



Tersedia secara online di <http://ojs.unik-kediri.ac.id/index.php/jurmatis/index>

JURMATIS

Jurnal Mahasiswa Teknik Industri Universitas Kadiri



Analisis Resiko Yang Mempengaruhi Tingkat Air Ketel Uap Dari Imbibisi Air Kondensat PG. Pesantren Baru Dengan Menggunakan Metode *FMEA* Dan *FTA*

Saiful Rowi^{*1}, Heribertus Budi Santoso², Imam Safi'i³

saifulrowi150@gmail.com^{*1}, heribertus@unik-kediri.ac.id², imam@unik-kediri.ac.id³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Kadiri

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Received : 15 – Desember – 2020

Revised : 20 – Desember – 2020

Accepted : 24 – Desember – 2020

Kata kunci :

Failure Mode and Effect Analysis

Fault Tree Analysis

Risk Priority Number

Abstract

PG. Pesantren Baru is one of the industrial companies that produce sugar for the needs of people in Kediri City and national. The purpose of this research is to know the factors that inhibit the rate of supply of dew water (condensate water) to the boiler and how it is handled using Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) and Fault Tree Analysis (FTA) methods. The scope and limitation of problems on this research is only done on boiler stations and more leads to dew water supply (condensate water) on the boiler machine Yoshimine II. The data used in this research is the primary data and secondary data from the company. With data collection techniques include observation, interviews and library studies. From the research results obtained 5 constraints that have been identified by the FMEA method. From 5 constraints gained 2 top events that have occurred during the operation process in the area of water flow imbibisi at the grind station PG. Pesantren Baru in 2018-2019. The first ranking is on the constraints of the pump to distribute the water Imbibisi to the APK tank suffered damage with RPN at 18. The second ranking is on the obstacles of the water crust many are attached to the wall pipe evaporation body with RPN at 8.

Abstrak

PG. Pesantren Baru merupakan salah satu perusahaan industri yang memproduksi gula untuk kebutuhan masyarakat Kota Kediri maupun nasional. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui faktor- faktor yang menghambat laju suplai air embun (air kondensat) ke ketel uap beserta cara penanganannya dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Adapun ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini hanya dilakukan pada stasiun boiler dan lebih mengarah ke suplai air embun (air kondensat) pada mesin boiler Yoshimine II. Dari hasil penelitian didapat hasil 5 kendala-kendala yang sudah teridentifikasi dengan metode FMEA, yaitu pipa di dalam tanki badan penguapan bocor dengan nilai RPN 6, kerak nira menempel di dinding pipa badan penguapan dengan nilai RPN 8, pompa pada badan penguapan rusak nilai RPN 18, air tanki apk mengalami

Untuk melakukan sitasi pada penelitian ini dengan format :

Akbar, M. R., Subekti, A., & Dhani, M. R. (2018). Identifikasi Bahaya Dengan Menggunakan Metode Fmea Pada Mesin Evaporator Di Pabrik Gula. *Proceeding 2nd Conference on Safety Engineering and Its Application*, 2581, 779–782.

overcapacity dengan nilai RPN 4, sambungan pipa menuju tanki apk mengalami kerenggangan dengan nilai RPN 4. 2 nilai RPN tertinggi dari hasil 5 kendala-kendaladigunakan sebagai 2 *top event* dalam menganalisa FMEA. Hasil dari FTA menunjukkan 4 *basic event*, yaitu as penggerak tidak *center*, *bearing* rusak, rentang waktu perawatan lama, pemakaian terlalu over.

1. Pendahuluan

Pabrik gula merupakan salah satu peninggalan masa kolonial Belanda yang mempunyai pengaruh cukup besar di Indonesia, pabrik gula adalah tempat untuk memproduksi gula dalam jumlah besar. Sejarah pendirian pabrik gula di Indonesia diawali sejak zaman penjajahan dulu. Dimana ilmu pembuatan gula dari tebu merupakan salah satu warisan yang didapatkan orang Indonesia dari penjajah, tepatnya Belanda. Gula merupakan komoditas ekspor yang sangat menguntungkan pada masa Hindia-Belanda. Keberadaan gula diperhitungkan dalam pasaran internasional.

