

PENINGKATAN KUALITAS *MIXPILE* DENGAN MENGUNAKAN METODE *LEAN SIX SIGMA* DI PT. SEMEN GRESIK PABRIK REMBANG (STUDI KASUS : PT. SEMEN GRESIK REMBANG JAWA TENGAH)

Aditya Ristyantono^{*1}, Anita Oktaviana Trisna Devi², Bekti Nugrahadi³, Yunita Primasanti⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Industri, Universitas Sahid Surakarta, Surakarta, Indonesia

e-mail: ¹*ristyantono@gmail.com, ²anita.otd@usahidsolo.ac.id,

³bekti.nugrahadi@usahidsolo.ac.id, ⁴yunita.primasanti@usahidsolo.ac.id

Abstrak

Peningkatan kualitas produk sangat penting dalam industri manufaktur untuk efisiensi operasional dan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan kualitas *mixpile* di PT Semen Gresik, Pabrik Rembang, dengan metode *Lean Six Sigma* untuk mengurangi pemborosan dan merancang solusi perbaikan yang efektif. Analisis menggunakan Value Stream Mapping (VSM), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), dan Pareto Analysis mengidentifikasi faktor utama yang mempengaruhi kualitas *mixpile*. Hasilnya menunjukkan bahwa ketidaktepatan spesifikasi Belt Weigher dan rendahnya frekuensi pemeliharaan menyebabkan ketidaksesuaian komposisi bahan baku, yang berdampak pada kualitas produk akhir. Sebagai solusi, penelitian ini merekomendasikan peningkatan frekuensi pemeliharaan, kalibrasi berkala, serta penggantian Belt Weigher tipe single idler menjadi multi idler untuk meningkatkan akurasi pengukuran bahan baku. Implementasi strategi ini meningkatkan stabilitas Lime Saturation Factor (*LSF*), mengurangi pemborosan bahan baku hingga Rp 63 juta, dan mempercepat pengembalian investasi dalam 31 bulan. Hasil penelitian membuktikan bahwa *Lean Six Sigma* dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam produksi industri semen, sekaligus memberikan manfaat finansial yang signifikan bagi perusahaan.

Kata kunci: Belt Weigher, FMEA, *Lean Six Sigma*, *Mixpile*, Pemborosan, VSM.

Abstract

Product quality improvement is a crucial factor in the manufacturing industry to ensure operational efficiency and customer satisfaction. This study aims to optimize the quality of *mixpile* at PT Semen Gresik, Rembang Plant, by applying the *Lean Six Sigma* method. This approach is used to identify and reduce Waste in the production process and design effective improvement solutions. The analysis was conducted using Value Stream Mapping (VSM), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), and Pareto Analysis to identify the key factors affecting *mixpile* quality. The results indicate that the inaccuracy of Belt Weigher specifications and the low frequency of maintenance are the main causes of inconsistencies in raw material composition, which impact the final product quality. As an improvement measure, this study recommends increasing the frequency of equipment maintenance, conducting periodic calibration, and replacing the single idler type Belt Weigher with a multi-idler type to improve the accuracy of raw material measurement. Implementing this strategy enhances the stability of the Lime Saturation Factor (*LSF*), reduces raw material Waste by IDR 63 million, and accelerates the return on investment within 31 months. The findings of this study demonstrate that the implementation of *Lean Six Sigma* can improve both quality and efficiency in the cement industry production process while providing significant financial benefits to the company.

Keywords: Belt Weigher, FMEA, *Lean Six Sigma*, *Mixpile*, Waste, VSM.

1. PENDAHULUAN

Industri semen merupakan sektor krusial dalam pembangunan infrastruktur. Seiring dengan meningkatnya permintaan akan semen, industri ini menghadapi tantangan berupa efisiensi produksi, pengelolaan biaya, dan peningkatan kualitas produk. *PT. Semen Gresik* sebagai salah satu produsen semen terbesar di Indonesia terus berupaya meningkatkan kualitas produksi, salah satunya melalui pengelolaan *mixpile* yang lebih baik. *Mixpile* adalah bahan baku utama dalam produksi semen, dan ketidaksesuaian komposisinya dapat berpengaruh signifikan terhadap kualitas akhir produk serta efisiensi operasional. Saat ini, *PT. Semen Gresik* menghadapi permasalahan dalam proses produksi *mixpile*, di mana terjadi deviasi dalam *Lime Saturation Factor (LSF)* yang mengakibatkan pemborosan bahan baku dan peningkatan biaya produksi. Salah satu faktor utama penyebab masalah ini adalah kurangnya akurasi dalam sistem penimbangan bahan baku akibat spesifikasi Belt Weigher yang tidak sesuai serta minimnya frekuensi pemeliharaan alat. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang dapat meningkatkan stabilitas kualitas *mixpile* serta mengurangi pemborosan dalam proses produksi.

