini setara dengan penghematan material urea sebesar ± 17.750 kg per bulan. Dengan asumsi biaya satuan sebesar Rp4.099 per kg, total penghematan biaya yang diperoleh mencapai sekitar Rp72.757.250 per bulan. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi perbaikan tidak hanya berdampak pada peningkatan kualitas proses, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan bagi perusahaan.

Hasil tahap *Measure* dan *Analyze* menunjukkan bahwa proses pengantongan urea memiliki variabilitas tinggi, ditandai dengan nilai Cp dan Cpk yang rendah serta ketidakterkendalian pada peta kontrol I-MR. Kondisi ini sejalan dengan tingginya jumlah cacat, yaitu 548 dari 1.323 sampel, dengan nilai DPMO sebesar 82.842 atau setara dengan level sigma 2,9. Hal ini menunjukkan bahwa proses awal belum kapabel dan masih dipengaruhi oleh variasi serta inefisiensi, khususnya pada sistem pengisian dan penjahitan.

Setelah dilakukan perbaikan pada tahap *Improve*, melalui pengendalian sistem pengisian, peningkatan perawatan peralatan, dan pelatihan operator, proses menunjukkan peningkatan signifikan. Data pascaperbaikan berada dalam batas kendali statistik, disertai peningkatan nilai Cp dan Cpk yang menunjukkan penurunan variasi dan perbaikan akurasi proses.

Pada tahap *Control*, jumlah cacat menurun dari 548 menjadi 193 per bulan. Nilai DPMO juga turun menjadi 29.692, sehingga level sigma meningkat menjadi sekitar 3,6. Hasil ini menunjukkan bahwa perbaikan yang dilakukan efektif dalam meningkatkan kualitas dan stabilitas proses secara berkelanjutan.

Secara keseluruhan, penerapan *Lean Six Sigma* melalui pendekatan DMAIC terbukti mampu menurunkan variasi, mengurangi cacat, dan meningkatkan kapabilitas proses. Dengan demikian, perbaikan yang telah dilakukan dinilai efektif dan layak untuk dipertahankan serta diterapkan pada lini pengantongan lainnya.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC efektif dalam meningkatkan kinerja proses pengantongan urea pada jalur 2838-LC di PT Pupuk Kaltim. Kondisi awal proses masih ditandai oleh tingginya pemborosan dan variasi, khususnya pada aktivitas penakaran, penjahitan, dan *set-up*, yang berdampak pada rendahnya efisiensi dan tingginya tingkat *defect*. Melalui implementasi perbaikan berupa penyempurnaan kalibrasi *weigher*, standarisasi operasi mesin, serta perbaikan prosedur kerja, terjadi penurunan cacat, peningkatan kapabilitas proses, dan perbaikan efisiensi waktu produksi.

Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan level sigma, penurunan *defect*, serta adanya manfaat ekonomi dari pengurangan *overweight*. Penerapan *control plan* melalui peta kendali, SOP, dan pengawasan rutin memastikan keberlanjutan hasil perbaikan. Dengan demikian, pendekatan yang diterapkan terbukti efektif dan layak untuk diimplementasikan secara lebih luas, serta berpotensi dikembangkan lebih lanjut melalui integrasi teknologi digital untuk meningkatkan sistem pemantauan dan pengambilan keputusan berbasis data.

DAFTAR REFERENSI

- Agista, R., & Imam, S. (2022). Penerapan Metode Dmaic Six Sigma Dalam Pengendalian Kualitas Kemasan Karton Lipat (Kkl) Produk X Di Pt Xyz Application of DMAIC Six Sigma Method In Quality Control Of Folding Carton Packaging (KKL) Product X at PT XYZ. 1(2), 414–421.
- Arnteiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The Integration of Lean Management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18.
- Bahauddin, A., & Latif, M. R. (2022). Pengendalian kualitas base oil menggunakan metode six sigma. *Journal Industrial Servicess*, 7(2), 269. <https://doi.org/10.36055/jiss.v7i2.14401>
- Cahya, F. A., & Handayani, W. (2022). Minimasi Waste Melalui Pendekatan Lean Manufacturing pada Proses Produksi di UMKM Nafa Cahya. *Al-Kharaj : Jurnal*

