

Penerapan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk Identifikasi Kegagalan Mesin *Tunnel Oven* di Perusahaan Industri Makanan Ringan

Bimantara Yudha Sakti¹, Mochamad Yusuf Santoso² dan Galih Anindita³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*E-mail: yusuf.santoso@ppns.ac.id

Abstrak

Industri makanan ringan merupakan salah satu sektor manufaktur yang mengalami pertumbuhan pesat, sehingga menuntut perusahaan untuk terus meningkatkan kualitas produk dan menjaga keandalan pada mesin produksi. Salah satu mesin utama yang digunakan dalam proses produksi adalah *tunnel oven*, yang beroperasi secara otomatis selama 24 jam. Penggunaan mesin secara terus-menerus meningkatkan risiko kegagalan komponen, yang dapat membahayakan keselamatan pekerja serta mengganggu kelangsungan operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis risiko kegagalan pada subkomponen mesin *tunnel oven* dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis diawali dengan pembuatan *Functional Block Diagram* (FBD) untuk memahami hubungan antar komponen dalam sistem. Selanjutnya dilakukan identifikasi mode kegagalan, penyebab, dampak, dan penilaian risiko berdasarkan tiga kriteria, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection* (SOD), melalui diskusi dengan *expert judgement* dan data kegagalan tahun 2022–2024. Hasil penelitian menunjukkan terdapat 58 subkomponen dengan 73 potensi mode kegagalan, dan 7 subkomponen di antaranya memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi pada masing-masing komponen. Subkomponen tersebut adalah: MCB (RPN 300), PLC (RPN 240), *wiremesh belt* (RPN 280), motor penggerak *exhaust fan* dan *blast fan* (masing-masing RPN 160), *thermocouple* (RPN 270), *gas leakage detector* (RPN 200). Temuan yang didapat dari hasil analisis ini diharapkan dapat memungkinkan perusahaan untuk merawat dan menjaga sistem keandalan, serta memprioritaskan upaya pemeliharaan pada subkomponen penting yang teridentifikasi, sehingga dapat lebih mudah melakukan mitigasi risiko dari dampak potensi kegagalan.

Kata Kunci: FMEA, RPN, *Tunnel Oven*

Abstract

The snack food industry is one of the manufacturing sectors that is experiencing rapid growth, thus requiring companies to continuously improve product quality and maintain reliability in production machinery. One of the main machines used in the production process is the *tunnel oven*, which operates automatically for 24 hours. Continuous use of the machine increases the risk of component failure, which can jeopardize worker safety and disrupt operational continuity. This research aims to analyze the risk of failure in the subcomponents of the *tunnel oven* machine using the *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) method. The analysis begins with the creation of a *Functional Block Diagram* (FBD) to understand the relationship between components in the system. Furthermore, the identification of failure modes, causes, impacts, and risk assessment based on three criteria, namely *severity*, *occurrence*, and *detection* (SOD), through discussions with *expert judgment* and failure data for 2022-2024. The results showed that there were 58 subcomponents with 73 potential failure modes, and 7 of them had the highest *Risk Priority Number* (RPN) value in each component. The subcomponents are: MCB (RPN 300), PLC (RPN 240), *wiremesh belt* (RPN 280), *exhaust fan* and *blast fan* drive motors (RPN 160 each), *thermocouple* (RPN 270), *gas leakage detector* (RPN 200). The findings obtained from this analysis are expected to enable companies to maintain and safeguard their reliability systems, as well as prioritize maintenance efforts on identified critical subcomponents, thereby facilitating risk mitigation from the potential impact of failure.

Keywords: FMEA, RPN, *Tunnel Oven*

1. PENDAHULUAN

Perusahaan industri makanan ringan merupakan salah satu sektor industri manufaktur yang mengalami pertumbuhan pesat, sehingga mengakibatkan persaingan dalam dunia bisnis menjadi semakin kompetitif (A. D. W. Saputra et al., 2020). Oleh karena itu, untuk memenuhi standar dan keinginan konsumen, diperlukan pengendalian kualitas yang tepat dalam proses produksi untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan (R. Saputra & Santoso, 2021). Perusahaan makanan ringan ini menyediakan berbagai macam produk yang dipasarkan ke masyarakat Indonesia hingga mancanegara, seperti berbagai macam biskuit dan wafer. Proses produksi di industri ini melibatkan tahapan formulasi, *mixing*, *moulding*, *baking*, *spraying*, *staking quality control*, *wrapping*, dan *storing*, yang semuanya menggunakan peralatan dan mesin otomatis. Lingkungan kerja yang dipenuhi oleh mesin otomatis, suhu ruang tinggi, dan kebisingan dari mesin, menjadikan setiap langkah proses produksi berpotensi menimbulkan risiko keselamatan bagi pekerja (Marsha Putri Tasyania et al., 2022).

