

Analisis Penurunan *Defect* Produk *Rubber House* Pada Proses Produksi dengan Metode *Lean Six Sigma* di Perusahaan *Manufacture Rubber*

Eko Hariyanto^{1*}, Humiras Hardi Purba²

^{1,2} Universitas Mercu Buana, Jakarta

Email korespondensi: eko.meisei@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan menurunkan tingkat *defect* pada produk *rubber hose* di sebuah perusahaan manufaktur *rubber* di Tangerang. Latar belakang penelitian ini adalah meningkatnya tren kendaraan listrik yang mengurangi permintaan terhadap produk kendaraan berbahan bakar fosil, yang berdampak pada permintaan produk *rubber hose*. Penelitian ini menggunakan metode *Lean Six Sigma* dengan tahapan (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) DMAIC untuk mengidentifikasi akar penyebab *defect* dan melakukan perbaikan proses produksi. Analisis awal menunjukkan bahwa rata-rata tingkat *defect* sebesar 1,3%, melebihi batas maksimal yang ditetapkan perusahaan. Setelah dilakukan analisis dengan menggunakan diagram SIPOC, *Fishbone Diagram*, FMEA, serta analisis statistik terhadap variabel suhu awal, suhu akhir, dan *defect*, ditemukan bahwa variasi suhu pada proses *mixing* memiliki pengaruh signifikan terhadap tingkat *defect*. Selain itu, ditemukan pula aktivitas *non-value added* dalam proses produksi. Hasil perbaikan yang dilakukan pada fase *Improve* menunjukkan penurunan tingkat *defect* secara signifikan. Nilai sigma meningkat dari sebelumnya 3,6 menjadi 3,8 dan nilai (*Defect Per Million Opportunities*) DPMO menurun dari 19.287 menjadi 9.990. Dengan demikian, penerapan metode *Lean Six Sigma* terbukti efektif dalam menurunkan tingkat *defect* dan meningkatkan kualitas produk, serta dapat menjadi strategi berkelanjutan dalam menghadapi tantangan industri otomotif global.

Kata Kunci: : *Lean Six Sigma, DMAIC, Rubber Hose, Defect, Suhu Awal, Suhu Akhir, DPMO, FMEA*

Abstract

This study aims to analyze and reduce the defect rate in rubber hose products at a rubber manufacturing company in Tangerang. The background of this research is the rising trend of electric vehicles, which has reduced the demand for fossil fuel vehicle components, including rubber hose products. This study employs the Lean Six Sigma approach using the DMAIC stages (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control) to identify the root causes of defects and implement process improvements. Initial analysis showed that the average defect rate was 1.3%, exceeding the company's maximum allowable limit. Through further analysis using SIPOC diagrams, Fishbone Diagrams, FMEA, and statistical analysis of initial temperature, final temperature, and defect rates, it was found that temperature variation in the mixing process significantly affects the defect rate. Additionally, non-value-added activities were identified within the production process. Improvements implemented in the Improve phase led to a significant reduction in the defect rate. The sigma level increased from 3.59 to 3.76, and the DPMO (Defects Per Million Opportunities) decreased from 18,525 to 11,988. Therefore, the application of the Lean Six Sigma method proved effective in reducing defect rates and improving product quality and can serve as a sustainable strategy to address challenges in the global automotive industry.

Key words: *Lean Six Sigma, DMAIC, Rubber Hose, Defect, Initial Temperature, Final Temperature, DPMO, FMEA*

1. Pendahuluan

Dalam industri manufaktur *rubber*, kualitas produk menjadi salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan perusahaan dalam bersaing di pasar global, terutama di tengah tantangan industri otomotif yang semakin kompetitif dan pergeseran ke arah kendaraan listrik. Salah satu indikator utama dari keberhasilan tersebut adalah rendahnya tingkat *defect* pada produk akhir, seperti *rubber hose*, yang secara langsung mempengaruhi biaya produksi, kepuasan pelanggan, dan reputasi perusahaan. Namun, proses produksi *rubber hose* masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait dengan variabilitas dalam parameter proses seperti suhu awal dan suhu akhir saat *mixing* bahan.

Upaya pengendalian variabilitas ini merupakan bagian integral dari pendekatan peningkatan kualitas seperti *Six Sigma*, yang bertujuan untuk mengurangi *defect* dan memastikan proses berjalan secara stabil dan konsisten (Costa et al., 2017). Fenomena ini menunjukkan perlunya penggunaan pendekatan yang sistematis dan berbasis data sangat penting dalam mengidentifikasi akar penyebab masalah kualitas dan merancang tindakan perbaikan yang efektif, seperti yang dilakukan melalui analisis FMEA dan *diagram fishbone* untuk memastikan proses produksi tetap stabil dan cacat dapat diminimalisasi (Ikhsan et al., 2022). Permasalahan ini menjadi penting dan menarik untuk dikaji karena banyak studi sebelumnya yang mengidentifikasi faktor-faktor kualitas namun belum secara spesifik fokus pada pengaruh suhu proses dan penerapan metodologi *Lean Six Sigma* dalam konteks produksi *rubber hose*.

Selain itu, selama ini banyak perusahaan menghadapi tantangan dalam menurunkan tingkat *defect* secara konsisten dan berkelanjutan, sehingga perlu adanya pendekatan yang komprehensif dan terukur. Sebagai solusi, penelitian ini mengusulkan penerapan metode *Lean Six Sigma* dengan pendekatan DMAIC terbukti efektif dalam meningkatkan proses dan secara signifikan menurunkan tingkat *defect* (Mittal et al., 2023). Berdasarkan penjelasan dalam (Sasikumar et al., 2023), pendekatan DMAIC dan alat statistik seperti *control chart* digunakan untuk mengidentifikasi variabel kritis, mengurangi *waste*, dan menjaga stabilitas proses secara berkelanjutan. Dengan menerapkan metode tersebut, diharapkan perusahaan dapat mengurangi tingkat *defect* secara substansial, meningkatkan *sigma level*, dan memastikan keberlanjutan perbaikan. Penelitian ini juga menambah literatur terkait pengaruh variabel suhu dalam proses *mixing* bahan *rubber* dan penerapan *Lean Six Sigma* dalam konteks produksi *rubber hose*, sehingga menjadi solusi yang aplikatif dan relevan untuk menghadapi tantangan industri saat ini. Dalam upaya meningkatkan kualitas produk dan meminimalisasi tingkat *defect* pada proses produksi *rubber hose*, penerapan metode *Lean Six Sigma* telah terbukti efektif secara luas dalam berbagai sektor industri, khususnya manufaktur otomotif dan lainnya (Vijaya Sunder, 2016).

