

Identifikasi Risiko Kegagalan Proses Produksi Ipam Karangpilang II Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis*

Identification of Failure Production Risk in IPAM Karangpilang II Using Failure Mode and Effect Analysis Method

Firsta Endah Prasetyowati¹, Emma Yuliani², Tri Budi Prayogo³

^{1,2,3}Departemen Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono 167, Kota Malang, 65145, Indonesia

Korespondensi Email :
firsta03@gmail.com

DOI:
<https://doi.org/10.21776/Ub.Jtresda.2024.004.01.055>

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, IPAM, Fishbone, FMEA, RPN

Keywords: *Quality Control, WTP, Fishbone, FMEA, RPN*

Article history:
Received: 14-11-2023
Accepted: 04-01-2024

Abstrak: PDAM Surya Sembada merupakan BUMD yang bekerja pada bidang distribusi air bersih dengan memanfaatkan Sungai Surabaya menjadi salah satu sumber air bakunya. IPAM Karangpilang II telah mengalami peningkatan kapasitas dua kali, dengan kapasitas terakhir sebesar 2.750 liter/detik. Adakalanya dapat terjadi kendala atau kegagalan pada proses produksinya. Studi ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi risiko kegagalan pada IPAM Karangpilang II. FMEA merupakan metode sistematis untuk mengetahui dan mencegah sebanyak mungkin *failure mode*. Pendekatan risiko yang dilakukan pada metode ini yakni dengan *severity, occurrence, dan detection*. Nilai-nilai kegagalan tersebut kemudian digunakan untuk mendapatkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil RPN merupakan perhitungan matematis dari analisa yang telah dilakukan, yaitu hasil dari $severity \times occurrence \times detection$. Berdasarkan analisis menggunakan FMEA diperoleh nilai RPN yang tertinggi pada unit clearator yang terjadi pada gradient kecepatan, kecepatan aliran, dan bilangan reynold. Dimana masing-masing potensi memiliki nilai RPN sebesar 80. Perbaikan yang diusulkan yaitu dengan melakukan pengaturan dan pengecekan debit yang masuk secara berkala menggunakan alat *flowmeter* atau alat pengukur debit pada inlet bak.

Abstract: PDAM Surya Sembada was a BUMD that works in the field of clean water distribution by utilizing Surabaya River as one of the raw water sources of PDAM Surya Sembada. IPAM Karangpilang II has experienced two-uprating capacity, with the latest capacity being 2,750 liters/second. Sometimes there is a failure in the production process. In this research, the Failure Mode

and Effect Analysis (FMEA) method is used to detect the risks that occur at IPAM Karangpilang II. FMEA systematically identifies and prevents as many failure modes as possible. The FMEA method uses a risk approach with severity, occurrence, and detection which is then determined to get the Risk Priority Number (RPN) value. The RPN results are mathematical calculations from the analysis that has been carried out, the results of severity \times occurrence \times detection. The highest RPN value occurs in the clearer unit caused by velocity gradient, flow velocity, and Reynold number with each potential failure having an RPN value of 80. The proposed improvement is to set and check the incoming discharge periodically using a flowmeter or discharge measuring device at the inlet of the tub.

1. Pendahuluan

Pesatnya pertumbuhan penduduk pada Kota Surabaya membuat kebutuhan air terus meningkat. Hal tersebut juga mengakibatkan berbagai masalah lingkungan dan membuat kualitas air sungai menurun dan air tidak dapat langsung dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari makhluk hidup termasuk manusia. Selain air dibutuhkan untuk bertahan hidup, air pula penting digunakan dalam bidang produksi makanan maupun pertumbuhan ekonomi [1]. Sehingga diperlukannya pengolahan air sebagai upaya memberikan perlindungan dan perbaikan mutu air pada sumber air sehingga aman digunakan [2].

PDAM Surya Sembada ialah Badan Usaha Milik Daerah yang bekerja pada bidang distribusi air bersih untuk wilayah Surabaya dan sekitarnya. Sungai Surabaya menjadi salah satu sumber air baku yang digunakan oleh PDAM Surya Sembada. Dimana kondisi indeks pencemaran di Sungai Surabaya tercemar sedang hingga berat [3]. Dimana analisis periode tahunan indeks pencemaran air, pada musim penghujan dan musim kemarau persentasenya dapat mencapai 100% atau tercemar berat [4]. Sehingga, hal tersebut mengharuskan kualitas produksi yang dihasilkan oleh PDAM Surya Sembada tetap memenuhi baku mutu sehingga aman digunakan oleh konsumennya.