Berbagai penelitian sebelumnya telah membahas penerapan *Lean Six Sigma* dalam industri manufaktur untuk meningkatkan efisiensi produksi dan kualitas produk. Misalnya, penelitian oleh (Robin et al., 2022) yang membahas penerapan *Lean Six Sigma* dalam produksi Dakron FH 764 menunjukkan bahwa metode ini mampu meningkatkan efisiensi hingga 47,89% serta meningkatkan nilai sigma proses produksi. Studi lain oleh (Alawiyah et al., 2021) meneliti implementasi *Lean Six Sigma* dalam industri semen, yang menghasilkan peningkatan kualitas produk dan efisiensi proses packing semen. Namun, penelitian yang secara khusus membahas peningkatan kualitas *mixpile* dalam industri semen dengan pendekatan *Lean Six Sigma* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini berupaya mengisi celah tersebut dengan mengaplikasikan metodologi *Lean Six Sigma* dalam optimalisasi proses produksi *mixpile* di *PT. Semen Gresik, Pabrik Rembang*.

Penelitian ini mengkaji penerapan *Lean Six Sigma* dalam produksi *mixpile* di *PT. Semen Gresik* untuk meningkatkan stabilitas *LSF*, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan efisiensi. Dengan menggunakan alat analisis seperti VSM, FMEA, dan Pareto Analysis, penelitian ini mengidentifikasi faktor penyebab deviasi kualitas, menganalisis dampak Belt Weigher dan pemeliharaan, serta merancang strategi perbaikan berbasis data. Evaluasi dilakukan untuk mengukur pengaruh implementasi terhadap efisiensi operasional dan penghematan biaya.

2. METODE

2.1 Identifikasi, Perumusan Masalah, dan Penetapan Tujuan

Tahap awal dalam penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan utama yang dihadapi. Permasalahan yang telah teridentifikasi kemudian dikaji lebih mendalam guna merumuskan masalah secara sistematis. Setelah rumusan masalah terbentuk, langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan penelitian yang akan menjadi dasar dalam menyusun solusi untuk menyelesaikan permasalahan tersebut.

2.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Adapun data yang dikumpulkan adalah data yang terkait untuk menyelesaikan masalah dari penelitian, di antaranya profil perusahaan, proses produksi, jumlah produksi serta data pemborosan di produksi.

2.3 Pengolahan Data

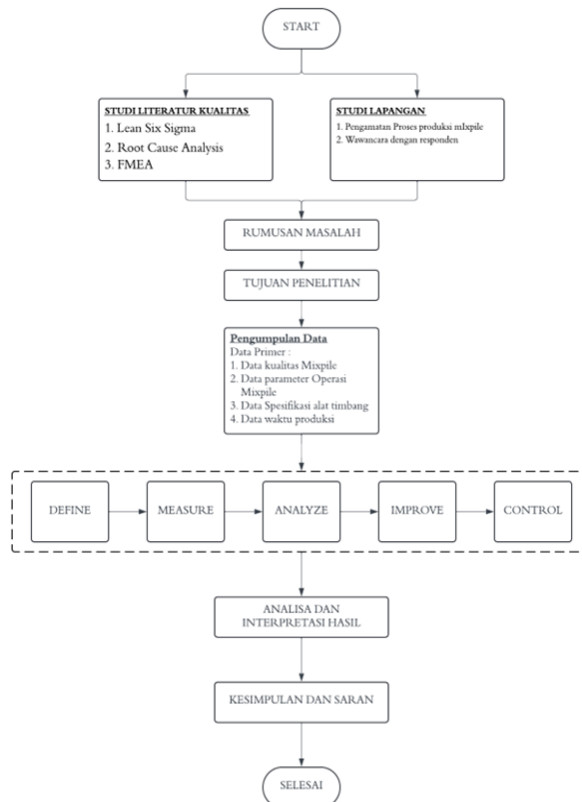
Pengolahan data dalam penelitian ini menggunakan metode *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), yang terdiri dari lima tahapan utama. Pada tahap *Define*, dilakukan identifikasi masalah dan pengumpulan data awal untuk memahami kondisi eksisting. Selanjutnya, pada tahap *Measure*, data diukur menggunakan metode seperti *Defect Per Million Opportunities* (*DPMO*) dan nilai sigma untuk mengetahui tingkat efisiensi proses. Kemudian, tahap *Analyze* digunakan untuk menemukan akar penyebab pemborosan dengan teknik *Root Cause Analysis* (*RCA*) dan *Failure Mode and Effects Analysis* (*FMEA*). Pada tahap *Improve*, dilakukan perbaikan berdasarkan hasil analisis guna mengurangi pemborosan dan meningkatkan kualitas produksi. Terakhir, tahap *Control* bertujuan untuk memastikan perbaikan tetap berjalan dengan menerapkan kontrol kualitas, monitoring, dan pengembangan *Standar Operasional Prosedur* (*SOP*) yang baru.

