

USULAN PERBAIKAN KUALITAS DENGAN MENGUNAKAN METODE FTA DAN FMEA

Erni Krisnaningsih¹, Pugy Gautama², M. Fatih Kholqy Syams³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Banten Jaya
Jl. Ciwaru Raya II No 73, Kel. Cipare, Kec. Serang, Kota Serang, Banten

ernikrisnaningsihpaidi@unbaja.ac.id

ABSTRACT

PT. XYZ is one of the companies in Cikande Modern Industrial Estate Banten, a company engaged in the production of light concrete or Autoclaved Aerated Concrete (AAC) and Instan / instant cement. Based on data obtained from the company's quality control section even though the quality management system has been applied, but still the discovery of product reject caused by an inevitable error. The purpose of this research is to find out the type of product defects (reject), as well as to know the factors that cause the occurrence of dominant rejects, and provide proposed improvements to improve the quality. The method proposed in this study uses pareto diagram tools, then use FTA (Fault Tree Analysis) and FMEA (Failure Mode And effect Analysis) method for the proposed improvement stage proposed using the 5W + 1H method. From the results of data processing using pareto diagram obtained the dominant reject type of reject papersak rupture, then analysis using fault tree analysis method and Failure Mode And Effect Analysis method that is the priority of improvement, namely in the packing process. The proposal of this research is expected to reduce the occurrence of defective products so that the products produced in accordance with the standards set by the company, namely the maximum number of defects does not exceed 0.05% for the future this method can be applied to similar industries.

Keywords : Quality, Pareto Diagram, Fault Tree Analysis, Failure Mode And Analysis, 5W+1H

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan di Kawasan Industri Modern Cikande Banten, Indonesia. Perusahaan yang bergerak dalam bidang produksi beton ringan atau Autoclaved Aerated Concrete (AAC) dan Instan / semen instan. Berdasarkan data yang diperoleh dari bagian pengendalian kualitas perusahaan meskipun sudah diterapkan system manajemen mutu akan tetapi masih ditemukannya product cacat (reject) yang disebabkan terjadinya kesalahan yang tidak dapat dihindarkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jenis cacat produk (reject), serta mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya reject dominan, dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan kualitas. Metode yang diusulkan pada penelitian ini menggunakan diagram pareto, lalu menggunakan metode FTA (Fault Tree Analysis) dan metode FMEA (Failure Mode And effect Analysis) pada tahapan usulan perbaikan di usulkan menggunakan metode 5W + 1H. Dari hasil pengolahan data menggunakan diagram pareto didapatkan jenis reject dominan yaitu reject papersak pecah, kemudian analisa menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) yang menjadi prioritas perbaikan yaitu pada proses packing. Usulan dari penelitian ini diharapkan dapat menurunkan terjadinya produk cacat sehingga produk yang dihasilkan

sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan yaitu jumlah cacat maksimal tidak melebihi 0,50%, untuk masa yang akan datang metode ini dapat diterapkan pada industri lain yang sejenis.

Kata Kunci : Kualitas, Diagram Pareto, Fault Tree Analysis, Failure Mode And Analysis, 5W + 1H.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri saat ini sangat pesat sehingga tiap industri harus mampu bersaing terutama kualitas produk yang dihasilkan. Pada awalnya sistem untuk mengawasi kualitas produk hanya dengan inspeksi, akan tetapi seiring dengan perkembangannya munculah sistem baru yang dinamakan dengan sistem *quality control* (Mitra, 2016). Berdasarkan data yang diperoleh dari divisi Produksi pada tahun 2018 dan 2019 produksi semen instan di PT. XYZ selalu mengalami banyak *reject* diluar batas toleransi yang telah ditentukan perusahaan. Batas toleransi yang diizinkan oleh perusahaan adalah *reject* 0,50 %, sedangkan pada kenyataannya banyak tingkat kegagalan *reject* produk diluar batas toleransi yang telah ditentukan. Untuk menjaga kestabilan kualitas serta meminimalisir kesalahan tersebut, kualitas produk yang dihasilkan PT. XYZ tentu harus terus dijaga dan ditingkatkan agar perusahaan tetap mampu bersaing dengan perusahaan luar dan mempertahankan kepercayaan konsumen. Pentingnya kualitas produk yang baik sesuai dengan standar atau keinginan konsumen dibutuhkan metode pengendalian kualitas yang tepat untuk peningkatan kualitas produk yang dihasilkan (Fahry et al., 2019).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya salah satu metode yang cukup efektif dalam menurunkan resiko terjadinya cacat produk dan meningkatkan kualitas sesuai dengan karakteristik masing-masing produk adalah metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) (Kartika et al., 2016) (Fauzi & Aulawi, 2016) (Mayangsari et al., 2015). Kedua metode tersebut juga efektif dalam menurunkan biaya resiko yang disebabkan terjadinya kegagalan produk atau produk cacat (Budiarto, 2017) (Hendra & Effendi, 2018) (Pratama & Suhartini, 2019). Tujuan dari penelitian adalah mengidentifikasi factor-faktor dan jenis cacat dominan yang terjadi pada produk semen instan serta memberikan usulan perbaikan agar dapat meningkatkan kualitas produk semen instan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas

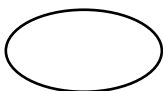
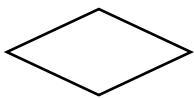
Kualitas merupakan gambaran dari bentuk karakteristik suatu produk yang atributnya mampu menunjukkan kemampuan untuk memenuhi kebutuhan, Oleh karena itu perlu adanya kesesuaian antara perusahaan dengan keinginan konsumen didalam menciptakan sebuah produk agar dapat memberikan kesan tersendiri bagi konsumen (Wisnubroto & Rukmana, 2015). Pengendalian kualitas merupakan aktivitas pengendalian proses untuk ciri-ciri kualitas produk, membandingkannya dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya dengan penampilan yang standar. Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk mengendalikan kualitas produk atau jasa yang dapat memberikan kepuasan kepada konsumen (Elmas, 2017).

2.2 Metode FTA (*Fault Tree Analysis*)

Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) bertujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab *six big loses* pada proses produksi (Ruijters & Stoelinga, 2015) (Suliantoro et al., 2017), meningkatkan perbaikan kualitas produk pada proses pengendalian produksi produk

furniture (Prayogi et al., 2016)(Satriyo & Puspitasari, 2017). FTA memiliki simbol-simbol khusus dalam pembuatannya. Simbol-simbol dan pengertiannya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Simbol dalam FTA

Simbol	Arti	Simbol	Arti
	<i>Basic Event</i> Dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembang yang lebih jauh		<i>External Event</i> Event yang diekspektasikan muncul
	<i>Conditioning Event</i> Kondisi <i>specify</i> yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika		Gerbang AND Kesalahan manual akibat semua input masalah yang terjadi
	<i>Undevelopment Event</i> Event yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia		Gerbang OR Kesalahan muncul akibat salah satu input masalah yang terjadi

Berdasarkan FTA (*Fault Tree Analysis*) yang telah dibuat sebelumnya, maka selanjutnya akan menjadi masukan dalam pembuatan tabel FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) yang bertujuan untuk pemberian bobot pada nilai *Severity* (S) *Occurance* (O), dan *Detection* (D) (Held & Brönnimann, 2016)(Mutlu & Altuntas, 2019)(Kim et al., 2019) berdasarkan potensi efek kegagalan, penyebab kegagalan dan RPN (*Risk Priority Number*) (Li & Zeng, 2016), mengurangi biaya produksi(Lee & Kim, 2017)(Tsai et al., 2017)(Vazdani et al., 2017).

Tabel 2. Tabel *Severity*

Rating	Kriteria
1	<i>Negligible Severity</i> (Pengaruh buruk yang dapat diabaikan). Kita tidak perlu memikirkan bahwa akibat ini akan berdampak pada kualitas produk. Konsumen mungkin tidak akan memperhatikan kecacatan ini.
2	<i>Mild Severity</i> (Pengaruh buruk yang ringan). Akibat yang ditimbulkan akan bersifat ringan, konsumen tidak akan merasakan penurunan kualitas
3	
4	
5	<i>Moderate Severity</i> (pengaruh buruk yang moderate). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas, namun masih dalam batas toleransi
6	
7	
8	<i>High Severity</i> (Pengaruh buruk yang tinggi). Konsumen akan merasakan penurunan kualitas yang berada diluar batas toleransi
9	<i>Potential Severity</i> (pengaruh buruk yang sangat tinggi). Akibat yang ditimbulkan sangat berpengaruh terhadap kualitas lain, konsumen tidak akan menerimanya.
10	

Tabel 3. Tabel *Occurance*

Degree	Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Rating
<i>Remote</i>	0,001 per 1000 item	1
	0,1 per 1000 item	2
	0,5 per 1000 item	3
<i>Moderate</i>	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
<i>High</i>	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
<i>Very High</i>	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Tabel 4. Tabel *Detection*

