



Penerapan Metode Fault Tree Analysis Untuk Mencegah Kegagalan Pada Departemen Interior di PT X

Metta Yolanda^{1, a)}, Yurida Ekawati^{1, b)}, Sunday Noya^{1, c)}

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Ma Chung
Jalan Villa Puncak Tidar N-01 Malang, Indonesia, 65151

Author Emails

^{a)} 411910010@student.machung.ac.id*

^{b)} yurida.ekawati@machung.ac.id

^{c)} sunday.alexander@machung.ac.id

Received 15 May 2023 / Revised 22 May 2023 / Accepted 01 June 2023 / Published 06 June 2023

Abstract. *The Interior Department is one of the departments of PT X that produces bus and minibus interior parts. During the interior production process there are still quite a lot of defective products. There are six types of defects, namely air bubbles, not 100% printed, double tip insulation does not stick, torn, too dense/less dense, and color striped. The main focus of this research is to analyze the causes of failure of a process and make recommendations for improvements that can be made using the Fault Tree Analysis (FTA) method. From the FTA, improvements are needed to reduce defects in the Interior Department. Recommendations for improvement that can be given to the company are to create a checklist form to make it easier for operators to clean the mattress regularly, to check that the non-stick liquid has been sprayed twice, to ensure that the mattress has been heated every morning, to ensure that the paint has been shaken before use so that there are no striped colors, and to ensure that the paint has been sprayed twice. Then the next improvement recommendations are to provide and attach a standard description to each injection number on each product, make a machine maintenance schedule, replace the non-stick liquid with an old model that is not too strong, provide a timer on the mattress that is used as a reminder when waiting for the paint to dry, procure a mattress equipped with a sound sensor, and procure a generator.*

Keywords: *Defect; Fault tree analysis; Interior product*

1. Pendahuluan

Perkembangan dunia industri yang semakin maju menyebabkan persaingan antar perusahaan semakin ketat, sehingga perusahaan harus mampu bertahan ketika bersaing dengan perusahaan lain terutama yang sejenis. Salah satu cara agar perusahaan dapat terus bersaing adalah dengan menjaga kualitas/mutu dari suatu produk yang dihasilkan. Kualitas dapat diartikan sebagai kesesuaian dalam menggunakan produk untuk memenuhi kepuasan pelanggan (Juran & Godfrey, 1998). Sehingga kualitas merupakan salah satu hal yang penting, dikatakan kualitas sangat penting karena tentunya konsumen menginginkan produk dan jasa dengan kualitas/mutu yang terbaik (Handayani, 2018). Jika kualitas dari suatu produk yang dihasilkan tidak memenuhi

standar dalam arti masih terdapat *defect*, kepuasan pelanggan juga akan menurun (Ikumapayi *et al.*, 2020).

Menurut Baum (2001, dalam Nasution *et al.*, 2017) terdapat sembilan faktor yang dapat mempengaruhi kualitas yaitu pasar (*market*), modal (*Money*), Manajemen (*Management*), Sumber Daya Manusia (*Man*), Motivasi (*Motivation*), Bahan Baku (*Material*), Mesin (*Machine*), Mekanisasi (*Mechanization*), Metode Informasi Modern (*Modern Information Method*), dan Persyaratan Proses Produksi (*Mounting Product Requirement*). Untuk menentukan sejauh mana kualitas produk, terdapat delapan dimensi produk yang dapat digunakan sebagai acuan. Menurut Garvin (1988), berikut adalah delapan dimensi kualitas produk untuk menganalisis atribut kualitas produk yaitu *performance/performa*, *feature/tampilan*, *reliability/keandalan*, *conformance/konfirmasi*, *durability/daya tahan*, *serviceability/kemampuan pelayanan*, *aesthetics/estetika*, *perceived quality/kualitas yang dipersepsikan*.

Menurut Ahyari (2000, dalam Elmas, 2017), pengendalian kualitas dapat diartikan sebagai suatu kegiatan yang ditujukan untuk menjaga dan mengendalikan agar kualitas produk yang dihasilkan dapat terjaga sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pengendalian kualitas bertujuan untuk mengetahui apakah sesuatu telah bekerja secara efisien dan efektif ataukah belum, atau mungkin masih dalam proses perbaikan (Assauri, 1999). Selain itu, menurut Montgomery (2005), tujuan pengendalian kualitas adalah untuk menganalisis dengan cepat alasan mengapa produk tidak memenuhi standar yang ditentukan, sehingga tindakan pembetulan dapat diambil sebelum terlalu banyak produk yang tidak memenuhi standar produk. Menurut Jaharuddin *et al.* (2019), pengendalian kualitas dapat didukung oleh beberapa alat bantu statistik yaitu *check sheet* (daftar periksa) dan *process flow chart* (diagram alir).