Adakalanya dalam usaha penyediaan kebutuhan air, dapat terjadi kegagalan pada proses produksinya. Kegagalan merupakan sebuah keadaan atau kondisi tidak tercapainya tujuan yang diinginkan. Suatu proses dikatakan mengalami kegagalan ketika hasil produksi yang telah dilakukan tidak sesuai yang diharapkan, namun masih dapat diperbaiki [5]. Dengan kata lain, pada kasus ini ketidaksesuaian antara kualitas air produksi dengan standar mutu yang telah ditetapkan pemerintah dapat dikatakan sebagai kegagalan proses produksi.

Kegagalan proses merupakan suatu kondisi yang tidak ideal karena peristiwa tertentu [6]. Kegagalan proses yang terjadi pada instalasi pengolahan air dapat pula mempengaruhi penggunaan sumber daya [5]. Oleh karena itu agar dapat mendeteksi risiko yang terjadi, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait analisis terhadap risiko sesuai dengan kondisi tersebut. Pada penelitian ini metode analisis yang digunakan ialah *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. FMEA merupakan suatu metode sistematis untuk mengetahui dan mencegah sebanyak mungkin *failure mode* [7].

Metode FMEA menggunakan pendekatan risiko dengan *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Tujuan dari metode FMEA untuk meningkatkan, mengembangkan, serta mengendalikan nilai-nilai peluang kegagalan yang terdeteksi dari input dan mengurangi efek yang ditimbulkan oleh kegagalan tersebut [8]. Nilai-nilai kegagalan tersebut kemudian ditentukan dengan *Risk Priority Number (RPN)*.

2.3 Metode

Pada studi ini metode yang digunakan yaitu FMEA atau *Failure Mode and Effect Analysis*. FMEA ialah suatu teknik analisa risiko secara sirkulatif untuk mengidentifikasi bagaimana sistem bisa gagal serta akibat apa saja yang dapat ditimbulkannya [9]. Langkah-langkah yang dilakukan untuk studi ini sebagai berikut:

1. Identifikasi Risiko

Identifikasi risiko dan pembuatan diagram pareto untuk mengetahui potensi kegagalan yang paling berpengaruh. Hal tersebut dapat dilihat dengan melakukan analisis kondisi eksisting dan perhitungan teknis eksisting terhadap bangunan IPAM Karangpilang II. Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil identifikasi efisiensi proses produksi, identifikasi teknis terhadap kondisi eksisting, serta data monitoring perbaikan yang telah terjadi di IPAM Karangpilang II.

2. Identifikasi Diagram Fishbone

Identifikasi hubungan sebab-akibat sebagai faktor yang dipelajari. Dilakukan untuk menentukan variabel dan mengidentifikasi faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan. Selanjutnya variabel kegagalan yang telah ditentukan, dilakukan analisis risikonya menggunakan metode FMEA.

3. Penentuan Nilai *Severity* (S)

Menentukan tingkatan keseriusan dampak atau efek dari suatu kegagalan yang terjadi. Dampak kejadian nantinya ditentukan atau dinilai berdasarkan skala nilai 1 hingga 5. Dimana semakin besar nilai, maka semakin besar dampak atau efeknya.

4. Penentuan Nilai *Occurrence* (O)

Menentukan tingkatan frekuensi *potential failure* dari suatu kegagalan yang terjadi. Tingkat frekuensi kejadian ditentukan atau dinilai berdasarkan skala nilai 1 hingga 5. Dimana semakin besar nilai, maka semakin besar frekuensi kegagalan yang terjadi.

5. Penentuan Nilai *Detection* (D)

Menentukan tingkatan pencegahan atau control yang dilakukan dari proses yang dapat mendeteksi penyebab suatu kegagalan yang terjadi. Tingkat pencegahan terhadap kejadian ditentukan atau dinilai berdasarkan skala nilai 1 hingga 5. Dimana semakin besar nilai, maka semakin susah kegagalan dapat terdeteksi.

6. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Penentuan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dilakukan agar dapat mengetahui kategori masalah yang menyebabkan kegagalan. Hasil RPN merupakan perhitungan matematis dari analisa yang telah dilakukan, yaitu hasil dari $severity \times occurrence \times detection$.

7. Rekomendasi Perbaikan

Setelah dilakukannya analisis menggunakan metode analisis FMEA dan didapat nilai RPN. Kemudian pada tahap ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi perbaikan berdasarkan prioritas risiko kegagalan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Identifikasi Risiko