Bahan baku yang digunakan untuk produksi gula adalah tebu. Sebelumnya gula di Indonesia dibuat dari bahan kelapa ataupunaren. Tebu menjadi salah satu tanaman wajib tanam pada waktu sistem tanam paksa (*cultuurstelsel*). Sistem tanam paksa memicu perkembangan perkebunan secara pesat, salah satunya di daerah Jawa Timur yang dapat dikatakan berhasil dalam memperoleh keuntungan guna membiayai militer dan administrasi ketika posisi keuangan Belanda sedang memburuk. Adanya sistem tanam paksa menimbulkan beberapa kewajiban, khususnya bagi petani yang diharuskan menanam tanaman wajib/tanaman ekspor (khususnya kopi, tebu, dan nila) yang kemudian dijual kepada pemerintah Hindia-Belanda dengan harga murah. Sistem tanam paksa juga mengatur tentang ketentuan pasokan tebu yang menjadi kesepakatan dengan kepala desa. Adanya kewajiban penanaman tebu menekan biaya produksi[1].

PG. Pesantren Baru merupakan salah satu perusahaan industri yang memproduksi gula untuk kebutuhan masyarakat Kediri sendiri maupun nasional. PG. Pesantren Baru merupakan sebuah perusahaan yang mulai beroperasi pada tanggal 19 Juli 1978 dengan kapasitas giling 4.000 ton tebu perhari. Pada perusahaan ini terdapat berbagai macam mesin produksi gula pasir baik manual maupun otomatis dimana kedua jenis mesin tersebut terus berkesinambungan dalam beroperasi. Di dalam produksi sendiri masih banyak ditemui kendala karena beberapa alat-alat yang digunakan sudah berumur lanjut. Di dalam PG. Pesantren Baru terdapat alat-alat yang perlu menjadi perhatian khusus dikarenakan pentingnya fungsi alat-alat tersebut dalam proses produksi. Khusus di bagian stasiun boiler sendiri terdapat banyak alat-alat yang memiliki bobot dan bentuk yang sangat besar. Tak

jarang ada pula alat-alat yang usianya hampir sama dengan usia pabrik itu sendiri. Untuk mengatasi resiko-resiko dari hal tersebut harus dapat diidentifikasi dan dikelola secara baik agar tercipta kestabilan dalam proses produksi. Semakin efisien operasional pabrik gula maka akan didapat hasil yang produksi gula yang maksimal pula[2].

Di PG. Pesantren Baru peran air embun (air kondensat) sangat penting untuk proses gilingan. Untuk memanfaatkan air embun (air kondensat) diperlukan pula alat-alat yang baik dan perawatan khusus agar tidak terjadi kendala dalam proses produksi. Alat-alat untuk penampungan air embun (air kondensat) rata-rata memiliki volume yang sangat besar dan perlu penanganan khusus untuk pengelolaannya. Permasalahan dalam pengelolaan air embun (air kondensat) sering kali menyebabkan tidak efisiensinya penggunaan air tersebut dalam proses gilingan. Sehingga air embun (air kondensat) yang seharusnya bisa digunakan untuk hal-hal yang bersifat penting untuk proses pengisian air pada ketel uap terkadang tidak bisa dialirkan dengan lancar[3].