PT X merupakan salah satu perusahaan industri manufaktur yang bergerak di bidang karoseri bus dan minibus. Departemen Interior adalah salah satu bagian dari PT X dan merupakan departemen untuk membuat bagian interior-interior dalam bis. Tentunya setiap perusahaan mengalami risiko pada berbagai macam aspek seperti produksi, tenaga kerja, bahan baku, dan lain-lain (Tanu & Purnomo, 2021). Risiko tersebut dapat menyebabkan produk *defect*. Terdapat produk *defect* dalam proses produksi interior, *defect* pada produk tersebut disebabkan oleh berbagai faktor dari operator, mesin, cuaca, dan material. Jumlah *defect* pada produksi interior pada bulan September tahun 2022 dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1 Data jumlah produksi dan jumlah *defect* produk interior

Jenis Produk	Total Produksi	Total Defect
Horizontal Panjang	564	90
Vertikal Lurus	442	60
Horizontal List	71	19
Vertikal L (RH dan LH)	96	8
Sentra Belakang big bus (RH dan LH)	22	5
Sentra Belakang SDD/SHD (RH dan LH)	88	33
Sentra Depan (RH dan LH)	90	14
Total	1373	229

Dari tabel tersebut diperoleh total jumlah produksi dan total *defect* untuk setiap jenis produk interior dan menunjukkan bahwa *defect* yang terdapat pada produk interior masih tergolong banyak. Oleh karena itu, perlu adanya perbaikan kualitas. Perbaikan kualitas dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk (Puspitaloka & Ekawati, 2022). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penyebab serta akibat dari kegagalan suatu proses dan kegagalan dalam proses produksi dapat dicegah dengan menggunakan metode FTA.

Metode FTA dimulai dengan mengasumsikan kegagalan dari sebuah kejadian puncak (*top event*), selanjutnya menganalisis dan merinci penyebab dari kejadian tersebut dalam bentuk diagram pohon (Hanif *et al.*, 2015 dalam Rochmoeljati & Hidayat, 2020). Terdapat tahapan dalam metode FTA yaitu mendefinisikan masalah dan kondisi batas dari suatu sistem yang ditinjau (*top event*) dan membuat model grafis pohon kesalahan (Priyanta, 2000). Selain itu tujuan dari

penelitian ini adalah mampu memberikan rekomendasi perbaikan guna mengurangi cacat produk pada Departemen Interior di PT X. Batasan masalah dari penelitian ini adalah pengamatan berfokus hanya pada produk bus dan tidak dilakukan penerapan atas usulan perbaikan.

2. Metode

Tahap awal yang dilakukan adalah pengamatan langsung di lapangan yaitu di Departemen Interior PT X. Data yang dibutuhkan yaitu jenis *defect* dan jumlah *defect* sebelum serta setelah adanya perbaikan. Data tersebut didapatkan dengan cara pengamatan langsung dan wawancara kepada kepala bagian, *foreman*, dan operator yang bertugas selama proses produksi. Setelah mendapatkan data, selanjutnya akan diidentifikasi jenis cacat apa saja yang muncul selama proses produksi di Departemen Interior.

Setelah mengetahui jenis cacat apa saja yang terjadi pada departemen interior maka akan dianalisis apa yang menyebabkan cacat tersebut dapat terjadi.

Mengetahui sumber penyebab terjadinya cacat pada suatu produk, baik dari sisi manusia, material, dan lain-lain dianalisis dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode FTA atau biasa sering disebut dengan diagram analisis pohon kesalahan merupakan model grafik dari berbagai kombinasi dan bertujuan untuk menganalisis permasalahan dan keadaan yang tidak diinginkan pada sistem dalam suatu proses. Untuk menganalisis keadaan yang tidak diinginkan tersebut dapat melihat dari kondisi lingkungan dan operasional (Vesely *et al.*, 1981). Metode FTA berisi tentang simbol-simbol (Tang, 2022). Terdapat dua tipe notasi dasar dalam FTA yaitu kejadian (*event gate*) dan gerbang logika (*logic gates*). Setelah mengetahui sumber penyebab terjadinya cacat, selanjutnya akan dilakukan usulan perbaikan yang direkomendasikan kepada perusahaan. Usulan perbaikan tersebut bertujuan untuk mencegah kegagalan sehingga dapat mengurangi jumlah produk cacat di masa mendatang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Fault Tree Analysis

Langkah pertama adalah mengidentifikasi cacat apa saja yang muncul selama proses produksi di Departemen Interior. Jenis cacat yang ditemukan di Departemen Interior berjumlah enam yaitu terdapat gelembung udara, terlalu padat/kurang padat, sobek, *double tape* tidak dapat menempel, warna belang, dan produk tidak tercetak 100%. Data jenis dan jumlah cacat produk interior selama bulan September 2022 di PT X dapat dilihat pada Tabel 2:

