

PENERAPAN LEAN SIX SIGMA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS VOLUTE CASING DALAM MENGURANGI PRODUK CACAT

Dewi Yuliana¹⁾, Mohammad Agung Saryatmo²⁾, Lithrone Laricha Salomon³⁾

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanagara

e-mail: ¹⁾dewi.545190056@stu.untar.ac.id, ²⁾mohammads@ft.untar.ac.id, ³⁾lithrones@ft.untar.ac.id

ABSTRAK

Kualitas produk yang baik atau tidak bergantung pada faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti kualitas bahan baku yang digunakan, proses produksi, alat produksi, sumber daya manusia yang terampil serta dapat bekerja efektif memproduksi suatu produk pada perusahaan. Perusahaan yang diteliti berdiri pada tahun 1992 di Kawasan Pulo Gadung, Jakarta Timur. Perusahaan ini menghasilkan produk berupa casting pompa. Casting pompa ini mempunyai beberapa jenis produk seperti, volute casing, impeller, bearing housing, dan casing cover. Berdasarkan hasil observasi didapatkan tiga waste terbesar berupa defect, overproduction dan waiting. Penelitian yang dilakukan memanfaatkan metode lean six sigma dengan tahap DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) untuk meminimalisasi waste dan menciptakan perbaikan yang berkesinambungan. Setelah dilakukan analisa dan pengolahan data, tercatat bahwa tiga waste terbesar yang dimiliki selama proses produksi berupa defect sebesar 26,35%, overproduction sebesar 22,90%, dan waiting sebesar 12,60%. Mengenai nilai sigma dan DPMO, didapatkan hasil perhitungan DPMO sebesar 14.972 dengan nilai. sigma berada pada angka 3,671. Setelah memberi rekomendasi perbaikan terhadap permasalahan, durasi non-value added activity pada value stream mapping berhasil disusutkan dari 671.700 detik menjadi 361.080 detik yang memberi peningkatan pada nilai PCE dari 25,32% menjadi 38,67%, dengan perbaikan nilai DPMO sebesar 4289 unit serta nilai sigma setelah diperbaiki sebesar 4,128.

Kata kunci: Kualitas, Lean, Lean Six Sigma, Defect, DPMO, Pemborosan

ABSTRACT

Good product quality or not depends on factors that influence it such as the quality of raw materials used, production processes, production tools, skilled human resources and can work effectively to produce a product in the company. The company under study was founded in 1992 in the Pulo Gadung area, East Jakarta. This company produces a product in the form of pump casting. This pump casting has several types of products, such as volute casing, impeller, bearing housing, and casing cover. Based on the results of observations and so on, the three biggest wastes are defects, overproduction and waiting. The research was conducted utilizing the lean six sigma method with the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) stage to minimize waste and create continuous improvements. After analyzing and processing the data, it was noted that the three biggest wastes during the production process were defects of 26.35%, overproduction of 22.90%, and waiting of 12.60%. Regarding the sigma and DPMO values, the DPMO calculation results obtained are 14,972 with a value. sigma is at 3,671. After providing recommendations for improvements to the problem, the duration of non-value added activity in value stream mapping was successfully reduced from 671,700 seconds to 361,080 seconds which increased the PCE value from 25.32% to 38.67%, with improvements the DPMO value is 4289 units and the sigma value after repair is 4.128.

Keywords: Quality, Lean, Lean Six Sigma, Defect, DPMO, Waste

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan suatu perusahaan yang berada di kawasan Pulogadung yang bergerak di industri casting pompa. PT. XYZ memproduksi beberapa jenis bagian pompa yaitu impeller, bearing housing, volute casing, dan casing cover. Produk yang dihasilkan juga didesain sedemikian rupa agar sesuai dengan kebutuhan pasar. PT. XYZ merupakan perusahaan yang menggunakan sistem *engineering to order* (ETO) yaitu sistem produksi yang dilakukan jika ada permintaan dari konsumen yang dimulai dari proses perancangan produk sesuai spesifikasi yang dibutuhkan oleh konsumen/pelanggan hingga diproduksi dan dikirimkan ke tangan konsumen/pelanggan.

Berdasarkan observasi yang telah dilakukan pada PT. XYZ, terdapat permasalahan

yang berkaitan dengan pengendalian kualitas dari produk yang dihasilkan. Produk *volute casing* yang memiliki persentase *defect* cukup besar dikarenakan jumlah produksi yang dilakukan juga dalam skala besar yang disebabkan oleh faktor dari material, lingkungan, manusia, ataupun mesin.

Berikut ini merupakan persentase jenis cacat Bulan Januari 2022 yang terjadi pada PT.XYZ dengan jumlah produksi sebesar 1953 unit yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis *Defect Volute Casing*

Jenis Defect	Jumlah (unit)	Persentase Defect
Core Up/Down	27	11,20%
Gas	48	19,91%
Bocor	23	9,54%
Sand drop	30	12,45%
Dimensi (+/-)	34	14,11%
Srinkage	60	24,89%
Slag	19	7,88%
Total	241	

Permasalahan utama yang dihadapi oleh perusahaan ini adalah pemborosan (*waste*) yang terjadi selama proses produksi berlangsung, yakni produk cacat (*waste of defect*), produksi yang berlebihan (*waste of overproduction*), dan waktu menunggu (*waste of waiting*). Meninjau masalah yang sedang terjadi, maka diperlukan penelitian yang lebih dalam untuk mengidentifikasi dan menganalisis akar permasalahan, kemudian meminimalisasi hingga menghilangkan pemborosan (*waste*) yang terjadi.

