

Analisis Penyebab Terjadinya Produk Gagal Pada *Spunpile* di PT XYZ Menggunakan Metode FMEA dan FTA

Muhammad Faishal Thariq¹⁾, dan Fakhrina Fahma²⁾

^{1,2)} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret,
Jl. Ir. Sutami 36 A, Ketingan, Surakarta, 51726
Email: muh.faishalthariq@gmail.com, fakhrina09@gmail.com

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan di bidang manufaktur *precast* dan *ready mix*. Berdasarkan pengamatan pada bagian produksi *spunpile*, didapatkan bahwa 71 dari total produksi *spunpile* selama bulan Januari merupakan produk cacat. Dari permasalahan tersebut maka dalam penelitian ini digunakan diagram pareto untuk menentukan jenis gagal yang akan dianalisis, diagram *fishbone* untuk menentukan faktor penyebab jenis gagal, metode FMEA untuk menentukan nilai RPN dari faktor penyebab jenis gagal yang akan dicari akar permasalahannya, dan metode FTA untuk menentukan akar permasalahan dan solusi dari penyebab jenis gagal. Solusi yang diusulkan adalah dibangunnya penutup material (seperti atap dengan tiang-tiang besi), penataan ulang proses pembelian dan pengiriman material, membuat rancangan penutup material untuk desain plant selanjutnya, dan dibangunnya akses bagi inspektur material (seperti tangga) agar bisa memeriksa material secara menyeluruh.

Kata kunci: FMEA, FTA, kualitas, produk gagal, *spunpile*

1. Pendahuluan

Di masa sekarang, Indonesia sangat mengencakan pembangunan infrastruktur. Berbagai macam bangunan publik dibuat, seperti pelabuhan, stasiun, dan juga jalan tol (Indonesia Investment, 2017). Indonesia juga sedang berada dalam fase pembangunan ibukota baru. Hal ini tentunya menjadikan kebutuhan akan infrastruktur meningkat. Salah satu bagian penting untuk membangun infrastruktur tersebut adalah tiang pancang atau *spunpile*.

Spunpile adalah tiang pondasi (paku bumi) modern yang paling sering digunakan di dunia. Tiang pancang bulat diproduksi dengan mesin *spinning* agar bisa tiang pancang menjadi padat dan tidak ada gelembung udara di dalamnya. (Hume Sakti, 2015). Banyak dari pabrik pengolahan beton yang memproses pembuatan *spunpile* tersebut, yang mana salah satunya adalah PT. XYZ.

PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang produksi beton. Saat ini, produksi beton di PT XYZ mencapai 3,5 juta ton per tahunnya, yang diproduksi di 11 *plant*, termasuk juga 72 *batching plant* dan 5 *quarry*. Banyak infrastruktur yang telah dibangun oleh PT. XYZ, contohnya adalah LRT Palembang, Terminal 3 Bandara Soekarno-Hatta, Tol Bali-Benoa, dan Tol Gempol-Pasuruan.

Berdasarkan pengamatan peneliti di plant PT. XYZ, *spunpile* merupakan produk yang terus menerus dibuat karena pesannya yang hampir selalu ada. Pada bulan November sendiri, terdapat pesanan sekitar 100.000 *spunpile* dengan tenggat waktu bulan Januari. Namun dari pihak PT. XYZ sendiri memperkirakan belum bisa memenuhi pesanan tersebut dikarenakan target produksi *spunpile* per hari yang sebanyak 200 unit hanya bisa dipenuhi paling banyak 120 unit, dan dari sekian unit tersebut banyak yang merupakan produk cacat dan produk gagal. Maka dari itu penelitian ini akan membahas mengenai pemecahan masalah pada produksi *spunpile* di PT. XYZ.