2.4 Analisis Dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dijelaskan mengenai Analisis dan Interpretasi Hasil yang dilakukan berdasarkan data yang telah dikumpulkan dan diolah pada tahap sebelumnya. Analisis bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan menggunakan berbagai metode seperti *Root Cause Analysis* (*RCA*), *Failure Mode and Effects Analysis* (*FMEA*), dan *Pareto Analysis*. Hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk merumuskan rekomendasi perbaikan guna meningkatkan efisiensi dan kualitas proses.

2.5 Kesimpulan Dan Saran

Pada tahap ini dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran dari penelitian. Adapun kesimpulan dari penelitian merupakan jawaban dari tujuan penelitian. Sedangkan saran yang diberikan merupakan rekomendasi perbaikan untuk penelitian selanjutnya agar lebih baik. Tahapan metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1



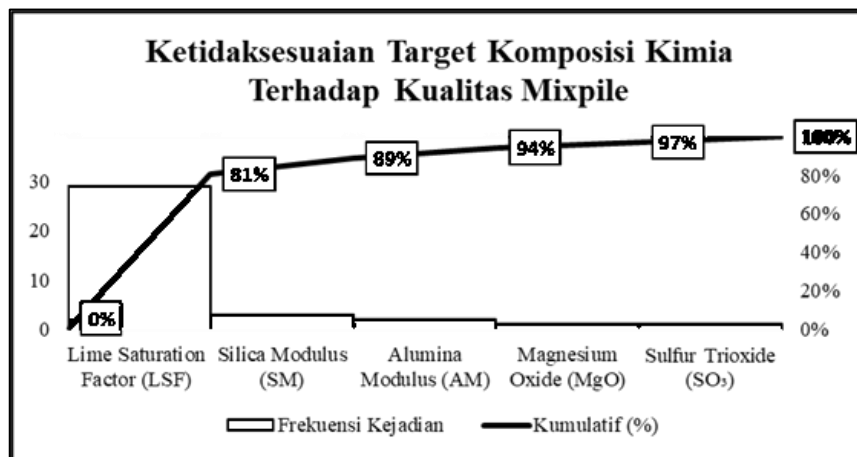
Gambar 1. Metodologi Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan metodologi penelitian yang telah dijelaskan, penelitian ini akan membahas penerapan *Lean Six Sigma* dengan pendekatan *DMAIC* dalam mengidentifikasi serta meningkatkan efisiensi dan kualitas pada proses produksi *Mixpile* di PT. Semen Gresik. Melalui tahapan *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi dengan mengurangi pemborosan dan variabilitas, serta memastikan perbaikan yang berkelanjutan sesuai dengan metode yang telah dirancang.

3.1 Define

Tahap *Define* diawali dengan mengidentifikasi tingkat ketidaksesuaian komposisi kimia bahan baku *mixpile* yang divisualisasikan dalam Diagram Pareto. Diagram Pareto ketidaksesuaian target komposisi *mixpile* dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan hasil analisis data, ketidaksesuaian nilai *Lime Saturation Factor (LSF)* menjadi faktor dominan yang paling berpengaruh terhadap kualitas *mixpile*, dengan kontribusi sebesar 81% terhadap total kejadian ketidaksesuaian. Oleh karena itu, upaya perbaikan dalam proses produksi harus difokuskan pada pengendalian dan optimasi nilai *LSF* agar tetap berada dalam batas yang telah ditentukan guna memastikan kualitas *mixpile* yang sesuai standar.