Tabel 2 Jenis dan jumlah *defect* produk interior

Jenis Defect	a	b	c	d	e	f	g	Total Defect
Terdapat gelembung udara	20	10	5	3	1	16	2	57
Terlalu padat/kurang padat	3	2	3	1	0	0	0	9
Sobek	4	15	6	4	2	8	6	45
<i>Double tape</i> tidak dapat menempel	61	28	5	0	1	6	5	106
Warna Belang	2	5	1	0	0	3	1	12
Tidak tercetak 100%	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Defect	90	60	20	8	4	33	14	229

Keterangan:

a = horizontal panjang

b = vertikal lurus

c = horizontal list

d = vertikal L

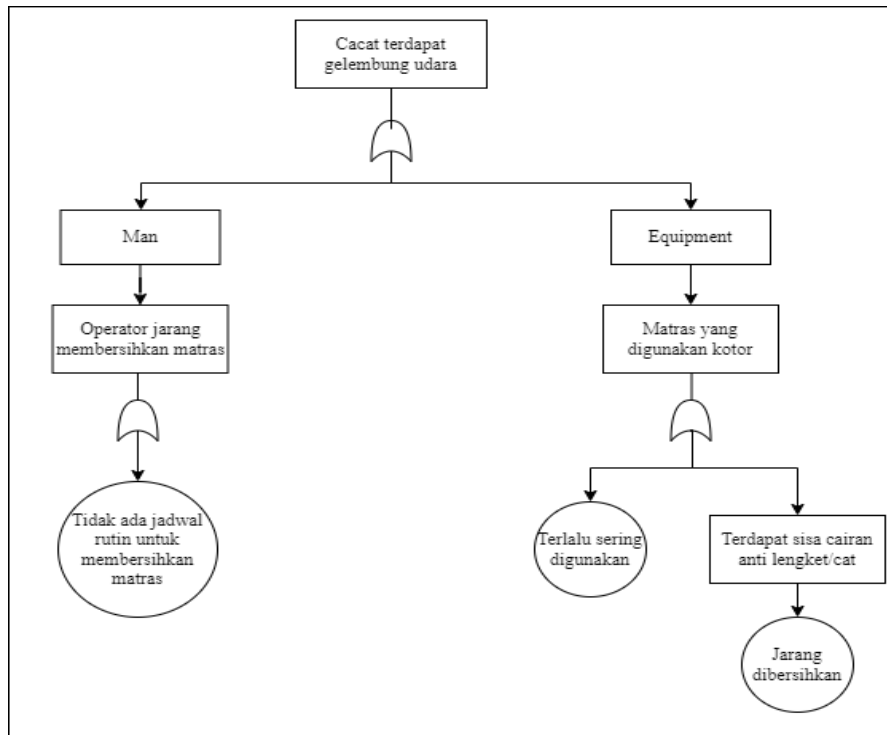
e = setra belakang big bus

f = setra belakang DST/DSG

g = setra depan

Selanjutnya akan dicari akar penyebab terjadinya kegagalan atau kecacatan produk menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*). Dalam membuat FTA, pada bagian *top event* disesuaikan dengan jenis cacat dan pada FTA menggunakan simbol gerbang and dan or. Berikut merupakan analisis penyebab menggunakan metode FTA berdasarkan setiap jenis kegagalan.