Penggunaan mesin otomatis tidak hanya bertujuan untuk mengoptimalkan proses produksi, tetapi juga memungkinkan perusahaan memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat. Tingginya permintaan pasar mendorong perusahaan untuk menjalankan proses produksi selama 24 jam, sehingga mesin yang digunakan menjadi rentan mengalami kegagalan (Zulkarnain et al., 2023). Proses produksi yang berlangsung selama 24 jam mencakup tahapan pemanggangan (*baking*) dengan menggunakan mesin utama berupa *tunnel oven*. *Tunnel oven* adalah jenis oven berbentuk terowongan dengan panjang sekitar 100 meter, di mana produk dipanggang secara otomatis saat bergerak melalui oven pada *conveyor* dengan suhu 250°C – 350°C. Prinsip kerja pada mesin *tunnel oven* adalah menggunakan metode pemanasan langsung (*direct heating*) yang dimana pada proses ini dilakukan dengan mentransfer panas secara langsung dari sumber panas ke produk. Produk yang akan dipanggang ditempatkan pada *conveyor* yang bergerak melalui terowongan tersebut. Suhu dan waktu pemanggangan dapat diatur sesuai dengan jenis produk yang dipanggang, jenis *tunnel oven* yang umum digunakan adalah menggunakan bahan bakar gas dan dilengkapi dengan sistem konveksi untuk mengatur sirkulasi udara panas.

Pada data kegagalan proses produksi operasional *tunnel oven* tahun 2022 – 2024 telah terjadi sebanyak 121 kegagalan. Mesin akan mengalami kerusakan atau kegagalan terutama pada mesin- mesin yang digunakan dalam aktivitas yang dilakukan secara terus menerus (Febriyan & Dwi Cahyono, 2023). Berdasarkan hasil diskusi dengan *lead manager maintenance*, diketahui bahwa salah satu contoh kegagalan dalam proses operasional *tunnel oven* terjadi pada komponen *wiremesh conveyor*. Kegagalan ini terjadi saat *wiremesh conveyor* tersangkut pada pisau besi pemisah antara *wiremesh* dan *conveyor belt*, yang menyebabkan *conveyor* macet dan mesin *tunnel oven* berhenti secara otomatis. Akibatnya, terjadi akumulasi panas didalam oven dan biskuit yang berada di dalam oven terus terpanggang karena suhu tinggi yang berlangsung lama. Setelah dilakukan perbaikan dan *wiremesh conveyor* serta oven kembali berjalan, biskuit yang terperangkap dalam oven langsung terbakar saat keluar karena adanya proses segitiga api, yaitu peningkatan oksigen ketika biskuit keluar dari oven. Untuk mencegah kejadian serupa, perusahaan telah melakukan perawatan rutin. Akan tetapi *preventive maintenance* belum berjalan optimal dikarenakan masih banyak terjadi kerusakan pada peralatan tersebut (Rislamy et al., 2020). Data kegagalan perusahaan selama tiga tahun terakhir menunjukkan adanya potensi bahaya bagi pekerja serta peralatan lain di sekitar area operasional *tunnel oven*. Kondisi ini juga dapat memicu efek domino yang merugikan baik bagi keselamatan pekerja maupun kelangsungan operasional perusahaan.

Untuk mencegah terjadinya kegagalan, diperlukan analisis risiko terhadap subkomponen mesin *tunnel oven*, mengingat belum pernah dilakukan identifikasi dan penilaian risiko sebelumnya. Menurut ISO/IEC 31010:2019 dalam (Grgurevic, 2023), metode analisis risiko yang umum digunakan antara lain *Bowtie Analysis*, *Ishikawa Diagram*, *Hazard Analysis and Critical Control Points (HACCP)*, *Hazard Operability Analysis (HAZOP)*, dan *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)*. FMEA berfungsi mengevaluasi potensi kegagalan dan dampaknya secara sistematis, sehingga masalah dapat diidentifikasi sejak dini dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan perbaikan setelah kerusakan terjadi (Carlson, 2014).

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dirumuskan untuk menjawab pertanyaan: “*Bagaimana hasil identifikasi kegagalan pada subkomponen mesin tunnel oven menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)?*”. Penelitian ini merujuk pada studi penelitian sebelumnya yaitu menurut (Pangaribuan & Handayani, 2018) yang berjudul “*Analisis Penyebab Cacat Produksi Roma Kelapa Pada Mesin Oven Dengan Metode Failure Modes Effects Analysis (FMEA)*”, yang menganalisis proses *central kitchen* hingga mesin oven produksi Biskuit Roma Kelapa menggunakan metode FMEA dan 5W+1H. Hasil penelitian tersebut menunjukkan nilai RPN tertinggi digunakan sebagai dasar usulan *preventive maintenance*. Perbedaan penelitian ini dengan studi terdahulu terletak pada fokus analisis, di mana penelitian sebelumnya membahas cacat produk dalam proses produksi, sedangkan penelitian ini menitikberatkan pada analisis risiko kegagalan mesin, khususnya pada mesin *tunnel oven* di perusahaan industri makanan ringan.