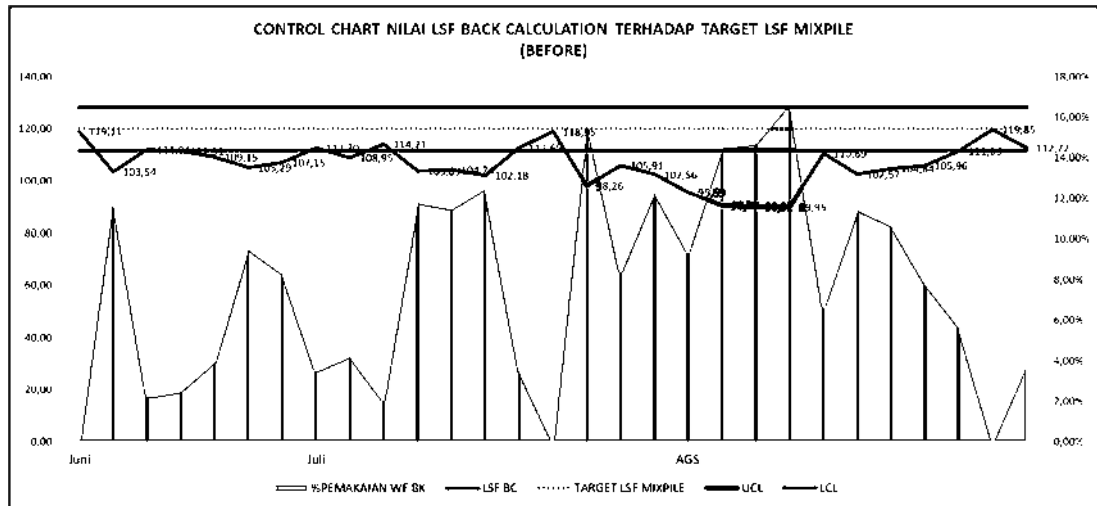


Gambar 2. Diagram Pareto Ketidaksesuaian Target Komposisi

Tabel 1. Ketidaksesuaian Target Komposisi Kimia Terhadap Kualitas *Mixpile*

No	Ketidaksesuaian Target Komposisi Kimia Terhadap Kualitas <i>Mixpile</i>	Frekuensi Kejadian	Persentase (%)	Kumulatif (%)
1	Lime Saturation Factor (LSF)	29	81%	81%
2	Silica Modulus (SM)	3	8%	89%
3	Alumina Modulus (AM)	2	6%	94%
4	Magnesium Oxide (MgO)	1	3%	97%
5	Sulfur Trioxide (SO ₃)	1	3%	100%

Waste indentification pada penelitian ini berfokus pada Motion, defect, dan Excess process. Berikut ini merupakan identifikasi terhadap peluang terjadinya *Waste* pada proses produksi *Mixpile* di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang.



Gambar 3. Control Chart Pembuatan *Mixpile*

3.2 Measure

Pada tahap ini dilakukan pengukuran *waste* selama proses pembuatan *mixpile* di PT Semen Gresik, Pabrik Rembang. Hasil pengukuran ini akan menjadi dasar dalam menentukan *waste* kritis yang akan dianalisis lebih lanjut untuk perbaikan proses. Berdasarkan data *defect* pada tabel 2

Tabel 2. Data Defect Proses Pembuatan *Mixpile*

Bulan	No. Pile	MIXPILE	TGL BUAT	LSF BC	TARGET LSF MIXPILE	ERROR	ERROR %	STATUS
Juni	59	Selatan	18-Jun-23	119	120	0,9	1%	OK
	60	Utara Z2	19-Jun-23	104	120	16,5	14%	DEFECT
	61	Selatan Z3	21-Jun-23	112	120	8,1	7%	DEFECT
	62	Utara	23-Jun-23	112	120	8,5	7%	DEFECT
	63	Selatan	24-Jun-23	109	120	10,9	9%	DEFECT
	64	Utara	26-Jun-23	105	120	14,7	12%	DEFECT
	65	Selatan	28-Jun-23	107	120	12,9	11%	DEFECT
Juli	66	Utara	30-Jun-23	113	120	7,3	6%	DEFECT
	67	Selatan	02-Jul-23	109	120	11,1	9%	DEFECT
	68	Utara	03-Jul-23	114	120	5,8	5%	OK
	69	Selatan	05-Jul-23	104	120	16,2	13%	DEFECT
	70	Utara	08-Jul-23	104	120	15,8	13%	DEFECT
	71	Selatan	10-Jul-23	102	120	17,8	15%	DEFECT
	72	Utara Z2	12-Jul-23	113	120	7,4	6%	DEFECT
	73	Utara Z1	12-Jul-23	119	120	1,0	1%	OK
	74	Selatan Z3	13-Jul-23	98	120	21,7	18%	DEFECT
	75	Selatan Z4	14-Jul-23	106	120	14,1	12%	DEFECT
	76	Utara	15-Jul-23	103	120	17,4	15%	DEFECT
AGS	77	Utara	03-Agu-23	96	120	24,4	20%	DEFECT
	78	Selatan	05-Agu-23	91	120	29,2	24%	DEFECT
	79	Utara	08-Agu-23	90	120	29,7	25%	DEFECT
	80	Selatan	09-Agu-23	90	120	30,1	25%	DEFECT
	81	Utara	12-Agu-23	111	120	9,3	8%	DEFECT
	82	Selatan	16-Agu-23	103	120	17,4	15%	DEFECT
	83	Utara	19-Agu-23	105	120	15,2	13%	DEFECT
	84	Selatan	21-Agu-23	106	120	14,0	12%	DEFECT
	85	Utara	24-Agu-23	112	120	8,4	7%	DEFECT
	86	Selatan	26-Agu-23	120	120	0,2	0%	OK
	87	Utara	28-Agu-23	112,72	120	7,3	6%	DEFECT

