

Implementasi *Failure Mode and Effect Analysis* Untuk Meminimalkan Produk Cacat

Implementation Of Failure Mode and Effect Analysis for Minimizing Defects

Jefry Restu Agusti¹, Uun Novalia Harahap^{2*}, Yetti Meuthia Hasibuan³

¹²³Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik Dan Komputer, Universitas Harapan Medan

JL. H.M Joni No. 70C Medan

*E-mail: unh379@gmail.com

Diterima 16 Maret, 2025; Disetujui 11 April, 2025; Dipublikasikan 19 April, 2025

Abstrak

PT. XXX bergerak dalam bidang industri makanan ringan yang salah satunya adalah biskuit dan wafer. Saat ini permasalahan yang sedang dihadapi PT. XXX Medan adalah kecacatan biskuit melebihi batas standar kecacatan yang diinginkan oleh perusahaan yaitu maksimum sebesar 5%. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu dilakukan penyelesaian terhadap penyebab kecacatan biskuit dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil analisis Cause and Effect Diagram dan FMEA yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai RPN tertinggi sebesar 320 yaitu suhu oven yang berubah-ubah menyebabkan biskuit tidak matang sempurna, maka perlu dilakukan kontrol dengan memeriksa parameter suhu pemasakan pada display mesin oven agar selalu sesuai dengan suhu yang diharapkan. Perlu dilakukan perbaikan pada SOP dengan menetapkan sistem pengecekan display mesin setiap waktu tertentu selama pemasakan agar nilai suhu tidak berubah-ubah. Penanggulangan untuk penyebab kegagalan ini adalah perawatan yang dilakukan secara terus menerus.

Kata kunci: Biskuit, FMEA, Pengendalian Kualitas

Abstract

Currently the problems being faced by PT. XXX Medan is a biscuit defect that exceeds the standard defect limit desired by the company, namely a maximum of 5%. Based on these conditions, it is necessary to resolve the causes of biscuit defects using the *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) method. The results of the Cause and Effect Diagram and FMEA analysis that have been carried out, it is known that the highest RPN value is 320, namely the oven temperature changes causing the biscuits to not be cooked perfectly, so it is necessary to control by checking the cooking temperature parameters on the oven machine display so that they always match the temperature which are expected. Improvements need to be made to the SOP by establishing a system for checking the machine display every certain time during cooking so that the temperature value does not change. The response to the cause of this failure is continuous maintenance.

Keywords: Biscuits, FMEA, Quality Control

1. Pendahuluan

Menjaga kualitas produk sangat penting untuk pembangunan berkelanjutan perusahaan karena konsumen akan memastikan bahwa produk yang konsumen konsumsi bebas dari kesalahan dan melebihi nilai yang dihasilkan pesaing saat melakukan transaksi (Tejaningrum, 2019). Hal ini bermaksud untuk mempertahankan mutu suatu produk oleh perusahaan serta untuk memperoleh keuntungan yang optimal (Hendrayanti, 2011). Dalam memperbaiki mutu produk, suatu perusahaan memerlukan suatu program pengendalian kualitas yang berbasis proses (Kadek, 2018).

PT. XXX bergerak dalam bidang industri makanan ringan yang salah satunya adalah biskuit dan wafer. PT. XXX yang selalu berusaha memberikan yang terbaik bagi pelanggannya dihadapkan pada tantangan yang berat dimana perusahaan harus selalu menghasilkan produk yang bermutu sesuai dengan standar GMP dan HCCP. Pada proses produksi pasti akan terjadi permasalahan, permasalahan tersebut akan mempengaruhi hasil akhir produk dan menyebabkan produk cacat. Namun, penyebab dari cacat produk belum diketahui karena proses satu dengan proses selanjutnya kontinu. Kegiatan proses produksi banyak menghasilkan produk yang berkualitas jelek atau rendah, ini terbukti dari tingginya jumlah biskuit yang cacat atau *reject*, sehingga menyebabkan sering terjadi rework untuk mengolah ulang produk cacat yang masih dapat diolah. Jumlah produk cacat yang dapat diproduksi kembali lebih sedikit dibandingkan jumlah produk cacat yang menjadi *reject* yang melebihi target produk *reject* yang sudah ditetapkan oleh perusahaan sebesar 5% dari hasil produksi tiap bulannya.