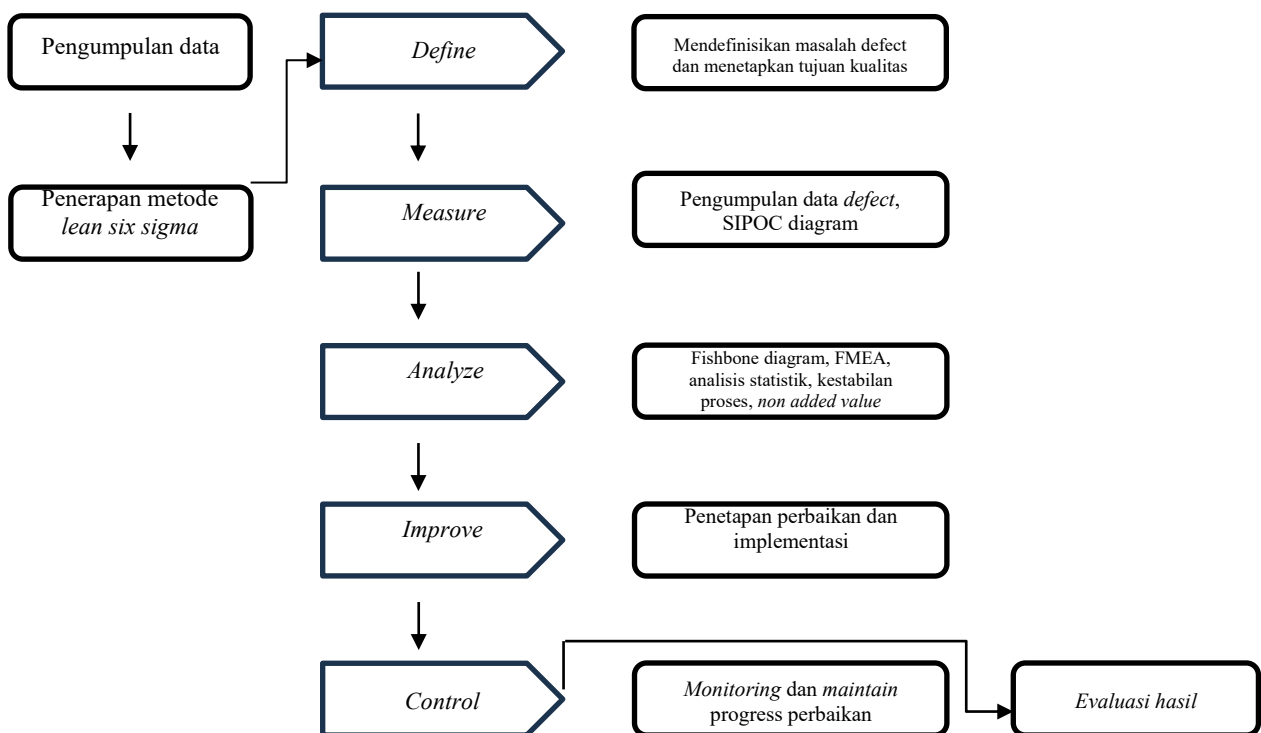
Produk *defect* ini menjadi salah satu penyumbang nilai *cost* yang sia-sia di dalam perusahaan serta merupakan produk yang tidak memenuhi spesifikasi secara kualitas yang ditetapkan, sehingga harus dibuang ataupun *scrap* (Nallusamy et al., 2018). Prinsip utama dari *Lean Six Sigma* adalah sistematisasi proses melalui pendekatan (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) DMAIC, yang berfokus pada identifikasi akar penyebab masalah dan penerapan solusi yang berkelanjutan (Gaspersz, 2002). Pengaplikasian metodologi DMAIC sudah terbukti efektif untuk meminimalisasi variasi proses serta meningkatkan kualitas suatu produk di berbagai macam industri (Izzah & Rozi, 2019). Selain itu penerapan *lean manufacturing* juga secara luas telah diaplikasikan dalam manajemen proses manufaktur, yang mempunyai tujuan utama yaitu pengurangan inventaris, waktu tunggu, dan waktu siklus, serta peningkatan flow proses produksi dan efisiensi secara menyeluruh (Helleno et al., 2017). Dalam fase pertama *define*, dilakukan identifikasi penetapan problem serta tujuan utama perbaikan yang jelas untuk peningkatan efisiensi proses serta mengurangi pemborosan (Daniyan et al., 2022), fase kedua *measure* dilakukan pengumpulan data historis tentang proses aktual yang ada, hal ini bertujuan untuk merecord situasi saat ini serta melakukan pengidentifikasian ketidakstabilan yang menjadi sebab cacat (Guleria et al., 2021), fase ketiga *analyze* mempunyai fungsi utama untuk mengidentifikasi penyebab utama problem menggunakan alat seperti *brainstorming* dan *fishbone diagram* (Kholil et al., 2021), fase keempat yaitu *improve*, dalam fase ini mempunyai fokus utama identifikasi serta penerapan perbaikan yang efektif untuk meminimalisasi aktifitas-aktifitas yang tidak bernilai tambah dan mengurangi tingkat *defect* (Siregar & Elvira, 2020), fase terakhir dalam metodologi DMAIC adalah *control*, bertujuan memastikan *improvement* yang sudah dikerjakan sebelumnya efisien dan efektif serta mencegah problem sebelumnya terulang kembali (Ikhsan et al., 2022).