Dari tabel di atas digunakan sebagai perhitungan *DPMO* dan *Sigma level*. Untuk melakukan perhitungan *DPMO* dan *Sigma Level* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$DPMO = \left(\frac{D}{U \times O} \right) \times 1000000$$

Dimana :

D : Jumlah *defect* atau jumlah kegagalan yang terjadi

U : Jumlah *output* produksi

O : Jumlah kemungkinan *defect*

$$DPMO = \left(\frac{25}{29 \times 1} \right) \times 1000000$$

$$DPMO = 862068.9655$$

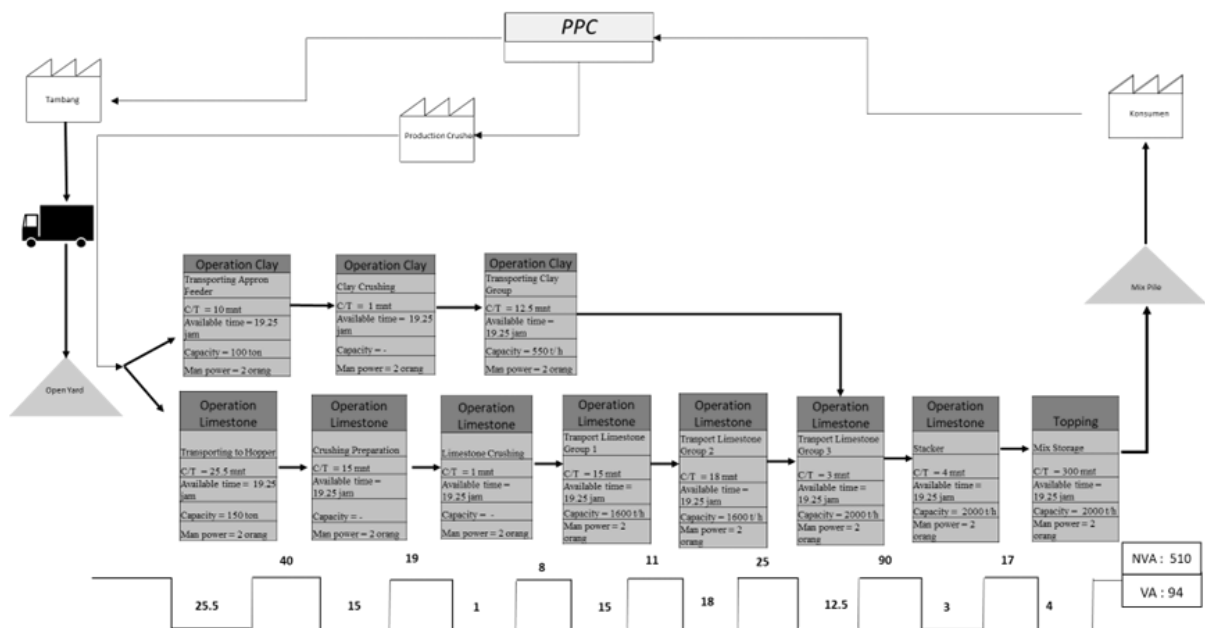
Untuk mempermudah perhitungan nilai *sigma* level pada fase ini, maka dari rumus dikonversi menjadi rumus excel

$$Sigma\ Level = NORMSINV \left(\frac{1000000 \times DPMO}{1000000} \right) + 1.5$$

$$Sigma\ Level = NORMSINV \left(\frac{1000000 \times 862068.9655}{1000000} \right) + 1.5$$