3.1.1. Cacat terdapat gelembung udara

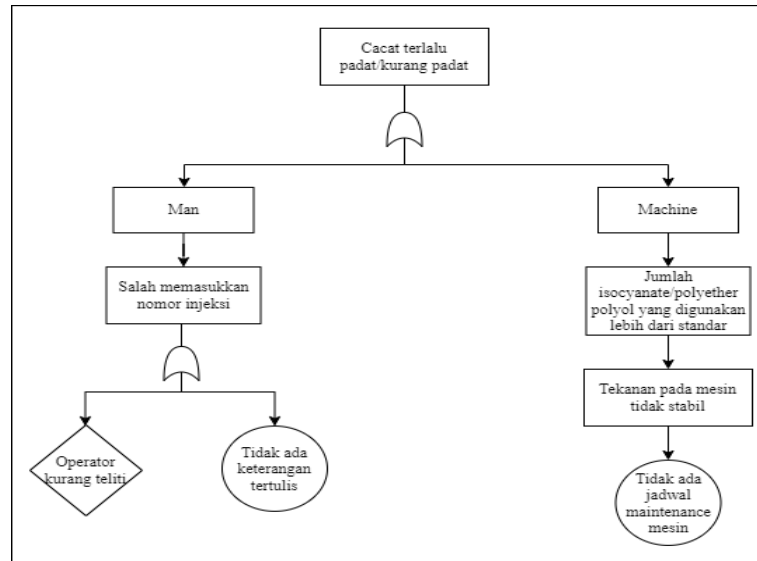


Gambar 1 FTA cacat terdapat gelembung udara

Kriteria kualitas pertama kegagalan yang terjadi yaitu cacat terdapat gelembung udara yang ditunjukkan pada Gambar 1. Kegagalan tersebut dapat terjadi karena faktor manusia atau peralatan. Faktor manusia disebabkan karena operator jarang membersihkan matras. Operator jarang membersihkan matras disebabkan karena tidak adanya jadwal rutin untuk membersihkan matras. Kemudian faktor peralatan disebabkan karena matras yang digunakan kotor. Matras tersebut kotor karena terdapat sisa cairan anti lengket maupun matras yang menempel di permukaan matras. Jika cairan anti lengket/cat menempel, akan mengganggu proses pengecatan. Selain itu matras kotor bisa juga disebabkan karena terlalu sering digunakan.

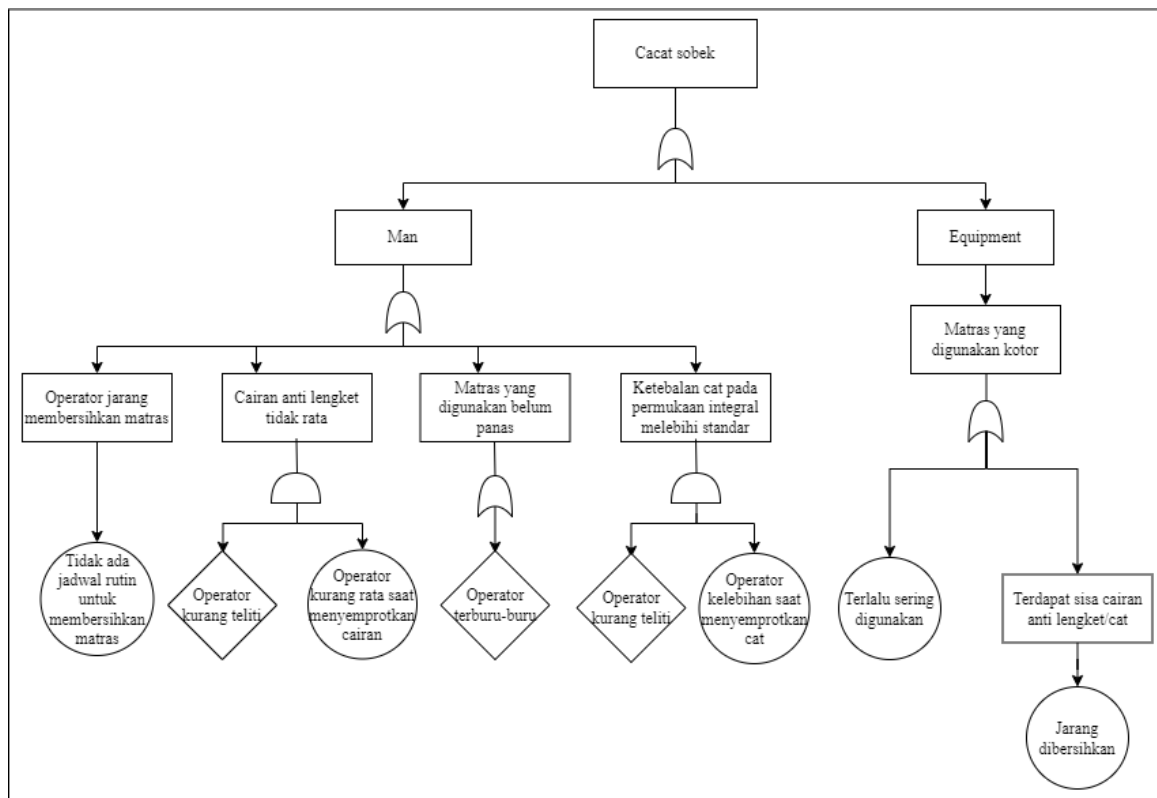
3.1.2. Cacat terlalu padat/kurang padat

Kriteria kualitas kedua kegagalan yang terjadi yaitu cacat terlalu padat/kurang padat yang ditunjukkan pada Gambar 2. Cacat tersebut dapat terjadi karena faktor manusia atau mesin. Faktor manusia disebabkan karena operator salah memasukkan nomor injeksi dan pada nomor tersebut dapat kelebihan/kekurangan detikan. Operator dapat salah memasukkan nomor injeksi disebabkan oleh kurang teliti atau tidak ada keterangan tertulis mengenai keterangan standar nomor injeksi. Faktor mesin dapat disebabkan karena tekanan pada mesin yang digunakan tidak stabil. Tekanan pada mesin dapat menjadi tidak stabil karena tidak adanya jadwal *maintenance* mesin, sehingga mesin tersebut dapat menjadi bermasalah.



