



Perbaikan Proses Produksi Pompa Air PS-128 BIT Menggunakan Metode *Six Sigma* di PT Tirta Intimizu Nusantara

Improvement of PS-128 BIT Water Pump Production Process Using Six Sigma Method at PT Tirta Intimizu Nusantara

Nadia Mufida¹, Johson Saragih¹, Anik Nur Habyba^{1*}

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

ARTICLE INFO

Article history:

Diterima 21-07-2022
Diperbaiki 25-10-2022
Disetujui 25-12-2022

Kata Kunci:

Produk Cacat, Jenis
Kecacatan, Six Sigma,
DMAIC, FMEA, FTA

ABSTRAK

Kepuasan pelanggan menjadi salah satu tolak ukur perusahaan dalam menjaga kualitas produk. Salah satu tipe pompa non-otomatis yang paling diminati adalah PS-128 BIT. Permasalahan pompa air yang terjadi karena persentase cacat masih berada di atas toleransi yang diinginkan perusahaan. Toleransi yang diberikan oleh perusahaan sebesar 3%, tetapi persentase cacat yang diterima oleh perusahaan sebesar 5.93%. Persentase tersebut didapatkan berdasarkan rata-rata persentase cacat dalam lima bulan (Juli – November 2021). Selanjutnya perusahaan perlu melakukan perbaikan terhadap kualitas produk pompa tersebut. Tujuan dari penelitian untuk meminimasi cacat produk untuk meningkatkan kualitas produk serta dapat memenuhi kepuasan pelanggan. Metode yang digunakan yaitu *six sigma*. Hasil penelitian mengidentifikasi bahwa terdapat dua jenis kecacatan yang dominan pada produk pompa yaitu mseal bocor dan o-ring bocor. Perhitungan nilai *defect million per opportunity* didapatkan sebesar 51,000 dan dikonversi menjadi tingkat sigma sebesar 3.135 dimana nilai ini masih dapat ditingkatkan agar tingkat produk cacat berkurang. Tindakan yang dapat dilakukan untuk mengatasi mseal bocor adalah berupa penggunaan *checklist* pemeriksaan *part* mseal serta o-ring bocor dapat ditangani dengan menggunakan alat bantu seperti *air duster gun*. Alat ini digunakan untuk membantu pembersihan *part* secara berkala guna memastikan *part* tersebut sudah bersih dan dapat dilakukan ke tahap proses produksi selanjutnya. Usulan perbaikan ini sudah dilakukan implementasi dengan hasil akhir tingkat sigma naik sebesar 3.262.

ABSTRACT

Customer satisfaction is one of the company's benchmarks in maintaining product quality. One of the most demanded types of non-automatic pumps is the PS-128 BIT. Water pump problems that occur because the percentage of defects are still above the company's desired tolerance. The tolerance given by the company is 3%, but the percentage of defects received by the company is 5.93%. This percentage is obtained based on the average percentage of disability in five months (July – November 2021). Furthermore, the company needs to make improvements to the quality of the pump product. The purpose of the research is to minimize product defects to improve product quality and can meet customer satisfaction. The method used is six sigma. The results of the study identified that there are two types of defects that are dominant in pump products, namely leaking mseal and leaking o-ring. The calculation of value defect million per opportunity was obtained at 51,000 and converted into a sigma rate of 3.135 where this value can still be increased so that the level of defective products is reduced. Actions that can be taken to overcome leaky mseal include using a mseal part inspection checklist and leaky o-rings can be handled using tools such as air duster guns. This tool is used to help clean parts regularly to ensure that the part is clean and can be done to the next stage of the production process. This proposed improvement has been implemented with the final result of the sigma level increasing by 3.262.

Keywords:

Defective Products, Types of
Defects, Six Sigma, DMAIC,
FMEA, FTA

1. Pendahuluan

Pada era perkembangan teknologi mengalami kemajuan yang cukup signifikan sehingga semakin banyak investasi yang masuk ke dalam negeri di bidang industri manufaktur salah satunya yaitu pembuatan pompa air. Penggunaan pompa air dibutuhkan di beberapa sektor industri maupun kalangan rumah tangga sebagai penunjang untuk pengaliran air. Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk pemindahan cairan dari suatu tempat ke tempat lain melalui saluran pipa dengan bantuan tenaga listrik untuk mendorong air secara kontinu. Kualitas merupakan faktor yang cukup penting bagi konsumen dalam memilih suatu produk yang sedang bersaing [1]. Kualitas juga menjadi hal yang sangat penting untuk perusahaan dengan alasan yaitu sebagai reputasi perusahaan, penurunan biaya, peningkatan pangsa pasar, pertanggungjawaban atas produk maupun jasa, dampak internasional, estetika atau penampilan produk ataupun jasa kualitas yang dirasakan. Pompa yang berkualitas yaitu pompa yang dapat memberikan hasil maksimal seperti mengeluarkan air bersih, suara pompa halus, mesinnya bagus, aliran airnya kencang sehingga konsumen merasa puas terhadap produk yang digunakan. Pompa yang mengalami permasalahan karena persentase cacat masih lebih dari target yang diinginkan perusahaan, di mana persentase cacat yang dihasilkan lebih dari 3%. Hal ini membuat perusahaan harus memiliki titik fokus terhadap peningkatan kualitas produk demi melakukan persaingan pasar dengan perusahaan lain serta dapat memajukan proses bisnis perusahaan.

PT Tirta Intimizu Nusantara adalah perusahaan manufaktur yang bergerak dalam produksi pompa air yang banyak digunakan di perhotelan, rumah tangga, perkantoran dan berbagai tempat industri lainnya. Produksi pompa air dibagi menjadi beberapa jenis yaitu jenis pompa sumur dangkal, pompa sumur dalam, pompa celup dan pompa semi jet. Jenis pompa sumur dangkal dibagi ke dalam dua kategori yaitu pompa sumur dangkal otomatis dan pompa sumur dangkal non-otomatis. Salah satu jenis pompa sumur dangkal non-otomatis yang paling diminati yaitu pompa air tipe PS-128 BIT. Pompa jenis ini mengalami permasalahan karena nilai persentase cacat lebih besar dibandingkan dengan target persentase cacat yang diharapkan oleh perusahaan. Hal ini perusahaan melakukan perbaikan terhadap proses produksi pompa sehingga dalam melakukan peningkatan kualitas terhadap produk tersebut. Dalam produksi sebuah produk untuk menjaga kestabilan maupun peningkatan permintaan serta mutu yang terjaga maka suatu perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas terhadap produknya. Faktor – faktor khusus yang mempengaruhi kualitas diuraikan menjadi beberapa faktor yaitu pasar atau tingkat persaingan, tujuan organisasi, *testing product*, desain produk, proses produksi, kualitas input, perawatan perlengkapan, standar kualitas dan umpan balik konsumen [2]. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode *six sigma* karena berfokus pada perbaikan proses sehingga perusahaan dapat mengidentifikasi dan menganalisis secara rinci dan terstruktur mana yang dapat dilakukan perbaikan dalam melakukan proses produksi agar dapat menghasilkan produk yang baik. Metode ini digunakan untuk meminimasi variasi penyebab kecacatan menggunakan statistik sehingga dapat