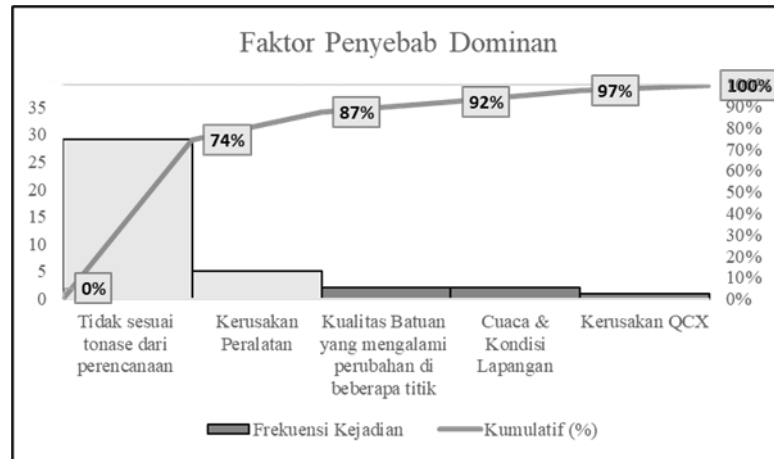
$$Sigma\ Level = 0.41$$

Value Stream Mapping (VSM) dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui efektivitas waktu dan proses yang digunakan oleh *PT. Semen Gresik* dalam menghasilkan *mixpile* sesuai dengan kebutuhan produksi semen



Gambar 4. Value Stream Mapping Pembuatan *Mixpile*

Untuk mengidentifikasi penyebab utama dari kerugian finansial akibat tiga *waste* utama yang terdeteksi dalam proses produksi, dilakukan analisis *pareto* untuk menentukan faktor dominan yang berkontribusi terhadap permasalahan. Berdasarkan prinsip 80/20 *pareto*, sebagian besar kerugian umumnya disebabkan oleh beberapa faktor utama.



Gambar 5. Diagram Pareto

3.3 Analyze

Setelah didapatkan identifikasi *waste* pada bab sebelumnya, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis akar penyebab adanya *waste* tersebut. Hal itu dapat dilakukan dengan menggunakan 5 *whys* pada *root cause analysis*.

Tabel 3. Why Why Analysis

Masalah	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Tidak Sesuai Tonase dari Perencanaan	Data bahan baku tidak akurat	Perbedaan hasil antara jembatan timbang dan belt weigher memiliki error yang tinggi	Ditemukan kerusakan komponen speed encoder dan load cell pada Belt Weigher	Kecepatan belt yang terlalu tinggi (4m/detik) menyebabkan tingkat error yang tinggi dan aus pada speed encoder	Belt weigher tidak sesuai dengan kebutuhan proses karena spesifikasinya tidak sesuai dengan standar yang dibutuhkan.
				Frekuensi maintenance terlalu rendah, hanya dilakukan dua kali per tahun	

Terdapat beberapa akar permasalahan penyebab defect, ada 2 akar permasalahan yaitu :

- Frekuensi *maintenance* terlalu rendah, hanya dilakukan dua kali per tahun
- *Belt Weigher* tidak sesuai dengan kebutuhan proses karena spesifikasinya tidak sesuai dengan standar yang dibutuhkan.

Setelah akar penyebab *Waste* diidentifikasi pada subbab sebelumnya, Langkah berikutnya adalah menghitung *Risk Priority Number (RPN)* untuk menentukan prioritas risiko berdasarkan analisis *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*.

Tabel 4. FMEA LSF Tidak Sesuai Target

Failure Mode	Effect	S	Cause	O	Current Control	D	RPN (Risk Priority Number)	Recommended Action
Data bahan baku tidak akurat	Komposisi LSF tidak sesuai standar	8	Perbedaan hasil antara jembatan timbang dan belt weigher	7	Kalibrasi berkala	6	336	Meningkatkan frekuensi service, kalibrasi dan verifikasi belt weigher dan jembatan timbang
Perbedaan hasil antara jembatan timbang dan belt weigher	Error dalam perhitungan komposisi bahan baku	7	Kerusakan speed encoder dan load cell pada belt weigher	8	Inspeksi berkala	5	280	Meningkatkan frekuensi service, kalibrasi dan verifikasi belt weigher dan jembatan timbang
Kerusakan speed encoder dan load cell pada belt weigher	Data berat bahan tidak akurat	9	Kecepatan belt tinggi (4m/detik)	7	Pemantauan kinerja sensor	5	315	Mengganti belt weigher dengan spesifikasi yang sesuai
Belt weigher tidak sesuai dengan kebutuhan proses	Akurasi timbang rendah menyebabkan ketidakseuaian LSF	9	Spesifikasi tidak sesuai dengan standar kebutuhan	8	Evaluasi spesifikasi alat	6	432	Mengganti belt weigher dengan spesifikasi yang sesuai

3.4 Improve

Tahap ini merupakan pemberian dan pemilihan alternatif perbaikan kepada perusahaan terhadap permasalahan-permasalahan yang telah diidentifikasi dan dianalisis di atas. Tahap ini meliputi beberapa aktivitas yaitu :