Data inspeksi *spunpile* di stasiun pembukaan produk pada bulan Januari 2020 menunjukkan bahwa setiap hari selalu terdapat produk cacat dan produk gagal. Dari 2.426 *spunpile* yang diproduksi pada bulan Januari, terdapat 71 *spunpile* yang merupakan produk gagal. Apabila harga *spunpile* per meter berada di kisaran Rp700.000,00 dan total panjang keseluruhan produk gagal adalah 841 m, maka kerugian PT XYZ pada bulan Januari mencapai

Rp588.700.000. Hal ini tentunya sangat merugikan perusahaan, dikarenakan *spunpile* yang gagal tidak bisa diolah ulang dan harus dibuang sebagai limbah. Terjadinya produk gagal ini tentunya juga menjadikan pengiriman barang yang tadinya sudah terlambat dikarenakan target produksi yang tidak tercapai menjadi semakin terlambat karena perlunya membuat ulang *spunpile* gagal. Selain itu, adanya produk gagal dapat menyebabkan kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan menjadi menurun. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengendalian terhadap terjadinya produk gagal di PT XYZ.

Kualitas adalah hal yang perlu diperhatikan oleh suatu perusahaan dikarenakan pelanggan menilai sebuah produk dari tingkat kesesuaiannya terhadap harapan dari pelanggan itu sendiri atau terhadap standar yang ada. (Alisjahbana, 2005). Konsumen akan memilih produk dengan kualitas yang lebih tinggi daripada produk lainnya, sehingga kesuksesan sebuah produk akan ditentukan oleh tingkat keberhasilannya dalam memenuhi kebutuhan konsumen. (Mrugalska dan Tytyk, 2015). Selain itu, produk dengan kualitas yang bagus dapat mendatangkan investasi bagi perusahaan, sehingga dapat dikatakan bahwa penerapan kualitas yang menyeluruh dan baik adalah salah satu dari sekian faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan kesuksesan bisnis (Abdullahi, 2015).

Pengendalian kualitas adalah kegiatan yang bertujuan untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi atau melebihi kualitas yang memungkinkan dan merupakan proses yang digunakan untuk menjamin level kualitas dalam produk atau jasa. Pengendalian kualitas juga dapat diartikan sebagai kegiatan keteknikan dan manajemen yang menilai ciri-ciri kualitas produk untuk disesuaikan dengan spesifikasi atau persyaratan, kemudian melakukan tindakan perbaikan yang sesuai apabila terdapat perbedaan antara hasil yang ada dengan standar yang ditetapkan (Montgomery, 1990). Assauri (2004) menyatakan bahwa pengendalian kualitas merupakan usaha untuk menjaga kualitas suatu barang yang dihasilkan agar sesuai dengan persyaratan yang diinginkan berdasarkan peraturan dan persyaratan yang diterapkan perusahaan.

Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengendalikan kualitas produk adalah diagram *fishbone*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Diagram *fishbone* merupakan diagram yang digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya suatu permasalahan dengan membagi permasalahan tersebut ke dalam beberapa faktor utama dan secara sistematis mencatat berbagai penyebab yang berpengaruh pada suatu masalah (Tague, 2005). Watson (2004) mendefinisikan diagram *fishbone* sebagai alat yang secara terstruktur memandang berbagai efek atau akibat dan penyebab yang berkontribusi dalam sebuah permasalahan. Diagram *fishbone* merupakan metode sistematis yang digunakan untuk menganalisis suatu permasalahan secara lebih rinci untuk menemukan penyebab, ketidaksesuaian, dan kesenjangan yang ada dari sebuah masalah (Gaspersz, 1997). *Failure Mode And Effects Analysis* (FMEA) adalah sebuah metode yang digunakan untuk mendefinisikan dan mengidentifikasi masalah atau kesalahan dari sistem, desain, proses dan/atau jasa sebelum diterima oleh konsumen (Stamatis, 1995). FMEA juga merupakan suatu metode terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah jenis dan mode kegagalan sebanyak mungkin. Mode atau kegagalan tersebut mengacu pada apa saja yang termasuk dalam kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang ditentukan, atau perubahan produk yang menyebabkan gangguan fungsi produk (Gaspersz, 2002). Shafie (2014) melakukan studi mengenai perakitan turbin menggunakan FMEA untuk menganalisis, mengevaluasi dan memprioritaskan potensi kegagalan, yang kemudian didapatkan hasil bahwa faktor penyebab kegagalan tertinggi adalah spesifikasi bahan yang berbeda. Terdapat tiga jenis penilaian pada FMEA yaitu *severity* (tingkat keparahan efek), *occurrence* (tingkat kemunculan kegagalan), dan *detection* (tingkat kemudahan pengendalian kegagalan) (Carlson, 2012).

