

PEMANTAUAN PRODUK CACAT PADA PROSES PRODUKSI *COLLAPSIBLE TUBE* DI PT EXTRUPACK SOLO

*Yoga Setyawan¹, Susilo Adi Widyanto², Paryanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: yogasetyaawan@gmail.com

Abstrak

PT Extrupack Solo merupakan salah satu perusahaan manufaktur packaging yang memproduksi kemasan berupa tabung aluminium dengan jenis *collapsible tube*. Namun dalam setiap proses produksi *collapsible tube* tersebut tidak dapat terlepas dari kegagalan berupa produk cacat (*defect*) dalam proses produksi. Produk cacat hampir ditemukan pada setiap tahapan proses produksi *collapsible tube*. Penulisan bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis produk cacat dominan yang terjadi pada proses produksi *collapsible tube*, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat, dan menyusun rekomendasi teknis untuk mengatasi timbulnya produk cacat tersebut. Metode penelitian yang digunakan untuk mengolah dan menganalisis data adalah diagram Pareto, peta kendali p, *Fault Tree Analysis* (FTA), dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Berdasarkan hasil observasi diperoleh jenis-jenis *defect* yang terjadi pada produk *collapsible tube* antara lain *defect* cacat visual *printing*, cacat visual *base coating*, gagal input akumulator, tube ekor mengerut, tube terjepit *gear* konveyor, dan lain sebagainya. Dari hasil pengolahan data dengan diagram Pareto dapat diketahui dua jenis *defect* dominan yaitu cacat visual *printing* dengan bobot sebesar 33% dan gagal input akumulator dengan persentase sebesar 20.1%. Oleh sebab itu, prioritas perbaikan difokuskan pada kedua jenis cacat yang terjadi. Hasil analisis dengan metode FTA diperoleh penyebab utama dari cacat dominan disebabkan oleh faktor *man*, *method*, dan *machine*. Adapun usulan rekomendasi teknis yang dapat diaplikasikan berdasarkan nilai RPN tertinggi dari hasil analisis FMEA adalah melakukan *preventive maintenance* secara khusus di bagian *bearing roll* setiap memulai *shift* baru untuk cacat visual hasil *printing*. Sedangkan usulan rekomendasi teknis untuk *defect* gagal input akumulator yaitu setting sinkronisasi timing sumber-sumber gerak antara akumulator dan konveyor.

Kata kunci : fmea; fta; kualitas; produk cacat

Abstract

PT Extrupack Solo is one of the packaging manufacturing companies that produces packaging in the form of aluminum tubes with collapsible tubes. However, in every collapsible tube production process, it cannot be separated from failures in the form of defective products (defects) in the production process. Defective products are almost found at every stage of the collapsible tube production process. This final project aims to identify the types of defective products that occur in the collapsible tube production process, identify factors that cause defects, and make technical recommendations to overcome the emergence of defective products. The research methods used to process and analyze data are Pareto diagrams, p control maps, *Fault Tree Analysis* (FTA), and *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Based on the results of observations, the types of defects that occur in collapsible tube products include defects in visual printing defects, visual base coating defects, accumulator input failure, tube tail shriveling, tube pinched by conveyor gear, and so on. From the results of data processing with Pareto diagrams, it can be seen that the two dominant types of defects are visual printing defects with a weight of 33% and accumulator input failure with a percentage of 20.1%. Therefore, the priority of improvement is focused on the two types of defects that occur. The results of the analysis with the FTA method obtained the main cause of the dominant defects caused by man, method, and machine factors. The proposed technical recommendations that can be applied based on the highest RPN value from the FMEA analysis results are to carry out preventive maintenance specifically in the bearing roll section every time a new shift starts for visual printing defects. While the proposed technical recommendations for accumulator input failure defects are setting the synchronization of motion source timing between the accumulator and conveyor.