Efisiensi penggunaan air embun (air kondensat) dan pengelolaan air tersebut maka harus dilakukan untuk menghemat biaya selama produksi proses pembuatan gula berlangsung. Dalam pengelolaan air embun (air kondensat) tentu banyak aspek yang harus diperhatikan agar efisiensi penggunaan air tersebut dapat terlaksana. Untuk itu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi hal-hal apa saja yang mempengaruhi hambatan-hambatan penggunaan air embun (air kondensat) untuk pengisian air pada ketel uap di PG. Pesantren Baru sehingga mampu mengefisiensi penggunaan bahan baku air tanah dan diharapkan nantinya bisa menghemat biaya selama produksi proses pembuatan gula berlangsung. Pada penelitian bertujuan untuk mengetahui hal-hal yang menghambat laju suplai air embun (air kondensat) ke ketel uap dan cara-cara meminimalisir hambatan-hambatan laju suplai air embun (air kondensat) ke ketel uap dengan menggunakan metode FMEA[4]–[6]. Dalam hal ini, dibutuhkan batasan masalah sebagai cara agar penelitian fokus pada tujuan tersebut. Batasan masalah yang digunakan adalah penelitian hanya dilakukan pada stasiun *boiler*. Penelitian lebih mengarah ke suplai air embun (air kondensat) pada mesin *boiler Yoshimine II*. Penelitian lebih di fokuskan pada letak resiko tertinggi hambatan-hambatan suplai air embun (air kondensat) pada mesin *boiler Yoshimine II* pada stasiun *boiler*. Penggunaan asumsi adalah sistem operasi PG. Pesantren Baru tidak mengalami perubahan yang signifikan saat penelitian berlangsung dan Aktivitas pekerja pada stasiun *boiler* tidak mengalami perubahan.

2. Tinjauan Pustaka

2.1.FMEA

FMEA digunakan untuk mengidentifikasi sumber-sumber dan akar penyebab dari suatu masalah kualitas[7]. Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan/kegagalan dalam desain, kondisi diluar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk tersebut[8]. FMEA memiliki komponen yaitu pada *Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisa resiko yaitu menghitung seberapa besar dampak/intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses[9][10]. Dampak tersebut diranking mulai skala 1 sampai 5, dimana 5 merupakan dampak terburuk, *Occurance* adalah kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk[11], *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan / mengontrol kegagalan yang dapat terjadi dan RPN merupakan produk matematis dari keseriusan *effects(Severity)*, kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects (Occurrence)*, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*)[12].

2.2. FTA

Fault Tree Analysis adalah suatu analisis pohon kesalahan secara sederhana dapat diuraikan sebagai suatu teknik analitis[13]. Pohon kesalahan adalah suatu model grafis yang menyangkut berbagai paralel dan kombinasi percontohan kesalahan-kesalahan yang akan mengakibatkan kejadian dari peristiwa tidak diinginkan yang sudah didefinisi sebelumnya[14][15].

3. Metode Penelitian

Tempat penelitian ini dilakukan di PG. Pesantren Baru yang terletak di Jl. Mauni No. 344 D, Pesantren, Kota Kediri, Jawa Timur dan waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada tanggal 15-30 Juli 2019. Menurut [16], instrument penelitian adalah alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam kegiatannya. Kemudian mengumpulkan data agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan dipermudah olehnya[17]. Di dalam penelitian ini variabel terikat yang digunakan adalah tingkat kerusakan dan Variabel Bebas pada penelitian ini berupa program standart operasional prosedur (SOP) pengoperasian bagian badan penguapan hingga ketel uap[18], [19], yang terdiridari : Penggunaan *hand tools*, Prosedur pengoperasian mesin dan Keadaan alat-alat yang digunakan dalam pengoperasian[20]. Data yang diperoleh dari narasumber bagian terkait yang dijadikan

sarana mendapatkan informasi atau data yang dibutuhkan[21]. Data yang sudah tersedia di perusahaan sehingga tinggal mencari dan mengumpulkannya yang sesuai dengan tujuan penelitian dan telah tersusun dalam bentuk data yang terdapat di perusahaan. Data tersebut berupa data umum perusahaan, standar operasional prosedur (SOP) pengoperasian mesin, dan data permasalahan pada bagian air pengisi ketel.