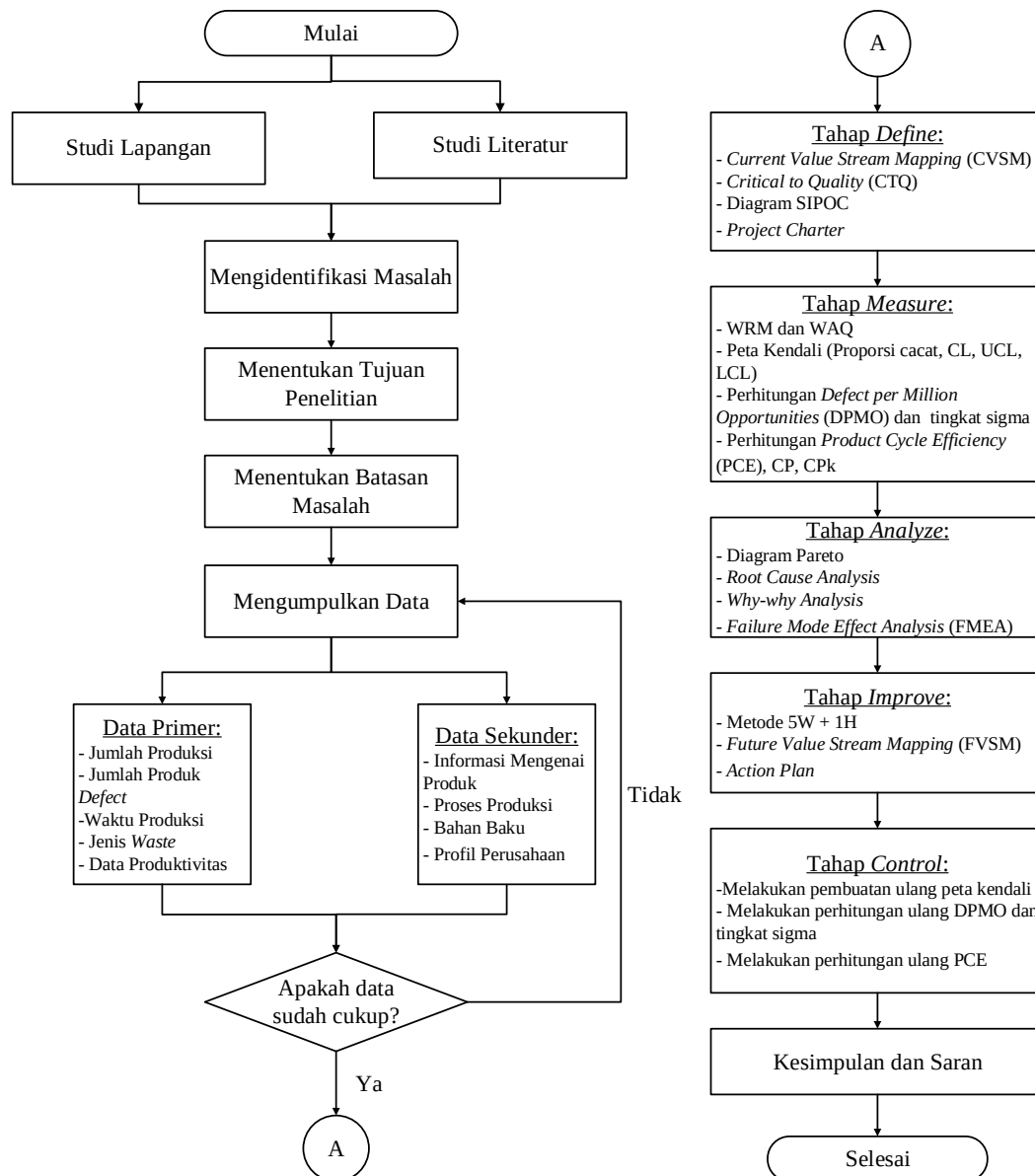
Lean manufacturing merupakan suatu metode pendekatan untuk mengidentifikasi, meminimalisasi, hingga menghilangkan pemborosan (*waste*) yang terjadi selama proses produksi berlangsung pada sebuah pabrik atau perusahaan terhadap aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activities*) melalui peningkatan/perbaikan yang berkesinambungan (*continuous improvement*) dengan cara mengalirkan produk dan informasi menggunakan *pull system*, *internal*, dan *external* untuk mencapai keunggulan dan kesempurnaan. *Lean* adalah suatu upaya terus-menerus untuk menghilangkan (*waste*) dan meningkatkan nilai tambah (*value added*) produk (barang/jasa) agar memberikan nilai kepada pelanggan (*customer value*) [1]. Sementara, *Six sigma* adalah suatu upaya terus-menerus untuk menurunkan variasi dari proses guna untuk meningkatkan kapabilitas proses, dalam menghasilkan produk (barang dan/atau jasa) yang bebas kesalahan (*zero defects*) dengan target minimum 3,4 DPMO (*Defects Per Million Opportunities*), untuk memberikan nilai tambah kepada pelanggan (*customer value*) [2].

Lean six sigma merupakan kombinasi antara *lean* dan *six sigma* dengan tujuan untuk mengidentifikasi atau menghilangkan pemborosan (*waste*) yang terjadi selama proses produksi. Metode *lean six sigma* menggunakan konsep DMAIC yang terdiri dari *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* dalam mengidentifikasi, menganalisis, meminimalisasi, hingga menanggulangi akar permasalahan terkait pemborosan (*waste*) yang terjadi [3].

METODE PENELITIAN

Alur penelitian pada penelitian ini adalah mengumpulkan teori dan informasi mengenai pembahasan metode *lean six sigma*, kemudian mengidentifikasi permasalahan yang terjadi, menentukan tujuan dari penelitian, menentukan batasan masalah, melakukan pengumpulan data primer serta sekunder, menjalankan tahap *define* (*current value stream mapping*, *critical to quality*, diagram SIPOC, dan *project charter*), menjalankan tahap *measure* (*waste relationship matrix*, *waste assessment questionnaire*, *control chart p*, *defect per million opportunities* dan tingkat sigma, *process cycle efficiency*, dan kapabilitas proses), menjalankan tahap *analyze* (diagram pareto, *root cause analysis*, *failure mode and effect analysis*), menjalankan tahap *improve* (metode 5W + 1H, *future value stream mapping*, dan

action plan), menjalankan tahap *control* (*defect per million opportunities*, *control chart p*, *proces cycle efficiency*), memberikan dan mengimplementasikan beberapa usulan/rekomendasi perbaikan, serta membuat kesimpulan dan saran. *Flowchart* metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *lean six sigma* dengan prinsip DMAIC dengan tujuan untuk meminimalisasi hingga menghilangkan *waste* yang terjadi selama proses produksi dengan harapan dapat mencapai *lean manufacturing*.