Keywords: defect; fmea; fta; quality

1. Pendahuluan

PT Extrupack Solo merupakan salah satu perusahaan manufaktur *packaging* yang memproduksi kemasan berupa tabung yang terbuat dari bahan aluminium. Tabung aluminium yang diproduksi berjenis *collapsible tube* atau tabung yang dapat dilipat. Salah satu strategi perusahaan untuk terus mendapatkan kepercayaan pelanggan dan meningkatkan daya saing adalah dengan menjaga dan terus memperhatikan kualitas terbaik dari produk yang dihasilkan. Permasalahan kualitas telah mendorong perusahaan untuk mengembangkan taktik dan strategi yang holistik guna meningkatkan daya saing dan mempertahankan posisinya dalam persaingan global dengan produk-produk dari perusahaan lain [1].

Dalam menghadapi persaingan di dunia industri, kualitas telah menjadi kebutuhan utama bagi perusahaan. Mengurangi dan mengeliminasi produk cacat (*defect*) yang muncul dari sebuah produk perlu dilakukan perusahaan guna meningkatkan produktivitas, efektivitas, dan kualitas produk. Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan diketahui bahwa persentase dari *defect collapsible tube* masih sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis produk cacat dominan yang terjadi pada proses produksi *collapsible tube*, mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat, dan menyusun rekomendasi teknis untuk mengatasi timbulnya produk cacat tersebut

Perbaikan teknis pada tahapan proses produksi perlu dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut. Namun sebelumnya, produk cacat pada tiap tahapan proses perlu dilakukan observasi dan analisis secara mendetail. Metode analisis yang digunakan dalam laporan tugas akhir ini adalah dengan menggunakan metode FMEA dan FTA. FMEA (*failure mode and effect analysis*) dapat dijelaskan sebagai suatu teknik analisis yang dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada proses produksi atau layanan industri suatu produk, dengan tujuan mencegah terjadinya kegagalan tersebut. Dalam implementasi metode FMEA, hasil keluaran yang dihasilkan berupa penilaian *Risk Priority Number* (RPN) untuk mengidentifikasi potensi kegagalan, *effect*, dan *detection* [2].

2. Dasar Teori dan Metode Penelitian

2.1 Produk Cacat

Defect atau produk cacat adalah produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi [3]. Sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan atau berfungsi sebagaimana mestinya. Produk cacat dapat terjadi dalam berbagai bentuk, seperti kerusakan fisik, ketidaksesuaian spesifikasi, kegagalan fungsi, atau kecacatan dalam produksi. Dari setiap produk cacat yang terjadi, perlu dilakukan identifikasi dan analisis untuk mengetahui akar penyebab kegagalan. Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan dalam menganalisis produk cacat seperti *Fault Tree Analysis* (FTA), diagram *fishbone*, analisis 5 Whys, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

2.2 Fault Tree Analysis (FTA)

Analisis Pohon Kesalahan (*Fault Tree Analysis*) adalah suatu teknik analisis yang menguraikan model kesalahan sederhana [4]. Model grafis berupa pohon kesalahan ini terdiri dari kombinasi dan paralel percontohan kesalahan yang dapat menyebabkan kejadian peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisikan sebelumnya.

Langkah-langkah dalam metode *Fault Tree Analysis* (FTA) sebagai berikut [5]:

- Menentukan kejadian paling utama.
- Menetapkan batasan FTA.
- Memeriksa sistem untuk mengerti bagaimana berbagai elemen berhubungan pada satu dengan lainnya.
- Membuat diagram pohon kesalahan.
- Menganalisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi dan memperoleh informasi detail dari suatu sistem dan perbaikan yang diperlukan.
- Mempersiapkan rencana *action* perbaikan guna mencegah kegagalan.

Hasil dari penggunaan metode analisis FTA akan menghasilkan akar-akar penyebab dari setiap kegagalan atau produk cacat yang terjadi. Selanjutnya perlu dilakukan analisis FMEA untuk mengetahui tingkat keseriusan dan menentukan usulan rekomendasi teknis dari penyebab kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi.