Artikel ini berfokus pada identifikasi risiko kegagalan subkomponen yang terdapat pada mesin *tunnel oven*. Melalui metode pada analisis ini, dapat diketahui mode kegagalan, efek kegagalan, penyebab terjadinya kegagalan, tindakan preventif dan penilaian deteksi pada subkomponen tersebut. Hasil analisis ini akan membantu menentukan subkomponen mana yang menjadi prioritas penanganan pada masing masing komponen.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yang diawali dengan pembuatan diagram blok fungsional (*functional block diagram*) untuk mengetahui keterkaitan fungsi antar komponen. Selanjutnya, dilakukan identifikasi mode kegagalan yang terjadi pada setiap subkomponen serta dilakukan penilaian risiko pada kegagalan tersebut.

1) *Functional Block Diagram* (FBD)

Functional Block Diagram (FBD) adalah diagram yang berupa balok-balok yang mewakili komponen yang ada di sistem. *Functional Block Diagram* (FBD) dibuat untuk mempermudah pemahaman terhadap komponen dalam suatu sistem, serta untuk mengetahui hubungan antar komponen, apakah tersusun secara seri atau paralel, dan apakah memiliki sistem *redundancy*. Informasi ini berguna untuk analisis lebih lanjut, terutama dalam melakukan analisis keandalan atau analisis secara kuantitatif (Gerada et al., 2022).

2) *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Penggunaan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) ialah untuk membantu mendefinisikan, mengidentifikasi, memprioritaskan, dan menghilangkan kegagalan yang diketahui dan/atau potensial dari sistem, desain, atau proses manufaktur (D. H. Stamatis, 2015). Sedangkan menurut (Rizani, 2021), *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan suatu metode yang bertujuan untuk mengevaluasi desain sistem dengan mempertimbangkan bermacam-macam jenis kegagalan dari sistem yang terdiri dari komponen-komponen, khusus dari sistem yang kritis dapat dinilai dan diberi tindakan yang diperlukan untuk memperbaiki desain dan mengeliminasi atau mereduksi probabilitas dari metode-metode kegagalan yang kritis.

Jadi metode FMEA ini memiliki kelebihan maupun kekurangan pada penggunaannya. Menurut (Kurnianto et al., 2022), disebutkan bahwa terdapat beberapa kelebihan pada FMEA yaitu:

1. Mampu menjabarkan risiko yang ada secara lebih luas dan mendalam.
2. Perbaikan kerja di masa yang akan datang.
3. Dapat mengidentifikasi risiko kecelakaan tidak berdasarkan satu kriteria saja, melainkan berdasarkan tiga kriteria penilaian yaitu tingkat keparahan (*severity*), keterjadian (*occurrence*), dan deteksi (*detection*).

Sedangkan menurut (Muvidah et al., 2023), metode FMEA ini juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya:

1. Berfokus dan sangat bergantung kepada tim dan tidak dapat dilakukan secara individu.
2. Memerlukan keahlian terkait produk atau proses berdasarkan analisis.
3. Pembobotan kepentingan pada penyusunan *Risk Priority Number* (RPN) yang dapat menghasilkan nilai yang sama besarnya.

Menurut (Hanif et al., 2015), terdapat langkah-langkah dalam penyusunan FMEA, yaitu:

1. Menentukan komponen dan sub komponen dari sistem atau alat yang akan dianalisis.
2. Identifikasi potensi kegagalan (*potential failure mode*)
3. Mengidentifikasi akibat dari kegagalan (*effect of failure*)
4. Mengidentifikasi penyebab kegagalan yang terjadi pada proses yang berlangsung (*potential cause of failure*)
5. Menetapkan tingkat keparahan (*severity rating*)
6. Menetapkan tingkat kejadian (*occurrence rating*)
7. Mengidentifikasi *current control* yang telah dilakukan untuk mencegah mode kegagalan.
8. Menetapkan tingkat deteksi (*detection rating*)
9. Menentukan nilai RPN (*Risk Priority Number*)

3) *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah dilakukan analisis kegagalan subkomponen menggunakan metode FMEA, maka dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan nilai prioritas dari suatu kegagalan. Menurut (McDermott et al., 2008), terdapat beberapa penilaian yang dilakukan untuk menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*.

1. Menentukan tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat keparahan (*severity*) adalah penilaian tentang seberapa serius dampak yang mungkin terjadi jika suatu kegagalan benar-benar terjadi berdasarkan kategori tingkat keparahan (*severity*) pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori Tingkat Keparahahan (*Severity*)

Tingkat Keparahahan	Keterangan	Skor
Tidak ada	Tidak memiliki pengaruh	1
Sangat kecil	Cacat disadari oleh pelanggan (<25%)	2

Kecil	Cacat disadari oleh pelanggan (50%)	3
Sangat rendah	Cacat disadari oleh pelanggan (>75%)	4
Rendah	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang	5
Sedang	Produk dapat dioperasikan tetapi sebagian item tambahan (fungsi sekunder) tidak dapat berfungsi	6
Tinggi	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang banyak berkurang	7
Sangat tinggi	Produk tidak dapat dioperasikan	8
Berbahaya disertai peringatan	Kegagalan didahului oleh peringatan	9
Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan tidak didahului oleh peringatan	10