Tahap Define

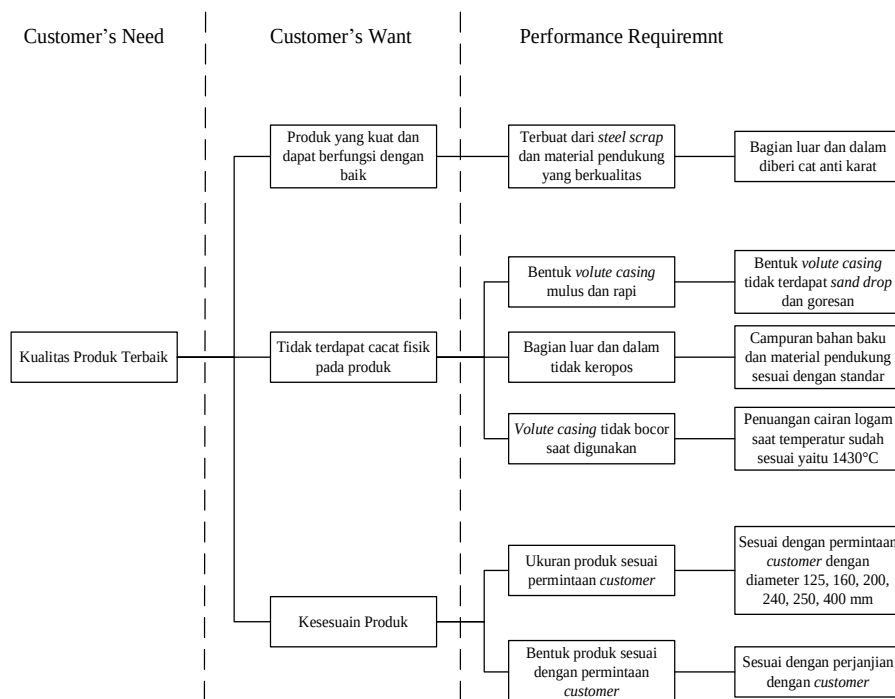
Tahap pertama yaitu *Define* atau penentuan, pada tahap ini, peneliti memahami pemasalahan yang terjadi serta mengidentifikasi permasalahan lebih mendalam dan detail. Selanjutnya adalah menentukan suatu produk yang akan dijadikan sebagai objek penelitian. Penentuan produk penelitian ini tentunya dilakukan berdasarkan pertimbangan dari beberapa pihak yang berkaitan dengan proses produksi, seperti manajer produksi, dan

staff produksi dengan memerhatikan data-data historis perusahaan terutama data *defect*. Adapun data *defect* yang menjadi dasar pemilihan produk penelitian ini adalah data *defect* produksi selama sepuluh bulan terakhir mulai dari bulan Januari 2022 hingga bulan Oktober 2022. Data-data tersebut akan diolah dan dihitung ke dalam persentase *defect*. Adapun pengolahan data *defect volute casing* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Total Produksi dan Total *Defect Volute Casing* PT. XYZ

No.	Bulan	Jumlah produksi (unit)	Total defect (unit)	Persentase Defect (%)
1.	Januari 2022	1953	241	12,33
2.	Februari 2022	1498	163	10,88
3.	Maret 2022	1682	157	9,33
4.	April 2022	2033	189	9,29
5.	Mei 2022	1854	175	9,43
6.	Juni 2022	1766	228	12,91
7.	Juli 2022	2157	197	9,13
8.	Agustus 2022	1924	205	10,65
9.	September 2022	2268	245	10,80
10.	Oktober 2022	2120	218	10,28

Langkah selanjutnya pada tahap *Define* adalah menentukan spesifikasi yang diinginkan dan kepuasan yang ingin dicapai oleh pelanggan dengan menggunakan *critical to quality* [4]. Diagram *critical to quality* (CTQ) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram CTQ *Volute Casing*

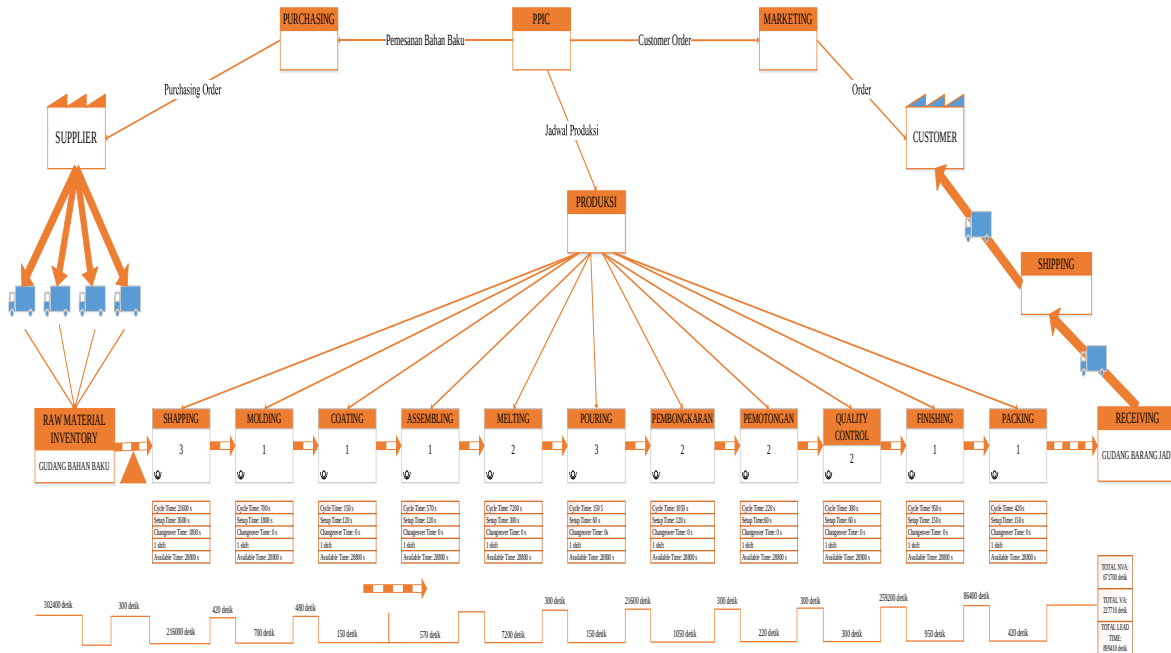
Tahap Measure

Tahap kedua yaitu *measure*, sasaran dari tahap ini adalah mengukur dan mengidentifikasi sumber potensial ketidaksesuaian yang terjadi di dalam suatu proses produksi. Langkah pertama dimulai dengan melakukan perhitungan *process cycle efficiency* (PCE) untuk melihat efisiensi suatu proses produksi, rumus perhitungan PCE adalah sebagai berikut.

$$PCE = \frac{\text{Value Added Time}}{\text{Total Lead Time}} \times 100\% \quad (1)$$

Setelah melakukan perhitungan, didapatkan nilai PCE sebesar 25,32%. Dengan demikian, proses produksi *volute casing* termasuk golongan tidak *lean* dikarenakan nilai PCE tidak melebihi 30% [5].