- Meningkatkan frekuensi Service, kalibrasi dan verifikasi *belt weigher* dan jembatan timbang
- Mengganti belt weigher dengan spesifikasi yang sesuai

EQUIPMENT	JADWAL SERVICE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
241BW01												

EQUIPMENT	JADWAL SERVICE											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
241BW01												

Gambar 6. Jadwal Service Sebelum Dan Sesudah Improve



Gambar 7. Dokumentasi Proses Penggantian Belt Weigher

3.5 Control

Tahap Control bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah diterapkan dalam tahap Improve dapat berjalan secara konsisten dan berkelanjutan. Dengan mengontrol faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kualitas *mixpile*, PT Semen Gresik dapat

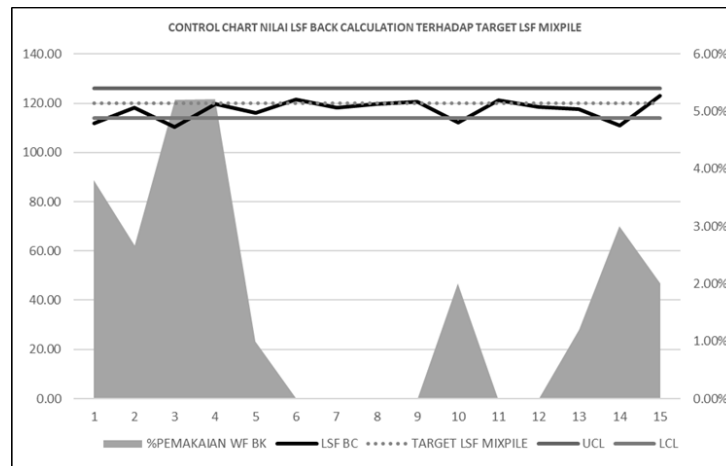
mempertahankan hasil yang optimal serta mencegah terjadinya kembali permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya, dengan cara Implementasi *Standard Operating Procedure* (SOP) baru.

3.6 Analisis Dan Interpretasi Hasil

Secara keseluruhan, penggantian *belt weigher* dan penerapan SOP baru memberikan dampak positif terhadap kinerja sistem secara keseluruhan, mendukung kelancaran operasi, serta memberikan nilai tambah bagi perusahaan dalam hal kualitas dan pengurangan biaya operasional.

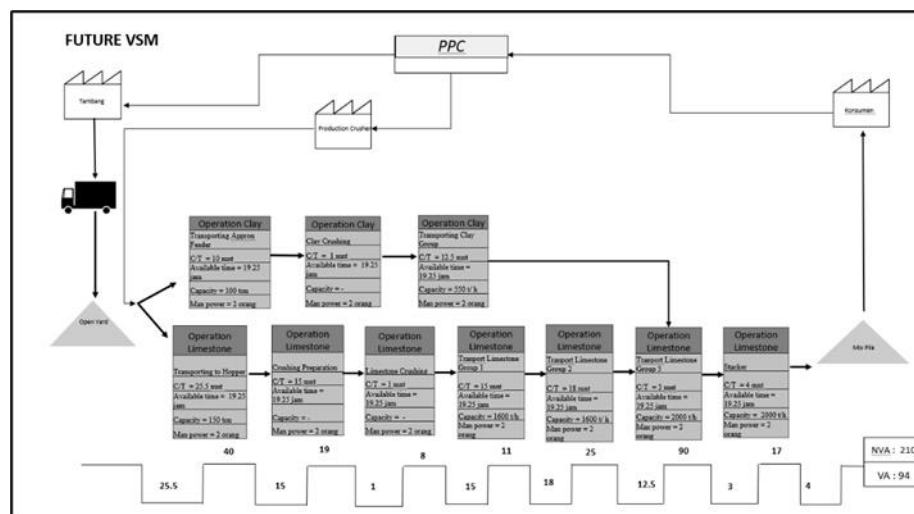
Tabel 5 Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Improvement

	SEBELUM IMPROVEMENT	SESUDAH IMPROVEMENT
Jumlah Output Produksi	29	15
Jumlah Defect	25	4
Defect Per unit	0.862068966	0.266666667
Jumlah CTQ	1	1
DPMO	862068.9655	266666.6667
Nilai Sigma	0.410	2.123



Gambar 8. Control Chart Setelah Improvement

Analisis *Value Stream Mapping* (VSM) setelah dilakukannya proses Improvement adalah sebagai berikut :



Implementasi *Improvement* melalui penggantian *belt weigher*, penerapan SOP yang sesuai, dan monitoring yang efektif berhasil meningkatkan efisiensi proses produksi secara signifikan. Waktu aktivitas *Non-Value-Added* (NVA) berkurang dari 310 menit menjadi 210 menit, sementara proporsi aktivitas *Value-Added* (VA) meningkat menjadi 30,9%. Peningkatan kapasitas alat seperti transport limestone hingga 1600 t/h juga mendukung kelancaran alur proses, sehingga total lead time berkurang sebesar 24,75%. Dengan perbaikan ini, proses produksi menjadi lebih efisien, konsisten, dan mampu memenuhi kebutuhan produksi secara lebih optimal.