meningkatkan kualitas produk. *Six sigma* adalah sebuah metode yang digunakan dalam peningkatan kualitas dengan target kecacatan sebesar 3.4 DPMO (*Defect Per Million Opportunity*) untuk setiap transaksi produk [3]. Penelitian ini menggunakan data historis sebagai acuan peningkatan kualitas demi mengurangi nilai presentase cacat sesuai dengan target perusahaan. Tabel 1 menunjukkan data historis bulan Juli sampai November 2021.

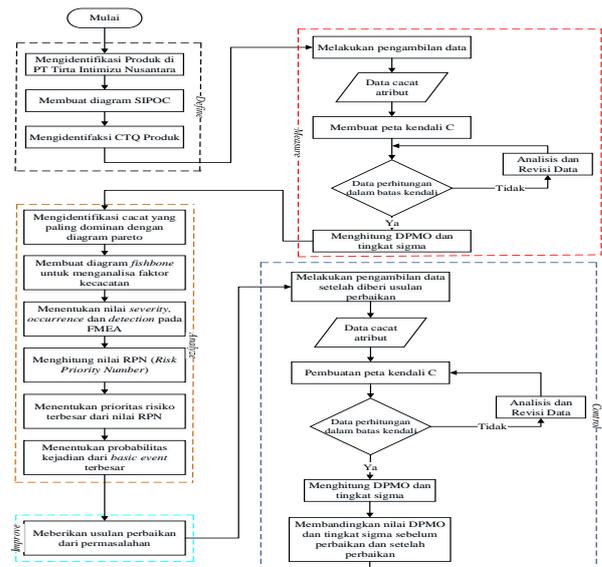
Tabel 1. Data Historis Produksi dan Cacat Produk Bulan Juli-November 2021

Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Cacat	Persentase Cacat
Juli	324,000	23,863	7.37%
Agustus	314,000	19,431	6.19%
September	387,000	21,775	5.63%
Oktober	368,000	19,582	5.32%
November	413,000	21,278	5.15%
Rata - Rata Persentase Cacat			5.93%

Berdasarkan Tabel 1 tercatat bahwa persentase cacat produk pompa air tipe PS-128 BIT masih jauh berada di atas target persentase cacat perusahaan. Perusahaan memiliki standar persentase target kecacatan yaitu di bawah 3%, maka dari itu perlu dilakukannya perbaikan kualitas terhadap produk pompa air. Jumlah produk cacat pada produk merupakan jumlah cacat pada satu jenis produk pompa air di mana dalam satu cacat produk pompa terdapat beberapa jenis kecacatan pada pompa tersebut. Kebaruan dari penelitian ini menggunakan *tool Fault Tree Analysis (FTA)* pada tahap *analyze* metode *six sigma*. Penggunaan *tool* ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk PS-128 BIT karena metode ini dilakukan untuk menganalisis akar penyebab permasalahan sehingga dengan mudah dapat diberikan usulan perbaikan.

2. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode *six sigma* dengan tahapan *define, measure, analyze, improve, control (DMAIC)*. Gambar 1 menunjukkan tahapan DMAIC.



Gambar 1 Metodologi penelitian

2.1 Define

Tahap ini dilakukan untuk proses identifikasi faktor penyebab terjadinya permasalahan. Pada tahap ini *tools* yang digunakan adalah diagram SIPOC yang terdiri dari *supplier, input, process, output* dan *customer*. Tahapan ini juga dilakukan pengidentifikasian *Critical to Quality* (CTQ). CTQ digunakan sebagai karakteristik kualitas kunci yang diukur dari suatu produk agar mencapai suatu standar tertentu sehingga dapat memuaskan keinginan serta kebutuhan dari pelanggan [4].

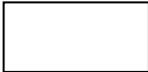
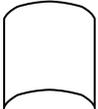
2.2 Measure

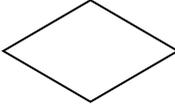
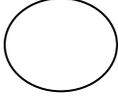
Tahap ini dilakukan pengolahan data menggunakan *tools* peta kendali. Peta kendali adalah metode grafik yang digunakan untuk mengevaluasi suatu proses dalam pengendalian kualitas untuk memproduksi produk [5]. *Tools* yang digunakan berupa peta kendali c untuk menghitung jumlah banyaknya kecacatan cacat yang diproduksi dengan jumlah subgroup yang konstan [6]. Setelah itu, melakukan perhitungan DPMO dan mengkonversikan nilai DPMO ke dalam tingkat sigma.

2.3 Analyze

Tahap *analyze* dilakukan untuk menganalisis penyebab terjadinya cacat. *Tools* yang digunakan yaitu diagram pareto sebagai alat untuk menganalisis penyebab cacat dominan, diagram *fishbone* merupakan salah satu cara dalam pengendalian kualitas [7] sehingga mampu mengidentifikasi faktor penyebab cacat yang terjadi. *Failure Mode Effect and Analysis* (FMEA) digunakan untuk menganalisis penyebab permasalahan. Langkah dalam pembuatan FMEA yaitu [8]: review proses, melakukan *brainstorming*, membuat daftar potensial penyebab dan efeknya, menentukan *severity* (tingkat kerusakan), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (tingkat deteksi) serta menghitung nilai (*risk priority number*) RPN. *Tools* selanjutnya yaitu *fault tree analysis* (FTA) yang digunakan untuk menganalisis akar penyebab permasalahan yang teridentifikasi. Dalam pembuatan FTA digunakan simbol dari gerbang logika. Tabel 2 menunjukkan simbol FTA [9].