2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksploratif yang bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor dominan penyebab *defect* produk *rubber hose* pada proses produksi dan menentukan strategi perbaikannya menggunakan metode *Lean Six Sigma*. Fokus utama dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh suhu awal dan suhu akhir pada proses *mixing* terhadap tingkat *defect* pada produk, serta menentukan tindakan perbaikan berbasis data. Metode *Lean Six Sigma* digunakan karena dapat memberikan pendekatan sistematis dalam peningkatan kualitas dan pengendalian variasi proses. Dalam penelitian ini, digunakan tahapan (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) DMAIC. Tahap *Define* bertujuan untuk mendefinisikan masalah *defect* dan menetapkan tujuan kualitas.

Tahap *Measure* dilakukan untuk mengumpulkan data suhu awal, suhu akhir, dan jumlah *defect* produk pada proses produksi selama periode Januari 2023 hingga Juli 2024. Tahap *Analyze* melibatkan penggunaan *Fishbone diagram*, dan FMEA untuk mengidentifikasi akar penyebab *defect*. Selain itu, dilakukan analisis statistik untuk menguji pengaruh suhu terhadap *defect* menggunakan metode *cluster* dan uji ANOVA. Tahap *Improve* dilakukan dengan menetapkan parameter standar suhu dan evaluasi ulang metode kerja untuk menurunkan *defect*.

Terakhir, tahap *Control* berfokus pada pembuatan SOP, kontrol harian proses, serta validasi hasil perbaikan. *Design* penelitian ini meliputi pengumpulan data produksi dan *mixing*, serta analisis data menguji pengaruh variabel suhu awal, suhu akhir terhadap *defect* di produksi dan *checking*, penerapan metode *lean six sigma* & evaluasi hasil seperti pada gambar 1.



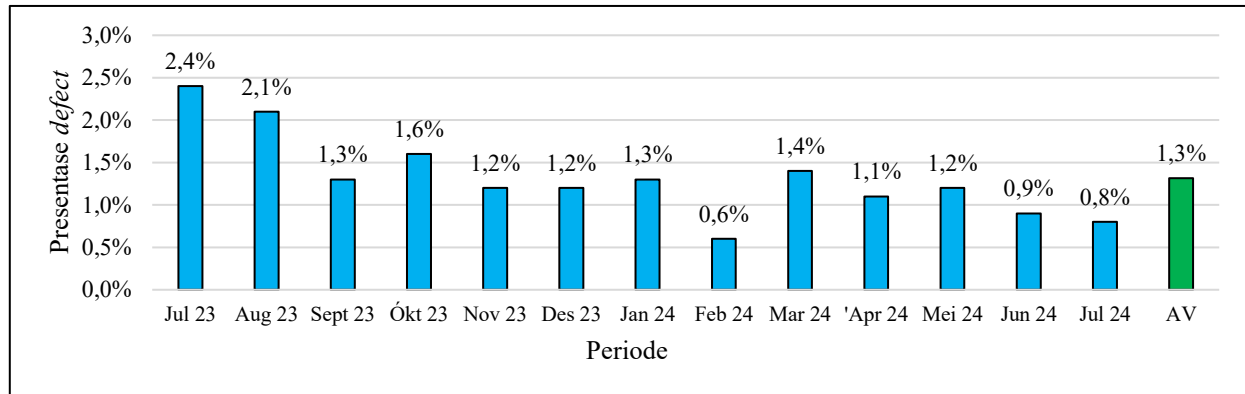
Gambar 1. Tahapan desain penelitian

Teknik analisa data memiliki 8 poin yaitu pertama melakukan analisa dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve dan Control*), melakukan analisis dengan SIPOC diagram untuk mengetahui poin mana yang perlu perbaikan, menghitung nilai DPMO *defect*, melakukan FGD dan analisa akar penyebab *defect*, melakukan analisis *non added value* di proses *mixing* material dan produksi, melakukan analisis statistik hubungan variabel suhu awal, suhu akhir, dan *defect* produksi, melakukan analisis pengaruh berat material dengan *defect* di produksi.

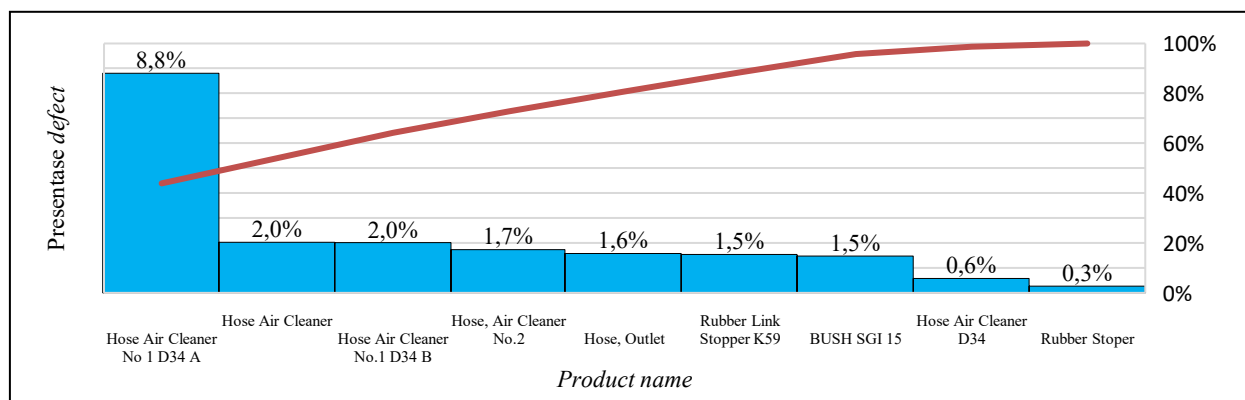
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Fase Define

Dalam fase ini ditemukan rata-rata *defect* produksi selama 1 tahun periode Juli 2023-Juli 2024 sebesar 1,3% dimana target perusahaan adalah maksimal 1% seperti terlihat pada gambar 2. Pareto tertinggi selama 1 tahun tersebut adalah pada produk *Hose air cleaner* no.1 D34 A yaitu sebesar 8,8% seperti terlihat pada gambar 3.