Tabel 6. Perbandingan waktu VA dan NVA

Parameter	Sebelum <i>Improvement</i>	Setelah <i>Improvement</i>
VA Time (menit)	94	94
NVA Time (menit)	310	210
Total Time (menit)	404	304
Persentase VA (%)	23,3%	30,9%

Tabel 7. Cycle Time dan Kapasitas per Proses

Proses	Cycle Time Sebelum (menit)	Cycle Time Setelah (menit)	Kapasitas Sebelum	Kapasitas Setelah
Transport Clay	10	10	100 ton	100 ton
Clay Crushing	1	1	-	-
Transport Limestone (G1)	15	15	600 t/h	1600 t/h
Transport Limestone (G2)	18	18	600 t/h	1600 t/h
Transport Limestone (G3)	3	3	2000 t/h	2000 t/h
Stacker	4	4	2000 t/h	2000 t/h
Mix Storage	100	100	2000 t/h	2000 t/h

Tabel 8. Efisiensi Sistem (Lead Time)

Parameter	Sebelum <i>Improvement</i>	Setelah <i>Improvement</i>
Total Lead Time (menit)	404	304
Reduction in Lead Time (%)	-	24,75%

4. KESIMPULAN

Penerapan metode *Lean Six Sigma* di PT. Semen Gresik Pabrik Rembang telah berhasil meningkatkan kualitas *mixture* secara signifikan. Penelitian ini mengidentifikasi tiga permasalahan utama dalam proses produksi, yaitu motion, defect, dan excess processing, yang menyebabkan ketidaksesuaian dengan standar kualitas. Faktor utama yang berkontribusi terhadap masalah ini adalah ketidakakuratan pengukuran bahan baku akibat spesifikasi belt weigher yang kurang tepat serta frekuensi pemeliharaan alat yang tidak memadai. Implementasi

perbaikan yang diterapkan terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas produk, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan efisiensi operasional. Agar perbaikan dapat berkelanjutan, perusahaan disarankan untuk melakukan audit secara berkala terhadap sistem penimbangan bahan baku guna memastikan keakuratan dan keandalan alat. Selain itu, perlu adanya peningkatan pelatihan bagi operator dan tim pemeliharaan agar mereka lebih memahami pentingnya penerapan SOP serta pemeliharaan rutin. Pelatihan ini juga dapat mencakup pemanfaatan teknologi terbaru untuk meningkatkan efisiensi operasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam Vardy. (2016). *Lean Six Sigma! The Ultimate Beginners Guide To Lean Six Sigma*.
- Alawiyah, T., Devani, V., & Amalia, N. (2021). USULAN PENERAPAN *LEAN SIX SIGMA* UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PRODUK SEMEN. *J TI UNDIP JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, 16, 73–84. <https://doi.org/10.14710/jati.16.1.73-84>
- Basu, R. (2022). The Green Six Sigma Handbook: A Complete Guide for *Lean Six Sigma* Practitioners and Managers. In *The Green Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Lean Six Sigma Practitioners and Managers*. <https://doi.org/10.4324/9781003268239>
- Gaspersz, V. (2006). Continuous Cost Reduction Through *Lean Six Sigma* Approach. *Grafika Mardi Yuana. Bogor. Hal, 19*.
- Gaspersz, V. (2005). Sistem Manajemen Kinerja Terintegrasi Balanced Scorecard dengan Six Sigma untuk Organisasi Bisnis dan Pemerintah. In *Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.
- Gaspersz, V. (2003). Manajemen Bisnis Total-Total Quality Management. *Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta*.
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 17, Issue 1). <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Laureani, A., & Antony, J. (2019). Leadership and *Lean Six Sigma*: a systematic literature review. In *Total Quality Management and Business Excellence* (Vol. 30, Issues 1–2). <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1288565>
- Michael L. George. (2004). *What is Lean Six Sigma?*
- Nursubiyantoro, E., & Setiawan, D. A. (2018). PENERAPAN SIX SIGMA UNTUK PENANGANAN PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK. *OPSI*, 11(1). <https://doi.org/10.31315/opsi.v11i1.2241>