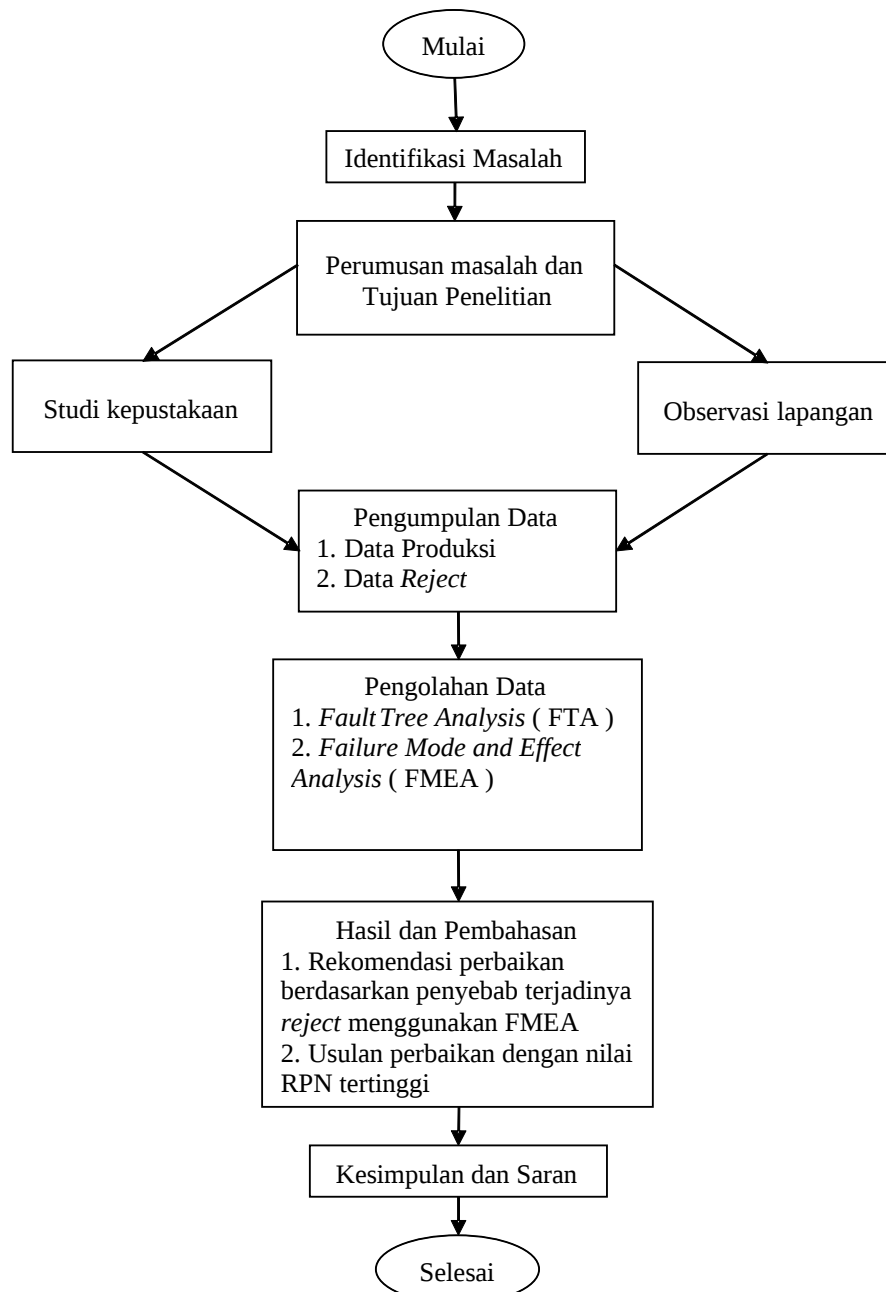
Rating	Kriteria	Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab mungkin muncul	0,001 per 1000 item
2	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah.	0,1 per 1000 item
3		0,5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadinya bersifat moderat.	1 per 1000 item
5	Metode pencegahan kadang mungkin penyebab itu terjadi	2 per 1000 item
6		5 per 1000 item

7	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode	10 per 1000 item
8	pencegahan kurang efektif. Penyebab masih berulang kembali.	20 per 1000 item
9	Kemungkinan penyebab terjadi masing sangat tinggi.	50 per 1000 item
10	Metode pencegahan tidak efektif.	100 per 1000 item

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \dots\dots\dots (1)$$

3. METODE PENELITIAN

Kerangka pemikiran yang digunakan dalam penelitian ini untuk menggambarkan bagaimana pengendalian kualitas yang dilakukan dengan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dapat bermanfaat dalam menganalisis tingkat produk cacat pada produk semen instan yang dihasilkan oleh PT. XYZ disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PENGUMPULAN DATA