Jika permasalahan produk kualitas ini dibiarkan terus-menerus, perusahaan akan mengalami kerugian di dalam memasarkan produknya. Hal tersebut cukup merugikan perusahaan karena akan memakan waktu produksi sehingga mengakibatkan keterlambatan pengiriman hasil produksi serta dapat menimbulkan biaya operasional tambahan akibat *rework*. Perusahaan pun tidak akan mampu bersaing dengan perusahaan-perusahaan biskuit lainnya. Pengendalian kualitas merupakan suatu fungsi manajemen untuk mengurangi maupun mengendalikan jumlah produk yang cacat ataupun yang tidak memenuhi spesifikasi perusahaan. Dalam melakukan proses produksi, ada beberapa faktor yang mungkin mempengaruhi kecacatan tersebut baik dari mesin, metode kerja, material yang digunakan dan faktor lainnya.

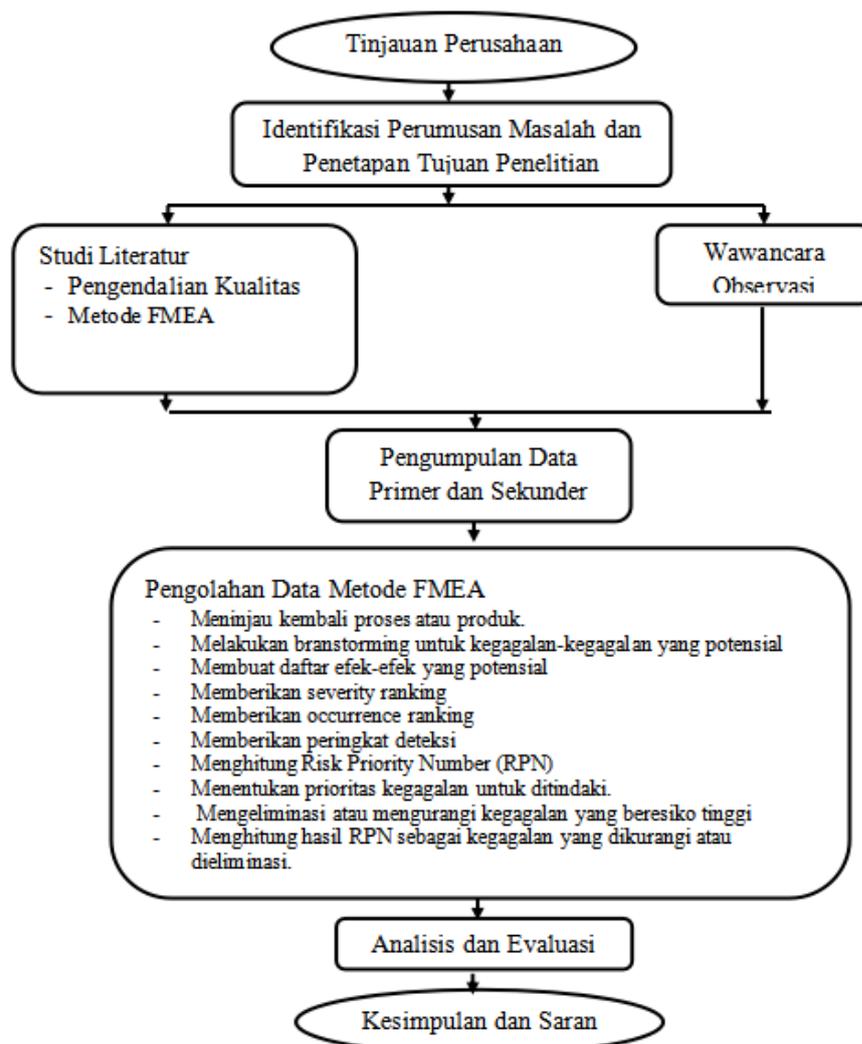
Penelitian ini memiliki tujuan utama untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama kecacatan produk pada proses produksi biskuit di PT. XXX Medan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Dengan analisis yang mendalam terhadap proses produksi, penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan perbaikan yang terukur dan dapat diimplementasikan secara langsung untuk menurunkan tingkat cacat produk yang selama ini melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 5%. Adapun Tujuan khusus dari penelitian ini mencakup : mengidentifikasi titik-titik kritis dalam proses produksi biskuit yang menjadi sumber kecacatan produk; menentukan mode kegagalan yang paling dominan dan berkontribusi signifikan terhadap tingkat cacat produk; melakukan perhitungan dan analisis Risk Priority Number (RPN) untuk setiap mode kegagalan guna menentukan prioritas perbaikan; memberikan rekomendasi teknis dan manajerial berbasis hasil FMEA yang dapat diterapkan oleh perusahaan untuk menurunkan tingkat kecacatan produk secara signifikan; merancang sistem pemantauan mutu yang lebih efektif dan berkelanjutan di lini produksi biskuit.