Gambar 2 FTA cacat terlalu padat/kurang padat

3.1.3. Cacat sobek



Gambar 3 FTA cacat sobek

Kriteria kualitas ketiga kegagalan yang terjadi yaitu cacat sobek yang ditunjukkan pada Gambar 3. Cacat tersebut dapat terjadi karena faktor manusia atau peralatan. Faktor manusia disebabkan oleh operator yang jarang membersihkan matras karena tidak ada jadwal rutin untuk membersihkan matras, operator kurang teliti dan kurang rata saat memberikan cairan anti lengket, operator terburu-buru melakukan proses injeksi ketika matras belum panas. Kemudian faktor manusia juga dapat disebabkan karena operator kurang teliti dan kelebihan saat menyemprotkan cat. Faktor mesin dikarenakan matras yang digunakan kotor. Matras tersebut kotor karena terdapat sisa cairan anti lengket maupun matras yang menempel di permukaan matras. Jika cairan anti lengket/cat menempel, akan mengganggu proses pengecatan. Selain itu matras kotor bisa juga disebabkan karena terlalu sering digunakan.

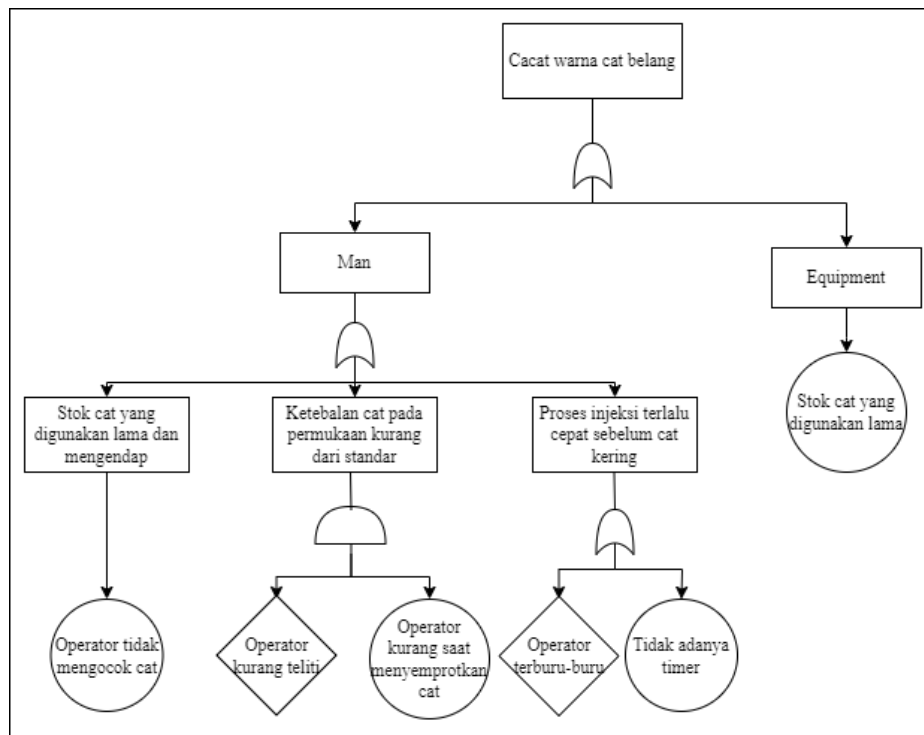
3.1.4. Cacat double tape tidak dapat menempel di seluruh permukaan



Gambar 4 FTA cacat *double tape* tidak dapat menempel

Kriteria kualitas keempat kegagalan yang terjadi yaitu cacat isolasi *double tape* tidak dapat menempel, yang ditunjukkan pada Gambar 4. Cacat tersebut dapat terjadi karena faktor peralatan. Hal tersebut disebabkan karena adanya pergantian cairan anti lengket yang lebih kuat.