Pada teknik analisis data dilakukan dengan urutan sebagai berikut [22]:

Tahap 1. Identifikasi fungsi pada proses produksi, identifikasi potensi failure mode dan identifikasi dampak kegagalan produksi[6].

Tahap 2. Identifikasi laju suplai air embun, membuat pohon kesalahan FTA proses suplai air embun[23]

Tahap 3. Identifikasi model deteksi[24], [25].

Tahap 4. Penentuan rating pada severity, occurrence dan detection dan RPN dengan formula [26]:

$$RPN = S \times O \times D \quad \dots(1)$$

Tahap 5. Perankingan RPN berdasarkan prioritas[27]

Tahap 6. Usulan perbaikan

4. Hasil dan Pembahasan

Didapatkan hasil pengolahan data pada perhitungan RPN sebagai berikut :

Tabel 1 Hasil RPN

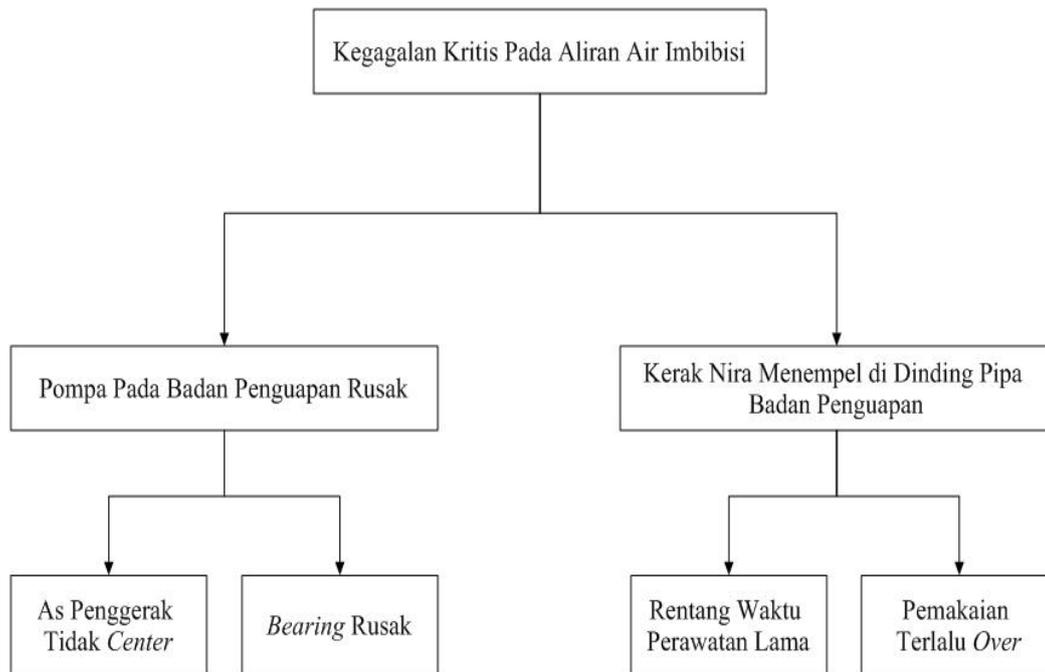
No.	Resiko Operasional	Severity	Occurance	Detection	RPN
1.	Pipa Di Dalam Tanki Badan Penguapan Bocor	2	3	1	6
2.	Kerak Nira Menempel Di Dinding Pipa Badan Penguapan	2	4	1	8
3.	Pompa Pada Badan Penguapan Rusak	3	3	2	18
4.	Air Tanki APK mengalami <i>overcapacity</i>	1	4	1	4
5.	Sambungan Pipa Menuju Tanki APK mengalami kerenggangan	2	2	1	4

Dari hasil perhitungan RPN diatas diperoleh 2 *top event* dari kendala-kendala yang sudah terjadi ketika proses giling tebu di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG.