Gambar 2. Data *Defect* Produksi Periode Juli 2023-Juli 2024



Gambar 3. Pareto % *defect* produksi periode Juli 2023 – Juli 2024

3.2 Fase Measure

Dalam fase ini dilakukan penghitungan nilai DPMO untuk mengetahui nilai *sigma* nya, sebelumnya perlu diidentifikasi terkait CTQ terlebih dahulu yaitu 5 jenis *defect* di produksi yang menjadi poin CTQ yaitu angin, sobek, benda asing, kurang bahan, dan lain-lain. Poin-poin CTQ ini berpengaruh secara langsung terhadap kualitas produk yang ingin dicapai atau sasaran mutu. Nilai *sigma defect Hose air cleaner* no.1 D34 A adalah 3,6 *sigma* yang dapat dilihat pada Tabel 1.

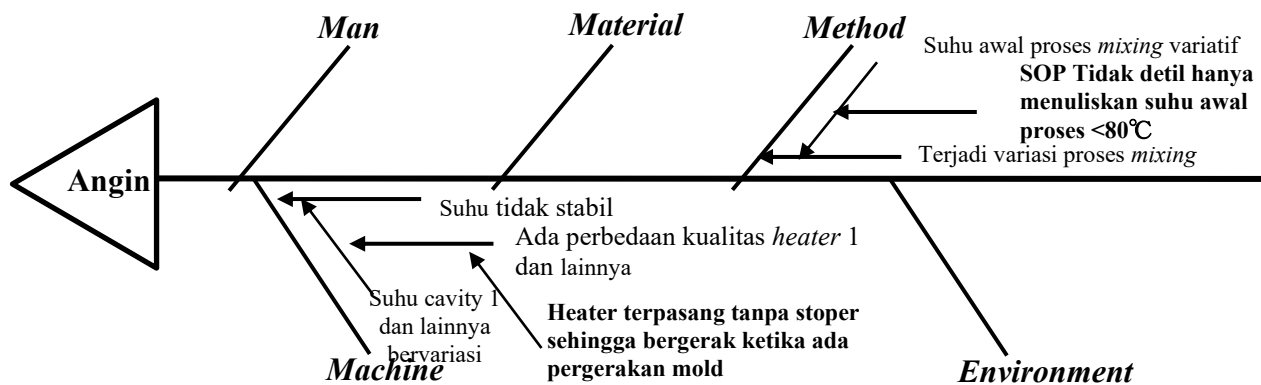
Tabel 1. Nilai DPMO dan *sigma Hose air cleaner* no.1 D34 A sebelum perbaikan sebelum perbaikan

Bulan	Jumlah produksi	Defect	% Defect	CTQ	DPMO	Sigma
Jul 23	2244	412	15,5%	5	36720	3,3
Aug 23	2242	178	7,4%	5	15879	3,6
Sept 23	2597	143	5,2%	5	11013	3,8
Ókt 23	1991	249	11,1%	5	25013	3,5
Nov 23	3328	420	11,2%	5	25240	3,5
Des 23	2570	319	11,0%	5	24825	3,5
Jan 24	6792	676	9,1%	5	19906	3,6
Feb 24	202	26	11,4%	5	25743	3,4
Mar 24	2525	339	11,8%	5	26851	3,4
Ápr 24	3385	187	5,2%	5	11049	3,8

Bulan	Jumlah produksi	Defect	% Defect	CTQ	DPMO	Sigma
Mei 24	3854	298	7,2%	5	15464	3,7
Bulan	Jumlah produksi	Defect	% Defect	CTQ	DPMO	Sigma
Jun 24	3516	220	5,9%	5	12514	3,7
Jul 24	1930	118	5,8%	5	12228	3,7
	37176	3585	8,8%	5	19287	3,6