2.3 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah suatu metode alat bantu yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi serta mencegah mode kegagalan (*failure mode*) yang terjadi. Selain itu, FMEA dapat dimanfaatkan untuk mengidentifikasi akar-akar dan sumber penyebab dari suatu masalah kualitas. *Failure mode* merupakan apa saja yang termasuk dalam kegagalan atau kecacatan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan tidak maksimalnya fungsi dari produk tersebut [6].

Langkah dasar dalam proses implementasi FMEA menurut [7] yaitu sebagai berikut:

- Mengidentifikasi fungsi pada proses produksi
- Mengidentifikasi potensial *failure mode* pada proses produksi
- Mengidentifikasi potensi efek kegagalan produksi
- Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses produksi
- Mengidentifikasi mode deteksi proses produksi
- Menentukan rating terhadap *severity*, *Occurance*, *Detection* dan *Risk Priority Number* (RPN) pada proses produksi
- Usulan perbaikan

Dalam penggunaan FMEA terdapat tiga variabel utama yaitu *severity*, *occurance*, dan *detection* [8]. Ketiganya akan menentukan hasil nilai keseriusan pada tiap kegagalan yang terjadi.

a. *Severity*

Merupakan tingkat atau rating yang menggambarkan seberapa serius dampak dari suatu potensial mode kegagalan.

Tabel 2 Tabel *Severity* (tingkat keparahan) [9]

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

b. *Occurance*

Merupakan rating yang mengindikasikan seberapa sering kemungkinan kegagalan akan terjadi. Tabel 3 memberikan penjelasan tingkat kejadian (*occurrence*) untuk masing-masing ranking.

Tabel 3 Tabel *Occurance* (tingkat kejadian) [9]

Degree	Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Rating
<i>Remote</i>	0,001 per 1000 item	1
<i>Low</i>	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

c. *Detection*

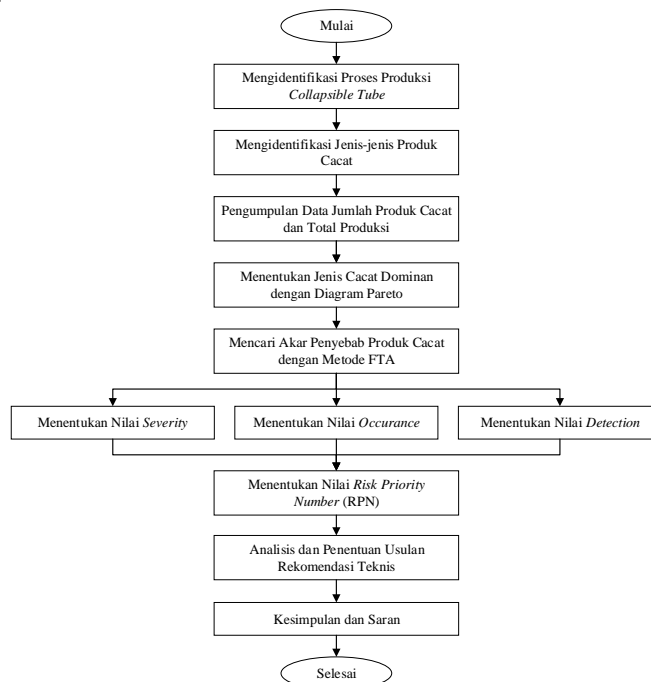
Merupakan kontrol proses yang khusus dirancang untuk secara spesifik mendeteksi akar penyebab kegagalan.