Sumber: (Pamungkas et al., 2019)

2. Menentukan tingkat kejadian (*occurrence*)

Menentukan peringkat kejadian (*occurrence*) adalah dengan menggunakan data aktual dari proses, seperti data kegagalan. Jika data kegagalan tidak tersedia, maka harus memperkirakan seberapa sering suatu alat/mesin tersebut mengalami kegagalan dengan melibatkan penilaian dari *expert judgement*. Setelah penyebab kegagalan diketahui, peringkat kejadian (*occurrence*) bisa ditentukan meskipun tidak ada data kegagalan yang tersedia, kategori penilaian kejadian (*occurrence*) bisa dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori Tingkat Kejadian (*Occurrence*)

Tingkat Kejadian	Frekuensi	Skor
Hampir tidak pernah	Satu kali dalam 6-100 tahun	1
Sangat rendah	Satu kali dalam 3-6 tahun	2
Rendah	Satu kali dalam 1-3 tahun	3
Sedang	Satu kali dalam setahun	4
	Satu kali dalam 6 bulan	5
	Satu kali dalam 3 bulan	6
Tinggi	Satu kali dalam sebulan	7
	Satu kali dalam seminggu	8
	Satu kali dalam 4 hari	9
Sangat tinggi	Lebih dari satu kali dalam setiap harinya	10

Sumber: (Pakarbudi et al., 2023)

3. Menentukan tingkat deteksi (*detection*)

Penentuan tingkat deteksi (*detection*) ialah sebagai pengukur seberapa besar kemungkinan kita dapat mendeteksi kegagalan atau dampaknya dengan kriteria peringkat deteksi (*detection*) pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori Tingkat Deteksi (*Detection*)

Tingkat Deteksi	Keterangan	Skor
Hampir Pasti	Kegagalan dalam proses tidak dapat terjadi karena telah dicegah melalui desain solusi	1
Sangat tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat tinggi	2
Tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan tinggi	3
Agak tinggi	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan agak tinggi	4
Sedang	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sedang	5
Rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan rendah	6
Sangat rendah	Kemungkinan pengontrol untuk mendeteksi kegagalan sangat rendah	7
Jarang	Jarang kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	8
Sangat jarang	Sangat jauh kemungkinan pengontrol akan menemukan potensi kegagalan	9

Hampir tidak mungkin	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan	10
----------------------	---	----

Sumber: (Pamungkas et al., 2019)

Setelah menentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* maka kemudian melakukan perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dengan cara mengalikan peringkat keparahan (*severity*), peringkat kejadian (*occurrence*), peringkat deteksi (*detection*).

Berikut adalah rumus untuk mencari nilai RPN:

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

Lembar kerja atau *worksheet* FMEA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Worksheet* FMEA

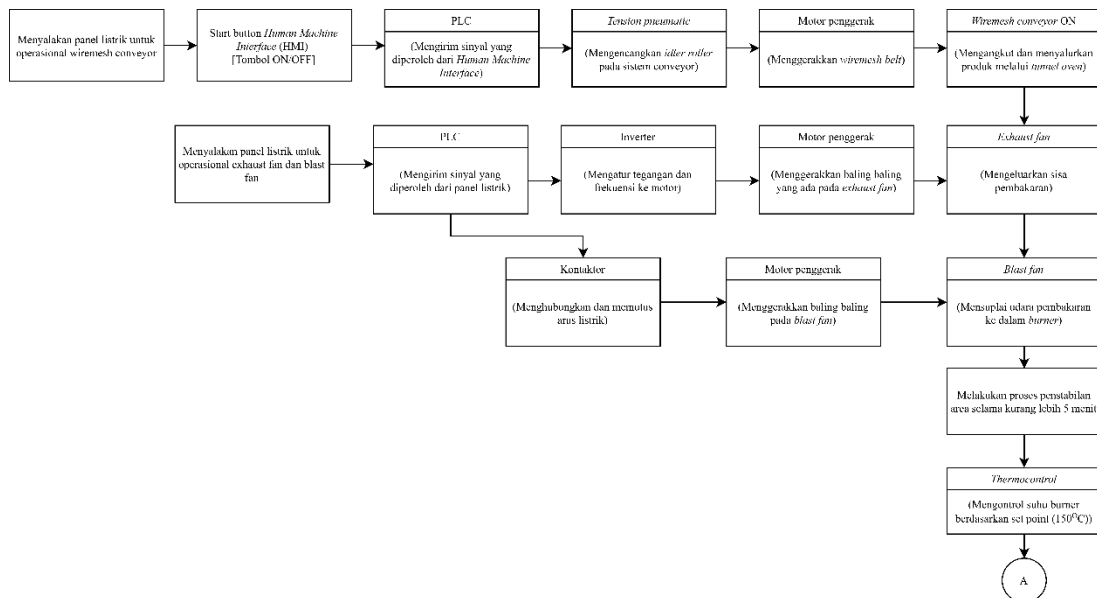
Failure Mode and Effect Analysis Worksheet									
System:					Date:				
Subsystem:					Years:				
No	Component	Potential Failure Mode	Effect of Failure	Severity	Potential Cause of Failure	Occurrence	Current Control	Detection	RPN
1									
2									
Dst.									