Pesantren Baru pada tahun 2018-2019. Ranking pertama ada pada kendala pompa untuk mendistribusikan air imbibisi ke tanki APK mengalami kerusakan. Ranking kedua ada pada kendala kerak air nira banyak yang menempel di dinding pipa badan penguapan.

Tabel 2 FTA

No.	Top Event	Basic Event	Fungsi yang Terkendala	Komponen Rusak	Penanganan Saat Ini
1	Pompa PadaAs Badan Penguapan Rusak	Penggerak Tidak <i>Center Bearing</i> Rusak	Penggerak gear box pompa dan gear box penghisap pompa tidak bisa berjalan dengan baik	antara mesin sentrifugal single stage <i>Shaft</i> pompa sentrifugal single stage <i>Bearing</i> pompa sentrifugal single stage	Penggantian baru shaft pompa Penggantian <i>bearing</i> pompa sentrifugal single stage
2	Kerak NiraMenempel di dinding pipa badan Penguapan	Rentang Waktu Perawatan Lama Pemakaian Terlalu <i>Over</i>	Menyebabkan penyumbatan di dalam pipa Bisa menyebabkan kebocoran dan korosi pada pipa	-	Pemeriksaan pada proses pemanasan pada badan penguapan Pengurangan pemakaian khusus pada pipa yang mengalami masalah



Gambar 1 *Fault Tree* Kegagalan Kritis Pada Aliran Air Imbibisi

Setelah dilakukan pengolahan data dengan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA), maka dilakukan analisis dan pembahasan dari potensi kendala-kendala yang sudah teridentifikasi[5]. Terdapat 5 kendala-kendala yang sudah teridentifikasi dengan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) ketika proses pengoperasian di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru. Dari 5 kendala-kendala diperoleh 2 *top event* yang sudah terjadi ketika proses pengoperasian di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru pada tahun 2018-2019. Ranking pertama ada pada kendala pompa untuk mendistribusikan air imbibisi ke tanki APK mengalami kerusakan. Ranking kedua ada pada kendala kerak air nira banyak yang menempel di dinding pipa badan penguapan. Pada metode *Fault Tree Analysis* (FTA) ditemukan terdapat 4 *basic event* dari 2 *top event* yang berada di area aliran air imbibisi hingga ke tanki ketel. *Basic event* tersebut adalah as penggerak tidak *center*, *bearing* rusak, rentang waktu perawatan lama, serta pemakaian terlalu *over*. Hasil temuan dengan metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) tersebut harus mendapatkan rekomendasi atau usulan perbaikan agar perusahaan dapat meminimalisir resiko kendala-kendala yang terjadi ketika proses pengoperasian di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru.

Tabel 3 Penyebab Terjadinya Kendala

No.	Deskripsi kegagalan	Penyebab Khusus (<i>Special-Causes Variation</i>)	Penyebab Umum (<i>Common-Causes Variation</i>)
1	Pipa Di Dalam Tanki Badan Penguapan Bocor	Kesalahan ketika perawatan terlalu keras ketika mengorek dinding pipa	Pipa yang digunakan berupa pipa yang berstandar rendah
2	Kerak Nira Menempel Di Dinding Pipa Badan Penguapan	Pembersihan filter penyaringan sebelum nira melewati pipa badan penguapan sudah tidak dilakukan secara benar	Filter yang digunakan masih filter yang belum modern
3	Pompa Pada Badan Penguapan Rusak	Pelumasan tidak dilakukan secara berkala	<i>Bearing</i> yang digunakan masih menggunakan <i>spare part</i> yang belum modern
4	Air Tanki APK mengalami <i>overcapacity</i>	Pengecekan tidak dilakukan secara efektif	Tanki APK sudah mengalami pendangkalan akibat endapan di dasar tanki
5	Sambungan Pipa Menuju Tanki APK mengalami kerenggangan	Baut untuk mengunci sambungan jarang dilakukan pengecekan	Karet (<i>seal</i>) pada sambungan masih menggunakan karet berstandar lama

Kendala-kendala pada proses produksi yang akan diperbaiki mempunyai tingkat kerusakan dan kesalahan yang menyebabkan keseringan kendala pada proses produksiselanjutnya. Berikut ini dampak resiko dari kendala-kendala yang terjadi pada saat proses di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru pada tahun 2018-2019.