Langkah selanjutnya adalah melakukan pemetaan mengenai *workflow* dari keseluruhan stasiun kerja untuk mendapatkan informasi menggunakan *current value stream mapping* [6]. *Current value stream mapping* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Current Value Stream Mapping*

Setelah melakukan pemetaan, dilakukanlah identifikasi *waste* menggunakan *waste relationship matrix* (WRM) dan *waste assessment questionnaire* (WAQ) untuk mengetahui tingkat implikasi dan konsekuensial antara satu *waste* dengan lainnya [7]. *Waste Relationship Matrix* adalah suatu matriks untuk menganalisa kriteria setiap pengukuran yang terdiri dari baris yang menunjukkan pengaruh yang terjadi dalam suatu *waste* terhadap keenam *waste* yang lainnya [8]. Tabel pengolahan *waste relationship matrix* dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Hubungan Kuesioner *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W
O	A	O	E	U	U	X	I
I	O	A	O	U	U	X	X
D	I	O	A	U	U	X	I
M	X	U	O	A	X	U	O
T	O	U	O	U	A	X	O
P	O	O	E	O	X	A	O
W	U	U	I	X	X	X	A

Tabel 4. Hasil Konversi *Waste Relationship Matrix*

F/T	O	I	D	M	T	P	W	Score	%
O	10	4	8	2	2	0	6	32	17,20%
I	4	10	4	2	2	0	0	22	11,83%
D	6	4	10	2	2	0	6	30	16,13%
M	0	2	4	10	0	2	4	22	11,83%
T	4	2	4	2	10	0	4	26	13,98%
P	4	4	8	4	0	10	4	34	18,28%
W	2	2	6	0	0	0	10	20	10,75%
Score	30	28	44	22	16	12	34	186	100,00%
%	16,13%	15,05%	23,66%	11,83%	8,60%	6,45%	18,28%	100,00%	

Berdasarkan konversi hubungan pemborosan menjadi nilai hubungan, dapat diketahui bahwa *from process, from overproduction, to defect* dan *to waiting* memiliki nilai yang paling tinggi dalam aliran proses produksi *volute casing*. Kemudian, tahapan selanjutnya

adalah mengolah *waste assessment questionnaire*. *Waste assessment questionnaire* merupakan kuesioner yang terdiri dari 68 pertanyaan untuk mengetahui pemborosan yang terjadi pada setiap lini produksi. Setiap pertanyaan memiliki tiga pilihan jawaban “Ya”, “Sedang”, dan “Tidak” untuk responden. Bobot penilaian untuk *waste assessment questionnaire* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai Pilihan Jawaban WAQ

Kategori A		Kategori B	
Ya	1	Ya	0
Sedang	0,5	Sedang	0,5
Tidak	0	Tidak	1

Setelah menghitung *waste assessment questionnaire*, didapatkan nilai akhir dan peringkat pemborosan (*waste*) yang teridentifikasi pada proses produksi *volute casing*. Hasil Y_j dihitung dengan menggunakan persamaan (2):

$$Y_j = \frac{s_j}{s_j} \times \frac{f_j}{F_j} \quad (2)$$

Hasil Y_j final dihitung dengan menggunakan persamaan (3):

$$Y_j \text{ final} = Y_j \times P_j = \frac{s_j}{s_j} \times \frac{f_j}{F_j} \times P_j \quad (3)$$

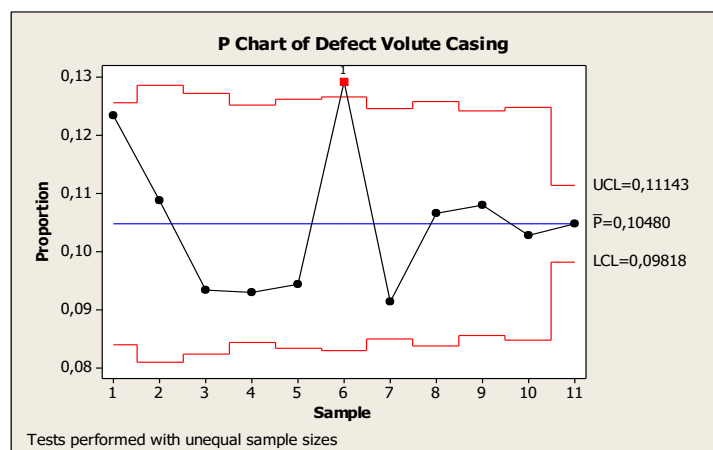
Dengan demikian, didapatkan hasil rekapitulasi analisa akhir WRM dan WAQ yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Rekapitulasi Analisa WRM dan WAQ

	O	I	D	M	T	P	W	Total
Score (Y_j)	0,193	0,163	0,161	0,157	0,194	0,125	0,150	1,142
P_j Factor	277,49	178,06	381,55	139,9	120,25	117,93	196,55	1411,730
Final Result (Y_j Final)	53,43	29,05	61,46	21,91	23,35	14,69	29,39	233,28
Final Result (%)	22,90%	12,45%	26,35%	9,39%	10,01%	6,30%	12,60%	100%
Rank	2	4	1	6	5	7	3	

Selesai melakukan berbagai macam perhitungan dan rekapitulasi data, peneliti memutuskan hanya akan fokus pada dua pemborosan (*waste*) tertinggi yang terjadi selama proses produksi, *waste* tersebut antara lain *waste of defect* dan *waste of inventory*.

Kemudian, untuk memonitor dan mengevaluasi terkait aktivitas/proses produksi apakah terkendali secara statistik atau tidak, digunakanlah *control chart p* [9]. *Control chart p* dibuat dengan bantuan *software* Minitab dan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Control Chart P Volute Casing

Langkah terakhir dari tahap *measure* adalah memeriksa kapabilitas proses melalui perhitungan C_p dan C_{pk} . Perhitungan C_p dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dan persamaan (5):

$$\alpha = 1 - \frac{\text{persentase proporsi cacat}}{100 \times \text{Opportunities Defect}} \quad (4)$$

$$Cp = \frac{a = \text{Tabel Z}}{3} \quad (5)$$

Sedangkan perhitungan Cpk dihitung dengan menggunakan persamaan (6) dan persamaan (7):

$$\alpha = 1 - \frac{\text{persentase proporsi cacat}}{100} \quad (6)$$

$$Cpk = \frac{a = \text{Tabel Z}}{3} \quad (7)$$

Kemudian, didapatkan hasil Cp dan Cpk sebesar 0,723 dan 0,417. Kemudian, melakukan perhitungan terkait DPMO dan nilai sigma dengan persamaan (8) dan (9).