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode teknis yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab utama kegagalan dari suatu permasalahan menggunakan analisis

pohon kesalahan (Muharramah dkk, 2016). Metode ini dilakukan dengan pendekatan yang bersifat *top down*, dimulai dengan asumsi kegagalan atau kerugian dari masalah utama (*top event*) kemudian merinci penyebab-penyebab dari masalah utama hingga mencapai penyebab dasar (*root cause*) (Priyanta, 2000). Pendekatan *top down* pada FTA menggunakan diagram yang berisi simbol-simbol *gate* dan kejadian yang menjelaskan mengenai akar permasalahan dalam perusahaan (Blanchard, 2004). Nurhayati (2019) melakukan studi mengenai perbaikan kualitas sandal jepit menggunakan metode FMEA dan FTA yang kemudian menemukan akar permasalahan berupa kinerja operator yang kurang optimal dan alat sablon yang sering rusak, kemudian mengusulkan saran berupa pelatihan rutin kepada operator, memberikan surat peringatan bagi operator yang melanggar, melakukan pengawasan kerja, memperbaiki SOP, dan memperbaiki tata cara kerja operator.

Melalui metode-metode tersebut, diharapkan perusahaan dapat melakukan perbaikan dan evaluasi terhadap terjadinya produk *spunpile* gagal di PT XYZ sehingga perusahaan dapat menekan biaya yang dikeluarkan, efektivitas waktu, serta dapat meningkatkan kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk menentukan apa saja penyebab terjadinya produk *spunpile* gagal dan bagaimana usulan langkah perbaikannya.

2. Metode

Tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

a. Rekapitulasi Data Produk *Spunpile* Gagal dan Perhitungan Persentase Jenis Gagal

Data inspeksi produk *spunpile* didapatkan dari data yang dihimpun perusahaan pada rentang waktu bulan Januari 2020. Pada data inspeksi, terdapat informasi berupa kode gagal, nama proyek, jenis gagal, keterangan gagal, penyebab gagal, tindakan penanganan, dan status penanganan. Pada kolom kode gagal, tiap *spunpile* diberi kode tersendiri untuk membedakan tiap-tiap *spunpile*. Pada kolom nama proyek, terdapat beberapa proyek yang *spunpile*-nya dikerjakan oleh PT. XYZ. Pada kolom jenis gagal, tercantum jenis-jenis gagal yang ada. Pada kolom keterangan, terdapat penjelasan mengenai jenis gagal kelurusan, yaitu *spunpile* yang bengkok dan *joint plate* yang tidak lurus. Pada kolom penyebab gagal, tercantum penyebab-penyebab gagal. Pada kolom tindakan penanganan, terdapat penjelasan tindakan penanganan produk gagal, yaitu dimusnahkan dan dibuang sebagai limbah. Pada kolom status penanganan, terdapat penjelasan apakah tindakan penanganan sudah dilakukan atau belum.

b. Pembuatan Diagram Pareto

Data *spunpile* gagal direkapitulasi untuk mendapatkan persentase tiap jenis gagal yang terjadi. Data-data tersebut kemudian diolah menggunakan diagram pareto dengan bantuan *software Minitab 19* untuk menentukan jenis gagal mana saja yang akan dianalisis dan ditentukan usulan solusinya.

c. Perancangan Diagram *Fishbone*

Jenis gagal yang sudah ditentukan dari diagram pareto kemudian dianalisis menggunakan diagram *fishbone* melalui wawancara dengan inspektur-inspektur di PT. XYZ dan observasi di lapangan. Dari wawancara dan observasi tersebut didapatkan beberapa aspek yang menjadi penyebab terjadinya produk *spunpile* gagal.