Tabel 4 Dampak Resiko dari Kendala

No.	Deskripsi kegagalan	Dampak Resiko
1	Pipa Di Dalam Tanki Badan Penguapan	1. Air imbibisi berpotensi terbangun 2. Proses pemanasan air nira tertunda

- | | |
|---|---|
| Bocor | 3. Uap air akan mengalir keluar pipa lewat lubang kebocoran pipa |
| 2 Kerak Nira Menempel Di Dinding Pipa Badan Penguapan | 1. Proses aliran air nira tersumbat
2. Proses pemanasan air nira tidak bisa berjalan normal
3. Uap air yang dihasilkan menjadi lebih sedikit |
| 3 Pompa Pada Badan Penguapan Rusak | 1. Air pada tanki APK mengalami kekosongan
2. Aliran air imbibisi ke tanki APK tersendat
3. Ketel uap tidak mendapat suplai air |
| 4 Air Tanki APK mengalami <i>overcapacity</i> | 1. Air yang semula untuk pengisi ketel menjadi tidak terpakai
2. Air imbibisi terbuang
3. Pemborosan air karena air kelebihan harus di pompa keluar |
| 5 Sambungan Menuju Tanki mengalami kerenggangan | Pipa 1. Aliran air imbibisi ke tanki APK tersendat
2. Air imbibisi berpotensi menghasilkan perolehan air yang sedikit
3. Air imbibisi terbuang |

Usulan rekomendasi perbaikan juga dilakukan pada sektor lain agar lebih menunjang kinerja pada proses area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru yaitu :

- a. Pada usulan rekomendasi perbaikan sikap pekerja adalah Membuat beberapa rambu-rambu tentang Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) yang nantinya akan ditempatkan pada area berbahaya di stasiun boiler bertujuan untuk mengingatkan para pekerja supaya menerapkan K3 dengan baik dan optimal, kemudian Membuat jadwal pelatihan proses giling tebu di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru minimal sebulan sekali dan Menerapkan reward and punishment bagi pekerja yang terlibat pada proses giling tebu di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan PG. Pesantren Baru.
- b. Usulan rekomendasi perbaikan pada fasilitas kerja yang terdapat di area aliran air imbibisi pada stasiun gilingan *boiler* PG. Pesantren Baru yang meliputi lantai dan tangga, terdapat lubang pada lantai di ruang atas dan lantai yang sudah usang, perusahaan sebaiknya segera melakukan tindakan penggantian lantai tersebut dengan sesegera mungkin dengan plat lantai baja yang baru, lantai plat baja sangat baik

digunakan pada bangunan semi permanen seperti bangunan gudang, bangunan pabrik industri, perusahaan perlu merekonstruksi kembali anak tangga yang digunakan agar lebih nyaman dan aman saat para pekerja menggunakan tangga tersebut.

5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan penelitian ini adalah kendala-kendala yang dihadapi yaitu pipa di dalam tanki badan penguapan mengalami kebocoran. Memperoleh *severity* senilai 2, *occurrence* senilai 3, *detection* senilai 1 dan RPN senilai 6. Kerak air nira banyak yang menempel di dinding pipa badan penguapan. Memperoleh *severity* senilai 2, *occurrence* senilai 4, *detection* senilai 1 dan RPN senilai 8. Pompa untuk mendistribusikan air imbibisi ke tanki APK mengalami kerusakan. Memperoleh *severity* senilai 3, *occurrence* senilai 3, *detection* senilai 2 dan RPN senilai 18. Air imbibisi pada tanki APK mengalami *overcapacity*. Memperoleh *severity* senilai 1, *occurrence* senilai 4, *detection* senilai 1 dan RPN senilai 1. Baut sambungan pipa yang menuju tanki APK mengalami kerenggangan. Memperoleh *severity* senilai 2, *occurrence* senilai 2, *detection* senilai 1 dan RPN senilai 4.