Sumber: (Degu & Moorthy, 2014)

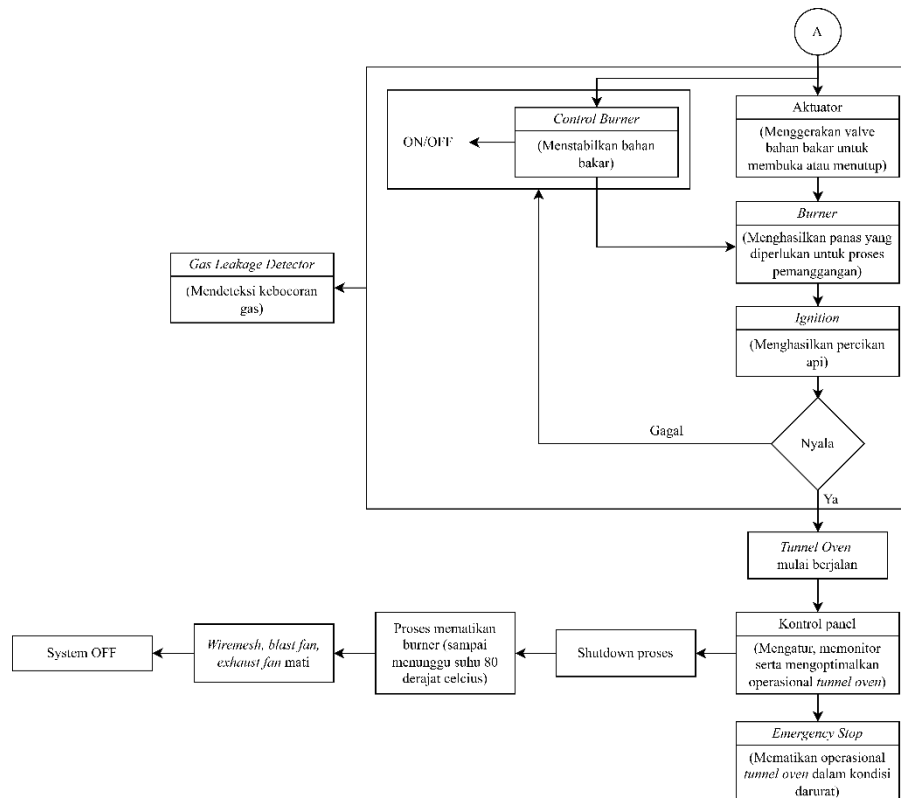
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Functional Block Diagram (FBD)

Function Block Diagram (FBD) merupakan representasi alur kerja sistem yang digunakan untuk memvisualisasikan fungsi dan keterkaitan antar komponen dalam mesin secara sistematis. Penggunaan FBD sangat membantu peneliti dalam melakukan analisis FMEA karena memberikan gambaran menyeluruh mengenai fungsi setiap komponen dan hubungan di antaranya. Pembuatan FBD pada mesin *tunnel oven* didasarkan pada hasil diskusi dengan *expert judgment* dan disesuaikan pada saat operasional *tunnel oven* berlangsung.



Gambar 1. FBD *Tunnel Oven*



Gambar1. FBD Tunnel Oven Lanjutan

Berdasarkan Gambar 1. sistem kerja *tunnel oven* ini dirancang untuk beroperasi secara otomatis melalui tahapan tahapan terstruktur. Operasional mesin *tunnel oven* terbagi menjadi 2 sistem yaitu sistem untuk menyalakan *wiremesh* conveyor dan sistem untuk menggerakkan *exhaust fan* beserta *blast fan*. Proses dimulai dengan menyalakan panel listrik sebagai sumber daya utama, selanjutnya operator akan menekan tombol ON pada HMI (*Human Machine Interface*) untuk memulai proses. Sinyal dari HMI kemudian dikirim ke PLC (*Programmable Logic Controller*), yang secara otomatis mengaktifkan sistem *tension pneumatic* terlebih dahulu. Setelah ketegangan conveyor tercapai, PLC (*Programmable Logic Controller*) akan mengaktifkan motor penggerak (*gearbox*) untuk menjalankan *wiremesh* conveyor.

Setelah *wiremesh* conveyor aktif, proses dilanjutkan dengan pengoperasian *exhaust fan* dan *blast fan*. Panel listrik yang telah dinyalakan sebelumnya juga menjadi sumber daya untuk sistem ini. PLC kemudian mengirimkan sinyal ke *inverter* untuk mengatur kecepatan sekaligus mengaktifkan motor penggerak untuk menjalankan *exhaust fan*, yang berfungsi untuk membuang udara panas dan sisa pembakaran dari dalam oven. Secara paralel, PLC juga mengirimkan sinyal ke kontaktor untuk mengaktifkan motor penggerak dan menjalankan *blast fan*, yaitu kipas yang bertugas mensuplai udara pembakaran ke dalam burner.