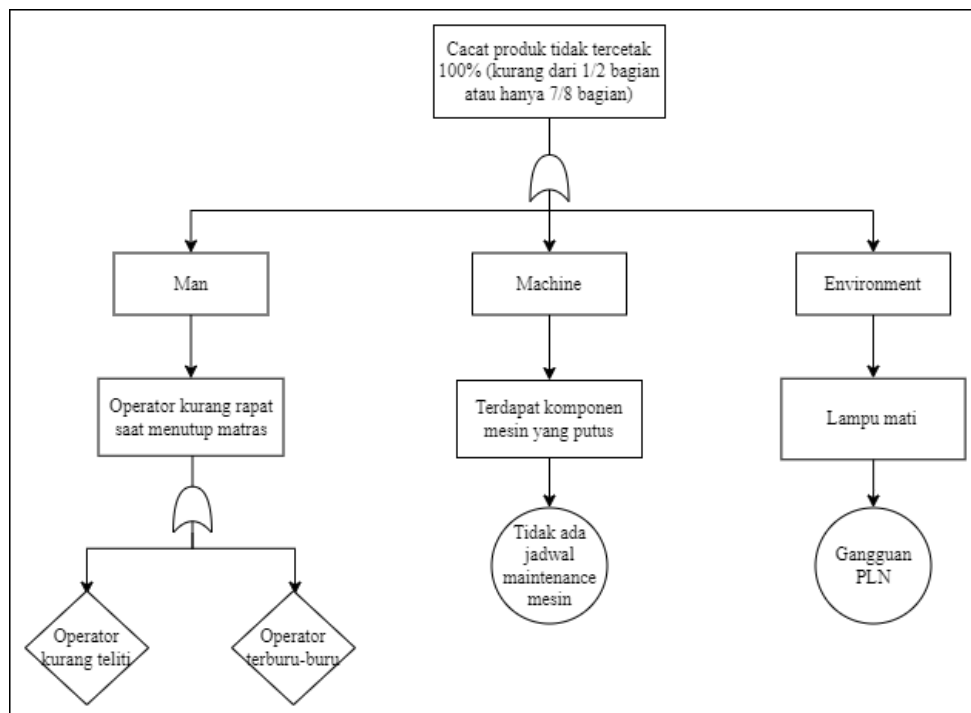
3.1.5. Cacat warna belang



Gambar 5 FTA cacat warna cat belang

Kriteria kualitas kelima kegagalan yang terjadi yaitu cacat warna belang, yang ditunjukkan pada Gambar 5. Cacat tersebut dapat terjadi karena faktor manusia atau peralatan. Faktor manusia disebabkan karena stok cat lama dan operator tidak mengocok cat sehingga mengendap. Kemudian juga disebabkan karena operator kurang teliti dan kurang saat menyemprotkan cat, dan yang terakhir disebabkan karena proses injeksi terlalu cepat sebelum cat kering dan hal tersebut disebabkan karena operator terburu-buru atau tidak adanya *timer* sebagai pengingat bahwa cat telah kering. Faktor peralatan dikarenakan stok cat yang digunakan lama.

3.1.6. Cacat produk tidak tercetak 100%



Gambar 6 FTA cacat produk tidak tercetak 100%

Kriteria kualitas keenam kegagalan yang terjadi yaitu cacat produk tidak tercetak 100%, yang ditunjukkan pada Gambar 6. Cacat tersebut dapat terjadi karena faktor manusia atau peralatan atau lingkungan. Faktor manusia disebabkan karena operator terburu-buru saat melakukan proses pencetakan atau karena operator kurang rapat menutup matras. Selanjutnya faktor mesin disebabkan karena terdapat komponen mesin yang putus dan hal tersebut dapat terjadi dikarenakan tidak adanya jadwal *maintenance*/perbaikan mesin. Kemudian faktor lingkungan disebabkan karena gangguan PLN sehingga dapat menyebabkan lampu mati.

3.2. Usulan Perbaikan

Selanjutnya adalah tahap peningkatan kualitas, di mana usulan perbaikan direkomendasikan kepada perusahaan berdasarkan FTA yang telah dibuat. Kriteria kualitas kegagalan pertama dan ketiga yang terjadi yaitu cacat terdapat gelembung udara yang disebabkan karena faktor manusia atau peralatan dan cacat sobek yang disebabkan karena faktor manusia atau peralatan. Jika cacat terdapat gelembung udara disebabkan karena tidak adanya jadwal rutin bagi operator untuk membersihkan matras, kemudian jika karena peralatan yaitu matras yang digunakan kotor karena terlalu sering digunakan.