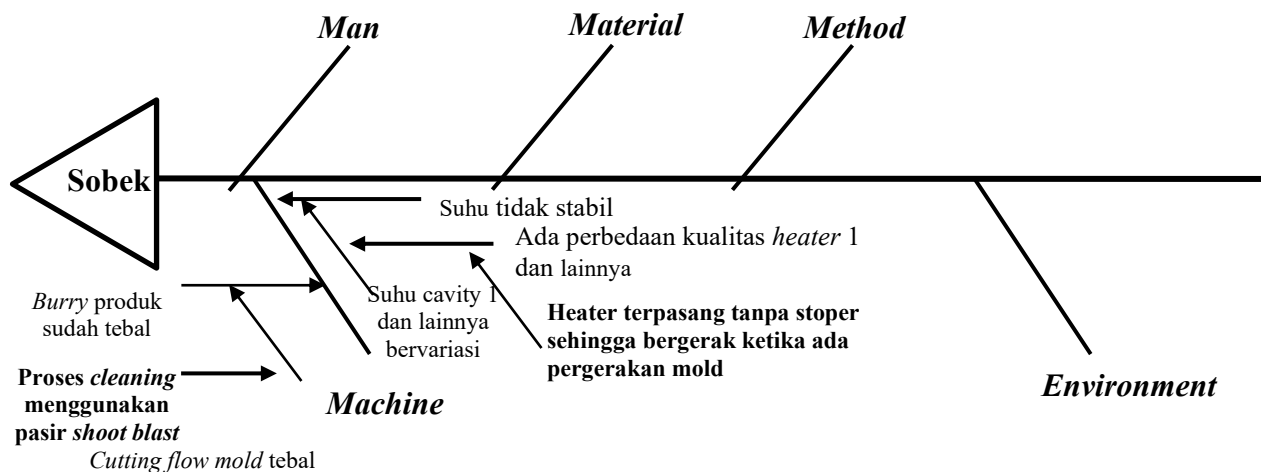
3.3 Analyze

Pada fase ini dilakukan analisa terkait akar penyebab *defect* sobek, angin, kurang bahan dan benda asing. Alat yang digunakan adalah *fishbone diagram*, akar penyebab problem angin diketemukan pada dua kategori pertama *machine* yaitu *heater* terpasang tanpa *cover* sehingga bergerak ketika ada pergerakan *mold* hal ini menjadi potensi kualitas heater tersebut menurun sehingga panas *mold* menjadi tidak stabil dan *method* yaitu SOP tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses <80°C seperti pada gambar 4 hal ini menyebabkan suhu awal proses *mixing* material bervariasi, dengan demikian berpengaruh terhadap kualitas material yang dihasilkan dan menjadi potensi timbulnya *defect* di produksi .



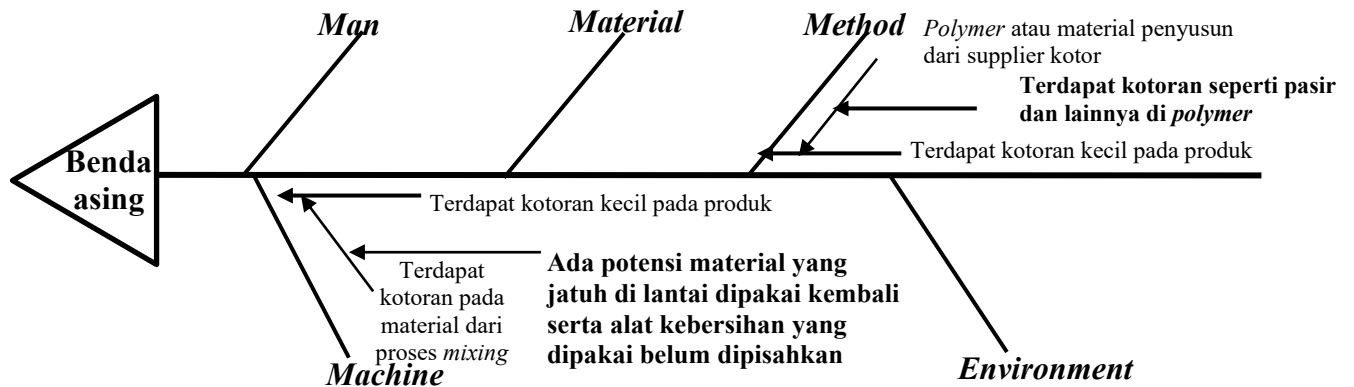
Gambar 4. Fishbone diagram problem angin

Problem kedua yaitu sobek, terdapat dua *root cause* di 1 kategori *machine* yaitu *heater* terpasang tanpa *cover* sehingga bergerak ketika ada pergerakan *mold* hal ini menjadi potensi kualitas heater tersebut menurun sehingga panas *mold* menjadi tidak stabil dan proses cleaning menggunakan pasir *shoot blast* pasir cleaning ini menyebabkan keausan pada *parting line mold* yang berakibat burry produk tebal dan mudah sobek seperti pada gambar 5.



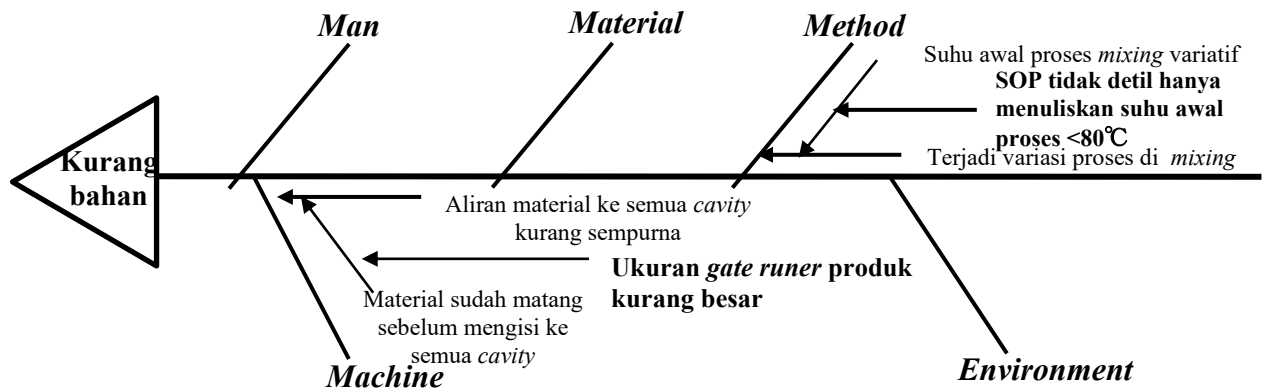
Gambar 5. Fishbone diagram problem sobek

Problem ketiga yaitu benda asing, terdapat dua *root cause* dalam dua kategori *machine* dan *material* yaitu ada potensi material yang jatuh dilantai dipakai kembali sehingga menjadi potensi penyebab debu dan kotoran masuk ke dalam mesin dan tercampur dengan material serta alat kebersihan yang dipakai belum dipisahkan antara alat kebersihan yang digunakan untuk membersihkan lantai maupun untuk membersihkan mesin, dari segi material terdapat kotoran seperti pasir dan lainnya di *polymer* yang dapat ikut tercampur saat proses *mixing* material sesuai gambar 6 berikut.