Setelah *blast fan* aktif, menunggu sekitar 5 menit untuk menstabilkan area. Selanjutnya, sistem memasuki tahap pengendalian suhu yang dikendalikan oleh perangkat *thermocontrol*. *Thermocontrol* akan mengirimkan sinyal ke aktuator yang kemudian membuka katup bahan bakar menuju *burner*. Pada *burner* terdapat pemantik yang berfungsi untuk proses penyalaan api (*ignition*). Jika proses penyalaan api berhasil, maka *tunnel oven* akan mulai beroperasi. Namun, jika api gagal menyala, maka sistem akan masuk ke kondisi dimana *control burner* akan menstabilkan bahan bakar dan mengulangi pada proses penyalaan api (*ignition*) sampai api benar benar menyala.

Pada kondisi ini, *tunnel oven* mulai beroperasi penuh dan tetap melakukan monitor melalui kontrol panel dan sistem keselamatan aktif untuk memantau jalannya proses operasional *tunnel oven*. Apabila operator menekan tombol OFF, sistem akan mematikan *burner* secara bertahap sambil menunggu suhu menurun hingga mencapai 80°C. Setelah itu, *wiremesh conveyor*, *exhaust fan*, dan *blast fan* akan mati secara otomatis, lalu sistem masuk ke mode *shutdown* atau OFF.

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Proses penyusunan analisis risiko menggunakan metode FMEA dilakukan melalui diskusi bersama *expert judgement* untuk menentukan tingkat *severity*, *occurrence*, dan *detection* yang tidak ada pada data kegagalan dan menentukan nilai dari *severity*, *occurrence*, dan *detection* beserta hasil dari nilai atau skor tersebut. Berikut merupakan nilai rangkuman dari hasil SOD setiap *failure mode* yang ada pada subkomponen operasional mesin

tunnel oven, rangkuman hasil SOD dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rangkuman Hasil SOD

No	Component	Potential Failure Mode	S	O	D	RPN
Panel listrik						
1	Miniature Circuit Breaker (MCB)	MCB gagal ngetrip	10	6	5	300
2	Power Supply Unit (PSU)	Tidak mengeluarkan tegangan output	8	5	3	120
3	Kontaktor	Koil terbakar	7	5	6	210
4	Inverter	Tidak ada output ke motor	7	4	3	84
5	Thermal Overload Relay	Koneksi terminal longgar	7	4	5	140
6	Motor Protection Circuit Breaker	Tidak trip pada saat terjadi arus berlebih	10	3	4	120
7	Relay	Hubung singkat internal	8	5	6	240
8	fuse	Terbakar	7	5	5	175
9	Terminal Block	Oksidasi atau berkarat pada terminal	5	4	5	100
		Retak atau pecah	7	4	5	140
10	Wiring Harness	Kabel terlupas, isolasi rusak	10	4	5	200
		Overheating pada jalur kabel	8	3	4	96
11	Indicator Lights	Lampu indikator mati	6	3	3	54
12	Cooling Fan	Kipas tidak berputar	6	3	2	36
Panel kontrol						
13	Main Power Switch	Saklar tidak dapat menyala	8	3	4	96
		Arus bocor dari terminal	8	3	5	120
14	Programmable Logic Controller (PLC)	Gagal beroperasi	8	6	5	240
		Kabel konektor longgar	5	3	5	75
15	Human Machine Interface (HMI)	Touchscreen tidak responsif	6	4	3	72
		Tampilkan error	6	3	3	54
16	Temperature Controller	Tidak bisa setting set point suhu	7	3	3	63
17	Variable Frequency Drive (VFD)	Tidak bisa menyala	7	4	5	140
		Overload	7	3	5	105
18	Real-Time Clock	Format waktu salah	6	3	4	72
19	Push Button dan Selector Switch	Tidak merespon saat ditekan	7	4	4	112
20	Indicator Lights	Lampu tidak menyala	6	3	3	54
Wiremesh conveyor						
21	Wiremesh Belt	Wiremesh belt rusak	8	7	5	280
		Bergeser tidak sesuai jalur	7	4	5	140
22	Kompresor	Tidak menghasilkan tekanan udara	8	3	4	96
		Ngetrip (mati mendadak)	8	3	4	96
23	Drive Roller	Penipisan permukaan roller	6	3	3	54
		Bearing roller macet	7	4	3	84
24	Idler Roller	Bearing macet	5	3	3	45
		Rusak atau pecah	7	5	3	105
25	Pneumatic Tension	Gagal mengatur tegangan	8	4	4	128
26	Motor Penggerak	Overheating	8	4	4	128
27	Bearing dan Shaft	Aus atau macet	5	5	3	75
28	Transfer Plate	Tidak sejajar dengan belt	7	7	5	245
29	Chain Drive	Rantai putus atau terlepas	8	3	3	72
Exhaust fan						
30	Impeller	Mengalami retak/patah pada bilah	7	3	3	63
31	Motor Penggerak	Overheating	8	3	4	96
		Sering mengalami trip	8	5	4	160
32	Rumah Fan (Casing)	Tidak terpasang dengan rapat	5	5	4	100
33	Saluran Udara (Ducting)	Terlepas dari koneksi ke fan	7	4	5	140
34	Filter Udara	Filter udara tersumbat	5	3	4	60
35	Silencer	Tersumbat oleh debu atau partikel	5	4	4	80
Blast fan						
36	Impeller	Baling baling bengkok atau patah	7	3	3	63
37	Motor Penggerak	Motor overload	8	5	4	160
38	Rumah Fan (Casing)	Retak atau kerusakan struktural	5	3	4	60