Tabel 2. Simbol Fault Tree Analysis

Simbol	Keterangan
	Top Event
	Gate OR
	Gate AND
	Transfer Event

Simbol	Keterangan
	Undeveloped Event
	Basic Event

2.4 Improve

Tahapan *improve* dilakukan untuk memberikan usulan perbaikan dari suatu permasalahan yang terjadi. Hal ini, dilakukan untuk meminimasi terjadinya kegagalan dalam proses produksi. Tahapan ini dibuat berdasarkan dari hasil tahap analisis.

2.5 Control

Tahapan *control* dilakukan untuk mengevaluasi hasil dari implementasi usulan perbaikan yang sudah diberikan kepada perusahaan. Dalam tahapan ini dilakukan perbandingan nilai DPMO sebelum dan sesudah dilakukan perbaikan. Hal ini dilakukan untuk menjaga pengendalian kualitas. Metode penelitian menampilkan hal-hal yang dilakukan oleh peneliti untuk menjawab pertanyaan penelitian. Secara garis besar metode penelitian memaparkan penjelasan mengenai pendekatan yang digunakan dalam melakukan penelitian apakah penelitian merupakan penelitian kuantitatif maupun kualitatif. Bagian ini juga memuat informasi mengenai deskripsi objek dan *sample* yang digunakan (responden/profil kasus), metode pengumpulan data, ukuran sampel, dan metode analisis.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan pengumpulan data berupa jenis kecacatan, jumlah kecatatan, jumlah cacat produk. Tabel 3 menunjukkan data jumlah kecacatan dan jumlah cacat.

Tabel 3. Data Jumlah Kecacatan dan Jumlah Cacat

Tanggal	Sampel	Jumlah Kecacatan	Jumlah Cacat
1/1/22	80	16	11
3/1/22	80	17	7
4/1/22	80	15	6
5/1/22	80	22	7
6/1/22	80	18	7
7/1/22	80	13	5
8/1/22	80	18	7
10/1/22	80	19	8
11/1/22	80	25	7
12/1/22	80	15	6
13/1/22	80	15	7
14/1/22	80	11	4
15/1/22	80	13	5
17/1/22	80	14	4
18/1/22	80	15	5
19/1/22	80	18	6
20/1/22	80	15	6
21/1/22	80	15	5
22/1/22	80	12	4
23/1/22	80	18	5
24/1/22	80	15	6

Tanggal	Sampel	Jumlah Kecacatan	Jumlah Cacat
25/1/22	80	17	6
26/1/22	80	17	7
27/1/22	80	15	6
28/1/22	80	13	4
29/1/22	80	14	7
30/1/22	80	26	7
31/1/22	80	19	7
Total	2240	460	172

Berdasarkan Tabel 3, produksi pompa air dalam satu hari dapat memproduksi pada *range* 900 sampai 1350. Namun, penelitian ini dilakukan pengambilan sampel sebesar 80 pcs pompa air dikarenakan pengecekan akhir oleh divisi *quality control* menggunakan sampel sebesar 80 pcs. Pada tahapan pengolahan data dilakukan perhitungan penggunaan peta kendali c dikarenakan pengecekan dilakukan dalam satu satuan inspeksi pompa air [10].

3.1 Tahap Define

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi proses yang terjadi. *Tools* yang digunakan adalah diagram SIPOC (*supplier, input, process, output, customer*) serta menentukan CTQ (*critical to quality*). Tabel 4 dan Tabel 5 menunjukkan diagram SIPOC dan CTQ.

Tabel 4. Diagram SIPOC

Supplier	Input	Process	Output	Customer
Material Import Dari Cina	Steel Cold Rolled Coiled (SPCC)	Mengambil Gulungan Bahan Baku	Steel Cold Rolled Coiled (SPCC)	Gudang Bahan Baku
Gudang Bahan Baku	Steel Cold Rolled Coiled (SPCC)	Memotong Material Bahan Baku	Plate Persegi Panjang	Area Press
Area Press	Plate Persegi Panjang	Menggulung Frame	Frame	Mesin Penggulung
Mesin Penggulung	Frame	Mengelas Ujung Frame	Frame Berbentuk Tabung	Mesin Las
Mesin Las	Frame Berbentuk Tabung	Proses Forming	Frame Berbentuk Tabung	Mesin Bubut
Mesin Bubut	Frame Berbentuk Tabung	Penggabungan Frame Dan Dudukan Pompa	Frame Motor	Mesin Pengelasan
Mesin Pengelasan	Frame Motor	Proses Treatment	Frame Motor	Mesin Washing Treatment Ultrasonic
Mesin Washing Treatment Ultrasonic	Frame Motor	Proses Perakitan Motor	Pompa Setengah Jadi	Lini Perakitan Motor
Lini Perakitan Motor	Pompa Setengah Jadi	Proses Pengecatan	Pompa Setengah Jadi	Elektronik Spray Gun
Elektronik Spray Gun	Pompa Setengah Jadi	Proses Perakitan Kepala Pompa	Produk Pompa	Lini Perakitan Pompa
Lini Perakitan Pompa	Produk Pompa	Inspeksi	Produk Pompa Lolos Inspeksi	Mesin Pengemasan
Mesin Pengemasan	Produk Pompa Lolos	Proses Pengemasan	Pompa yang Sudah Dikemas	Gudang Barang Jadi

Supplier	Input	Process	Output	Customer
	Inspeksi			
Gudang Barang Jadi	Pompa yang Sudah Dikemas	Distribusi	Pompa Air Siap Didistribusikan	Customer (Seluruh Indonesia)

Diagram SIPOC digunakan untuk mendeskripsikan mengenai proses produksi secara rinci yang dilakukan oleh perusahaan dimulai dari *supplier* sampai ke *customer*. Diagram ini digunakan untuk mempermudah melakukan identifikasi permasalahan yang terjadi pada area apa. Pada penelitian ini diidentifikasi bahwa jenis kecacatan yang banyak terjadi pada lini perakitan pompa. Proses produksi pompa air juga dilakukan pengecekan akhir (*final inspection*). Proses ini dilakukan guna menunjang kinerja fungsional pompa sebelum didistribusikan. Proses tersebut dilakukan pengecekan seluruh performansi pompa. Pengecekan yang dilakukan adalah *running* pompa berupa pengtesan *vacuum*, pengecekan konsumsi daya listrik, kapasitas debit air dan pengecekan visual untuk melihat apakah bagian *part* pada pompa sudah lengkap atau belum.