Gambar 6. Fishbone diagram problem benda asing

Problem keempat yaitu kurang bahan, terdapat dua *root cause* dalam dua kategori *machine* dan *material* yaitu ukuran pertama *gate runner* produk kurang besar sehingga berpotensi aliran material yang mengalir ke *cavity mold* kurang sempurna yang dapat menyebabkan *defect* kurang bahan pada produk dan kedua SOP tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses $<80^{\circ}\text{C}$ hal ini menyebabkan suhu awal proses *mixing* material bervariasi sehingga berpengaruh terhadap kualitas material dan kualitas produk di produksi seperti terlihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7. Fishbone diagram problem kurang bahan

3.4 Fase Improve

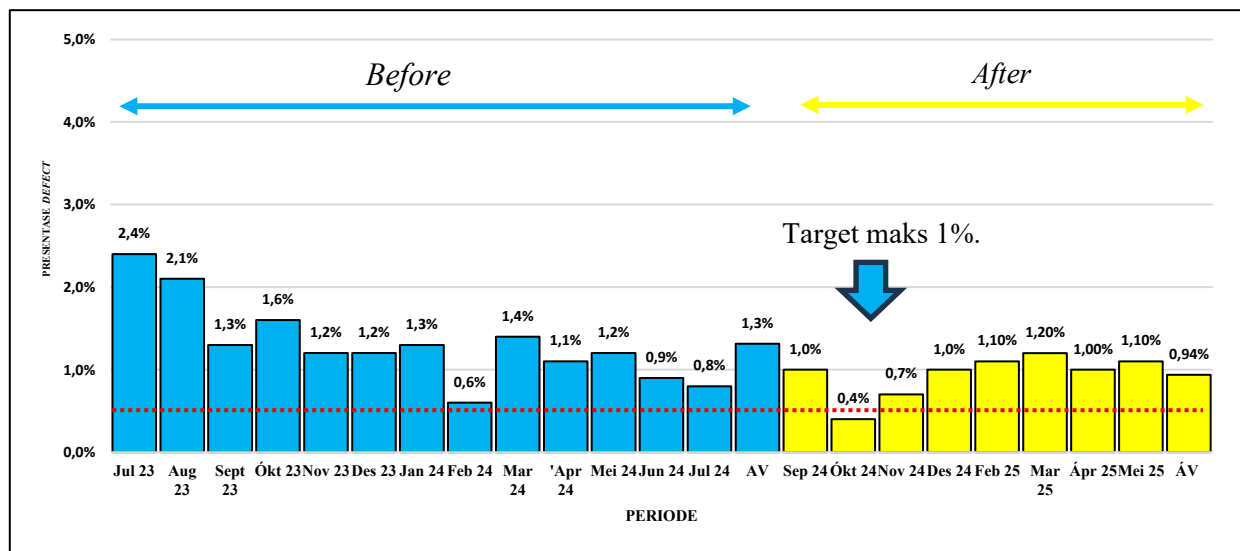
Dalam fase ini dilakukan perbaikan sesuai *root cause* yang telah ditemukan pada fase *analyze* menggunakan tabel 5 W 1 H seperti tabel 3 dibawah ini.

Tabel 5. 5 W 1 H

No	What	Why	Where	When	Who	How
1	Angin	Heater terpasang tanpa stoper sehingga bergerak ketika ada pergerakan <i>mold</i>	Produksi	End Jan 25	Maintenance	Menambahkan cover atau stoper heater supaya heater tidak bergerak
		SOP di proses <i>mixing</i> material tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses <80	Mixing	End Feb 25	Mixing	Mereview dan membuat standar

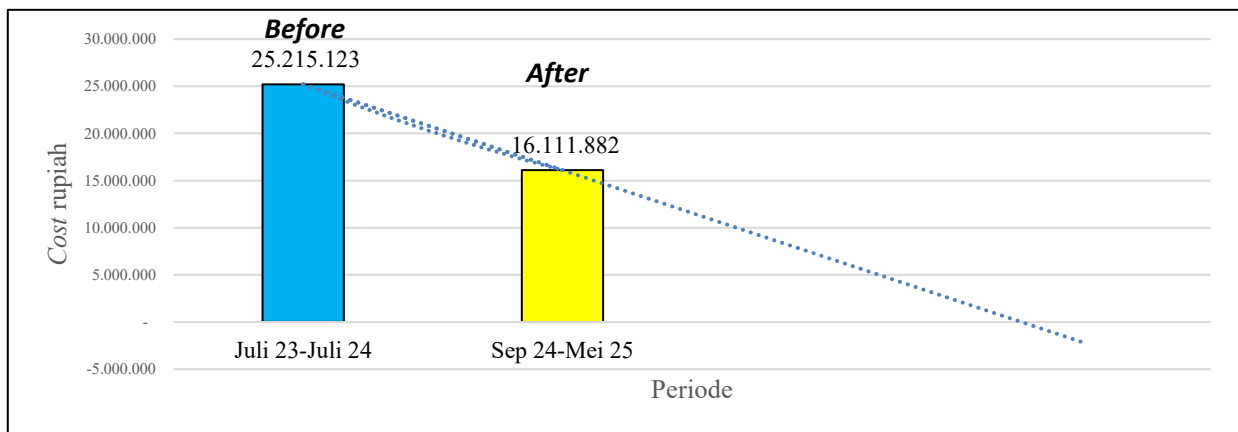
No	What	Why	Where	When	Who	How
2	Sobek	Heater terpasang tanpa stoper sehingga bergerak ketika ada pergerakan mold Proses cleaning menggunakan pasir <i>shoot blast</i>	Produksi <i>Engineering</i>	End Jan 25 End Jan 25	<i>Maintenance</i> <i>Maintenance</i>	dengan range yang jelas Memberikan <i>cover</i> atau stoper <i>heater</i> supaya heater tidak bergerak Review <i>cover</i> untuk <i>parting ine</i> , <i>repair parting line</i> dan <i>ceaning</i> dengan <i>chemical</i>
3	Benda asing	Ada potensi material yang jatuh dilantai dipakai kembali serta alat kebersihan yang dipakai belum dipisahkan Terdapat kotoran seperti pasir dan lainnya di <i>polymer</i>	<i>Mixing</i> <i>Mixing</i>	End Jan 25 End Jan 25	<i>Maintenance</i> <i>Purchasing, Improvement</i>	Mereview memperbesar bak tampungan material serta pemisahan alat kebersihan lantai dan mesin Mereview kondisi <i>polymer</i> dari supplier
4	Kurang bahan	Ukuran <i>gate runner</i> produk kurang besar SOP di proses <i>mixing</i> material tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses <80	Produksi <i>Mixing</i>	End Sep 24 End Feb 25	<i>Moldshop</i> <i>Mixing</i>	Memperbesar <i>gate runner</i> untuk memperlancar aliran material Mereview dan membuat standar dengan range yang jelas