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan kepala produksi, kepala pengendalian kualitas, serta operator diketahui bahwa kejadian yang tidak diinginkan masih sering terjadi karena proses produksi biskuit antar proses berkelanjutan sehingga akar permasalahan sulit diketahui serta kegagalan tiap proses selalu ada yang akan berpengaruh pada kualitas produk akhir. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis yang lebih mendalam terhadap penyebab dan risiko yang ada terutama pada proses produksi agar dapat meminimalisir kerugian perusahaan dan mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan konsumen. Berdasarkan permasalahan tersebut, untuk mengatasinya dibutuhkan metode yang tepat untuk menganalisis pengendalian kualitas dalam proses produksi produk pada perusahaan ini. Salah satu metode yang dapat mengatasi cacat produk pada proses produksi adalah dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu metode untuk menentukan, mengidentifikasi, serta menghapus cacat dalam masalah produksi, termasuk masalah sistem yang diketahui maupun yang berpotensi (Puspita, 2014).

2. Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif deskriptif. Menurut Saharsimi dalam Aziz (2018:34), penelitian deskriptif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk menyelidik berbagai macam keadaan yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian. Penelitian deskriptif dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana gambaran penerapan metode *Failure Mode and Effects Analysis* pada proses produksi yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan kualitas produk biskuit. Hasil dari penelitian ini akan diusulkan menjadi standar dalam perbaikan kualitas proses produksi. Desain penelitian ini merupakan desain penelitian studi kasus. Pada penelitian ini desain studi kasus berguna untuk pengujian secara rinci mengenai metode *Failure Mode and Effects Analysis* untuk meningkatkan kualitas produk biskuit.

Data primer yang digunakan dengan pengamatan langsung dan melakukan wawancara dengan pihak perusahaan untuk mendapat data yang dibutuhkan. Instrumen dari pengumpulan data adalah wawancara. Adapun data yang dibutuhkan adalah data hasil pengamatan produk persetiap harinya dan data sekunder adalah struktur organisasi perusahaan dan manajemen perusahaan. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Menganalisis jenis-jenis kecacatan, proporsi kecacatan untuk masing-masing jenis kecacatan dengan *fishbone* serta menganalisis alternatif-alternatif untuk usulan perbaikan mutu produk. Variabel independen yang digunakan pada penelitian ini adalah proses produksi dan variabel dependen pada penelitian ini adalah mutu produk. Berikut *flowchart* metode penelitian.



Gambar 1. *Flowchart* Metode Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Faktor-faktor

Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pencapaian standar mutu produk biskuit diidentifikasi melalui serangkaian metode, yaitu pengamatan langsung di lapangan, wawancara dengan pihak terkait di perusahaan, serta didukung oleh studi literatur yang relevan. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui secara lebih mendalam penyebab ketidaksesuaian mutu produk agar dapat dilakukan perbaikan yang tepat sasaran. Identifikasi faktor dalam penelitian ini, hanya faktor-faktor yang terbukti signifikan dan telah teridentifikasi melalui data produksi serta observasi langsung yang diikutsertakan dalam analisis. Salah satu tahapan krusial yang ditemukan memiliki tingkat kegagalan tertinggi adalah tahap *bleaching*, dengan persentase kegagalan sebesar 10%. Kegagalan pada tahap ini berdampak langsung terhadap mutu visual biskuit, khususnya pada parameter warna yang menjadi salah satu tolok ukur kualitas utama.