Tabel 5. Critical to Quality

No	Jenis Kecacatan	Gambar	Karakteristik Cacat	Deskripsi
1	Mseal Bocor		Atribut	Terlihat banyak bubble yang dikeluarkan dari bagian <i>mseal</i>
2	O-ring Bocor		Atribut	Karet o-ring yang terpasang pada cover impeller tidak sesuai pada letaknya
3	Impeller Macet		Atribut	Impeller terlihat keluar dari jalurnya
4	Kabel Salah Sambung		Atribut	Terdapat sambungan kabel yang tidak sesuai antara kabel kapasitor dengan kabel motor pompa

Penelitian ini mendapatkan CTQ dari perusahaan di mana perusahaan mendapatkan komplain dari pelanggan mengenai permasalahan produk. Berdasarkan jenis cacat yang teridentifikasi dapat mempengaruhi fungsional produknya, jenis cacat tersebut seperti mseal bocor, o-ring bocor, impeller macet dan kabel salah sambung. Maka dari itu, jenis cacat ini

dapat mengakibatkan efek aliran debit air. Hal ini dapat dituliskan secara matematis yaitu:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, x_4) \tag{1}$$

Keterangan: y = aliran debit air

x1 = mseal bocor

x2 = o-ring bocor

x3 = impeller macet

x4 = kabel salah sambung

3.2 Tahap Measure

Tahap ini dilakukan pengolahan data menggunakan peta kendali c untuk menghitung jumlah banyaknya kecacatan yang terjadi pada proses produksi dengan sampel yang konstan. Peta kendali c juga digunakan pada penginspeksian produk yang independen (pemeriksaan dilakukan pertiap satu produk pompa). Selanjutnya dilakukan perhitungan DPMO yang akan dikonversikan ke dalam tingkat sigma. Tabel 6 menunjukkan perhitungan peta kendali c.

Tabel 6. Perhitungan Peta Kendali c

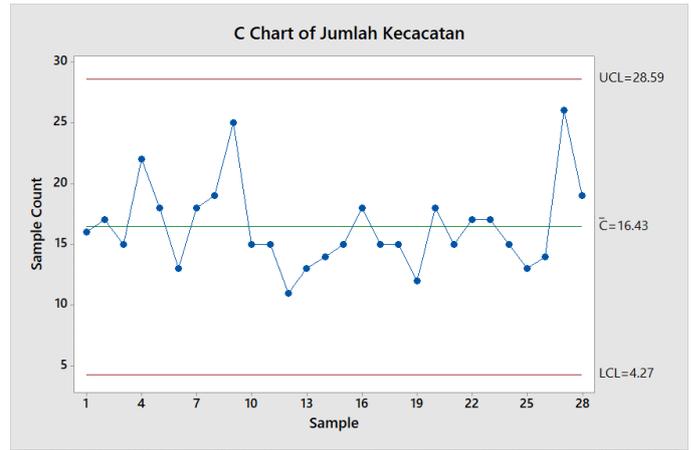
Pengamatan	Sampel	Jumlah Kecacatan	CL	UCL	LCL
1	80	16	16.429	28.589	4.269
2	80	17	16.429	28.589	4.269
3	80	15	16.429	28.589	4.269
4	80	22	16.429	28.589	4.269
5	80	18	16.429	28.589	4.269
6	80	13	16.429	28.589	4.269
7	80	18	16.429	28.589	4.269
8	80	19	16.429	28.589	4.269
9	80	25	16.429	28.589	4.269
10	80	15	16.429	28.589	4.269
11	80	15	16.429	28.589	4.269
12	80	11	16.429	28.589	4.269
13	80	13	16.429	28.589	4.269
14	80	14	16.429	28.589	4.269
15	80	15	16.429	28.589	4.269
16	80	18	16.429	28.589	4.269
17	80	15	16.429	28.589	4.269
18	80	15	16.429	28.589	4.269
19	80	12	16.429	28.589	4.269
20	80	18	16.429	28.589	4.269
21	80	15	16.429	28.589	4.269
22	80	17	16.429	28.589	4.269
23	80	17	16.429	28.589	4.269
24	80	15	16.429	28.589	4.269
25	80	13	16.429	28.589	4.269
26	80	14	16.429	28.589	4.269
27	80	26	16.429	28.589	4.269
28	80	19	16.429	28.589	4.269
Jumlah	2240	460			

Berikut ini perhitungan CL, UCL dan LCL peta kendali c:

$$CL = \bar{c} = \frac{\sum c}{k} = \frac{460}{28} = 16.429$$

$$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 16.429 + 3\sqrt{16.429} = 28.589$$

$$LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = 16.429 - 3\sqrt{16.429} = 4.269$$



Gambar 2 Peta kendali c

Berdasarkan Gambar 2 menunjukkan hasil grafik peta kendali c di mana aktivitas dari setiap proses produksi sudah stabil. Peta kendali yang stabil menandakan bahwa variasinya kecil. Data tersebut sudah berada dalam batas kendali sehingga tidak perlu dilakukan revisi data. Hal ini, dapat dikatakan bahwa data tersebut *in control*.

Perhitungan DPMO dan Tingkat Sigma:

$$DPU = \frac{D}{U} = \frac{460}{2240} = 0.205$$

$$DPO = \frac{DPU}{O} = \frac{0.205}{4} = 0.051$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 = 0.051 \times 1.000.000 = 51.000$$

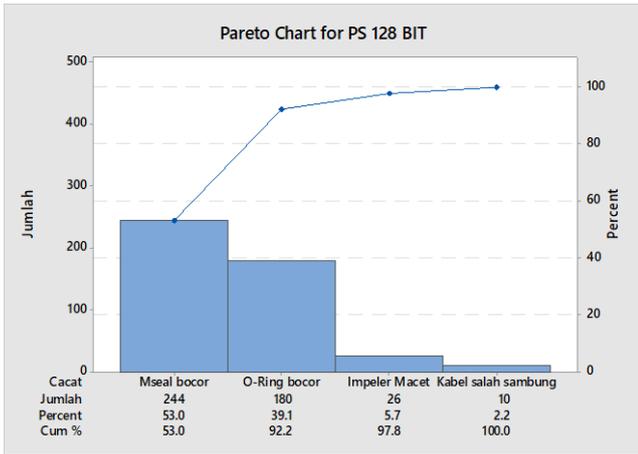
$$\begin{aligned} \text{Tingkat Sigma} &= \left(\text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000} \right) + 1.5 \right) \\ &= \left(\text{normsinv} \left(\frac{1.000.000 - 51.000}{1.000.000} \right) + 1.5 \right) = 3.135 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari tingkat sigma sebesar 3.135 sudah dikatakan baik karena rata-rata industri di Indonesia sebesar 2 sigma dimana setara dengan nilai DPMO sebesar 308,508 DPMO. Namun, setiap perusahaan menginginkan adanya *zero defect* dari keseluruhan produk, maka perusahaan tetap melakukan perbaikan dalam peningkatan kualitas produknya sehingga tingkat sigma akan meningkat dan nilai DPMO-nya menurun.