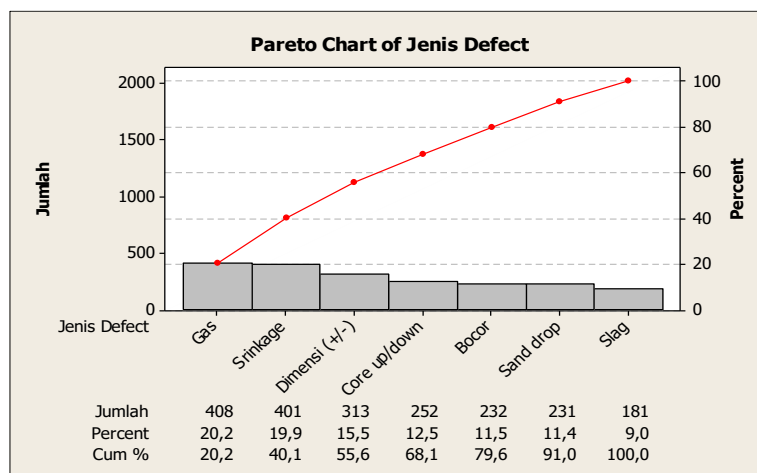
$$DPMO = \frac{\text{Jumlah defect}}{\text{Total unit} \times \text{Defect opportunities}} \times 1.000.000 \quad (8)$$

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV} \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1.5 \quad (9)$$

Dengan demikian, didapatkan hasil DPMO sebesar 14972 unit dan nilai sigma sebesar 3,671. Kapabilitas proses ini merupakan suatu ukuran kinerja kritis yang menunjukkan proses mampu menghasilkan sesuai dengan spesifikasi produk yang diterapkan oleh manajemen berdasarkan kebutuhan dan ekspektasi pelanggan [10].

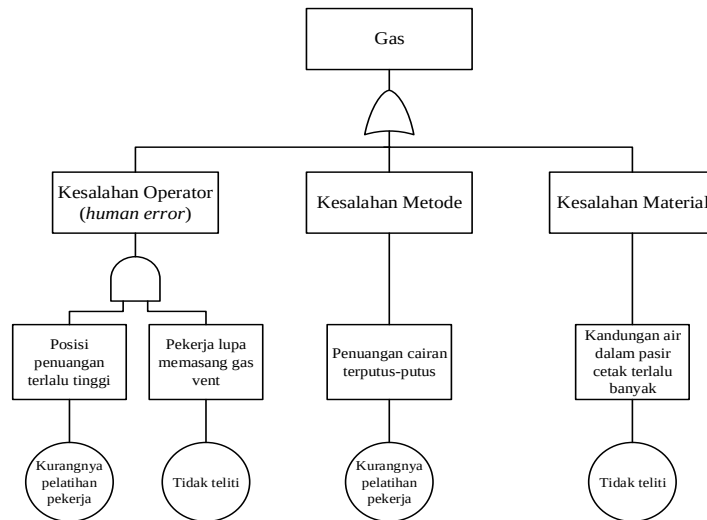
Tahap Analyze

Tahap ketiga yaitu *analyze*, merupakan tahapan operasional ketiga untuk melakukan penentuan sebab akibat dari suatu permasalahan, memahami, dan menganalisa berbagai sumber variasi data yang didapatkan pada tahap *measure*. Pada tahap ini, bertujuan untuk melihat dan menganalisis data secara keseluruhan untuk mendapatkan akar permasalahan dan menjadi langkah awal sebelum menentukan usulan/rekomendasi solusi. Untuk mengetahui jenis cacat yang dominan pada *volute casing*, digunakan instrumen visualisasi diagram Pareto dan didapatkan persamaan cacat dominan pada *volute casing* yang berupa gas dengan persentase *defect* sebesar 22,67%, urutan kedua *defect shrinkage* dengan persentase *defect* sebesar 22,28% dan urutan ketiga *defect dimensi (+/-)* dengan persentase sebesar 17,39%. Diagram Pareto *volute casing* dapat dilihat pada Gambar 5.