Warna biskuit yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan menandakan adanya penyimpangan dalam proses *bleaching*. Berdasarkan hasil analisis, terdapat beberapa variabel yang memengaruhi mutu pada tahap ini. Variabel-variabel tersebut meliputi suhu pemanasan yang tidak stabil atau berada di luar rentang optimal, yaitu kurang atau lebih dari 80°C, kecepatan mixer yang menyimpang dari standar 185 RPM, tekanan uap yang tidak sesuai, yakni kurang atau lebih dari 3 bar, serta gangguan teknis seperti *breakdown* pada mesin. Semua faktor ini berkontribusi terhadap hasil akhir produk dan berpotensi menyebabkan produk tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan perusahaan. Oleh karena itu, pengendalian terhadap variabel-variabel ini sangat penting untuk menjamin konsistensi dan kualitas produk biskuit yang dihasilkan.

3.2. Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan suatu metode sistematis yang bertujuan untuk menganalisis potensi terjadinya kegagalan dalam suatu proses serta menentukan prioritas langkah-langkah perbaikannya. Metode ini sangat penting diterapkan dalam industri pangan, termasuk dalam proses produksi biskuit, guna menjaga dan meningkatkan kualitas produk secara konsisten. FMEA difokuskan pada identifikasi kegagalan yang memiliki dampak signifikan terhadap mutu akhir produk. Kegagalan tersebut dapat berasal dari berbagai faktor, baik manusia, mesin, material, metode, maupun lingkungan kerja yang mempengaruhi jalannya proses produksi (Andiyanto, et al., 2017).

Untuk mengidentifikasi potensi kegagalan dan efek yang mungkin ditimbulkan, dilakukan pengamatan langsung di lapangan serta wawancara dengan pihak-pihak yang kompeten. Dalam studi ini, wawancara dilakukan terhadap Manajer Produksi di Departemen Biskuit dan *Manajer Quality Control*, guna memperoleh informasi yang akurat mengenai permasalahan yang sering muncul dalam proses produksi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan tiga indikator utama dalam FMEA, yaitu *Severity* (tingkat keparahan dampak kegagalan), *Occurrence* (frekuensi atau kemungkinan terjadinya kegagalan), dan *Detection* (kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum produk sampai ke konsumen).

Hasil dari penilaian tersebut dikalkulasi untuk memperoleh nilai Risk Priority Number (RPN), yaitu nilai kuantitatif yang merepresentasikan tingkat risiko dari masing-masing potensi kegagalan. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula prioritas perbaikan yang harus dilakukan terhadap potensi kegagalan tersebut.

$$RPN \text{ (Risk Priority Number)} = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Hasil rekapitulasi proses FMEA dan perhitungan *Risk Priority Number* terlihat pada tabel berikut ini:

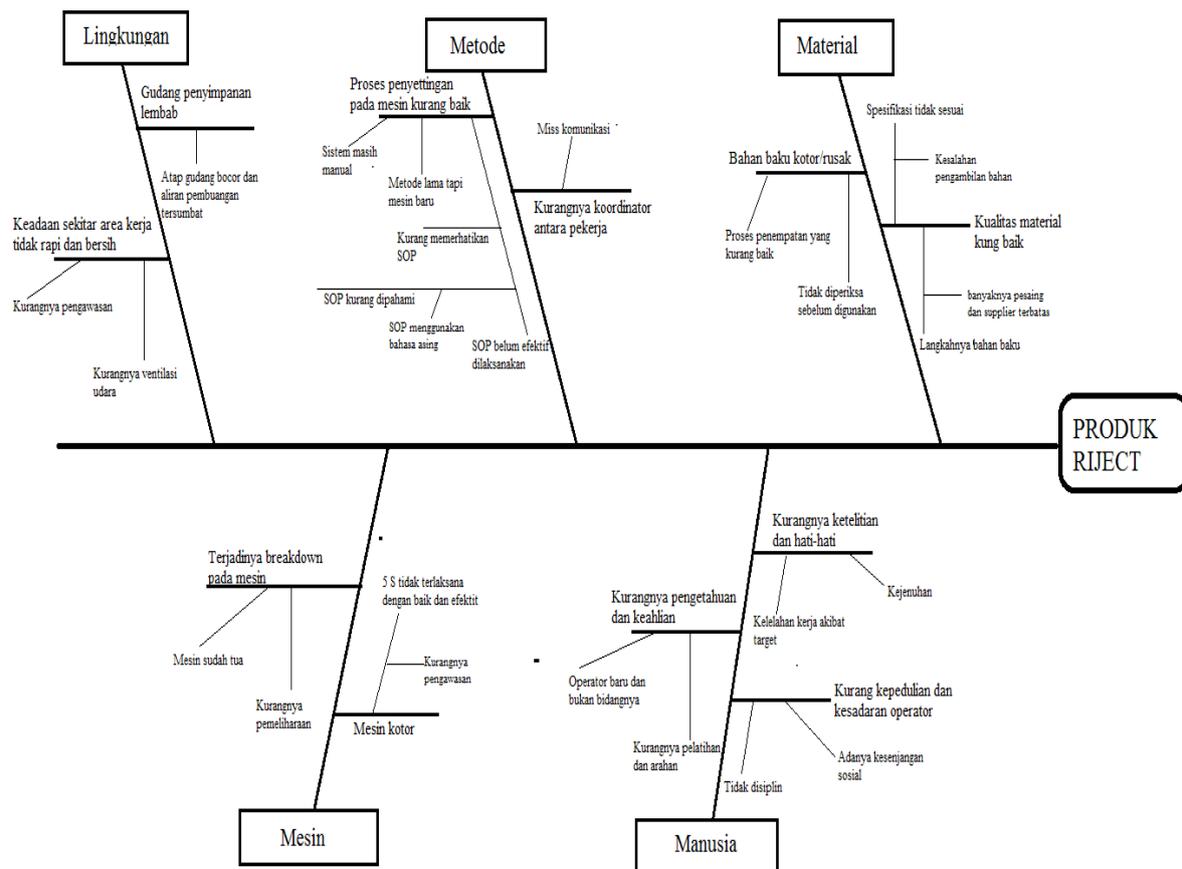
Tabel 1. Rekapitulasi *Failure Mode and Effect Analysis*

Jenis Kegagalan Potensial	Efek yang Ditimbulkan Kegagalan	S	Penentu Penyebab Kegagalan	O	Kontrol Proses	D	RPN
Kecepatan mesin mixer tidak konstan	Adonan biskuit susah dicetak, biskuit retka/patah	8	Adonan tidak merata sempurna	7	Mengontrol dan memeriksa proses <i>mixing</i> dengan teliti agar adonan biskuit sesuai takaran dan homogen	5	280
			Oprator kurang teliti/ terampil	6	Memberikan pelatihan keterampilan dan motivasi kerja	3	144
Suhu oven tidak optimal	Warna biskuit terlalu terang/terlalu gelap, biskuit retak/patah	8	Biskuit kurang matang/terlalu matang	8	Memeriksa dan mengontrol suhu oven secara berkala	5	320
			Oprator kurang teliti/ terampil	5	Perawatan dan kontrol mesin secara berkala	2	80
Mesin Breakdown	Hasil cetakan tidak sesuai	7	Pelumasan yang kurang dan kotor serta umur mesin yang tua	7	Melakukan 5R, <i>autonomous</i> dan <i>preventif maintenance</i>	5	245
	Posisi bahan bergeser	4	Kotor dan conveyor sudah tipis	4	Melakukan 5R, <i>autonomous</i> <i>preventif maintenance</i>	4	64
	Mesin mati	7	Kurangnya perawatan dan umur mesin tua	8	Melakukan pergantian mesin	5	280
	Tidak dapat mendeteksi bahan lainnya	5	Kurangnya perawatan dan sensor yang sudah tua	5	Melakukan 5R, <i>autonomous</i> <i>preventif maintenance</i>	5	125

Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada proses produksi biskuit menunjukkan bahwa nilai tertinggi adalah sebesar 320, yang berasal dari kegagalan terkait suhu oven yang tidak stabil. Nilai ini merupakan hasil dari skoring *severity* (8), *occurrence* (8), dan *detection* (5), yang menunjukkan bahwa kegagalan ini memiliki dampak signifikan terhadap kualitas produk, cukup sering terjadi, dan cukup sulit dideteksi dengan sistem pengendalian saat ini. Fluktuasi suhu oven sangat kritical karena secara langsung mempengaruhi kematangan adonan biskuit. Jika suhu terlalu rendah, maka biskuit tidak akan matang sempurna dan berisiko lunak atau mentah di bagian tengah. Sebaliknya, jika suhu terlalu tinggi, permukaan biskuit akan terlalu cepat matang atau bahkan gosong sementara bagian dalam belum matang, menyebabkan cacat seperti retak, patah, hingga perubahan warna yang drastis. Selain itu, ketidakstabilan suhu juga dapat menyebabkan ketidakkonsistenan antar batch produk. Lebih lanjut, fluktuasi suhu umumnya tidak mudah dideteksi secara real-time oleh operator, terutama ketika mesin tidak dilengkapi dengan sistem monitoring otomatis atau alarm peringatan. Ketergantungan pada pemeriksaan manual meningkatkan potensi kesalahan manusia (*human error*), terutama pada shift malam atau ketika beban kerja tinggi.

Kondisi ini memperkuat tingginya nilai *detection* dalam skoring FMEA. Temuan ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Hanif et al. (2015), yang menemukan bahwa suhu pemasakan yang tidak konstan pada proses pengolahan makanan menyebabkan *defect rate* meningkat hingga 12% dibandingkan sistem dengan kontrol suhu otomatis. Dalam studi lain oleh Andiyanto et al. (2017), diketahui bahwa ketidakstabilan variabel proses seperti suhu, tekanan, dan kecepatan pengadukan memberikan kontribusi dominan terhadap tingginya RPN pada lini produksi industri farmasi. Dengan demikian, tingginya nilai RPN pada faktor suhu oven menunjukkan bahwa perbaikan harus difokuskan pada pengendalian suhu yang lebih presisi dan sistem deteksi otomatis yang dapat memberikan peringatan dini kepada operator. Hal ini penting agar perusahaan dapat menghindari *defect losses* dalam jumlah besar serta menghemat biaya akibat proses *rework* yang seharusnya tidak perlu terjadi jika kendali mutu dilakukan secara optimal.

Dari hasil perhitungan nilai RPN yang tinggi yang mengakibatkan hasil produk yang *out spec* (*defect losses*). Adapun identifikasi penyebab terjadinya produk *reject* secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 2. berikut ini:



Gambar 2. Diagram Fishbone Product Reject

3.3. Usulan Perbaikan

Alternatif tindakan perbaikan disusun untuk memperbaiki parameter yang telah diidentifikasi sebelumnya. Penyusunan rencana perbaikan dilakukan oleh tim diskusi. Hasil *cause and effect* untuk kecacatan biskuit tersebut adalah kecacatan biskuit dapat disebabkan beberapa parameter mesin yang tidak sesuai dengan kebutuhan, seperti besar tekanan uap, suhu oven dan kecepatan pengadukan. Jika parameter-parameter tersebut tidak sesuai akan menyebabkan biskuit tidak matang dengan sempurna atau mengalami pecah/retak. Kecacatan warna pada biskuit dapat disebabkan proses panggang yang kurang optimal sehingga belum mencapai suhu yang diharapkan, yaitu 85°C. Oleh karena itu perlu diperhatikan kondisi mesin.

Proses produksi biskuit di PT. XXX adalah semi otomatis sehingga dibutuhkan manusia untuk mengendalikan mesin selama proses produksi berlangsung. Operator pada mesin seringkali lalai atau kurang konsentrasi selama proses pengadonan dan pemasakan berlangsung. Operator kadang tidak memperhatikan kecepatan mixer, tekanan uap dan suhu yang dapat berubah sewaktu-waktu selama proses pengadonan dan pemasakan berlangsung. Hal tersebut dapat menyebabkan *reject cooking* pada biskuit.