Alat pengendalian kualitas digunakan pada tahap pengumpulan data, yaitu *check sheet*, Diagram Pareto dan diagram sebab akibat (*Fish bone Diagram*)(Bajaj et al., 2018)(Hossen et al., 2017). Data yang dikumpulkan untuk digunakan dalam pengolahan data adalah total data produksi dan total data produk cacat pada produk semen instan pada bulan Januari-Desember 2019 disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Persentase *Reject* pada PT. XYZ

Bulan	Hasil Produksi	Jenis Cacat (sak)			Cacat	Persentase cacat
	(sak)	Timbangan lebih	Papersak Pecah	Test aplikasi tidak sesuai standarisasi	(sak)	
Januari	35.672	52	164	0	216	0,61 %
Februari	20.833	50	404	0	454	2,18 %
Maret	31.522	73	81	0	154	0,49 %
April	29.306	91	145	0	236	0,81 %
Mei	24.612	47	302	30	379	1,54 %
Juni	21.509	27	39	0	66	0,31 %
Juli	33.684	64	90	0	154	0,46 %
Agustus	33.982	4	90	0	94	0,28 %
September	23.656	20	151	0	171	0,72 %
Oktober	29.101	13	239	0	252	0,87 %
November	26.490	27	237	0	264	1,00 %
Desember	22.914	7	206	0	213	0,93 %
Total	333.281	475	2.148	30	2.653	-

Berdasarkan data yang diperoleh dari bagian Produksi yang disajikan pada tabel 5. Terdapat 3 jenis cacat pada proses produksi produk semen instan yaitu timbangan lebih (melebihi kapasitas yang ditentukan 40 kg), *Papersack* yang merupakan kemasan produk semen instan pecah, dan test aplikasi produk sement instant yang tidak sesuai dengan aplikasi produk. Ketiga jenis cacat produk disajikan pada gambar 2.



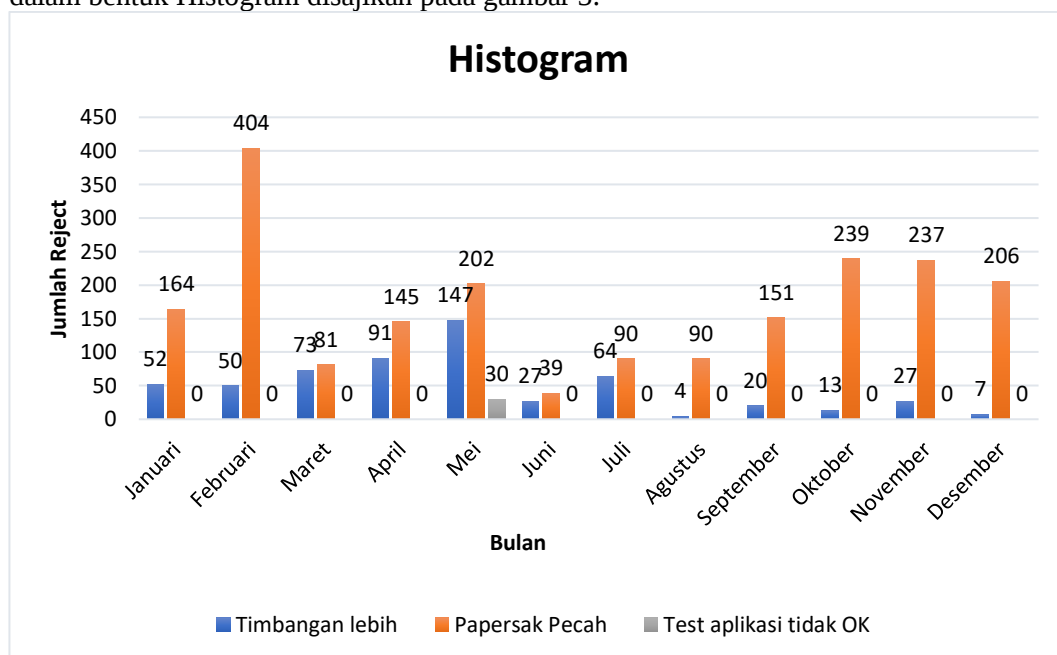
a. Timbangan Lebih / Tidak Sesuai

b. *Papersack* pecah

c. Test Aplikasi tidak OK

Gambar 2. Jenis Cacat Produk Semen Instan

Berdasarkan tabel 5 dan gambar 2, langkah selanjutnya adalah menempatkan data dalam bentuk Histogram disajikan pada gambar 3.