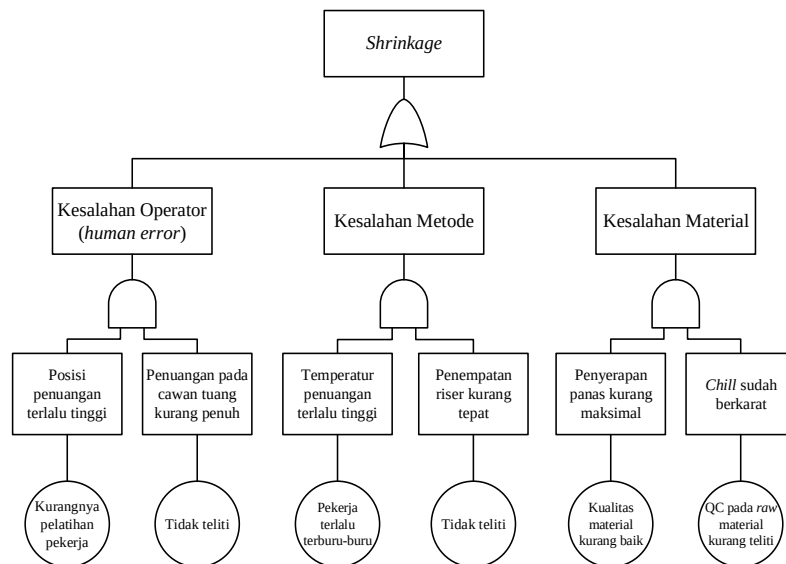


Gambar 5. Diagram Pareto Defect Volute Casing

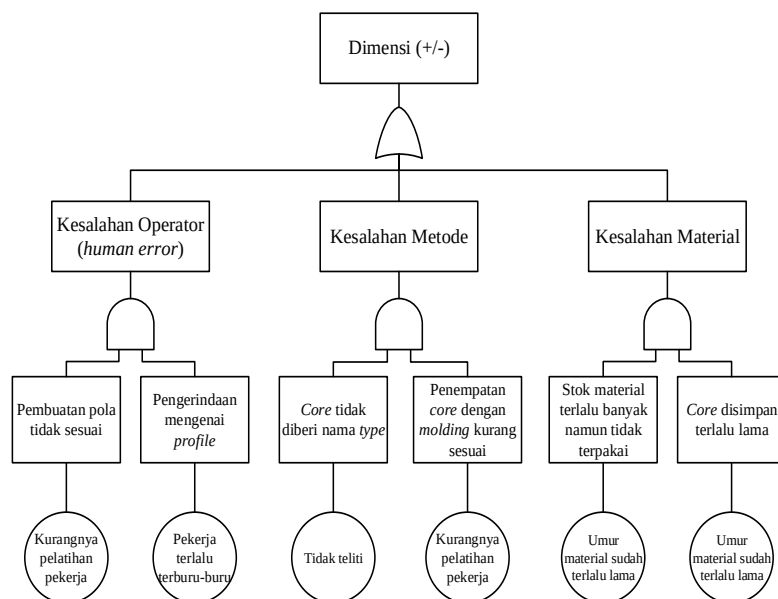
Untuk mencari tahu terkait penyebab dan akibat dari suatu permasalahan, digunakan *Fault Tree Analysis* (FTA) yang digunakan untuk mencari akar penyebab masalah yang menyebabkan terjadinya jenis *defect* tersebut [11]. *Fault Tree Analysis* digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari ketiga jenis *defect* tertinggi pada proses produksi *volute casing* di PT. XYZ. *Fault Tree Analysis* untuk ketiga jenis *defect* dapat dilihat pada Gambar 6 sampai dengan Gambar 8.



Gambar 6. Fault Tree Analysis Defect Gas



Gambar 7. Fault Tree Analysis Defect Shrinkage



Gambar 8. Fault Tree Analysis Defect Dimensi (+/-)

Langkah selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode *why-why analysis*, dimana *why-why analysis* bertujuan untuk mengidentifikasi akar masalah dari kegagalan atau ketidaksesuaian proses dengan bertanya mengapa berulang kali hingga ditemukan akar penyebab permasalahan. Hasil *why analysis* dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9.

Tabel 7. *Why Analysis Waste Waiting*

Waste	Faktor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4
Waiting	Method	Proses produksi terlalu lama	Memerlukan waktu untuk pendinginan cairan	Proses dilakukan secara manual	Tidak ada mesin untuk mendinginkan cairan logam

Tabel 8. *Why Analysis Waste Waiting*

Waste	Faktor	Why 1	Why 2	Why 3	Why 4	Why 5
Over production	Machine	Proses produksi berjalan terlalu lama	Menghindari waktu downtime dari mesin	Menghindari penurunan produktivitas	Target produksi setiap hari harus dipenuhi	Penjadwalan produksi yang ketat

Langkah terakhir pada tahap *analyze* adalah melakukan analisis menggunakan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA), dimana FMEA bertujuan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen [12]. Hasil analisis FMEA dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. *Failure Mode and Effect Analysis*

No.	Potential Failure Mode	Product Effect or Failure	S	Potential Cause	O	Current Process Control	D	RPN	Rank	Action Recommended
1	Core up/down	Core tidak sesuai dengan pola cetakan	4	Tidak pas menempatkan core ke cetakan	4	Memeriksa ketepatan pemasangan	5	80	6	Melakukan inspeksi terhadap core yang telah dimasukkan ke dalam cetakan
2	Gas	Kebocoran saat water pressure test	6	Tidak melakukan proses pembakaran	8	Melakukan proses pembakaran sebanyak 2 kali	7	336	1	Memastikan cetakan melalui proses pembakaran dan Membuat checksheet
3	Bocor	Kebocoran saat water pressure test	6	Jarak riser terhadap benda tuang kurang dapat terpenuhi	5	Melakukan perhitungan pada gating sistem dengan teliti	5	150	4	Membuat checksheet
4	Sand drop	Permukaan volute casing tidak rata	4	Campuran resin dan katalis kurang merekat	5	Memperbanyak campuran katalis	5	100	5	Melakukan maintenance mesin secara berkala
5	Dimensi (+/-)	Produk tidak sesuai dengan ukuran yang diminta	7	Cetakan molding terkena erosi	6	Menghitung kembali setiap lekukan cetakan molding	6	252	3	Memberikan pelatihan kepada operator dan membuat checksheet proses pemeriksaan dimensi
6	Srinkage	Kebocoran saat water pressure test	6	Temperatur penuangan terlalu tinggi	7	Mengganti temp tip jika penggunaan sudah lebih dari 3 kali	7	294	2	Membuat checksheet
7	Slag	Terdapat slag pada permukaan produk	3	Kurang banyak memberikan slag remover	4	Memperbanyak pemberian slag remover	6	72	7	Melakukan pemeriksaan secara visual