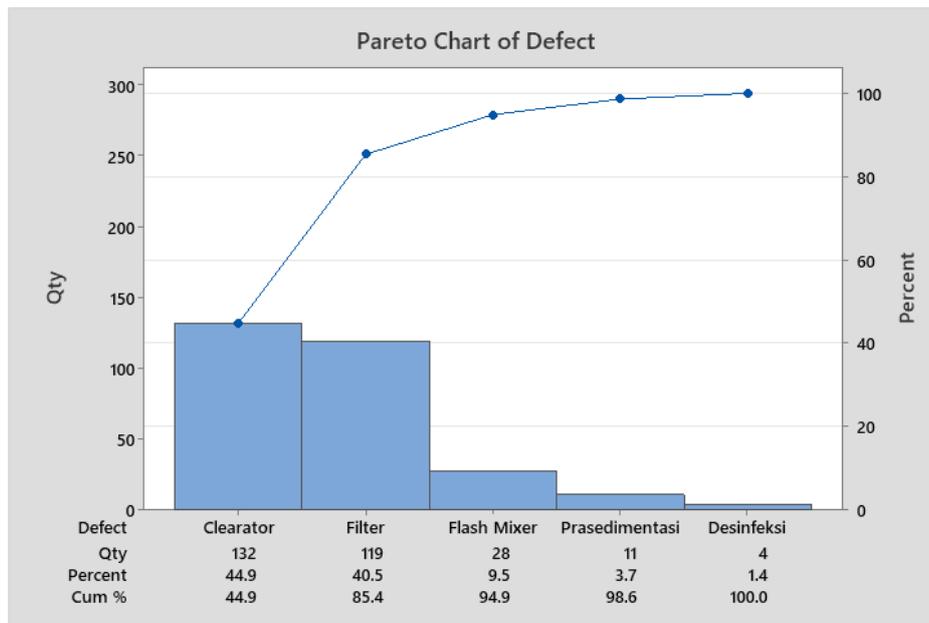
Pembuatan diagram pareto digunakan untuk mengetahui potensi kegagalan yang paling berpengaruh. Risiko merupakan suatu kejadian atau kemungkinan yang tidak diinginkan dan dapat mempengaruhi suatu tujuan [10]. Pembuatan diagram dilihat berdasarkan data jumlah aduan

kerusakan (monitoring perbaikan) yang terjadi. Berikut tabel yang menunjukkan jumlah data aduan kerusakan pada IPAM Karangpilang II.

Tabel 1: Jumlah Aduan Kerusakan (Monitoring Perbaikan) IPAM Karangpilang II

Unit	Tahun			Total
	2021	2022	2023	
Prasedimentasi	3	8	0	11
Flash Mixer	9	19	0	28
Clearator	60	70	2	132
Filter	65	49	5	119
Desinfeksi	1	3	0	4
Total	138	149	7	294

Berdasarkan data jumlah aduan kerusakan tersebut, maka selanjutnya dapat melakukan pembuatan diagram pareto. Diagram pareto bertujuan untuk menentukan dan mengetahui jenis kegagalan yang paling berpengaruh. Diagram pareto didapatkan sebagai berikut.

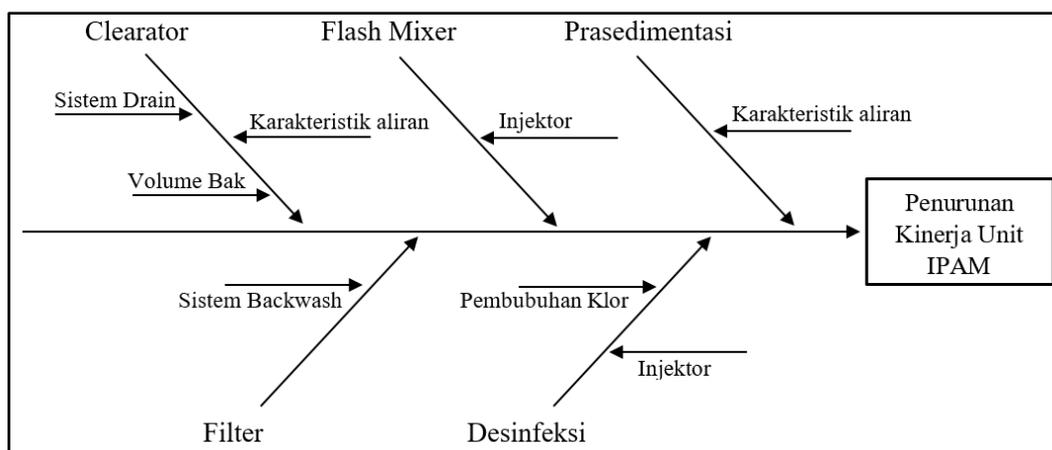


Gambar 2: Diagram Pareto IPAM Karangpilang II

Dari diagram pareto, didapat bahwa kegagalan yang paling berpengaruh yaitu pada unit clearator dan kemudian unit filter. Dimana berdasarkan data aduan monitoring, masing-masing unit clearator dan filter memiliki besar presentase 44,9% dan 40,5%.

3.2 Analisis Diagram Fishbone

Analisis hubungan sebab-akibat dilakukan sebagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan. Analisis pada studi ini dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone atau dapat pula disebut dengan *cause & effect diagram*. Identifikasi menggunakan diagram fishbone untuk mengetahui akar permasalahan yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Berikut merupakan diagram fishbone penurunan kinerja unit IPAM.