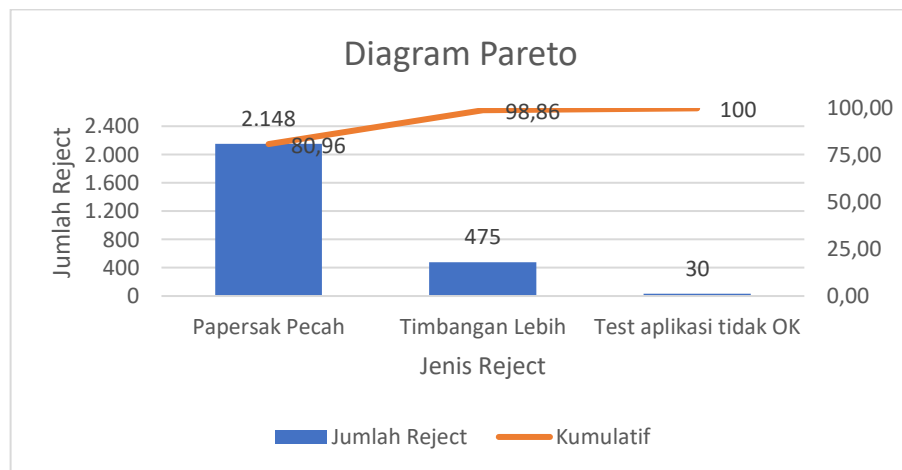
Gambar 3. Diagram Histogram Cacat Semen Instan

Untuk mengetahui jenis cacat dominan selama bulan Januari-Desember 2019 maka dilakukan pengolahan data menggunakan *Pareto chart* berdasarkan jenis cacat pada produk Instan disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Jenis Cacat Keseluruhan Produk Instan

No	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Persentase	Kumulatif	Prioritas
1	Papersak pecah	2.148	80,96 %	80,96 %	1
2	Timbangan lebih	475	17,90 %	98,86 %	2
3	Test aplikasi tidak sesuai	30	1,13 %	100	3
Jumlah		2.653	100 %		

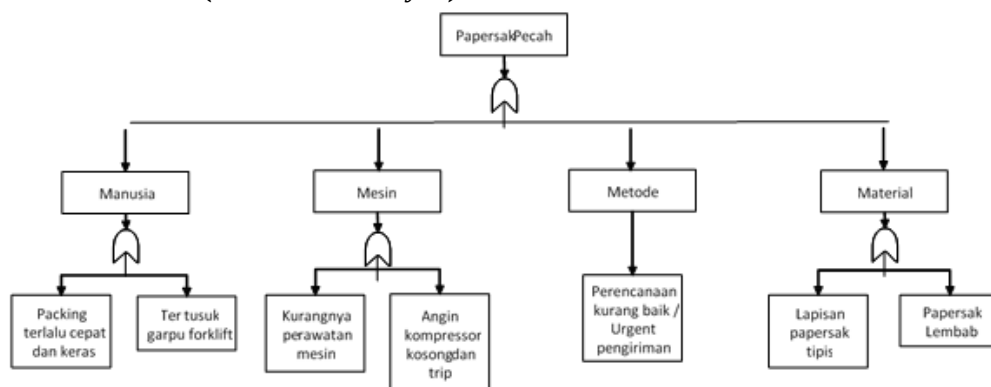
Berdasarkan data hasil perhitungan pada tabel 6 maka urutan jenis produk cacat sebagai prioritas pemecahan masalah disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Pareto Jenis Cacat Instan

Diagram pareto dapat digunakan untuk mencari 20 % jenis cacat yang merupakan 80 % kecacatan dari keseluruhan proses produksi dan mengidentifikasi atau menyeleksi masalah utama untuk peningkatan kualitas dari yang paling besar ke yang paling kecil (Hossen et al., 2017)(*Strategy-proof Pareto-improvement ☆.pdf*, n.d.). Berdasarkan 3 jenis cacat dominan yaitu *papersak* pecah, timbangan yang lebih dan tes aplikasi yang tidak sesuai dengan standarisasi, maka jenis cacat *papersak* pecah dengan persentase cacat 80,96 % telah memenuhi kaidah Pareto diagram. Berdasarkan data pada tabel 6 dan gambar 4 maka perbaikan utama difokuskan pada jenis cacat *papersak* pecah.