Setelah dilakukan perbaikan nilai *defect* produksi mengalami penurunan dari rata-rata periode sebelumnya 1,3% menjadi 0,9% seperti pada gambar 7.



Gambar 8. Defect produksi sebelum dan sesudah perbaikan.

Nilai sigma mengalami peningkatan dari 3.6 menjadi 3.8 sigma serta nilai *defect* secara rupiah menurun dari Rp. 25.215.123 menjadi Rp. 16.111.888 seperti pada gambar 8 berikut ini.



Gambar 9. *Defect* sebelum dan sesudah perbaikan

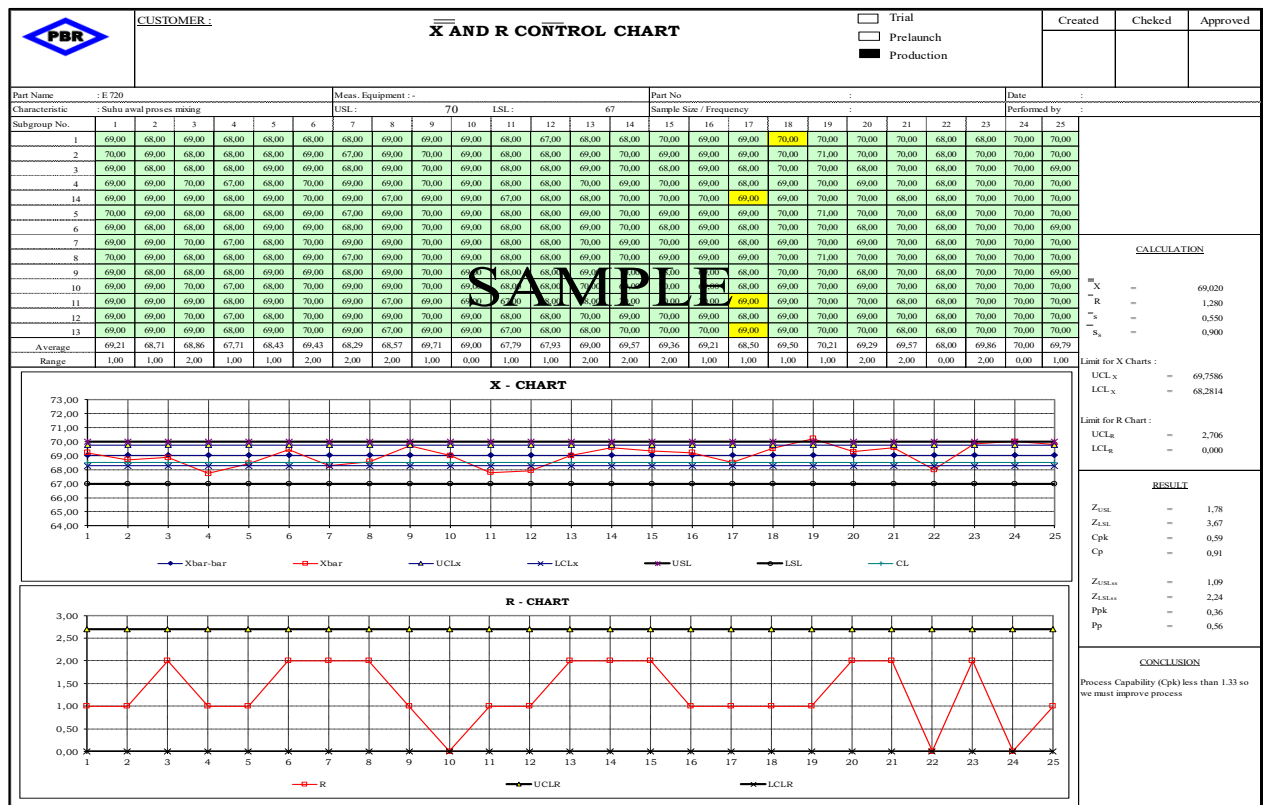
3.5 Fase Control

Pada fase *control* ini dilakukan standarisasi dan *monitoring* untuk memastikan bahwa perbaikan yang telah dilakukan pada fase *improve* dipertahankan dan bahwa proses tetap berada dalam kontrol setelah implementasi. Diantaranya adalah perubahan SOP *mixing* pada gambar 10, *cheksheet control* suhu awal proses *mixing* pada gambar 11, serta SOP *cover heater mold* seperti pada gambar 12.