Tabel 4 Tabel *Detection* (tingkat deteksi) [9]

Rating	Kriteria	Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab muncul.	0,001 per 1000 item
2 3	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah.	0,1 per 1000 item 0,5 per 1000 item
4 5 6	Kemungkinan penyebab terjadinya bersifat moderat. Metode pencegahan kadang mungkin penyebab itu terjadi.	1 per 1000 item 2 per 1000 item 5 per 1000 item
7 8	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif. Penyebab masih berulang kembali.	10 per 1000 item 20 per 1000 item
9 10	Kemungkinan penyebab terjadi masih sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif.	50 per 1000 item 100 per 1000 item

2.4 Diagram Alir Penelitian

Berisikan langkah-langkah yang saling berkaitan satu dengan yang lain dan berurutan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengumpulan Data Produk Cacat

Pada Tabel 4 merupakan data jenis defect terakumulasi dari pengamatan proses produksi *collapsible tube* pada proses akumulator sampai dengan proses *capping* pada line produksi 22 di PT Extrupack Solo.

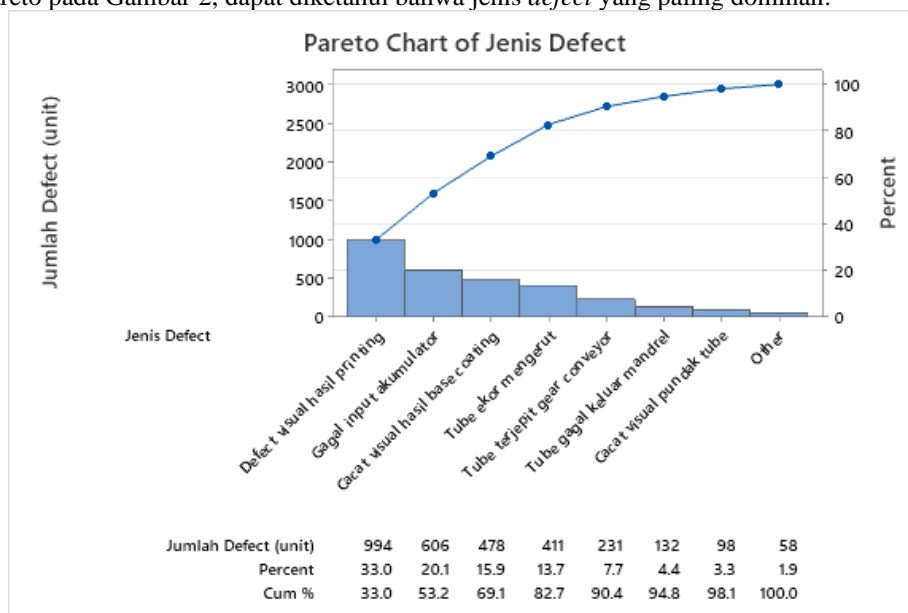
Tabel 4 Data Jenis Produk Cacat

No	Tanggal Produksi	Jumlah Produk	Jumlah Defect								Total Defect
			Tube terjepit gear konveyor	Gagal input akumulator	Cacat visual hasil base coating	Cacat visual pundak tube hasil bc	Cacat visual hasil printing	Gagal input mandrel capping	Tube gagal keluar mandrel	Tube ekor mengerut	
1	1-Sep-22	16608	32	74	21	11	294	14	25	20	491
2	2-Sep-22	9834	22	43	10	0	22	0	5	29	131
3	6-Sep-22	15902	40	56	33	4	68	4	7	56	268
4	7-Sep-22	20911	19	39	84	0	32	0	22	26	222
5	8-Sep-22	16251	24	35	31	12	34	3	28	41	208
6	9-Sep-22	16560	8	27	56	0	61	7	0	15	174
7	15-Sep-22	19781	15	64	16	0	29	3	0	23	150
8	19-Sep-22	14218	11	49	24	18	37	0	12	56	207
9	26-Sep-22	20210	3	35	0	33	19	4	0	28	122
10	29-Sep-22	14889	21	69	44	0	78	0	0	17	229
11	4-Oct-22	5425	4	21	33	0	52	2	0	22	134
12	5-Oct-22	6997	2	17	22	7	65	7	11	15	146
13	6-Oct-22	10116	12	30	34	4	106	8	8	22	224