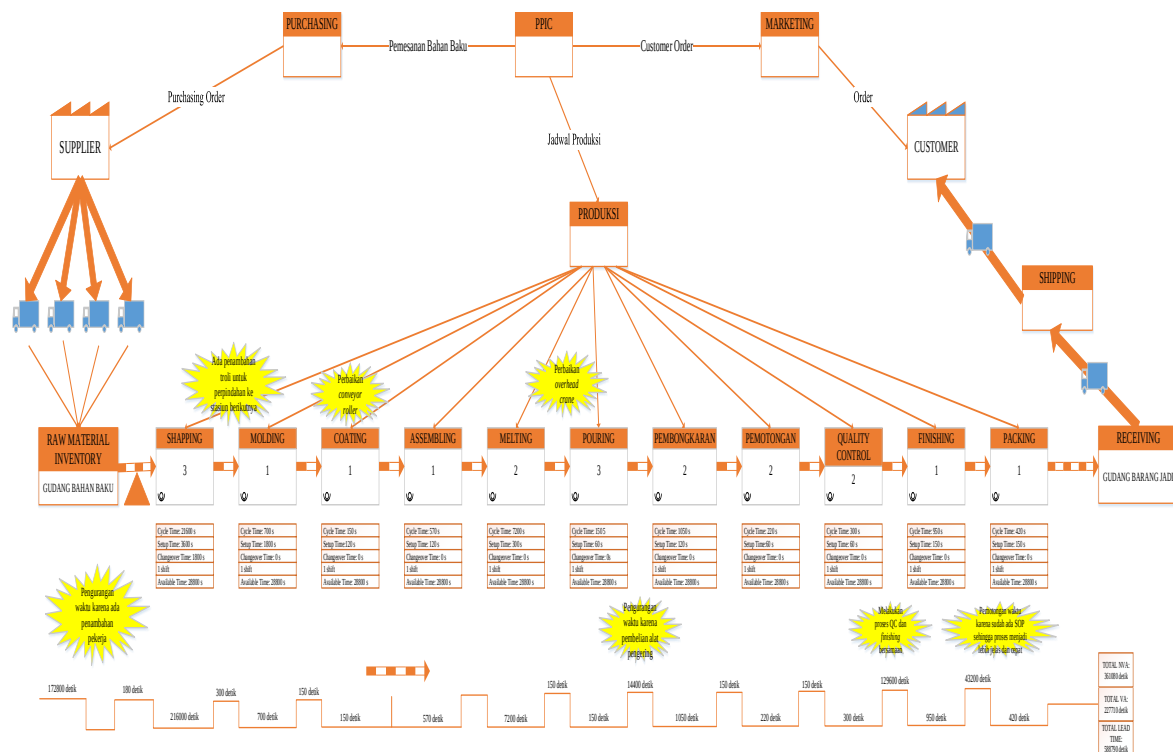
Tahap Improve

Tahap *improve* bertujuan untuk memberikan perancangan dan implementasi usulan-usulan perbaikan untuk mengatasi permasalahan yang menyebabkan pemborosan (*waste*) pada proses produksi. Namun, sebelum itu perlu dilakukan analisis pendahuluan terlebih dahulu menggunakan tabel 5W + 1H terkait informasi yang lebih mendalam tentang *waste* selama proses produksi. Hasil analisis 5W+1H dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Analisis 5W + 1H

No.	What	When	Where	Who	Why	How
1	Waste Defect	Proses Produksi Volute Casing	Ruang Shipping	Kepala Bagian Produksi	Defect core up/down disebabkan oleh pekerja yang tidak teliti dalam menempatkan core di dalam cetakan.	Mengkaji ulang SOP produksi, memberikan pelatihan kerja kepada pekerja
			Ruang Shipping dan Pouring		Defect gas disebabkan oleh tidak dilakukan pembakaran, penuangan cairan terputus-putus, saluran gas vent tidak memenuhi standar, posisi penuangan terlalu tinggi, dan pekerja lupa memasang gas vent	Melakukan pembakaran sebanyak dua kali, membuat <i>checksheet</i> , dan memberikan pelatihan kepada pekerja.
			Ruang Pouring		Defect bocor disebabkan oleh jarak riser terhadap benda tuang kurang dapat terpenuhi	Memberikan pelatihan kerja kepada pekerja
			Ruang Molding		Defect sand drop disebabkan oleh campuran resin dan katalis yang kurang merekat	Membuat <i>checksheet</i> untuk proses pencampuran resin dan katalis
			Ruang Molding		Defect dimensi (+/-) disebabkan oleh cetakan <i>molding</i> terkena erosi, penempatan core dengan molding kurang sesuai, dan pembongkaran <i>casting</i> terlalu cepat	Membuat <i>checksheet</i>
			Ruang Melting		Defect <i>shrinkage</i> disebabkan oleh temperatur penuangan terlalu tinggi, perhitungan gating sistem kurang tepat, dan suhu cairan tidak akurat.	Membuat <i>checksheet</i> dan <i>melting report</i> untunk ruang <i>melting</i>
			Ruang Melting		Defect <i>slag</i> disebabkan oleh kurang banyak memberikan <i>slag remover</i> pada cairan logam	Membuat <i>checksheet</i> untuk proses pemberian <i>slag remover</i>
2	Waste Overproduction	Proses Produksi Volute Casing	Ruang Produksi	Kepala Bagian Produksi	Waste overproduction disebabkan oleh defect yang terlalu banyak sehingga harus membuat ulang produk <i>volute casing</i> yang membuat produk <i>defect</i> tidak terpakai	Mengkaji ulang pembuatan penjadwalan produksi, meningkatkan proses pengendalian kualitas pada proses produksi.
3	Waste Wating	Proses Produksi Volute Casing	Ruang Produksi	Kepala Bagian Produksi	Waste waiting disebabkan oleh adanya waktu tunggu untuk pendinginan cairan logam, pembuatan cetakan pola dan kerusakan mesin.	Mengkaji ulang SOP, meningkatkan proses pengendalian kualitas pada proses produksi, dan melakukan <i>preventive</i> mesin.

Tahap selanjutnya adalah pembuatan *future value stream mapping* yang berfungsi untuk memproyeksikan estimasi perubahan waktu siklus setelah perubahan diterapkan. *Future value stream mapping* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. *Future Value Stream Mapping*

Berikut merupakan perbandingan antara *current value stream mapping* dengan *future value stream mapping* yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Perbandingan CVSM dan FVSM

Aspek	CVSM	FVSM	Keterangan
<i>Value Added Time</i>	227.710 detik	227.710 detik	Tetap
<i>Non Value Added Time</i>	671.700 detik	361.080 detik	Berkurang 310.620 detik
<i>Manufacturing Lead Time</i>	899.410 detik	588.790 detik	Berkurang 310.620 detik
<i>Process Cycle Efficiency</i>	25,32%	38,67%	Meningkat 13,35%

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa proses produksi pada perusahaan ini telah *lean*, hal ini dikarenakan standar yang ditetapkan agar mencapai *lean* adalah sebesar 30%.

Tahap *Control*

Tahap *control* bertujuan untuk menerapkan beberapa usulan/rekomendasi yang diberikan untuk meninjau perubahan yang terjadi terkait proses dan hasil produksi. Implementasi usulan perbaikan pada proses produksi di PT. XYZ dilakukan pada rentang waktu 1 November 2022 hingga 11 November 2022. Penerapan usulan ini dilakukan bertujuan untuk mencegah dan mengurangi tingkat *defect* terutama untuk tiga *defect* yang paling sering terjadi yaitu gas, *shrinkage*, dan dimensi (+/-). Tahap yang dilakukan adalah pembuatan *checksheets*. Tujuan dari pembuatan *checksheets* adalah untuk memeriksa apakah proses produksi yang dijalankan sudah memenuhi standar atau belum. Kemudian, tahap selanjutnya adalah pembuatan *melting report*. *Melting report* dibuat secara berkala sesuai dengan jumlah pelaksanaan *melting*. Dengan membuat *melting report*, dapat diketahui waktu pembuatan, kandungan bahan, jumlah bahan, dan penambahan bahan. Pembuatan *melting report* bertujuan untuk sebagai patokan untuk mengidentifikasi saat *melting* keberapakah *defect* tersebut terjadi sehingga dapat ditelusuri.

Implementasi *melting report* dan *checksheet* dapat dilihat pada Gambar 10 dan Gambar 11.