3.3 Tahap Analyze

3.3.1 Diagram pareto

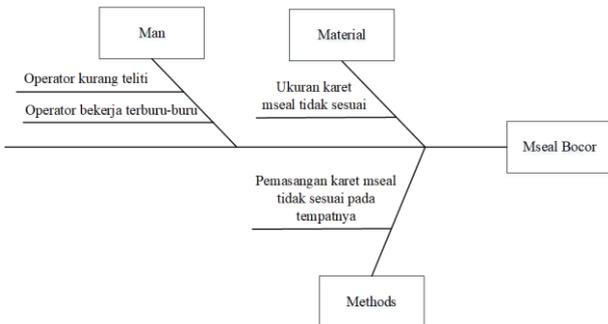
Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi cacat dominan sehingga dapat memprioritaskan permasalahan yang perlu diselesaikan terlebih dahulu [11]. Diagram ini memiliki prinsip 80/20 dengan artian 80% permasalahan disebabkan oleh 20% penyebab. Berdasarkan Gambar 3 cacat yang paling dominan disebabkan oleh *mseal* bocor dengan persentase sebesar 53% dan o-ring bocor sebesar 39.1%. Kedua jenis cacat ini dapat dikategorikan sebagai penyebab dari prinsip 80% pareto.



Gambar 3 Diagram Pareto

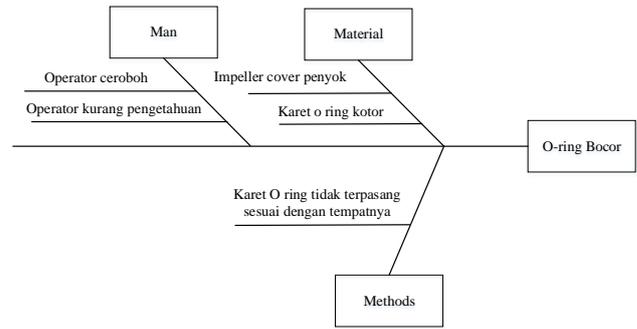
3.3.2 Diagram fishbone

Diagram *fishbone* dibuat berdasarkan hasil frekuensi dari cacat yang paling dominan dari diagram pareto. Jenis kecacatan yang dominan berupa mseal bocor dan o-ring bocor sehingga pada jenis kecacatan ini diprioritaskan untuk diberikan usulan perbaikan. Pembuatan diagram ini dilakukan dengan wawancara kepada pihak produksi. Adapun faktor-faktor yang digunakan pada diagram *fishbone* yaitu, *man, machine, method, material, measurement* dan *environment* [12]. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan diagram *fishbone* mseal bocor dan o-ring bocor.



Gambar 4 Diagram fishbone mseal bocor

Berdasarkan Gambar 4 jenis cacat *mseal* bocor terjadi karena faktor manusia yaitu operator kurang teliti saat pemasangan karet seal sehingga terjadi kesalahan dalam pemilihan tipe karet untuk produk pompa yang diproduksi. Selain itu, kesalahan lain yang disebabkan oleh faktor manusia yaitu operator buru-buru dapat menyebabkan pemasangan karet *seal* yang terbalik sehingga *mseal* dipasangkan pada bagian rotor tidak terpasang sesuai dengan alurnya. Adapun faktor lain yaitu material di mana faktor yang menyebabkan cacat *mseal* bocor yaitu ukuran karet *mseal* tidak sesuai dalam artian karet yang digunakan ukuran diameternya tidak sesuai dengan jenis tipe pompanya. Faktor dari metode yaitu pemasangan karet *mseal* tidak sesuai pada tempatnya penyebab ini dapat menghasilkan efek kebocoran pada *mseal*. Pemasangan karet tidak sesuai pada tempatnya yang dimaksud adalah karena pada *mseal* itu terdapat *part* pendukung lain berupa karet *mseal*, keramik *mseal*, karbon dan *spring* pada penyebab kegagalan ini bisa terjadi karena kesalahan dalam tahapan pemasangan *part* tersebut.



Gambar 5 Diagram fishbone o-ring bocor

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa jenis cacat o-ring bocor disebabkan oleh tiga faktor yaitu *man, methods*, dan *material*. Faktor manusia yang menyebabkan cacat pada produk pompa air tipe PS 128 BIT yaitu operator ceroboh dikarenakan asal melakukan pemasangan karet karena mengejar target yang harus diproduksi dan kurang pengetahuan saat pemasangan o-ring terhadap *cover impeller* sehingga menyebabkan kebocoran. Faktor selanjutnya yaitu karena *impeller cover* penyok terjadi karena pada saat pengencangan *impeller cover* dipukul terlalu keras pada bagian baut yang dipasangkan dan karet o-ring kotor karena karet o-ring ditaruh di ruang terbuka di pinggir *conveyor* penyebab ini mengakibatkan terjadinya kebocoran pada o-ring karena terhambat oleh kotoran atau debu-debu yang menempel pada karet ataupun *impeller cover*. Faktor lain penyebab o-ring bocor yaitu karet o-ring yang tidak terpasang sesuai dengan tempatnya atau dapat dikatakan karet terpasang miring hal ini juga dapat mengakibatkan kebocoran pada pompa air.