Sedangkan untuk cacat sobek disebabkan karena tidak adanya jadwal rutin bagi operator untuk membersihkan matras atau jika dari faktor peralatan disebabkan karena matras terlalu sering digunakan atau jarang dibersihkan sehingga menyebabkan matras menjadi kotor, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan untuk mengatasi cacat terdapat gelembung udara dan cacat sobek berupa pembuatan *form checklist* untuk memudahkan dan membantu operator dalam membersihkan matras secara rutin. Usulan perbaikan *form checklist* pembersihan matras ditunjukkan pada Gambar 7 berikut

LOGO		PT. X Alamat Telp/Fax Website: / Email:						
FORM CHECKLIST		Nomor Dokumen			00/FC/PM/2022			
		Tanggal Efektif						
PEMBERSIHAN MATRAS		Nomor Revisi			00			
		Halaman			1 dari 1			
Pembersihan Matras Cetakan								
No.	Hari, Tanggal	Matras sudah dibersihkan			Paraf			Kepala Bagian
		Horizontal Panjang dan List	Vertikal Lurus dan L	Setra depan, belakang big bus, dan DSG/DST	Operator			
		Sudah			Horizontal Panjang dan List	Vertikal Lurus dan L	Setra depan, belakang big bus, dan DSG/DST	
1.								
2.								
3.								
4.								
5.								
6.								
7.								

Gambar 7 Usulan perbaikan *form checklist* pembersihan matras

Selain itu faktor manusia yang menyebabkan cacat sobek adalah operator kurang teliti dan operator kurang rata saat menyemprotkan cairan, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat *form checklist* untuk mengecek bahwa cairan anti lengket telah disemprotkan sebanyak dua kali dan meratakan cairan anti lengket dengan menggunakan kuas. Kemudian dapat disebabkan juga karena operator terburu-buru saat ingin melakukan injeksi, sedangkan matras yang digunakan belum panas, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat *form checklist* untuk memastikan matras telah dipanaskan setiap pagi. Selain itu dapat disebabkan juga karena operator kurang teliti dan operator kelebihan saat menyemprotkan cairan anti lengket, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat *form checklist* untuk mengecek bahwa cairan anti lengket telah disemprotkan sebanyak dua kali.

Kriteria kualitas kegagalan kedua yang terjadi yaitu cacat terlalu padat/kurang padat yang disebabkan karena faktor manusia atau peralatan. Jika dari faktor manusia yaitu operator kurang teliti atau tidak ada keterangan tertulis saat memasukkan nomor injeksi, sehingga usulan perbaikannya berupa memberi dan menempelkan keterangan standar untuk setiap nomor injeksi pada masing-masing produk, di mana hal tersebut bertujuan untuk membantu operator agar tidak salah memasukkan nomor injeksi. Jika dari faktor peralatan yaitu karena tidak adanya jadwal *maintenance* mesin, sehingga usulan perbaikan yang diberikan adalah membuat jadwal *maintenance* mesin.

Kriteria kualitas kegagalan keempat adalah cacat *double tape* tidak dapat menempel, di mana disebabkan oleh faktor peralatan yaitu adanya pergantian cairan anti lengket yang lebih kuat, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah penggantian cairan anti lengket dengan model yang lama yang tidak terlalu kuat. Kriteria kualitas kegagalan kelima adalah cacat warna belang yang disebabkan karena faktor manusia atau peralatan. Jika dari faktor peralatan yaitu karena stok cat yang digunakan lama, sedangkan jika dari faktor manusia yaitu karena operator tidak mengocok cat. Sehingga usulan perbaikan yang direkomendasikan adalah membuat *form checklist* untuk memastikan cat telah dikocok sebelum digunakan sehingga tidak adanya warna belang. Contoh usulan perbaikan *form checklist* pengocokan cat ditunjukkan pada Gambar 8.

LOGO	PT. X Alamat Telp/Fax Website: / Email:			
FORM CHECKLIST	Nomor Dokumen		00/FC/PC/2022	
	Tanggal Efektif			
PENGOCOKAN CAT	Nomor Revisi		00	
	Halaman		1 dari 1	

Pengocokan Cat				
No.	Hari, Tanggal	Cat Sudah Dikocok	Paraf	
		Sudah	Operator	Kepala Bagian
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				

Gambar 8 Usulan perbaikan *form checklist* pengocokan cat

Selain itu dapat disebabkan juga oleh faktor manusia yaitu karena operator kurang teliti dan operator kurang saat menyemprotkan cat, sehingga usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat *form checklist* untuk memastikan bahwa cat telah disemprotkan sebanyak dua kali. Kemudian operator terburu-buru atau tidak adanya *timer* juga dapat menyebabkan warna belang, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah pada matras yang digunakan, diberi *timer* sebagai pengingat ketika menunggu cat kering.