Ditinjau dari segi metode kerja, kecacatan dapat terjadi karena operator tidak menjalankan SOP dengan baik serta kurangnya perawatan mesin. Dari hasil *cause and effect* kedua kecacatan terlihat bahwa sebagian besar kecacatan disebabkan oleh faktor suhu pemasakan, kecepatan mixer dan tekanan uap. Adapun alternatif perbaikan dari berbagai aspek yakni :

A. Mesin

- Dilakukan pengawasan yang cukup ketat dari pihak operator (meski mesin bersifat otomatis)
- Dilakukan *preventive/ predivtive maintenance* dan *autonomous maintenance* terhadap mesin.
- Diberlakukan metode 5S

- d. Membersihkan dan memeriksa pada mesin dan lingkungan untuk membersihkan debu dan kotoran pada mesin dan melakukan pelumasan dan pengencangan mur yang longgar.
- e. Menghilangkan sumber masalah dan area yang tidak terjangkau dengan menemukan cara yang tepat untuk membersihkan pada bagian-bagian yang sukar dijangkau.
- f. Membuat standar pembersihan dan pelumasan yang tepat sehingga dapat mengurangi waktu yang dibutuhkan untuk membersihkan dan memeriksa dengan tahapan yang teratur.
- g. Pemeliharaan mandiri dengan menggunakan *check sheet* pemeriksaan yang oleh bagian yang dikeluarkan oleh bagian teknik dan tetap memperbaiki dan mengembangkan kegiatan yang dilakukan.
- h. Melaksanakan pemeriksaan menyeluruh sesuai dengan instruksi yang terdapat pada petunjuk pemeriksaan pada mesin tamping yang diperoleh pada bagian teknik
- i. Pemeliharaan mandiri secara penuh (*fully autonomous maintenance*) yaitu pengembangan kebijakan dan tujuan perusahaan untuk meningkatkan kegiatan perawatan secara teratur.

B. Metode

- a. Perketat proses supervisi dengan menggalakkan program kedisiplinan bagi seluruh karyawan
- b. Sering dilakukan sosialisasi dan evaluasi mengenai pemahaman SOP
- c. SOP dibuat dengan menggunakan bahasa yang mudah untuk dipahami, secara jelas, lengkap dan detail.
- d. Untuk penggunaan form komunikasi hendaknya terus dilakukan agar informasi dapat disalurkan dan tepat sasaran serta terdokumentasikan.

C. Manusia

- a. Adanya pengaturan (penjadwalan) jam kerja yang baik dan teratur bagi karyawan.
- b. Mengadakan kegiatan *refreshing* atau senam pagi atau dengan menyediakan sarana pembangkit sarana kerja sehingga tidak terlalu jenuh dengan pekerjaan yang dilakukan secara kontiniu
- c. Tidak adanya perlakuan yang tidak adil antara karyawan kontrak dan karyawan tetap.
- d. Peranan dari *line supervisor* hendaknya ditingkatkan dengan memperbaiki dan menjaga kesejahteraan hidup serta kondisi moral para operator agar tetap bersemangat dalam melakukan pekerjaan.
- e. Diadakannya pelatihan dengan merekrut tenaga ahli baik itu praktisi maupun akademisi dari institusi pendidikan yang berkualitas dan terpercaya mengenai petunjuk/penanganan mesin.
- f. Dilakukannya *training skill* terlebih dahulu ketika perekrutan tenaga kerja serta sebelum *rolling* kerja ditentukan.
- g. Memberikan program pelatihan yang lebih efektif terhadap pekerja baru ataupun pekerja lama baik karyawan tetap dan karyawan kontrak, yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan dan penguasaan terhadap pekerjaannya serta melakukan evaluasi secara berkala untuk mengetahui sejauh mana program pelatihan ini berjalan.

4. Simpulan

Ada 3 jenis kecacatan yang menjadi penyebab terbanyak biskuit pada proses produksi biskuit yakni warna biskuit, biskuit patah dan ukuran biskuit yang tidak sesuai standar. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap penyebab utama dari besarnya persentase kecacatan produk biskuit adalah : warna dengan spesifikasi nilai sebesar 3,0 – 4,0, adapun penyebab terjadi nilai warna di luar spesifikasi disebabkan oleh suhu pemanasan pada mesin oven yang berubah-ubah, patah/retak, adapun penyebab terjadi patah/retak di luar spesifikasi disebabkan oleh suhu mesin oven dan kecepatan putar mesin *mixing* yang berubah-ubah, dimensi, adapun penyebab terjadi nilai dimensi di luar spesifikasi disebabkan oleh suhu mesin oven dan kecepatan putar mesin *mixing* yang berubah-ubah.