PBR PTBBR		FORMULASI COMPOUND & STANDAR MIXING (PROSES KNEADER)		Doc. No. PBR-STD-ENG-ET20 Issued Date 18-Jun-25 Revisi No. 1 Dept. Engineering Compound			
CODE COMPOUND		PROSES		WARNA		UNTUK	
E-720		MOLD PRESS		HITAM		MOLD PART	
FORMULASI (SO)				STANDAR MIXING (SO)			
CODE	NO.	MATERIAL CODE	TYPE MC KNEADER 75 L	FILL FACTOR 97%	DUMP TEMP 140°C ± 5°C		
R	1	R.025.0	STEP MIXING (SO)				
	2	R.026.0					
F	1	F.002.0					
	2	F.012.0					
O	1	O.007.0					
V	1	C.032.0					
	2	C.039.0					
	3	C.023.0					
	4	C.059.0					
FORMULASI (SO)				STANDAR MIXING (SO)			
CODE	NO.	MATERIAL CODE	TYPE MC KNEADER 75 L	FILL FACTOR ~	DUMP TEMP 95°C ± 5°C		
V	1	C.004.0	STEP MIXING (SO) BASIC FORMULASI : Doseg-Hua				
	2	C.005.0					
	3	C.036.0					
	4	C.061.0					
	5	C.003.0					
	6	C.053.0					
	7	C.055.0					
STANDAR PENGECEKAN COMPOUND							
NO.	ITEM CHECK		STANDAR				
1	ORIGINAL 160°C ± 10	MS	JIS A	67 ~ 78			
		TB	Eg/Cm ³	110 Min			
		EB	%	270 Min			
		SG	g/cm ³	1.33 ± 0.03			
2	RHEOMETER 140°C ± 10 (Reference)	Ts 2	ms : 0	1.30 ~ 4.30			
		T 90	ms : 0	4.30 ~ 7.30			
		T10	ms : 0	1.00 ~ 3.00			

REVISI			DIBUAT	DI CHECK	DISetujui
NO.	TANGGAL	KETERANGAN			
0	01/03/2018	Original			
1	18/06/2026	Perubahan Temperature Mixing (SO) dari < 80°C menjadi 67°C – 78°C			

Gambar 10. SOP *Mixing*



Gambar 11. cheksheet control suhu awal proses mixing



Gambar 12. Standar cover heater mold

4. Kesimpulan

Hasil analisis penurunan *defect* produk *rubber hose* adalah terdapat 4 kategori *defect* yaitu *defect* angin, sobek, kurang bahan, dan benda asing. Dari masing-masing kategori tersebut mempunyai root cause problem yang menjadi penyebab terjadinya *defect* yaitu sebagai berikut.

Tabel 6. *Root cause problem*

No	Kategori defect	Root Cause
1	Angin	Heater terpasang tanpa stoper sehingga bergerak ketika ada pergerakan mold
2	Sobek	SOP di proses <i>mixing</i> material tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses <80
3	Benda asing	Heater terpasang tanpa stoper sehingga bergerak ketika ada pergerakan mold Proses cleaning menggunakan pasir <i>shoot blast</i>
4	Kurang bahan	Ada potensi material yang jatuh dilantai dipakai kembali serta alat kebersihan yang dipakai belum dipisahkan Terdapat kotoran seperti pasir dan lainnya di <i>polymer</i> Ukuran <i>gate runner</i> produk kurang besar SOP di proses <i>mixing</i> material tidak detil hanya menuliskan suhu awal proses <80

Setelah dilakukan tindakan perbaikan defect produksi mengalami penurunan dari rata-rata sebelumnya 1,3% menjadi 0,94%.

Rekomendasi

Perbaikan *parting line mold* sangat perlu dilakukan mengingat hal ini adalah poin kritikal pada perbaikan proses yang saat ini belum bisa dilakukan dikarenakan merupakan mold yang *fast moving* serta *study* metode dan alat *cleaning mold* yang tidak merusak *parting line* sangat direkomendasikan untuk menjaga agar kondisi *mold* selalu optimal.

Daftar Pustaka

- Costa, T., Silva, F. J. G., & Pinto Ferreira, L. (2017). Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology. *Procedia Manufacturing*, 13, 1104–1111. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofu, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*. 1–17.
- Guleria, P., Pathania, A., Bhatti, H., Rojhe, K., & Mahto, D. (2021). Leveraging Lean Six Sigma: Reducing defects and rejections in filter manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 46(xxxx), 8532–8539. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.535>
- Helleno, A. L., de Moraes, A. J. I., & Simon, A. T. (2017). Integrating sustainability indicators and Lean Manufacturing to assess manufacturing processes: Application case studies in Brazilian industry. *Journal of Cleaner Production*, 153, 405–416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.072>
- Ikhsan, M. F., Pusporini, P., & Rizqi, A. W. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Flat Bar Dengan Metode Six Sigma Pada Pt. Jatim Taman Steel. *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 2(3), 315. <https://doi.org/10.30587/justicb.v2i3.3897>
- Izzah, N., & Rozi, M. F. (2019). Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Metode Six Sigma-Dmaic Dalam Upaya Mengurangi Kecacatan Produk Rebana Pada Ukm Alfiya Rebana Gresik. *Jurnal Ilmiah Soulmath: Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, 7(1), 13–26. <https://doi.org/10.25139/smj.v7i1.1234>
- Kholil, M., Haekal, J., Suparno, A., Oktaandhini, D. S., & Widodo, T. (2021). Lean Six sigma Integration to Reduce Waste in Tablet coating Production with DMAIC and VSM Approach in

- Production Lines of Manufacturing Companies. *International Journal Of Scientific Advances*, 2(5), 719–726. <https://doi.org/10.51542/ijscia.v2i5.8>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Nallusamy, S., Nivedha, R., Subash, E., Venkadesh, V., Vignesh, S., & Vinoth Kumar, P. (2018). Minimization of rejection rate using lean six sigma tool in medium scale manufacturing industry. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 9(1), 1184–1194.
- Sasikumar, A., Acharya, P., Nair, M., & Ghafar, A. (2023). Applying lean Six Sigma for waste reduction in a bias tyre manufacturing environment. *Cogent Business and Management*, 10(2). <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2228551>
- Siregar, K., & Elvira. (2020). Quality control analysis to reduce defect product and increase production speed using lean six sigma method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 801(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012104>
- Vijaya Sunder, M. (2016). Lean Six Sigma in higher education institutions. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 8(2), 159–178. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2015-0043>