d. Penilaian Penyebab dengan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Penilaian FMEA untuk mengetahui penyebab yang paling beresiko dimana skor pada *severity*, *occurrence*, dan *detection* didapatkan dari diskusi dengan pembimbing lapangan dan inspektur stasiun pembukaan produk. Hasil dari penilaian FMEA adalah *Risk Priority Number* yang menunjukkan penyebab dengan resiko paling tinggi.

e. Penentuan Akar Masalah dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menemukan akar dari jenis dan penyebab *spunpile* gagal dengan melakukan analisis urutan penyebab dari yang paling tinggi hingga penyebab paling bawah, sehingga dapat ditentukan usulan solusi yang akan diberikan pada perusahaan.

f. Pemberian Usulan

Tahap ini berisi usulan-usulan mengenai perbaikan dari akar permasalahan penyebab *spunpile* gagal yang telah dianalisis menggunakan metode FMEA dan FTA.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Produk *Spunpile* Gagal

Dari data yang didapatkan mengenai produk *spunpile* gagal, dilakukan rekapitulasi untuk mengetahui data jenis gagal secara keseluruhan. Berikut adalah tabel rekapitulasi produk *spunpile* gagal.

Tabel 1. Rekapitulasi data inspeksi berdasarkan jenis gagal

Jenis Gagal	
Tebal beton kurang	29
Keropos	18
Lengket kulit	11
Keropos sirip	7
Kelurusan	3
Lain-lain	2
Retak	1
Total	71

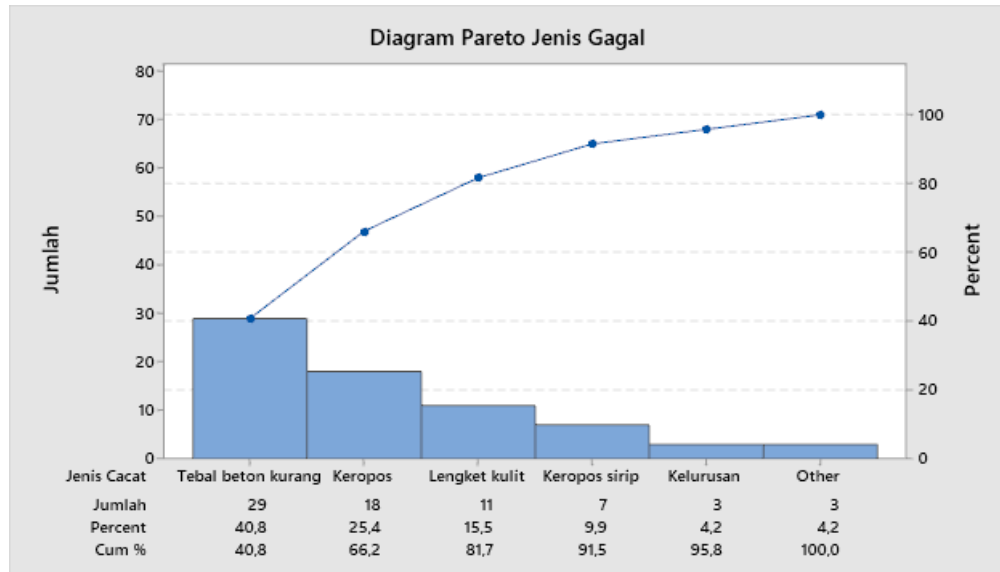
Data tersebut kemudian dihitung persentase masing-masing jenis gagalnya. Berikut adalah tabel persentase tiap jenis gagal.

Tabel 2. Persentase tiap jenis gagal

Jenis Gagal	Persentase
Tebal beton kurang	40,85%
Keropos	25,35%
Keropos sirip	9,86%
Lengket kulit	15,49%
Kelurusan	4,23%
Retak	1,41%
Lain-lain	2,82%
Total	100%

3.2. Penentuan Jenis Gagal yang akan Diselesaikan

Data inspeksi yang telah dihitung persentasenya kemudian diolah menggunakan diagram pareto dengan *software Minitab 19*. Berikut ini adalah gambar diagram pareto jenis gagal.