14	12-Oct-22	17469	11	25	39	0	41	2	14	12	144
15	19-Oct-22	18086	7	22	31	9	56	4	0	29	158
TOTAL		223257	231	606	478	98	994	58	132	411	3008

3.2 Menentukan Jenis Produk Cacat Tertinggi

Proses penentuan jenis produk cacat tertinggi dilakukan dengan menggunakan konsep diagram pareto. Berdasarkan pada diagram pareto pada Gambar 2, dapat diketahui bahwa jenis *defect* yang paling dominan.

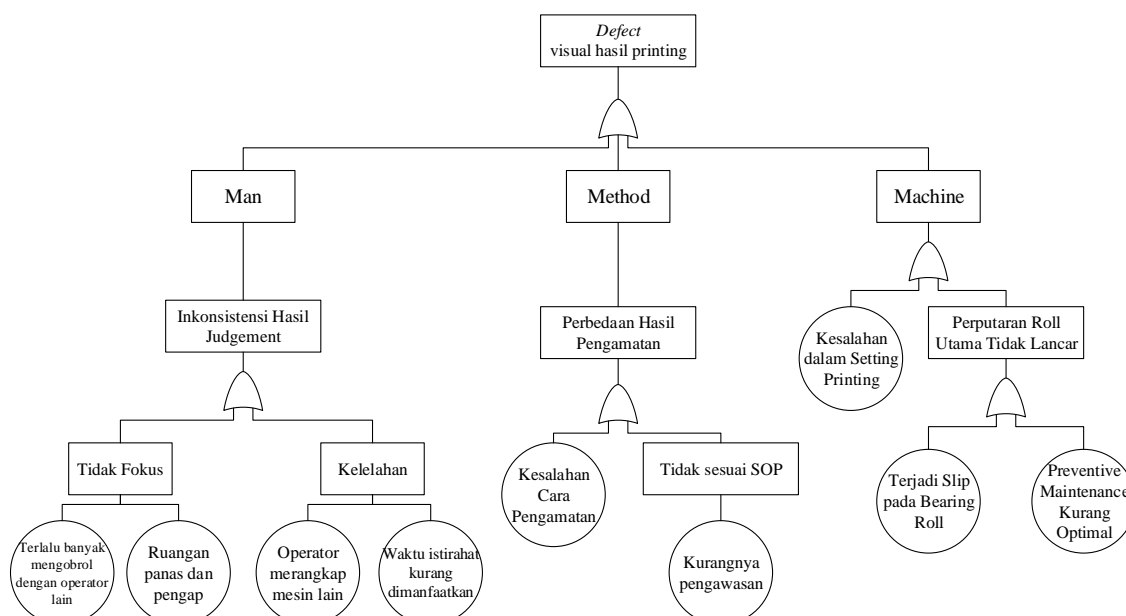


Gambar 2 Diagram Pareto Jenis Produk *Collapsible Tube*

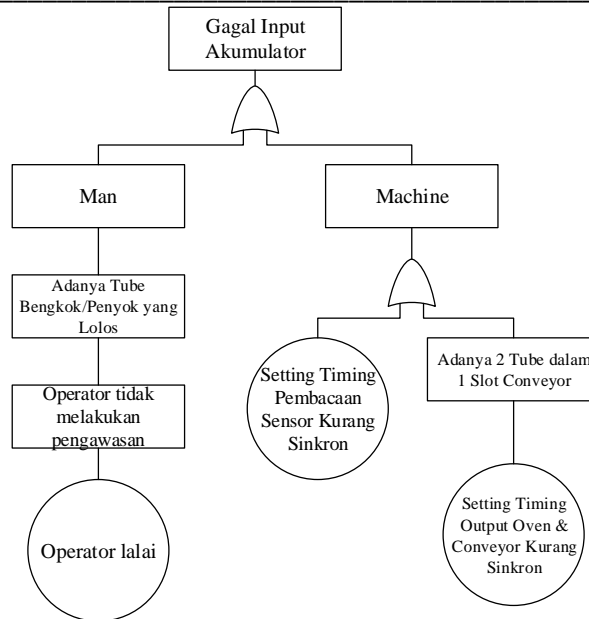
Diagram Pareto digunakan untuk mengklasifikasikan masalah-masalah penting dengan menggunakan aturan perbandingan 80:20 [10]. Hal ini berarti bahwa dengan menyelesaikan 20% masalah yang paling krusial maka 80% peningkatan dapat dicapai. Oleh karena itu, dari delapan jenis produk cacat yang ada terdapat 2 jenis cacat dominan yaitu *defect* visual hasil printing dan gagal input akumulator. Sehingga fokus utama analisis dan penentuan rekomendasi teknis pada kedua jenis cacat tersebut.