Perlu dilakukan perbaikan pada SOP dengan menetapkan sistem pengecekan display mesin setiap waktu tertentu selama pemasakan agar nilai suhu tidak berubah-ubah. Penanggulangan untuk penyebab kegagalan ini adalah perawatan yang dilakukan secara terus menerus dan memberikan program pelatihan yang lebih efektif terhadap pekerja baru ataupun pekerja lama baik karyawan tetap dan karyawan kontrak, yang bertujuan untuk meningkatkan keterampilan dan penguasaan terhadap

pekerjaannya serta melakukan evaluasi secara berkala untuk mengetahui sejauh mana program pelatihan ini berjalan. Dari sisi praktis, penelitian ini sangat relevan dengan kebutuhan industri yang semakin menuntut efisiensi tinggi dan kualitas produk yang konsisten. Penerapan metode FMEA memungkinkan perusahaan untuk melakukan pendekatan preventif terhadap potensi kerusakan, bukan hanya bersifat korektif setelah masalah terjadi. Dengan mengimplementasikan rekomendasi yang dihasilkan dari FMEA, perusahaan dapat menghemat biaya produksi akibat rework, meningkatkan kepuasan pelanggan karena penurunan jumlah produk cacat, serta memperkuat daya saing di pasar makanan ringan yang sangat kompetitif.

Referensi

- Adar, Elanur dkk. (2017). The Risk Analysis By Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) And Fuzzy FMEA Of Supercritical Water Gasification System Used In The Sewage Sludge Treatment. *Journal Of Enviromental Chemical Engineering* 5(1), 1261-1268. Yildiz Technical University
- Andiyanto, S., Sutrisno, A., & Punuhsingon, C. (2017). Penerapan Metode FMEA (Failure Measure and Effect Analysis) Untuk Kuantifikasi dan Pencegahan Risiko Akibat Terjadinya Lean Waste. *Jurnal Online Poros Teknik Mesin*, 6(1), 45-57.
- Assauri, S. (2011). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: Lembaga Penerbit FEUI.
- Basuki, A. (2015). Manajemen Resiko Kerusakan di Unit Pengemasan PT. Semen Indonesia, Tbk, Pabrik Tuban. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXII*, A281-A286.
- Dagsuyu, C., Gocmen, E., Narli, M., & Kokangul, A. (2016). Classical and Fuzzy FMEA Risk Analysis in Sterilization Unit. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 286-294.
- Desai, K. J., Desai, M. S., & Ojode, L. (2015). Supply Chain Risk Management: A Fishbone Analysis Approach. *S.A.M. Advanced Management Journal*, 80(3), 34-56.
- Ellianto, M. S., Santoso, P. B., & Sonief, A. A. (2015). Usulan Penerapan Lean Six Sigma, FMEA dan Fuzzy Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Botol Sabun Cair. *JEMIS*, 3(1), 28-34.
- Ginting, R. (2019). *Sistem Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT. X Dengan Menggunakan Metode Failure Measure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, 03(03), 137-147.
- Khoirunnisa, & Ganika, G. (2016). Analisis Kecacatan Produk Sebagai Upaya Perbaikan Kualitas Menuju Zero Deffect. *Jurnal Manajemen dan Bisnis*, 9(1), 121-135.
- Luo, T., Wu, C., & Duan, L. (2018). Fishbone Diagram and Risk Matrix Analysis Method and Its application in Safety Assessment of Natural Gas Spherical Tank. *Journal of Cleaner Production*, 174, 296-304.
- Setiawan, I. (2014). FMEA Sebagai Alat Analisa Risiko Moda Kegagalan Pada Magnetic Force Welding Machine ME-27.1. *ISSN 1979-2409*, 7(13), 31-41.
- Sinulingga, S. (2019). *Metode Penelitian*. USU Press.
- Wessiani, N. A., & Sarwoko, S. O. (2015). Risk Analysis Of Poultry Feed Production Using Fuzzy FMEA. *Procedia Manufacturing*, 4, 270-281.
- Wibowo, M. M., Pratikto, & Wijayanti, W. (2016). Pendekatan Lean Six Sigma, FMEAAHP Untuk Mengidentifikasi Penyebab Cacat Pada Produk Sandal. *JEMIS*, 4(2), 185-197.