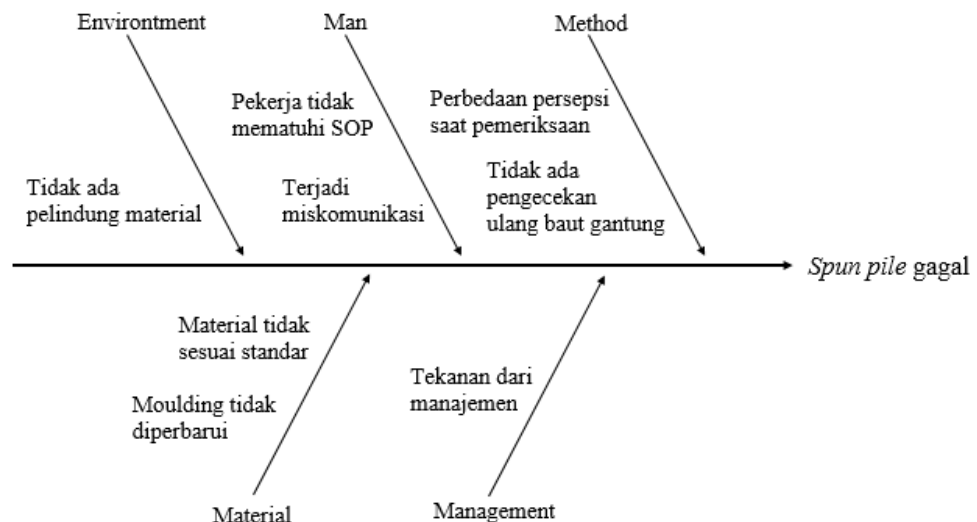


Gambar 1. Diagram pareto jenis gagal

Berdasarkan diagram pareto tersebut, urutan jenis gagal yang paling sering terjadi adalah tebal beton kurang, keropos, lengket kulit, keropos sirip, kelurusan, dan jenis gagal lainnya. Dari diagram pareto tersebut, sebanyak 80% jenis gagal yang terjadi adalah tebal beton kurang, keropos, dan lengket kulit. Sehingga tiga jenis gagal tersebut yang selanjutnya akan diolah menggunakan diagram *fishbone*.

3.3. Identifikasi Faktor Penyebab Produk Spunpile Gagal

Diagram ini dirancang untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya produk gagal, terutama pada jenis gagal tebal beton kurang, keropos, dan lengket kulit. Perancangan diagram ini dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan pengawas produksi yang terlibat dalam pemeriksaan *spunpile* di stasiun pembukaan produk. Pada gambar berikut ini disajikan diagram *fishbone* penyebab terjadinya produk gagal.



Gambar 2. Diagram *fishbone* penyebab produk gagal

Pada aspek *environment*, penyebab yang terjadi adalah tidak adanya pelindung material. Hal ini menyebabkan material menyebabkan material (pasir dan *split*) berubah kadar airnya apabila terkena panas atau hujan. Pada aspek *man*, penyebab

yang terjadi adalah pekerja tidak mematuhi SOP, dimana ketika dilakukan pengecekan material, inspektur tidak melakukan uji material sesuai SOP. Selain itu terjadi miskomunikasi antara inspektur material dengan inspektur *batching plant* yang menjadikan kadar semen dan air semen yang dimasukkan ke dalam *ready mix* tidak sesuai dengan spesifikasi material yang masuk. Pada aspek *method*, terdapat dua penyebab, yaitu perbedaan persepsi saat pemeriksaan material dan tidak ada pengecekan ulang baut gantung. Perbedaan persepsi terjadi karena inspektur material melakukan inspeksi hanya dengan meraba material yang datang, sehingga persepsi tiap inspektur berbeda. Tidak adanya pengecekan ulang baut gantung menyebabkan adanya baut gantung yang tidak terpasang sehingga *moulding* tidak terpasang dengan rapat. Pada aspek *material*, penyebab yang terjadi adalah material tidak sesuai standar, dimana terjadi perubahan karakteristik material dikarenakan perubahan cuaca. Selain itu terdapat pula *moulding* yang tidak diperbarui, dimana *moulding* yang lama dan beberapa baut gantung sudah rusak masih dipakai. Kemudian pada aspek *management*, terdapat tekanan dikarenakan tidak tercapainya target produksi. Keseluruhan penyebab tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode FMEA.