4.2 Analisa FTA (*Fault Tree Analysis*)



Gambar 5. Analisa FTA (*Fault Tree Analysis*) Cacat *Paparsak* Pecah

4.3 Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Tabel 7. Analisa Cacat *Papersak* Pecah Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

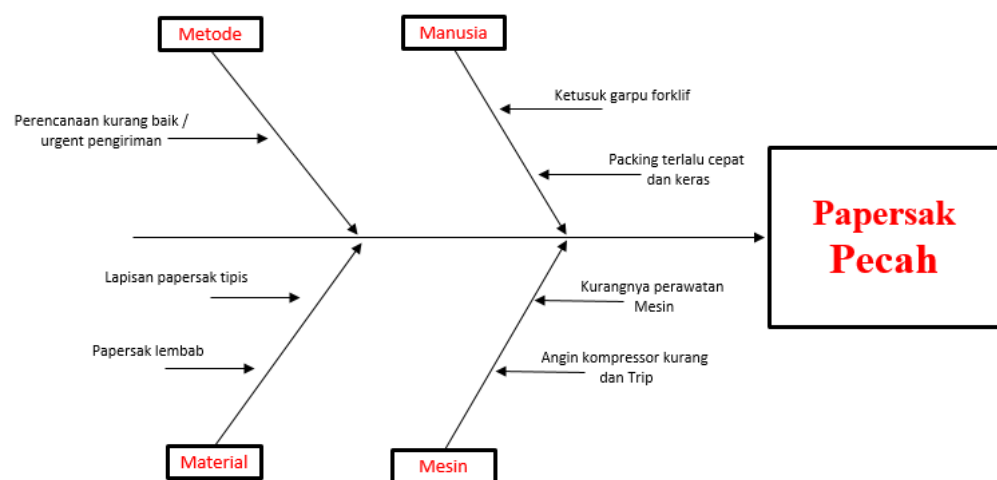
No	Metode Kegagalan (Failure Mode)	Severity (S)	Potensi Penyebab Kegagalan (Cause of Failure)	Occurance (O)	Proses kontrol (Control Process)	Detection (D)	Risk Priority Number (RPN)
1	<i>Papersak</i> Pecah	10	<i>Packing</i> terlalu cepat dan keras	7	Melakukan evaluasi kepada operator di setiap	4	280
2			Tertusuk garpu <i>forklift</i>	5	apa yang akan mereka kerjakan	4	200
3			Kurangnya perawatan mesin	5	Melakukan proses pembersihan mesin dan	4	200
4			Angin kompressor kosong dan trip	7	pengecekan secara terjadwal	4	280
5			Perencanaan kurang baik / <i>urgent</i> pengiriman	7	Melakukan pengecekan data persediaan produk dan data pengiriman	5	350
6			Lapisan <i>papersak</i> tipis	8	Melakukan pemindahan	7	560
7			<i>Papersak</i> lembab	9	barang <i>papersak</i> dan disimpan ke yang lebih aman jauh dari bocor	7	630

Contoh perhitungan RPN nomor 1 :

$$RPN = S \times O \times D$$

$$RPN = 9 \times 7 \times 4 = 280$$

Berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*), maka diurutkan dari yang terbesar sampai yang terkecil, selanjutnya dilakukan identifikasi untuk melakukan usulan perbaikan dengan diagram *Fishbone* dan analisa hasil FMEA. Disajikan pada gambar 6.



Gambar 6. Diagram *Fishbone* Cacat *Papersak* Pecah

Tabel 8. Hasil Analisa FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

No.	Potensi Penyebab Kegagalan (<i>Cause of Failure</i>)	Risk Priority Number (RPN)	Recommended Action
1	Papersak lembab	630	Melakukan pemindahan barang <i>papersak</i> dan disimpan ke yang lebih <i>safety</i> jauh dari bocor.
2	Lapisan <i>papersak</i> tipis	560	Melakukan pemindahan barang <i>papersak</i> dan disimpan ke yang lebih <i>safety</i> jauh dari bocor.
3	Perencanaan kurang baik/ <i>urgent</i> pengiriman	350	Koordinasi dari pihak produksi semen instan dan pihak kantor lebih terjaga.
4	<i>Packing</i> terlalu cepat dan keras	280	Evaluasi agar lebih terarah dan sesuai dalam pekerjaannya.
5	Angin kompressor kosong dan <i>trip</i>	280	Melakukan proses pembersihan kompressor, pengecekan dan pergantian <i>sparepart</i> rusak.
6	Tertusuk garpu <i>forklift</i>	200	Evaluasi agar lebih terarah dan sesuai dalam pekerjaannya.
7	Kurangnya perawatan mesin	200	Melakukan proses pembersihan mesin dan pengecekan secara terjadwal.
5	Angin kompressor kosong dan <i>trip</i>	280	Melakukan proses pembersihan kompresor, pengecekan dan pergantian <i>sparepart</i> rusak.
6	Tertusuk garpu <i>forklift</i>	200	Evaluasi agar lebih terarah dan sesuai dalam pekerjaannya.
7	Kurangnya perawatan mesin	200	Melakukan proses pembersihan mesin dan pengecekan secara terjadwal.