Ekonomi, Keuangan & Bisnis Syariah, 4(4), 1199–1208.
<https://doi.org/10.47467/alkharaj.v4i4.904>

- Colombo, B., Zanchi, M., & Gaiardelli, P. (2025). The role of Lean Management methodologies within the current Industry 5.0 manufacturing context: a bibliometric analysis. *IFAC PapersOnLine*, 59(10), 1420–1425.
<https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2025.09.239>
- Feigenbaum, A. V. (1994). *Total quality control*. McGraw-Hill.
- Green, L. S. S., Name, B., & Mc, K. (2021). *Six Sigma project DMAIC methodology Project Title : Menurunkan Produksi Grade B Dari 4 % menjadi 3*. 3(April), 1–22.
- Hoerl, R. W., & Snee, R. D. (2004). One Perspective on the Future of Six Sigma. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 112–119.
- Irwan Setiawan, A. R. (2021). Penerapan Lean Manufacturing Untuk Meminimalkan Waste Dengan Menggunakan Metode VSM Dan WAM Pada PT XYZ. *Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*, 1–10.
- Irwanto, A., Arifin, D., & Arifin, Moh. M. (2020). Peningkatan Kualitas Produk Gearbox Dengan Pendekatan Dmaic Six Sigma Pada Pt. X, Y, Z. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 3(1), 1–17.
<https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/teknik/article/view/638>
- Jamil, A. M. (2021). *Pendekatan Lean Manufacturing Untuk Mengurangi Lead Time Pada Proses Produksi Figura 10R*. Universitas Islam Indonesia.
- Khoeruddin, R., & Indrasti, D. (2023). *Analisis Lean Manufacturing Produksi Saus Gulai dengan Metode Value Stream Mapping Lean Manufacturing Analysis of Curry Sauce Production Using Value Stream Mapping Method*. 10(1), 15–23.
<https://doi.org/10.29244/jmpi.2023.10.1.15>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way*. McGraw-Hill.
- Nguono, M. M., Huisken, P. W., Kanaa, T., Defo, N., Njom, P. A., Bogning, B., & Njeugna, E. (2025). Investigation of the manufacturing processes of recycled aluminum pots: A lean six sigma approach for sustainable and efficient production. *Cleaner Waste Systems*, 12, 100432. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100432>
- Rakhmaputri, S., Aribowo, B., Nurhasanah, N., & Purwandari, A. T. (2023). *Analisis Waste Pada UMKM Konveksi Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing Maxsupply*. 24, 49–58.
- Shobur, M., Alfatiyah, R., Dahniar, T., & Supriyadi, E. (2021). *Sistem Produksi Lean* (S. Bastuti, Ed.; Ceakan Per). UNPAM PRESS.
- Snee, R. D. (2004). Six-Sigma: The Evolution of 100 Years of Business Improvement Methodology. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 4–20.
- Statistics, B. (2021). *The Lean Six Sigma Approach to Solving Business Problems*. 1–42.

- Widodo, A., & Soediantono, D. (2022). Benefits of the Six Sigma Method (DMAIC) and Implementation Suggestion in the Defense Industry : A Literature Review Manfaat Metode Six Sigma (DMAIC) dan Usulan Penerapan Pada Industri Pertahanan : A Literature Review. ... *Journal of Social and Management Studies*, 3(3), 1–12. <https://ijosmas.org/index.php/ijosmas/article/view/138%0Ahttps://ijosmas.org/index.php/ijosmas/article/download/138/104>
- Wu, X. (2024). *Strategic Role of Fertilizer Industry in Food Security*. China Agricultural Press.
- Zaman, A. N., Safitri, merike widi, Wulandari, R., Mahindriya, prama shandyasta, Dewi, alina cynthia, As'adi, M., Sari, S., Ayu, F., & Afiatna, N. farida. (2021). Pendekatan Lean Six Sigma dalam Perbaikan dan Pengurangan Waste untuk Peningkatan Produktifitas pada Produksi Pipa Tubing di PT J. *SITEKIN: Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 19(1), 90–99. <http://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/sitekin/article/view/14543>