3.3 Hasil Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA)

Berikut ini adalah hasil analisis pada jenis cacat visual hasil *printing* dan gagal input akumulator pada produk *collapsible tube* dengan metode FTA yang bertujuan untuk mengidentifikasi apa saja akar penyebab terjadinya produk cacat.



Gambar 3 FTA *defect* visual hasil *printing*



Gambar 4 FTA defect gagal input akumulator

3.4 Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

3.4.1 Identifikasi Akibat dari Kegagalan (Failure Effect)

Identifikasi akibat dari kegagalan dari setiap kegagalan proses yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Identifikasi Failure Effect

No	Proses	Jenis-Jenis Kegagalan (Failure Mode)	Akibat dari Kegagalan (Failure Effect)
1.	Printing	Defect visual hasil printing	Tidak dapat dilanjutkan ke proses capping dan collapsible tube menjadi scrap
2.	Akumulator	Gagal input akumulator	Tidak dapat berlanjut ke proses selanjutnya, perlu pemindahan tube secara manual ke eretan stick akumulator

3.4.2 Penentuan Nilai Risk Priority Number (RPN)

RPN adalah nilai total perhitungan dari perkalian nilai severity, occurrence, dan detection. Hasil perhitungan nilai RPN dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Penentuan Nilai Risk Priority Number (RPN)

Proses	Jenis-jenis Kegagalan (Failure Mode)	Akibat dari Kegagalan (Failure Effect)	Failure Cause	Severity Rating	Occurance Rating	Detection Rating	Risk Priority Number
Printing	Defect visual hasil printing	Tidak dapat dilanjutkan ke proses capping dan collapsible tube menjadi scrap	Terlalu banyak mengobrol dengan operator lain	8	5	4	160
			Ruangan panas dan pengap		5	2	80
			Operator merangkap mesin lain		6	4	192
			Waktu istirahat kurang dimanfaatkan		5	3	120
			Kurangnya pengawasan		4	3	96
			Kesalahan cara pengamatan		4	2	64
			Kesalahan dalam setting mesin printing		6	2	96
			Terjadi slip pada bearing roll		6	5	240

			<i>Preventive maintenance</i> kurang optimal		5	3	120
Akumulator	Gagal input akumulator	Tidak dapat berlanjut ke proses selanjutnya, perlu pemindahan tube secara manual ke eretan stick akumulator	Operator lalai	4	5	3	60
			Setting timing output oven dan konveyor kurang sinkron		7	5	140
			Setting timing pembacaan sensor kurang sinkron		6	5	120

3.5 Hasil Usulan Rekomendasi Teknis

Dari hasil perhitungan RPN dari analisis FMEA diatas, selanjutnya adalah dilakukan membuat usulan rekomendasi teknis dengan tujuan untuk mengatasi *defect* yang terjadi. Pada Tabel 7 dapat dilihat hasil usulan rekomendasi teknis yang perlu dilakukan berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan.