Berdasarkan tabel 8 maka didapatkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) terbesar jenis cacat *papersak* lembab pada produk semen instan dengan nilai RPN (*Risk Priority Number*) sebesar 630 sebagai prioritas perbaikan sesuai dengan *recommended action*.

Berdasarkan nilai RPN yang terbesar sesuai dengan reaksi yang harus dilakukan (*recommended action*). Langkah selanjutnya adalah memberikan analisa usulan perbaikan dengan menggunakan metode 5W+1H (*What, Where, When, Who dan Why + How*)(Jia et al., 2016)(Knop & Mielczarek, 2018).

Tabel 9. Analisa 5W + 1H Usulan Perbaikan Cacat *Papersak* Pecah

Jenis	Penyebab Kegagalan	What (Apa Rencana Perbaikan)	Why (Mengapa Perlu Dilakukan Perbaikan)	Who (Siapa yang Melakukan)	Where (Dimana Lokasi Perbaikan)	When (Kapan Waktu Perbaikan)	How (Bagaimana Langkah Perbaikan)
<i>Papersak</i> Pecah	<i>Papersak</i> lembab	Melakukan pengecekan <i>papersak</i> jika lembab ganti produksi	Untuk meminimalisir cacat <i>papersak</i> pecah yang terjadi di produk semen instan	Operator produksi semen instan	Produksi semen instan	Sebelum produksi di mulai	Keringkan <i>papersak</i> terlebih dahulu di panas terik matahari atau di <i>sanddryer</i>

Berdasarkan hasil analisa 5W + 1H adalah melakukan pengecekan *papersak* sebelum produksi, jika lembab ganti *papersak* dan mengeringkan *papersak* dipanas terik matahari

atau dengan *sanddryer* untuk meminimalkan cacat *papersak* pecah yang terjadi di produk semen instan.

5. KESIMPULAN

Jenis cacat pada produk instan yang paling dominan adalah jenis cacat *papersak* pecah dengan persentase cacat sebesar 80,96 % dari 3 jenis cacat yang terjadi. Penyebab terjadinya jenis cacat *papersak* pecah disebabkan oleh manusia adalah *packing* terlalu cepat/keras dan tertusuk garpu *forklift*, mesin adalah kurangnya perawatan mesin dan angin kompressor kurang/*trip*, metode adalah perencanaan kurang baik/*urgent* pengiriman, material adalah lapisan *paper* tipis dan lembab. Berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA (*Failure Mode And Effect Analysis*) dan dibantu alat 5W+1H adalah membeli barang dari *supplier* yang berkualitas terjamin mutu, melakukan pengecekan *papersak* sebelum produksi, jika lembab ganti produksi dan mengeringkan *papaersak* di bawah panas matahari atau dengan *sanddryer*.

DAFTAR PUSTAKA

Bajaj, S., Garg, R., and Sethi, M. 2018. *Total Quality Management: a Critical Literature Review using Pareto Analysis*. International Journal of Productivity and Performance Management.

Budiarto, R. 2017. *Manajemen Risiko Keamanan Sistem Informasi Menggunakan Metode FMEA dan ISO 27001 pada Organisasi XYZ*. CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science), 2(2), 48–58.

Elmas, M. S. H. 2017. *Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) untuk Meminimumkan Produk Gagal pada Toko Roti Barokah Bakery*. WIGA-Jurnal Penelitian Ilmu Ekonomi, 7(1), 15–22.

Fahry, A., Susandy, G., dan Kuncorosidi, K. 2019. *Influence of Total Quality Management (TQM) Towards Consumers Satisfaction*. JBFI (Journal of Banking and Financial Innovation), 1(01).

Fauzi, Y. A., dan Aulawi, H. 2016. *Analisis Pengendalian Kualitas Produk Peci Jenis Overset yang Cacat di PD. Panduan Illahi dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Jurnal Kalibrasi, 14(1).

Held, M., dan Brönnimann, R. 2016. *Safe Cell, Safe Battery? Battery Fire Investigation using FMEA, FTA and Practical Experiments*. Microelectronics Reliability, 64, 705–710. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2016.07.051>

Hendra, F., dan Effendi, R. 2018. *Identifikasi Penyebab Potensial Kecacatan Produk dan Dampaknya dengan Menggunakan Pendekatan Failure Mode Effect Analysis (FMEA)*. SINTEK Jurnal: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 12(1), 17–24.