3.4. Penentuan Prioritas Penyebab *Spunpile* Gagal yang akan Diselesaikan

Metode ini digunakan untuk mengetahui faktor penyebab mana yang memiliki resiko terbesar menyebabkan produk gagal. Faktor yang memiliki resiko lebih besar dicari akar permasalahannya sehingga nantinya perusahaan dapat meminimalisir terjadinya produk gagal. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan angka yang menunjukkan besarnya resiko dari suatu penyebab berdasarkan *severity*, *occurence*, dan *detection*. Nilai ini dapat dihitung dengan mengalikan nilai *severity*, *occurence*, dan *detection* dari tiap-tiap faktor penyebab yang ada. Pada tabel berikut ini disajikan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada FMEA.

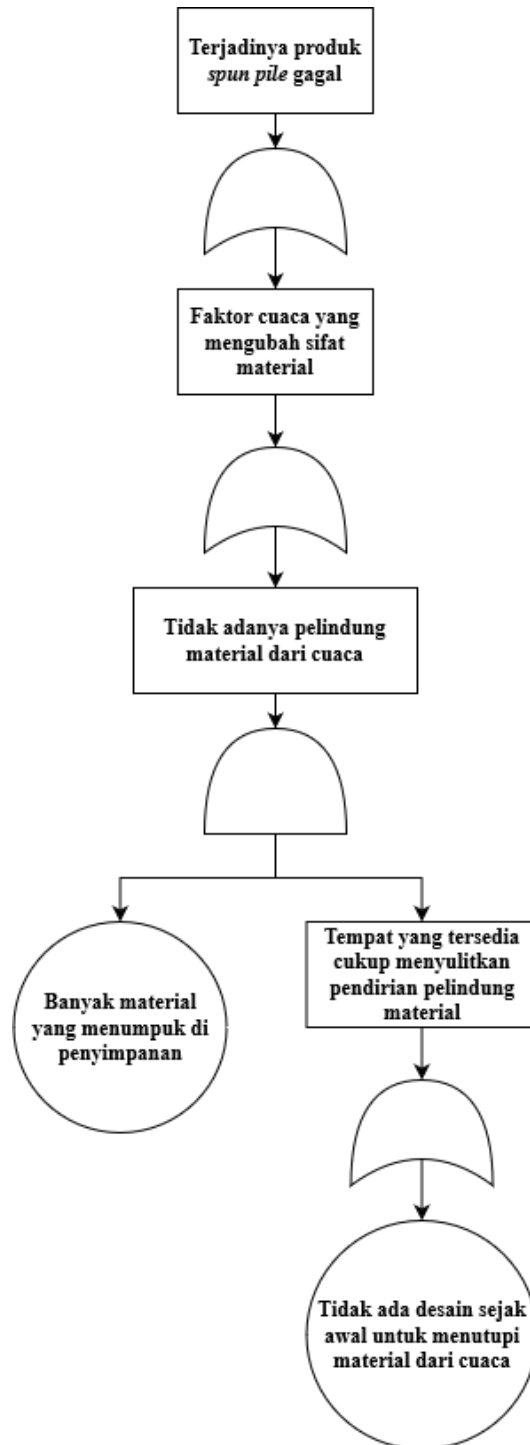
Tabel 3. Perhitungan RPN

No	Deskripsi Proses	Mode kegagalan	Akibat dari potensi kegagalan	S	Penyebab potensi kegagalan	O	D	RPN
1	Spun pile gagal	Cuaca mengubah sifat material	Kadar semen dan air semen pada <i>ready mix</i> tidak sesuai	5	Tidak ada pelindung material	9	9	405
2		Moulding tidak tertutup rapat	Terjadinya keropos pada <i>spun pile</i>	6	Tidak ada pengecekan ulang baut gantung	10	4	240
3		Terdapat moulding dengan baut gantung yang tidak lengkap	Moulding tidak tertutup rapat	6	Moulding tidak diperbarui	10	5	300
4		Tidak adanya inspeksi dari manajemen terhadap kinerja inspektur	Lolosnya material yang tidak sesuai kriteria	7	Pekerja tidak mematuhi SOP	9	6	378
5		Pelumasan minyak tidak merata	Terjadi lengket kulit	6	Pekerja tidak mematuhi SOP	7	6	252
6		Terjadi miskomunikasi	Tidak tersampainya material yang diluar spesifikasi	6	Kurang komunikasi antar karyawan	7	5	210
7		Perbedaan persepsi saat pemeriksaan	Perbedaan penilaian material yang datang	6	Kelalaian pekerja	6	5	180
8		Tekanan dari manajemen	Inspeksi yang dilakukan tidak maksimal	5	Target produksi tidak tercapai	5	8	200

Berdasarkan perhitungan nilai RPN pada tabel diatas, didapatkan bahwa nilai tertinggi ada pada faktor cuaca mengubah sifat material. Faktor inilah yang akan dicari akar permasalahannya menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

3.4.1. Penentuan Akar Masalah dari Penyebab Spunpile Gagal