Tabel 7 Usulan Rekomendasi Teknis

<i>Failure Mode</i>	<i>Failure Cause</i>	<i>Rekomendasi improvement</i>
Defect visual hasil printing	Terjadi slip pada <i>bearing roll</i>	Melakukan <i>preventive maintenance</i> secara khusus pada bagian <i>bearing roll</i> setiap memulai shift baru
	Operator merangkap mesin lain	<i>Leader</i> mengatur pergantian jadwal apabila ada karyawan yang berhalangan masuk kerja
	Terlalu banyak mengobrol dengan operator lain	<i>Leader</i> melakukan kontrol berkala terhadap operator dan memberikan teguran jika banyak mengobrol dan dapat mengganggu konsentrasi
	Waktu istirahat kurang dimanfaatkan	Menyediakan ruang khusus bagi operator untuk beristirahat (kursi pijat)
	<i>Preventive maintenance</i> kurang optimal	Mengatur jadwal perawatan <i>preventive maintenance</i> per bagian part dalam mesin
	Kesalahan dalam setting mesin printing	Melakukan perencanaan training berkala pada operator printing
	Kurangnya pengawasan	Bagian <i>quality control</i> melakukan pengawasan secara berkala di lantai produksi
	Ruangan panas dan pengap	Menambahkan sirkulasi udara atau kipas angin tambahan pada area yang memerlukan konsentrasi tinggi seperti di bagian mesin <i>printing</i>
	Kesalahan cara pengamatan	Menambahkan cacatan dan buku panduan terkait tata-cara pengamatan hasil printing
Gagal input akumulator	Setting timing output oven dan conveyor kurang sinkron	Setting sinkronisasi timing sumber-sumber gerak
	Setting timing pembacaan sensor kurang sinkron	Melakukan pengecekan dan sinkronisasi timing pembacaan sensor saat <i>preventive maintenance</i>
	Operator lalai	<i>Leader</i> rutin melakukan kontrol dan pengawasan yang lebih ketat di lantai produksi

Berdasarkan Tabel 8 terdapat beberapa usulan rekomendasi teknis yang dapat dilakukan untuk mengatasi *defect* yang terjadi, antara lain:

1. Usulan rekomendasi perbaikan pada proses printing dimana terdapat *defect* visual hasil *printing* antara lain:
 - a. Melakukan *preventive maintenance* secara khusus pada bagian *bearing roll* setiap memulai shift baru. Bertujuan untuk menjaga kinerja optimal mesin dan memperpanjang umur pemakaian mesin tersebut.
 - b. *Leader* mengatur pergantian jadwal apabila ada karyawan yang berhalangan masuk kerja. Bertujuan untuk memastikan kelancaran operasional dan produktivitas tim kerja tetap terjaga meskipun ada karyawan yang tidak hadir. Hal ini dilakukan agar operator fokus pada mesin sendiri saat operator lain yang tidak masuk.
 - c. *Leader* melakukan kontrol berkala terhadap operator di area produksi dan memberikan teguran jika banyak mengobrol dan dapat mengganggu konsentrasi. Rekomendasi ini bertujuan agar operator tetap terjaga konsentrasi dalam bekerja.