39	Saluran Udara (<i>Ducting</i>)	Kerusakan fisik seperti bocor atau retak	5	4	4	80
40	Filter Udara	Penyumbatan oleh kotoran atau debu	5	3	4	60
41	<i>Heater</i>	Elemen pemanas tidak berfungsi	7	4	4	112
42	Damper	Macet, tidak bisa bergerak	5	3	4	60
Burner						
43	<i>Thermocouple</i>	Terputus koneksi ke kontroler	9	6	5	270
44	<i>Actuator</i>	Gagal membuka atau menutup valve	8	4	3	96
		Gangguan sinyal kontrol	7	3	6	126
45	Pipa Udara	Kebocoran pada sambungan atau pipa	5	3	3	45
		Tersumbat	5	4	4	80
46	<i>Tube</i>	Korosi pada permukaan tube	7	3	6	126
		Tersumbat	5	3	4	60
47	Kompresor	Tidak menghasilkan tekanan udara	7	3	4	84
48	Regulator Gas	Tidak dapat mengatur tekanan dengan tepat	7	5	4	140
49	<i>Solenoid Valve</i>	Solenoid valve gagal membuka atau menutup	8	4	3	96
50	Valve Gas	Valve gagal membuka atau menutup	8	4	4	128
51	Valve Udara	Valve gagal membuka atau menutup	8	4	4	128
52	<i>Mixing Chamber</i>	Tersumbat oleh debu atau kotoran	5	4	4	80
		Korosi dan retak pada dinding	7	4	4	112
53	<i>Inner Tube</i>	Retak atau pecah	7	3	5	105
54	<i>Igniter</i>	Tidak menghasilkan percikan api	8	4	3	96
55	<i>Flame Detector</i>	Tidak mendeteksi nyala api	8	4	4	128
56	<i>Combution Chamber</i>	Overheat	7	3	3	63
Safety sistem						
57	<i>Emergency Stop</i>	Tidak berfungsi saat ditekan	7	3	3	63
58	<i>Gas leakage Detector</i>	Tidak mendeteksi kebocoran gas	10	5	4	200

Nilai RPN didapatkan dengan cara melakukan perkalian antara tingkat *severity*, tingkat *occurrence* dan tingkat *detection*. Proses pengisian nilai RPN untuk nilai *severity* dan *detection* mengacu pada efek yang ditimbulkan oleh potensi kegagalan tersebut dan kontrol yang dilakukan oleh perusahaan atas dasar *brainstorming* bersama *expert judgement*, sedangkan untuk pengisian nilai *occurrence* didapatkan dari data kegagalan pada proses operasional mesin *tunnel oven*. Berdasarkan pada Tabel 5, terdapat 7 subkomponen dengan nilai RPN tertinggi pada masing masing komponen.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dalam penerapan metode FMEA untuk mengidentifikasi mode kegagalan mesin *tunnel oven* yang dilakukan berdasarkan data yang ada dan diskusi bersama *expert judgement* didapatkan bahwa terdapat 7 komponen dengan 58 subkomponen dan 73 *potential failure mode* dalam rentang waktu 3 tahun terakhir yang berpotensi menimbulkan risiko signifikan terhadap keselamatan dan kelangsungan operasional. Subkomponen dengan nilai RPN tertinggi pada setiap komponen tersebut antara lain: pada komponen panel listrik, subkomponen MCB dengan hasil nilai RPN 300. Komponen panel kontrol, subkomponen PLC dengan hasil nilai RPN 240. Komponen *wiremesh conveyor*, subkomponen *wiremesh belt* dengan hasil nilai RPN 280. Komponen *exhaust fan*, subkomponen motor penggerak dengan hasil nilai RPN 160. Komponen *blast fan*, subkomponen motor penggerak dengan hasil nilai RPN 160. Komponen *burner*, subkomponen *thermocouple* dengan hasil nilai RPN 270. Selanjutnya pada komponen *safety system*, subkomponen *gas leakage detector* dengan hasil nilai RPN 200. Dari ketujuh subkomponen tersebut diharapkan perusahaan melakukan prioritas perawatan dan pemeliharaan agar kegagalan tidak terjadi, yang mana dapat menyebabkan kerugian besar bahkan berdampak pada kegagalan subkomponen lainnya.

5. DAFTAR NOTASI

Risk Priority Number (RPN) = Nomor prioritas mode kegagalan hasil dari perkalian *severity*, *occurrence*, *detection*.