Sebelum memberikan usulan perbaikan, faktor penyebab yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) terbesar dianalisis akar penyebab masalahnya menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode ini merupakan diagram pohon yang menunjukkan hubungan antara suatu masalah dengan penyebab-penyebabnya hingga ditemukan akar permasalahannya. Bagian paling atas dari *fault tree analysis* (FTA) merupakan masalah yang terjadi dan di bawahnya merupakan faktor-faktor penyebab dari masalah tersebut, hingga di bagian paling akhir yang merupakan akar permasalahan. Pada gambar berikut ini disajikan *fault tree analysis* (FTA) dari faktor dengan nilai RPN terbesar yaitu faktor cuaca mengubah sifat material.



Gambar 3. *Fault tree analysis* faktor cuaca mengubah sifat material

Dari analisis FTA, didapatkan akar permasalahan yang akan dicari solusinya yaitu tidak adanya pelindung material dari cuaca, banyaknya material yang menumpuk di penyimpanan yang menyulitkan inspektur material memeriksa material bagian atas, dan tidak ada desain sejak awal untuk menutupi material dari cuaca.

3.4.2. Pemberian Usulan

Dari keterangan-keterangan pada *Fault Tree Analysis* mengenai faktor cuaca yang mengubah sifat material, dibuatlah usulan solusi untuk mencegah terjadinya produk *spunpile* gagal di masa yang akan datang. Pada tabel berikut disajikan usulan solusi yang diajukan.

Tabel 4. Usulan solusi dari faktor cuaca yang mempengaruhi sifat material

No	Penyebab	Usulan solusi
1	Tidak adanya pelindung material dari cuaca	Dibangun penutup material, seperti atap dengan tiang-tiang besi
2	Banyak material yang menumpuk di tempat penyimpanan	Penataan ulang proses pembelian dan pengiriman material
3	Tidak ada desain sejak awal untuk penutup material	Membuat rancangan penutup material untuk desain <i>plant</i> selanjutnya
4	Tidak adanya akses untuk inspektur QC <i>incoming</i> memeriksa material bagian atas	Dibangun akses bagi inspektur QC <i>incoming</i> seperti tangga agar bisa memeriksa material secara menyeluruh

4. Simpulan

Dari rekapitulasi data jenis gagal, didapatkan bahwa 40,85% merupakan jenis gagal tebal beton kurang, 25,35% merupakan jenis gagal keropos, 15,49% merupakan jenis gagal lengket kulit, 9,86% merupakan jenis gagal keropos sirip, 4,23% merupakan jenis gagal kelurusan, 1,41% merupakan jenis gagal retak, dan 2,82% merupakan jenis gagal lain-lain.