Hossen, J., Ahmad, N., dan Ali, S. M. 2017. *An Application of Pareto Analysis and Cause-and-Effect Diagram (CED) to Examine Stoppage Losses: a Textile Case from Bangladesh*. The Journal of the Textile Institute, 108(11), 2013–2020.

Jia, C., Cai, Y., Yu, Y. T., and Tse, T. H. 2016. *5W+1H Pattern: A Perspective of Systematic Mapping Studies and a Case Study on Cloud Software Testing*. Journal of Systems and Software, 116, 206–219. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.01.058>

Kartika, W. Y., Harsono, A., dan Liansari, G. P. 2016. *Usulan Perbaikan Produk Cacat Menggunakan Metode Fault Mode and Effect Analsis dan Fault Tree Analysis pada PT. Sigma Examedia Arkanleema*. REKA INTEGRA, 4(1).

Kim, J., Miller, B., Siddiqui, M. S., Movsas, B., and Glide-Hurst, C. 2019. *FMEA of MR-Only Treatment Planning in the Pelvis*. Advances in Radiation Oncology, 4(1), 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.adro.2018.08.024>

Knop, K., and Mielczarek, K. 2018. *Using 5W-1H and 4M Methods to Analyse and Solve the Problem with the Visual Inspection Process-Case Study*. MATEC Web of Conferences, 183, 3006.

Lee, J.-S., and Kim, Y.-S. 2017. *Analysis of Cost-Increasing Risk Factors in Modular Construction in Korea using FMEA*. KSCE Journal of Civil Engineering, 21(6), 1999–2010.

Li, S., & Zeng, W. 2016. *Risk Analysis for the Supplier Selection Problem using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)*. Journal of Intelligent Manufacturing, 27(6), 1309–1321.

Mayangsari, D. F., Adianto, H., dan Yuniati, Y. 2015. *Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)*. Reka Integra, 3(2).

Mitra, A. 2016. Fundamentals of quality control and improvement. John Wiley & Sons. https://books.google.co.id/books?hl=en&lr=&id=OqjLCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR19&dq=A.+Mitra,+Fundamentals+of+quality+control+and+improvement.+John+Wiley+%26+Sons,+2016.&ots=T3h4rPw2su&sig=zQN3ltdIYYQcJf-Ww6f0cEhO5_w&redir_esc=y#v=onepage&q=A. Mitra%2C Fundament

Mutlu, N. G., and Altuntas, S. 2019. *Risk Analysis for Occupational Safety and Health in the Textile Industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET Methods*. International Journal of Industrial Ergonomics, 72(May 2018), 222–240. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.013>

Pratama, F. S., & Suhartini, S. 2019. *Analisis Kecacatan Produk dengan Metode Seven Tools dan FTA dengan Mempertimbangkan Nilai Resiko dengan Metode FMEA*. Jurnal Senopati: Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering, 1(1), 43–51.

Prayogi, M. F., Sari, D. P., dan Arvianto, A. 2016. *Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA)(Studi Kasus pada PT. Ebako Nusantara)*. Industrial Engineering Online Journal, 5(4).

Ruijters, E., and Stoelinga, M. 2015. *Fault Tree Analysis: A Survey of the State-of-the-Art in Modeling, Analysis and Tools*. Computer Science Review, 15, 29–62.

Satriyo, B., & Puspitasari, D. 2017. *Analisis Pengendalian Kualitas dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis untuk Meminimumkan Cacat pada Crank Bed di Lini Painting PT. Sarandi Karya Nugraha*. Industrial Engineering Online Journal, 6(1).

Strategy-proof Pareto-improvement ☆.pdf. (n.d.).

Suliantoro, H., Susanto, N., Prastawa, H., Sihombing, I., dan Mustikasari, A. 2017. *Penerapan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk Mengukur Efektifitas Mesin Reng*. J@ Ti Undip: Jurnal Teknik Industri, 12(2), 105–118.

Tsai, S.-B., Zhou, J., Gao, Y., Wang, J., Li, G., Zheng, Y., Ren, P., dan Xu, W. 2017. *Combining FMEA with DEMATEL Models to Solve Production Process Problems*. PloS One, 12(8), e0183634.

Vazdani, S., Sabzghabaei, G., Dashti, S., Cheraghi, M., Alizadeh, R., and Hemmati, A. 2017. *FMEA Techniques used in Environmental Risk Assessment*. Environment & Ecosystem Science (EES), 1(2), 16–18.

Wisnubroto, P., dan Rukmana, A. 2015. *Pengendalian Kualitas Produk dengan Pendekatan Six Sigma dan Analisis Kaizen serta New Seven Tools sebagai Usaha Pengurangan Kecacatan Produk*. Jurnal Teknologi, 8(1), 65–74.