3.3.3 Failure Mode Effect and Analysis

FMEA adalah metode terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah banyaknya kemungkinan kegagalan (*failure mode*) yang terjadi dengan tujuan mencegah kegagalan dari sebuah proses dan dapat memperbaiki masalah yang menimbulkan kecacatan produk [13]. FMEA memiliki tiga kriteria yaitu *severity* dilakukan untuk menilai seberapa serius dampak yang dihasilkan dari kegagalan yang terjadi singkatnya tingkat kerusakan dalam proses. *Occurrence* untuk menilai seberapa sering kemungkinan terjadi kegagalan. *Detection* dilakukan untuk menilai bagaimana kegagalan dapat diketahui sebelum terjadi. Output yang dihasilkan dari FMEA adalah nilai RPN (*Risk Priority Number*) dimana nilai RPN tertinggi dijadikan prioritas untuk diberikan usulan perbaikan. Pembuatan FMEA memiliki beberapa langkah dalam menentukan S,O,D yaitu [8]:

1. Review Proses
2. Melakukan *brainstorming*
3. Membuat daftar potensial, penyebab dan efeknya
4. Menentukan tingkat *severity*
5. Menentukan tingkat *occurrence*
6. Menentukan tingkat *detection*
7. Menghitung RPN di mana nilai RPN didapat dari :

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

Tabel 7. menunjukkan *failure mode effect and analysis*.

Tabel 7.
Failure Mode Effect and Analysis

Proses	Jenis Kegagalan	Efek Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Kontrol yang Dilakukan	D	RPN
Pemasangan Mseal	Mseal Bocor	Produk tidak dapat dioperasikan	8	Operator kurang teliti	6	Melakukan pengawasan terhadap operator setiap harinya dan memberikan pelatihan rutin	4	192
				Ukuran karet mseal tidak sesuai	5	Melakukan pengecekan oleh operator sebelum melakukan pemasangan material	3	120
				Pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya	6	Melakukan pengawasan dan pemeriksaan oleh operator	6	288
				Operator buru-buru	5	Melakukan pengawasan terhadap operator	4	160
Pemasangan O-ring Pada Impeller Cover	O-ring bocor	Nilai fungsional terhadap kinerja kerja pompa menurun	6	Operator ceroboh	6	Melakukan pengawasan terhadap pekerja	4	144
				Karet o-ring kotor	7	Melakukan pembersihan <i>part</i> secara berkala sebelum digunakan	6	252
				Karet o-ring tiak terpasang sesuai tempatnya	6	Melakukan pengawasan dan pengecekan secara visual	5	180
				Operator kurang pengetahuan	6	Melakukan pelatihan terhadap operator	6	216
				Impeller cover penyok	4	Melakukan pengecekan sebelum menggunakan part	4	96

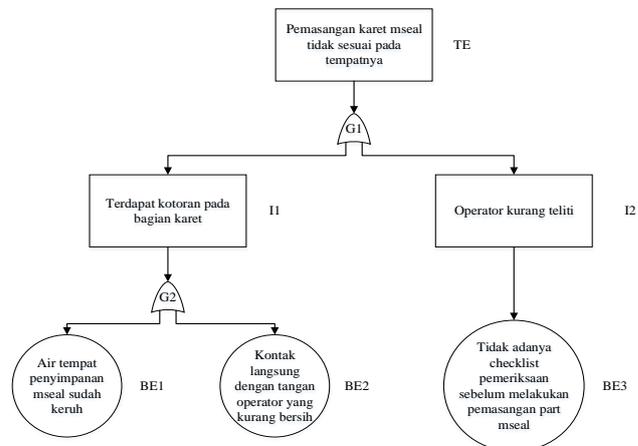
Berdasarkan hasil dari FMEA di atas, penilaian dilakukan berdasarkan wawancara dengan pihak produksi di lantai produksi. *Output* dari FMEA yaitu nilai RPN yang dijadikan prioritas untuk dilakukan perbaikan. Nilai RPN tertinggi pertama yaitu pada jenis kegagalan mseal bocor yang memiliki efek kegagalan produk tersebut tidak dapat dioperasikan sehingga tingkat keparahannya diberi nilai 8. Penyebab kegagalan ini terjadi karena pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya sehingga diberi skala sebesar 6 karena peluang terjadi kegagalan ini dikategorikan sedang cenderung tinggi dengan tingkat kemungkinan terjadi kegagalan 1 dari 80 kegagalan. Kontrol yang harus dilakukan dengan penyebab kegagalan ini berupa melakukan pengawasan dilakukan oleh supervisor lini dan melakukan pemeriksaan *part* yang akan dipasang oleh operator.

Nilai RPN tertinggi kedua yaitu jenis kegagalan o-ring bocor, dimana efek yang ditimbulkan berupa nilai fungsional terhadap kinerja pompa menurun sehingga diberikan skala dengan nilai 6. Penyebab kegagalan ini terjadi karena karet o-ring kotor di mana kemungkinan terjadi kegagalannya relatif tinggi sehingga diberi skala 7. Kontrol yang dilakukan dalam penyebab kegagalan ini berupa melakukan pembersihan *part* secara berkala sebelum digunakan di mana kategori ini kontrol yang dilakukan masih rendah sehingga diberikan skala 6. Dari kedua jenis kegagalan ini akan diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan pada tahap selanjutnya.

3.3.4 Fault tree analysis

Fault Tree Analysis (FTA) digunakan untuk menemukan akar penyebab permasalahan yang berguna untuk meminimasi produk cacat [13]. FTA diambil berdasarkan dua nilai RPN tertinggi dari hasil FMEA.

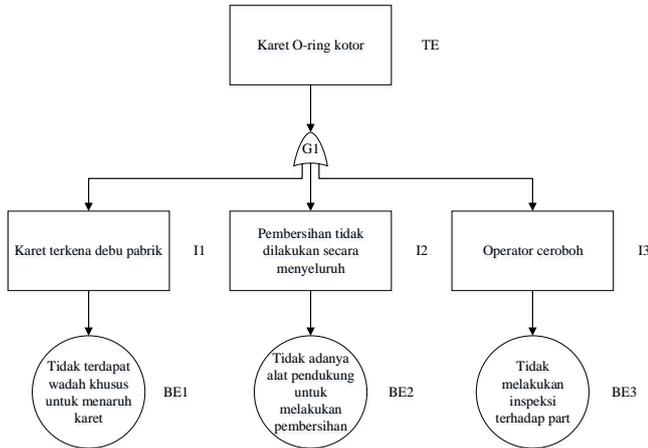
Pemasangan Karet Mseal Tidak Sesuai pada Tempatnya



Gambar 6 FTA pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya

Berdasarkan permasalahan pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya memiliki dua kemungkinan penyebab yaitu terdapat kotoran pada bagian karet dan operator kurang teliti. Pada penyebab terdapat kotoran pada bagian karet terjadi karena air tempat penyimpanan mseal sudah keruh atau kontak langsung dengan tangan operator yang kurang bersih. Penyebab operator kurang teliti terjadi karena tidak adanya *checklist* pemeriksaan sebelum melakukan pemasangan *part* mseal.