[illegible]

Gambar 10. Implementasi *Melting Report* Pada Proses *Melting*

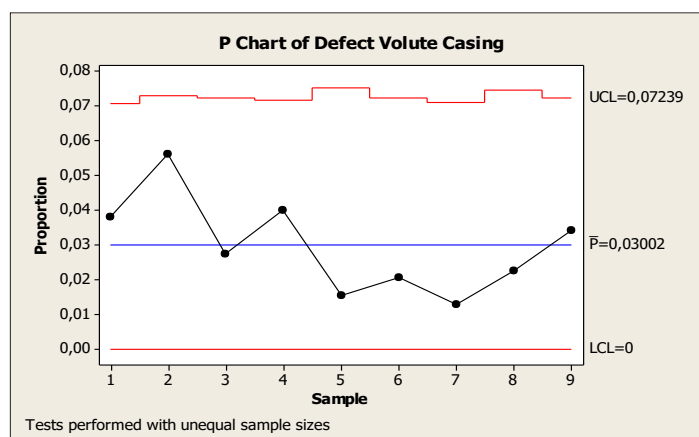
CHECK SHEET PRODUKSI VOLUTE CASING					
Process Control	Dokumen No.	Revisi No.	Nama Inspektor	Shift Ke-	
Tahap Shipping					
Tanggal Produk	Tipe Produk	Aspek Yang Diperiksa			Disetujui Oleh
		Ukuran Cetakan	Ukuran Core	Posisi Core	
1 / 11 / 2022	VC CA 125/400	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
2 / 11 / 2022	VC CA 125/400	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
3 / 11 / 2022	VC EN 125-200A	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
4 / 11 / 2022	VC EN 80-2002	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
7 / 11 / 2022	VC EN 100-200A	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
8 / 11 / 2022	VC EN 65-1602	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
9 / 11 / 2022	VC EN 100-315A	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
10 / 11 / 2022	VC EN 80-2002	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>
11 / 11 / 2022	VC EN 50-2502	✓	✓	✓	<i>[Signature]</i>

Gambar 11. Implementasi *Cheeksheet* Pada Proses *Shapping*

Setelah pengimplementasian usulan/rekomendasi perbaikan, kemudian dibuat tabel perhitungan yang membandingkan DPMO dan nilai sigma selama 9 hari sebelum dan setelah pengimplementasian perbaikan serta pembuatan kembali *control chart* p. Tabel dapat dilihat pada Tabel 12 serta *control chart* dapat dilihat pada Gambar 12.

Tabel 12. Perbandingan DPMO dan Nilai Sigma *Volute Casing*

Keterangan	Perhitungan	
	DPMO	Nilai Sigma
Sebelum Perbaikan	14.972	3,671
Setelah Perbaikan	4289	4,128
Besar Perbaikan	71,35 %	12,45 %



Gambar 12. *Control Chart* P *Volute Casing* Setelah Implementasi Perbaikan

Berdasarkan Gambar 4.25 dapat dilihat bahwa dari total 9 sampel proses produksi yang diambil setelah implementasi berada dalam batas kendali. Berdasarkan peta kendali di atas dapat dilihat bahwa proses produksi mengalami peningkatan karena jumlah produk *defect* berada dalam batas kendali.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa selama proses produksi *volute casing* terdapat tiga jenis waste yang dominan, yaitu *waste of defect* (25,35%), *waste of overproduction* (22,90%), dan *waste of waiting* (12,60%). Untuk jenis cacat yang paling

dominan ditempati oleh gas yang disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain posisi penuangan terlalu tinggi, pekerja lupa memasang gas vent, penuangan cairan terputus-putus, dan kandungan air dalam pasir cetak terlalu banyak. Pada perhitungan nilai DPMO dan nilai sigma, nilai DPMO tercatat sebesar 14.972 unit dengan nilai sigma 3,671.

Setelah memberikan usulan/rekomendasi perbaikan dan melakukan visualisasi dengan *future value stream mapping*, tercatat bahwa durasi *non-value added activity* berkurang dari 671.700 detik menjadi 361.080 detik yang memberikan peningkatan pada nilai PCE. Nilai PCE selama proses produksi mengalami peningkatan dari 25,32% menjadi 38,67% sehingga proses produksi dapat dikatakan sebagai golongan *lean*. Setelah mengimplementasikan beberapa usulan/rekomendasi perbaikan, tercatat bahwa terdapat perbaikan yang cukup terlihat pada DPMO dan nilai sigma, untuk DPMO tercatat 4.289 unit dengan peningkatan sebesar 71,35% dan Bilai sigma tercatat 4,128 dengan peningkatan sebesar 12,45%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Gasperz, *The Executive Guide to Implementation Lean Six Sigma*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama, 2008.
- [2] V. Gaspersz, *Total Quality Management (Untuk Praktisi Bisnis dan Industri)*, Jakarta: Penebar Swadaya, 2011.
- [3] P. I. Piay, H. J. Kristina, dan C. O. Doaly, "Pengurangan Jumlah Produk Cacat Pada Produksi Glasses Box Dengan Metode Lean Six Sigma," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri Universitas Tarumanagara*, Vol. 9, No. 2, pp. 81-92. 2021.
- [4] P. Pande, R. Neuman, dan R. Cavanagh, *The Six Sigma Way*, Yogyakarta: Andi, 2002.
- [5] Ahmad, L. L. Salomon, dan N. D. Limanjaya, "Strategi Peningkatan Mutu Part Bening Menggunakan Pendekatan Metode Six Sigma (Studi Kasus: Department Injection di PT. KG)," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.3, No.3, pp. 156-165, 2017.
- [6] Tannady, Hendry, *Pengendalian Kualitas*, Tangerang: Graha Ilmu, 2015.
- [7] Gaspersz, Vincent, *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*, Jakarta: Gramedia, 2007.
- [8] J. Heizer dan B. Render, *Operations Management – Manajemen Operasi*, Edisi 11, Jakarta: Salemba Empat, 2013.
- [9] M. A. Saryatmo, L. L. Salomon, dan R. Dayana, "Strategi Minimasi Waste Alumunium Foil pada Proses Pengemasan Susu Kental Manis dengan Menggunakan Metode Lean Six Sigma (Studi Kasus: PT.X)," *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Tarumanagara*, Vol. 5, No.17, 2015.
- [10] Gaspersz, Vincent, *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002.
- [11] Jain, P. J., *Quality Control and Total Quality Management*, New Delhi: Mc-Graw Hill, 2001.
- [12] D.H. Stamatis, *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execcution*, 1995.