Kriteria kualitas kegagalan keenam adalah cacat tidak tercetak 100%, di mana dapat disebabkan oleh faktor manusia atau mesin atau lingkungan. Jika dari faktor manusia yaitu karena operator terburu-buru atau kurang teliti saat menutup matras, sehingga usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah pengadaan matras dengan sensor bunyi. Kemudian jika karena faktor mesin yaitu tidak adanya jadwal *maintenance* mesin, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah membuat jadwal *maintenance* mesin. Jika karena faktor lingkungan yaitu adanya gangguan PLN sehingga menyebabkan lampu mati, maka usulan perbaikan yang dapat diberikan adalah pengadaan genset.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat enam jenis cacat yang ditemukan dalam proses produksi interior yaitu terdapat gelembung udara, terlalu padat/kurang padat, sobek, dobel tip tidak menempel, warna belang, dan tidak tercetak 100%. Metode FTA (*Fault Tree Analysis*) digunakan untuk menganalisis dan mengurangi *defect* produk. Setelah membuat pohon kesalahan dengan menggunakan metode FTA, faktor penyebab *defect* produk dapat diketahui yaitu dari faktor manusia, mesin yang digunakan, peralatan yang digunakan, dan lingkungan. Penyebab produk *defect* di antaranya adalah matras yang digunakan kotor dan operator jarang membersihkan matras tersebut, kemudian operator tidak teliti saat memasukkan nomor injeksi, tidak adanya *maintenance* mesin, dan lain-lain. Sehingga perlu adanya perbaikan untuk menghindari *defect* produk.

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan kepada perusahaan adalah membuat *form checklist* yang dapat memudahkan operator dalam membersihkan matras secara rutin, membuat *form checklist* untuk mengecek bahwa cairan anti lengket telah disemprotkan sebanyak dua kali dan meratakan cairan anti lengket dengan menggunakan kuas, membuat *form checklist* untuk memastikan matras telah dipanaskan setiap pagi, membuat *form checklist* untuk mengecek bahwa cairan anti lengket telah disemprotkan sebanyak dua kali, memberi dan menempelkan keterangan standar untuk setiap nomor injeksi pada masing-masing produk, membuat jadwal *maintenance* mesin, penggantian cairan anti lengket dengan model yang lama yang tidak terlalu kuat, membuat *form checklist* untuk memastikan cat telah dikocok sebelum digunakan sehingga tidak adanya warna belang, membuat *form checklist* untuk memastikan bahwa cat telah disemprotkan sebanyak

dua kali, memberi *timer* pada matras yang digunakan sebagai pengingat ketika menunggu cat kering, mengadakan matras dengan sensor bunyi, dan mengadakan genset.

Daftar Pustaka

- Assauri. (1999). *Manajemen produksi dan operasi*. Jakarta: UI-Press.
- 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.
- Garvin, D. A. (1988). *Managing quality: The strategic and competitive edge*. New York: London: Free Press.
- Handayani, D. (2018). Evaluasi penerapan ISO 9001:2015 pada PT Pulau Sambu Group (PSG) Sungai Guntung Kabupaten Indra Giri Hilir Riau. *Manajemen Bisnis*, 8(2), 95-106.
- Hidayat, M. T., & Rochmoeljati, Rr. (2020). Perbaikan kualitas produk roti tawar gandum dengan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. XXZ. *Jurnal Manajemen Industri dan Teknologi*, 1(4), 70-79.
- Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Mwema, F. M., & Ogbonna, O. S. (2020). Six Sigma versus lean manufacturing - An overview. *Materials Today: Proceedings* (pp. 3275-3281). <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.02.986>.
- Jaharuddin, Utama, R. E., Gani, N. A., & Priharto, A. (2019). *Manajemen operasi*. Tangerang Selatan: UM Jakarta Press.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. (1998). *Juran's quality handbook (5th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to statistical quality control (5th ed.)*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Nasution, A. A., Sunaryo, & Fahlevi, A. (2017). Analisis perbedaan persepsi konsumen tentang kualitas menggunakan dimensi performance, reliability, conformance dan fit and finish. *Jurnal Ilman*, 5(2), 24-34.
- Priyanta, D. (2000). *Keandalan dan perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Puspitaloka, A. C. D., & Ekawati, Y. (2022). Analisis perbaikan kualitas proses produksi di PT. XYZ dengan menggunakan metode Fuzzy FMEA. *Jurnal Sains dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 2(1), 11-18. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v2i1.19>.
- Tang, H. (2022). *Quality planning and assurance: Principles, approaches, and methods for product and service development (1st ed.)*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Tanu, Y., & Purnomo, P. (2021). Manajemen risiko perencanaan optimalisasi pembangunan jembatan utama PT Wijaya Karya dengan metode Failure Mode and Effect Analysis. *Jurnal Sains dan Aplikasi Keilmuan Teknik Industri (SAKTI)*, 1(2), 63-70. <https://doi.org/10.33479/jtiumc.v1i2.9>.
- Vesely, W. E., Goldberg, F. F., Roberts, N. H., & Haasl, D. F. (1981). *Fault tree handbook*. Wahington DC: Nuclear Regulatory Commission.