- d. Menyediakan ruang khusus bagi operator untuk beristirahat. Ruang khusus dalam hal ini dapat berupa kursi pijat dan lain-lain. Rekomendasi ini bertujuan agar operator mesin dapat beristirahat secara optimal sehingga dapat dengan maksimal memulihkan tenaga.
 - e. Mengatur jadwal perawatan *preventive maintenance* per bagian part dalam mesin. Dimana sebelumnya *preventive maintenance* dilakukan secara keseluruhan dalam satu lini produksi.
 - f. Melakukan perencanaan training berkala pada operator printing agar operator dapat terus meningkatkan pengetahuan dan keterampilannya dalam menjalankan mesin printing.
 - g. Bagian *quality control* melakukan pengawasan secara berkala di lantai produksi. Dalam hal ini guna mengawasi dan membantu operator untuk melakukan pengecekan agar sesuai dengan SOP yang ada.
 - h. Menambahkan sirkulasi udara atau kipas angin tambahan pada area yang memerlukan konsentrasi tinggi seperti di bagian mesin *printing*.
 - i. Menambahkan catatan dan buku panduan terkait tata-cara pengamatan hasil *printing*.
2. Usulan rekomendasi perbaikan pada proses akumulator dimana terdapat *defect* gagal input akumulator adalah sebagai berikut:
- a. Setting sinkronisasi timing sumber-sumber gerak antara mesin akumulator dan konveyor. Dalam hal ini perlu dilakukan observasi untuk mengeliminasi kompensasi *backlash* pada *gearbox*.
 - b. Melakukan pengecekan dan sinkronisasi timing pembacaan sensor saat *preventive maintenance*. Rekomendasi ini bertujuan agar timing *reading* sensor tetap akurat dan tidak berubah-ubah.
 - c. Leader rutin melakukan kontrol dan pengawasan yang lebih ketat di lantai produksi untuk memastikan bahwa operator mesin tidak lalai dalam bekerja dan bekerja sesuai dengan standar yang ditetapkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pada penelitian ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Jenis cacat dominan yang dapat diidentifikasi melalui hasil analisis menggunakan diagram Pareto yaitu *defect* visual hasil *printing* dengan persentase cacat sebesar 33% dari 8 jenis cacat yang terjadi.
2. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis* dapat diketahui faktor yang menyebabkan cacat dominan pada produk *collapsible tube* yaitu faktor *man*, *method*, dan *machine*.
3. Adapun usulan rekomendasi *improvement* yang dapat diaplikasikan guna meminimasi *defect* pada proses produksi *collapsible tube* berdasarkan nilai RPN terbesar adalah sebagai berikut:
 - a. Usulan rekomendasi pada proses printing dimana terdapat *defect* visual hasil printing adalah dengan melakukan *preventive maintenance* secara khusus pada bagian *bearing roll* setiap memulai shift baru.
 - b. Usulan rekomendasi pada proses akumulator untuk *defect* tube gagal input akumulator adalah dengan melakukan setting sinkronisasi timing dari sumber-sumber gerak antara mesin akumulator dan konveyor.

5. Daftar Pustaka

- [1] Hatani, L. (2008). Manajemen pengendalian mutu produksi roti melalui pendekatan statistical quality control (SQC). Jurnal Jurusan Manajemen FE UNHALU, 1, 1-7.
- [2] Tejaningrum, A., & Indri Rustyani, I. R. (2019). Analisis Kualitas Produk Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Untuk Mengidentifikasi Faktor Penyebab Dominan. Journal of Entrepreneurship, Management and Industry (JEMI), 2(3), 128-137.
- [3] Hansen, Don R dan Maryanne M, Mowen. 2004. Cost Management: Accounting & Control. United States: Thomson Shouthwestern
- [4] Purnomo, H. (2007). Pengantar Teknik Industri. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [5] Roughton, J. & Crutchfield, N. (2016). Job Hazard Analysis A Guide for Voluntary Compliance and Beyond (2nd ed.). United State.
- [6] Gaspersz, V. (2007). Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [7] Chrysler, C. 1995. Potential Failure and Effects Analysis (FMEA) Reference Manual 2nd Edition. Ford Motor Company.
- [8] Rachman, A., Adianto, H., Liansari, G. P. (2016). Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis Dan Fault Tree Analysis Di Institusi Keramik. Jurnal Teknik Industri Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung. Reka Integra ISSN: 2338-5081. Vol.4 No.02
- [9] Gaspersz, Vincent. 2002. Pedoman Implementasi Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9100:2100, MBNQA, dan HACCP. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- [10] Zulian, Yamit. (2013). Manajemen Kualitas Produk dan Jasa. Yogyakarta: Ekonisia.