Usulan terhadap penyebab khusus (*special-causes variation*) antara lain : Menjadwalkan pengecekan pada sambungan baut, Pembersihan filter penyaringan dilakukan dengan pembersihan dan penggantian filter yang baru, Ketika mengorek kotoran di dalam pipa harus dilakukan dengan hati-hati dan menggunakan alat khusus pembersih pipa, Melakukan perawatan rutin dengan member pelumas dan membersihkan kotoran yang ada dan Dipasang alat deteksi pada tanki agar lebih mudah dalam mengontrol. Sedangkan usulan terhadap penyebab khusus penyebab umum (*common-causes variation*) antara lain : Mengganti karet (*seal*) dengan yang berstandar baru agar lebih tahan renggangan, Mengganti filter dengan yang sudah berstandar modern, Ketika tutup giling pipa yang masih berstandar rendah harus diganti dengan pipa yang sudah berstandar tinggi, Mengganti *bearing* dengan yang sudah berstandar modern dan Dibuatkan filter pada pipa APK sebelum air imbibisi masuk ke tanki.

Daftar Pustaka

- [1] AIAG & VDA, *AIAG FMEAAV-1 AIAG & VDA FMEA Handbook*, 1st ed. AIAG & VDA, 2020.
- [2] L. D. Indrasari, E. Nursanti, and P. Vitasari, "GREEN LOGISTIC STRATEGY MODEL (STORAGE) IN FOREIGN CAPITAL COMPANY PT. XYZ.," *Eng. - J. Eng. Fac. Eng. Pancasakti Univ. Tegal.*, 2014.
- [3] D. U. M. Rohmah, W. A. P. Dania, and I. A. Dewi, "Risk Measurement of Supply Chain Organic Rice Product Using Fuzzy Failure Mode Effect Analysis in MUTOS Seloliman Trawas Mojokerto," *Agric. Agric. Sci. Procedia*, 2015, doi:

- 10.1016/j.aaspro.2015.01.022.
- [4] L. N. Huda, “Analisis Kualitas Produk Minuman Guna Meningkatkan Performansi Jumlah Produksi Dengan Metode Fmea (Failure Mode And Effects Analysis),” *Talent. Conf. Ser. Sci. Technol.*, 2018, doi: 10.32734/st.v1i2.292.
- [5] D. I. Situngkir, G. Gultom, and D. R. S. Tambunan, “Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi Pemeliharaan pada Paper Machine,” *J. Tek. Mesin*, vol. Vol. V, No, no. 2, pp. 1–5, 2019.
- [6] N. B. Puspitasari and A. Martanto, “Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung Alat Tenun Mesin,” *Tek. Ind.*, vol. 9 (2), pp. 93–98, 2014.
- [7] M. R. Akbar, A. Subekti, and M. R. Dhani, “Identifikasi Bahaya Dengan Menggunakan Metode Fmea Pada Mesin Evaporator Di Pabrik Gula,” *Proceeding 2nd Conf. Saf. Eng. Its Appl.*, no. 2581, pp. 779–782, 2018.
- [8] H. P. Bloch, “Root Cause Failure Analysis,” in *Petrochemical Machinery Insights*, 2017.
- [9] N. Metasari, “Quality Engineering,” *Wordpress*, 2014. .
- [10] L. D. Indrasari, E. Nursanti, and P. Vitasari, “MODEL STRATEGI GREEN LOGISTIC (PENYIMPANAN) PADA PERUSAHAAN MODAL ASING PT. XYZ,” *Eng. - J. Bid. Tek. Fak. Tek. Univ. Pancasakti Tegal*, 2014.
- [11] A. Sutrisno, I. Gunawan, and S. Tangkuman, “Modified Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Model for Accessing the Risk of Maintenance Waste,” *Procedia Manuf.*, vol. 4, no. Iess, pp. 23–29, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.11.010.
- [12] I. Sumaiya Thaseen and C. Aswani Kumar, “Intrusion detection model using fusion of chi-square feature selection and multi class SVM,” *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 29, no. 4, pp. 462–472, 2017, doi: 10.1016/j.jksuci.2015.12.004.
- [13] N. R. Anugrah, L. Fitria, and A. Desrianty, “Usulan Perbaikan Kualitas Produk Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode and Effect Analysis,” *Reka Integr.*, pp. 146–157, 2019.
- [14] I. Setyadi, “Analisis Penyebab Kecacatan Celana Jeans dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di CV Fragile Din Co,” *Univeristas Widyatama, Bandung*, 2013.
- [15] I. Heribertus, B. Santoso, and I. A. Komari, “PERENCANAAN AGREGAT PADA INDUSTRI PENGOLAHAN KAYU JENIS FLOORING DENGAN PENDEKATAN HEURISTIC (Study Kasus Pada PT Sinar Rimba Pasifik Sidoarjo) Oleh : Dibimbing Oleh : UNIVERSITAS KADIRI,” *JURMATIS J. Ilmial Mhs. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 1, pp. 0–14, 2019.
- [16] Z. Arifin, “Kriteria Instrumen dalam suatu Penelitian,” *J. Theorems (the Orig. Res. Math.*, 2017.
- [17] Suryana, *Metodologi Penelitian : Metodologi Penelitian Model Praktis Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. 2010.
- [18] Anggads, “Boiler sebagai Pemanas Air,” *blogspot.com*, 2016. .

- [19] Insinyoer, “Prinsip Kerja Boiler,” *Insinyoer.com*, 2018. .
- [20] I. K. Swarjana, “Variabel Penelitian,” *J. Progr. Stud. Pendidik. Guru Raudhatul Athfal ISSN 2338-2163 - Vol. 05*, vol. 05, p. 41, 2018.
- [21] A. Heryana, “Kerangka Teori, Kerangka Konsep, Variabel Penelitian, Dan Hipotesis Penelitian (Dalam Penelitian Kuantitatif),” *Metodol. Penelit.*, 2015.
- [22] A. R. Widya, “Peningkatan Efektivitas Mesin Power Press 60 T Dengan Menggunakan Analisa Reliability Centered Maintenance,” vol. 1, no. 2, pp. 99–107, 2017.
- [23] L. N. Widyastuti, H. Suliantoro, and R. Rumita, “Analisis Gangguan Sistem Transmisi Listrik Menggunakan Metode Root Cause Analysis (Rca),” *Ind. Eng. Online J.*, vol. 3, no. 3, 2014.
- [24] N. A. Wessiani and F. Yoshio, “Failure mode effect analysis and fault tree analysis as a combined methodology in risk management,” *{IOP} Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 337, p. 12033, Apr. 2018, doi: 10.1088/1757-899x/337/1/012033.
- [25] M. T. Hidayat and R. Rochmoeljati, “Perbaikan Kualitas Produk Roti Tawar Gandeng Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Di Pt . XXZ,” *Juminten J. Manaj. Ind. dan Teknol.*, vol. 01, no. 04, pp. 70–80, 2020.
- [26] M. Sayuti, Muhammad, and M. S. Rifa’i, “Evaluasi Manajemen Perawatan Mesin Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Pada PT. Z,” *MIEJ J.*, vol. 2, no. 1, pp. 9–13, 2013.
- [27] D. F. Mayangsari, H. Adianto, and Y. Yuniati, “Usulan Pengendalian Kualitas Produk Isolator Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Dan Fault Tree Analysis (Fta),” *Tek. Ind. Nas. Bandung*, vol. 3, no. 2, pp. 81–91, 2015.