Karet O-ring Kotor



Gambar 7 FTA Karet o-ring kotor

Permasalahan yang terjadi pada karet o-ring kotor disebabkan oleh tiga kemungkinan di antaranya yaitu karet terkena debu pabrik karena tidak terdapat wadah khusus untuk menaruh karet. Kemungkinan kedua yaitu pembersihan tidak dilakukan secara menyeluruh dikarenakan tidak adanya alat pendukung untuk melakukan pembersihan. Kemungkinan yang ketiga yaitu operator ceroboh dikarenakan tidak melakukan inspeksi terhadap *part* sebelum digunakan pada proses produksi.

Identifikasi Minimal Cut Set Menggunakan Method for Obtaining Cut Sets Pemasangan Karet Mseal Tidak Sesuai Pada Tempatnya

Minimal Cut Set Top Event :

Gate 1 terjadi jika I1 atau I2 terjadi

Minimal Cut Set I1 :

Gate 2 terjadi jika BE1 atau BE2 terjadi

Tabel 8. Probabilitas Kejadian Basic Event Pemasangan Karet Mseal Tidak Sesuai Pada Tempatnya

Simbol	Basic Event	Frekuensi Basic Event	Frekuensi Kejadian	Probabilitas Kejadian
BE1 (I1)	Air tempat penyimpanan mseal sudah keruh	5	60	0.083
BE2 (I1)	Kontak langsung dengan tangan operator yang kurang bersih	7	60	0.117

Simbol	Basic Event	Frekuensi Basic Event	Frekuensi Kejadian	Probabilitas Kejadian
BE 3	Tidak adanya checklist pemeriksaan sebelum melakukan pemasangan part mseal	18	60	0.3

Probabilitas Intermediate Event

$$I1 = 1 - ((1 - BE 1) \times (1 - BE2))$$

$$I1 = BE1 + BE2 - (BE1 \times BE2)$$

$$I1 = 0.083 + 0.117 - (0.083 \times 0.117)$$

$$I1 = 0.191$$

Probabilitas Top Event

$$TE = I1 + BE3$$

$$TE = 0.191 + 0.3$$

$$TE = 0.491$$

Identifikasi Minimal Cut Set Menggunakan Method for Obtaining Cut Sets Karet O-ring Kotor

Minimal Cut Set Top Event:

Gate 1 terjadi jika:

I1 atau I2 terjadi

I1 atau I3 terjadi

I2 atau I3 terjadi

Tabel 9. Probabilitas Kejadian Basic Event Karet O-ring Kotor

Simbol	Basic Event	Frekuensi Basic Event	Frekuensi Kejadian	Probabilitas Kejadian
BE1	Tidak terdapat wadah khusus untuk menaruh karet	3	60	0.05
BE 2	Tidak adanya alat pendukung untuk melakukan pembersihan	8	60	0.133
BE 3	Tidak melakukan inspeksi terhadap part	4	60	0.067

Probabilitas Intermediate Event

$$I1 = \frac{3}{60} = 0.05$$

$$I2 = \frac{8}{60} = 0.133$$

$$I3 = \frac{4}{60} = 0.067$$

Probabilitas Top Event

$$TE = I1 + I2$$

$$TE = 1 - ((1 - BE 1) \times (1 - BE2))$$

$$TE = BE1 + BE2 - (BE1 \times BE2)$$

$$TE = 0.05 + 0.133 - (0.05 \times 0.133)$$

$$TE = 0.176$$

$$TE = I1 + I3$$

$$TE = 1 - ((1 - BE 1) \times (1 - BE3))$$

$$TE = BE1 + BE3 - (BE1 \times BE3)$$

$$TE = 0.05 + 0.067 - (0.05 \times 0.067)$$

$$TE = 0.114$$

$$TE = I2 + I3$$

$$TE = 1 - ((1 - BE2) \times (1 - BE3))$$

$$TE = BE2 + BE3 - (BE2 \times BE3)$$

$$TE = 0.133 + 0.067 - (0.133 \times 0.067)$$

$$TE = 0,191$$

Berdasarkan perhitungan probabilitas kejadian *basic event* dari tiap *fault tree analysis* dimana hasil probabilitas terbesar yang akan menjadi prioritas dalam membuat usulan perbaikan. Pada *fault tree analysis* pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya dengan probabilitas kejadian sebesar 0,3 karena tidak adanya *checklist* pemeriksaan sebelum melakukan pemasangan part mseal. *Fault tree analysis* berikutnya yaitu permasalahan karet o-ring kotor dengan probabilitas kejadian sebesar 0,133 karena tidak adanya alat pendukung untuk melakukan pembersihan. Kedua permasalahan ini akan diprioritaskan dalam merancang usulan perbaikan sehingga dapat meminimalisir terjadinya kegagalan.

3.4 Tahap Improve

Tahapan ini dilakukan untuk perbaikan kualitas produk dengan cara melakukan usulan perbaikan terhadap masalah yang menjadi prioritas untuk diselesaikan. Usulan perbaikan dibuat berdasarkan dari hasil tahap analisis menggunakan *tool fault tree analysis* (FTA).

Tabel 9. Usulan Perbaikan

Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
Pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya	Tidak adanya <i>checklist</i> pemeriksaan sebelum melakukan pemasangan <i>part mseal</i>	Membuat <i>checklist</i> mengenai pemeriksaan part mseal
Karet o-ring kotor	Tidak adanya alat pendukung untuk melakukan pembersihan	Menyediakan alat bantu penyemprot udara seperti <i>air duster gun</i> dan membuat <i>checklist</i> pembersihan <i>part</i> secara berkala

Checklist Pemeriksaan Part Mseal							
Tipe Pompa :							
Divisi :							
Diperiksa Oleh :							
Part Check	Hari						
	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
Karet Mseal							
Keramik Mseal							
Karbon							
Spring							
Tanggal							

Keterangan :
 ✓ Apabila kondisi part baik
 x Apabila kondisi part tidak baik
 Gambar 8 *Checklist* pemeriksaan *part mseal*

Jenis kegagalan pemasangan karet mseal tidak sesuai pada tempatnya dilakukan pembuatan *checklist* pemeriksaan sebelum melakukan pemasangan *part mseal* karena pada jenis kegagalan ini sering terjadi kesalahan pemasangan *part* yang

harus didahulukan seperti pemasangan keramiknya terlebih dahulu lalu karetinya.