Jenis gagal tersebut kemudian diolah dengan diagram pareto, sehingga didapatkan jenis gagal yang akan dianalisis yaitu tebal beton kurang, keropos, dan lengket kulit. Selanjutnya dilakukan pembuatan diagram *fishbone* pada lima aspek (*environment, man, method, material, dan management*) untuk mengetahui faktor-faktor penyebab jenis gagal. Faktor-faktor tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode FMEA untuk mengetahui nilai RPN tertinggi. Nilai RPN tertinggi ini didapatkan oleh faktor cuaca mengubah sifat material dengan nilai sebesar 405.

Faktor cuaca mengubah sifat material ini kemudian dicari akar permasalahannya dengan metode FTA. Kemudian didapatkan bahwa akar permasalahannya adalah tidak adanya pelindung material dari cuaca, banyaknya material yang menumpuk di penyimpanan yang menyulitkan inspektur material memeriksa material bagian atas, dan tidak ada desain sejak awal untuk menutupi material dari cuaca.

Dari akar permasalahan tersebut, diberikan solusi berupa dibangunnya penutup material (seperti atap dengan tiang-tiang besi), penataan ulang proses pembelian dan pengiriman material, membuat rancangan penutup material untuk desain *plant* selanjutnya, dan dibangunnya akses bagi inspektur material (seperti tangga) agar bisa memeriksa material secara menyeluruh.

Daftar Pustaka

- Abdullahi, Z. O. (2015). *The Application of Statistical Quality Control Technique in Food and Beverage Industry*. Zaria, Nigeria: Ahmadu Bello University.
- Alisjahbana, J. (2005). Evaluasi Pengendalian Kualitas Total Produk Pakaian Wanita Pada Perusahaan Konveksi. *Jurnal Ventura*, 8(1), 69-88.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen Operasi dan Produksi*. Jakarta : LP FE UI
- Blanchard, B. (2004). *Logistics Engineering and Management 6th Edition*. New Jersey: Pearson Prentice-Hall.
- Carlson C.S. (2012). *Understanding the Fundamental Definitions and Concepts of FMEAs book: Effective FMEAs: Achieving Safe, Reliable, and Economical Products and Processes Using Failure Mode and Effects Analysis*. Wiley Online Library.
- Gaspersz, V. (1997). *Manajemen Kualitas Penerapan Konsep-Konsep Kualitas dalam Manajemen Bisnis Total*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V. (2002). *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hume Sakti. (2015). Tiang Pancang Bulat (Spunpile). Diambil dari <http://www.humesakti.com/spun+pile++tiang+pancang+bulat+-3144-175191/>. Diakses pada 25 Desember 2019.
- Indonesia Investment. (2017). Infrastruktur di Indonesia. Diambil dari <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/risiko/infrastruktur/item381>. Diakses pada 25 Desember 2019.
- Montgomery, D. C. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mrugalska, B., & Tytyk, E. (2015). Quality Control Methods for Product Reliability and Safety. *Elsevier*, 2730-2737.
- Muharramah, A. R., Adianto, H., & Liansari, G. P. (2016). USULAN PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK STANG ENKOL DI PRODUSEN SENJATA MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA). *REKA INTEGRA*, 4(2).
- Nurhayati, D., & Yuliawati, E. (2019, September). PERBAIKAN KUALITAS PRODUK SANDAL JAPIT DENGAN MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA). In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 169-176).
- Priyanta, Dwi. (2000). *Keandalan dan Perawatan*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Shafie, M., & Dinmohammadi, F. (2014). An FMEA-based risk assessment approach for wind turbine systems: a comparative study of onshore and offshore. *Energies*, 7(2), 619-642.
- Stamatis, D.H. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution*. Milwaukee: ASQC Quality.
- Tague, N. R. 2005. *The Quality Toolbox 2nd edition*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Watson, G. (2004). The Legacy Of Ishikawa. *Quality Progress* 37 (4), 54-47.