Severity (S) = Tingkat keparahan dari seberapa efek yang ditimbulkan.

Occurrence (O) = Tingkat seberapa sering kemungkinan penyebab kegagalan tersebut terjadi.

Detection (D) = Seberapa jauh penyebab kegagalan tersebut dapat terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Carlson, C. S. (2014). Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs. *2014 Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)*, 12.
- D. H. Stamatis. (2015). The ASQ Pocket Guide to Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). In *American Society for Quality*.
- Degu, Y. M., & Moorthy, R. S. (2014). Implementation of Machinery Failure Mode and Effect Analysis in Amhara Pipe Factory P . L . C ., Bahir Dar , Ethiopia. *American Journal of Engineering Research (AJER)*, 03(01), 57–63.
- Febriyan, R., & Dwi Cahyono, B. (2023). Pemeliharaan Pada Mesin Moulding Unimat 22 A Di PT. Sejin Lestari Furniture. *Jtmei*, 2(1), 262–274.
- Gerada, M., Kurniawan, R. D., & Rudi, S. (2022). Aplikasi Failure Mode Effect Analisis (FMEA) untuk Mempermudah Perawatan dan Perbaikan Sitem Pendingin Main Engine Di Kapal. *Marine Science and ...*, 3(1), 19–26.
- Grgurevic, D. (2023). Overview of Risk Management Tools and Methods. *Internasional Journal for Quality Research*, 18(1), 209–218. <https://doi.org/10.24874/IJQR18.01-14>
- Hanif, R., Rukmi, S. H., & Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury DI PT. X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional, Vol. 03*(No. 03), 137–147.
- Kurnianto, M. F., Kusnadi, K., & Azizah, F. N. (2022). Usulan Perbaikan Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fishbone Diagram. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 6(1), 18. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v6i1.6627>
- Marsha Putri Tasyania, Rahma Fariza, Qurtubi, & Debbie Kemala Sari. (2022). Analisis Lingkungan Kerja Fisik: Suhu dan Kebisingan terhadap Produktivitas pada Ruang Mesin 2 PT ABC. *Jurnal Teknik Industri*, 12(2), 111–116. <https://doi.org/10.25105/jti.v12i2.14716>
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2008). *The Basics of FMEA 2nd Edition*.
- Muvidah, N. I., Yunitasari, E. W., & Kusmendar, K. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Lean Six Sigma dan Fuzzy FMEA Dalam Upaya Menekan Kecacatan Produk. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 7(2), 86. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v7i2.1617>
- Pakarbudi, A., Piay, D. T., Nurmawati, D., & Rachman, A. (2023). Analisa Efektivitas Metode Octave Allegro dan Fmea Dalam Penilaian Risiko Aset Informasi Pada Institusi Pendidikan Tinggi. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 10(2), 488. <https://doi.org/10.30865/jurikom.v10i2.5950>
- Pamungkas, I., Irawan, H. T., Arkanullah, L., Dirhamsyah, M., & Iqbal, M. (2019). Penentuan Tingkat Risiko pada Proses Produksi Garam Tradisional di Desa Ie Leubeu Kabupaten Pidie. *Jurnal Optimalisasi*, 5(2), 107–120.
- Pangaribuan, B. M., & Handayani, N. U. (2018). Analisis Penyebab Cacat Produksi Roma Kelapa Pada Mesin Oven Dengan Metode Failure Modes Effects Analysis (Fmea). *Engineering Journal*, 1–9.
- Rislamy, A. F., Mahbubah, N. A., & Widyaningrum, D. (2020). Analisis Risiko Kerusakan Pada Alat Berat Grab Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Study Kasus: PT Siam Maspion Terminal Gresik). *Jurnal Program Studi Teknik Industri*, 8(1), 36–43. <https://doi.org/10.33373/profis.v8i1.2553>
- Rizani, M. K. (2021). Analisis Preventive Maintenance Mesin Extrusion dengan Metode Reliability Centered Maintenance II (RCM II). *JISO: Journal of Industrial and Systems Optimization*, 4(1), 20. <https://doi.org/10.51804/jiso.v4i1.20-29>
- Saputra, A. D. W., Danial, R. D. M., & Samsudin, A. (2020). Analisis Strategi Pemasaran Industri Makanan Ringan Menggunakan Boston Consulting Group Matrix. *JIMEK: Jurnal Ilmiah Mahasiswa Ekonomi*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.30737/jimek.v3i1.710>
- Saputra, R., & Santoso, D. T. (2021). Analisis Kegagalan Proses Produksi Plastik Pada Mesin Cutting Di Pt. Fkp Dengan Pendekatan Failure Mode and Effect Analysis Dan Diagram Pareto. *Barometer*, 6(1), 322–327. <https://doi.org/10.35261/barometer.v6i1.4516>
- Zulkarnain, G., Santoso, B., & Setijogiarto, N. (2023). Implementasi Preventive Maintenance Pompa Sentrifugal Pada Cooling Tower Di Pt.Y. *Prosiding A Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta*, 304–309. <http://prosiding.pnj.ac.id>