Jenis kegagalan karet o-ring kotor dilakukan pembuatan *checklist* pembersihan *part* ditambah dengan alat bantu penyemprotan udara seperti *air duster gun* karena peletakan karet o-ring ditaruh di pinggir *conveyor* dalam kondisi terbuka sehingga banyak debu yang menempel pada karet tersebut.



Gambar 9 Air duster gun

Checklist Pembersihan Part							
Nama Part :				Nama Pemeriksa :			
Tipe Pompa :				Tanggal Pembersihan :			
No	Prosedur Pembersihan Part	Hari					
		Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
1	Membersihkan karet o-ring menggunakan air						
2	Mengeringkan karet menggunakan kanebo						
3	Apabila masih tersisa debu atau kotoran gunakan alat bantu seperti <i>air duster gun</i> untuk menghilangkan noda						
4	Simpan di wadah khusus yang tertutup (wadah berbentuk bulat dengan diameter; 7 cm< Diameter <15 cm, memiliki tutup) Paraf						

Catatan : Lakukan setiap langkah prosedur di atas
 ✓ Beri tanda seperti disamping jika prosedur sudah dijalankan sesuai langkah-langkah di atas

Gambar 10 *Checklist* pembersihan *part*

Berdasarkan usulan perbaikan yang diberikan dan dilakukan implementasi terjadi kenaikan perubahan level sigma. Di mana perubahan yang terjadi sesudah implementasi didapat level sigma sebesar 3.262.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian mengidentifikasi bahwa jenis kecacatan yang terjadi adalah mseal bocor, o-ring bocor, impeller macet dan kabel salah sambung. Jenis kecacatan yang paling dominan yaitu mseal bocor dan o-ring bocor sehingga jenis kecacatan ini diprioritaskan untuk dilakukan perbaikan. Nilai DPMO 51,000 dengan tingkat sigma sebesar 3.135 masih berpotensi ditingkatkan untuk mengoptimalkan proses produksi. Usulan perbaikan yang diberikan untuk kedua jenis kecacatan yang dominan berupa pembuatan *checklist* mengenai pemeriksaan *part mseal*, menyediakan alat bantu penyemprotan udara seperti *air duster gun* dan membuat *checklist* pembersihan *part* dilakukan secara berkala.

Referensi

[1] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed. Arizona: John Wiley & Sons, 2013.
 [2] H. Setiawan, "Analisis Pengawasan Kualitas Produk Dengan Menggunakan Statistical Processing Control (SpC) Pada Rumah Warna Jogyakarta," *J. Manaj.*, pp. 1–27, 2018.
 [3] L. L. Salomon, W. Kosasih, and L. Jap, "Peningkatan Kualitas Benang Dty Single 150D/48F Pada Mesin Cone Wender Menggunakan Metode Six Sigma Dan Factorial Design Di Pt. Gemilang Texindotama," *J. Ilm. Tek. Ind.*,

- vol. 2, no. 2, 2017.
- [4] P. Fithri, "Six Sigma Sebagai Alat Pengendalian Mutu Pada Hasil Produksi Kain Mentah Pt Unitex, Tbk," *J@ti Undip J. Tek. Ind.*, vol. 14, no. 1, p. 43, 2019.
- [5] A. M. dk. Hardianto, "Usulan Perbaikan Performa Mesin Toelasting Glue Dengan Integrasi Oee Dan Metode Dmaic (Studi Kasus: Perusahaan Manufaktur Sepatu)," *Pros. SNATIF ke-6 Tahun 2019*, no. 2007, pp. 96–101, 2019.
- [6] E. Khikmawati, M. Anggraini, and I. Irawan, "Analisis Peta Kendali Atribut Dalam Mengidentifikasi Kerusakan Pada Produk Tepung Tapioka Pt. Umas Jaya Agrotama Lampung," *J. Rekayasa Teknol. dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 20–26, 2018.
- [7] E. Supriyadi, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Statistical Proses Control (SPC) di PT. Surya Toto Indonesia, Tbk," *Jitmi*, vol. 1, no. 1, pp. 63–73, 2018.
- [8] A. Surya, S. Agung, and P. Charles, "Penerapan Metode FMEA (Failure Mode And Effect Analysis) Untuk Kualifikasi Dan Pencegahan Resiko Akibat Terjadinya Lean Waste," *J. Online Poros Tek. Mesin*, vol. 6, no. 1, pp. 45–57, 2017.
- [9] J. T. Sanjoyo, G. A. Yudhistira, and M. A. Febrianti, "Analisis Output Operator Menggunakan Metode Fault Tree Analysis untuk Mengurangi Kecacatan Pengelasan," in *Seminar dan Konferensi Nasional IDECC*, 2021, pp. 1–10.
- [10] R. Wawolumaja and R. Muis, "Pengendalian & Penjaminan Kualitas," *Jur. Tek. Ind.*, 2013.
- [11] V. N. Helia and A. W. Suyoto, "Pengendalian Kualitas Produk Kantong Semen Dengan Menggunakan Seven Quality Control Tools (Studi Kasus Di Pt Xyz)," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 5, no. 3, pp. 148–156, 2018.
- [12] N. Rahmahani, R. Goejantoro, and D. Yuniarti, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Menggunakan Peta Kendali U dan Diagram Kontrol Decision On Belief (DOB). (Studi Kasus: Produksi Percetakan Spanduk Lineza Digital Printing di Kota Samarinda pada Bulan Februari 2016 - September 2017)," *J. Eksponensial*, vol. 10, no. 1, pp. 67–72, 2019.
- [13] E. Nugraha *et al.*, "Analisis Defect dengan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode Effect Analysis," *J. Sainifik Manaj. dan Akunt.*, vol. 02, no. 02, pp. 62–72, 2019.