Gambar 3: Diagram Fishbone Penurunan Kinerja Unit IPAM Karangpilang II

a. Prasedimentasi

Penurunan kinerja IPAM pada unit prasedimentasi dipengaruhi oleh karakteristik aliran. Dimana potensi kegagalan tersebut disebabkan oleh ketidaksesuaian bilangan Froude dan bilangan Reynold dengan kriteria desain. Nilai Bilangan Froude dan Bilangan Reynold pada perhitungan teknis kondisi eksisting didapat sebesar $9,451 \times 10^{-06}$ dan 16.279,543. Sedangkan berdasarkan nota desain IPAM Karangpilang II, unit prasedimentasi yang dirancang dengan Bilangan Froude $>10^{-05}$ dan Bilangan Reynold <2000 agar aliran pendek sebisa mungkin dapat dihindari [11].

b. Flash Mixer (Koagulasi)

Penurunan kinerja IPAM pada unit *flash mixer* dipengaruhi oleh injektor. Dimana berdasarkan data monitoring perbaikan mekanikal, seringkali terjadi error pada pompa pendorong alumunium sulfat. Karena air baku bersifat fluktuatif, diperlukan pengontrolan terhadap dosis pembubuhan bahan kimia secara optimal.

c. Clearator

Penurunan kinerja IPAM pada unit clearator dipengaruhi oleh sistem drain, pengadukan, karakteristik aliran, dan volume bak. Pada masing-masing unit clearator IPAM Karangpilang II terdapat 18 drain keliling yang bekerja secara otomatis, berdasar dari data monitoring perbaikan mekanikal sering kali terjadi error pada sistem drain keliling. Pengadukan pada clearator diharapkan untuk menghasilkan aliran air yang tenang, sehingga tidak pecahnya flok yang telah terbentuk. Berdasarkan hasil perhitungan gradient kecepatan dan kecepatan aliran pada clearator melebihi kriteria desain yaitu 276,378 - 17,214/detik dan 1,744-0,354 m/detik, dimana standar gradient kecepatan dan kecepatan aliran pada clearator yaitu 100 - 10/detik dan 1,5 - 0,5m/detik [12]. Selain itu nilai Bilangan Reynold juga tidak memenuhi kriteria desain sebesar 19345,24 dan perhitungan waktu tinggal pada unit clearator sebesar 0,316-3,351 menit, yang menunjukkan ketidaksesuaian kriteria desain yaitu < 2000 dan 20-100 menit [9]. Waktu tinggal atau waktu detensi ini dipengaruhi oleh debit influen yang masuk dan volume bak eksisting clearator. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, beban permukaan unit clearator tidak memenuhi kriteria desain, yaitu sebesar $99,35 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$ dengan kriteria desain $0,5 - 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$.

d. Filter

Penurunan kinerja IPAM pada unit filter dipengaruhi oleh sistem *backwash*. Berdasar analisis hasil perhitungan kondisi teknis eksisting didapatkan bahwa kecepatan pencucian (*backwash*) pada unit filter sebesar 3,375 m/jam. Kondisi tersebut tidak sesuai dengan standar pencucian sebesar 30-50 m/jam [12].

e. Desinfeksi

Ppenurunan kinerja IPAM pada unit desinfeksi dipengaruhi oleh pembubuhan klor dan injektor. Dimana berdasarkan analisis kualitas air produksi IPAM Karangpilang II masih dijumpai melebihi batas maksimal. Selain dosis pembubuhan klor, peralatan injeksi klor juga mempengaruhi hasil pembubuhan. Berdasarkan data monitoring perbaikan, pernah terjadi error pada pompa pendorong klor.

3.3 Analisis *Failure Mode and Effect Aanalysis* (FMEA)

3.3.1. Penentuan *Severity* (S), *Occurrence* (O), *Detection* (D)

Setelah mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan yang terjadi, kemudian dilakukan tahap penentuan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Tabel penilaian pada IPAM Karangpilang II ialah sebagai berikut:

Tabel 2: FMEA Proses Produksi IPAM Karangpilang II

Unit	Potensi Kegagalan	S	Penyebab Potensial	O	Pengendalian Deteksi	D
Prasedimentasi	Kondisi aliran tidak laminar	3	Bilangan Reynold	5	Probabilitas terdeteksi kegagalan rendah.	4
			Bilangan Foude	5		4
Flash Mixer	Pembubuhan dosis aluminium sulfat kurang sesuai	3	Pompa electromotor pendorong alum terjadi kerusakan	3	Probabilitas terdeteksi kegagalan sedang.	2
			Sistem drain keliling otomatis error	3		3
Clearator	Kondisi aliran pada clearator tidak sesuai kriteria desain	4	Gradient kecepatan	5	Probabilitas terdeteksi kegagalan rendah.	4
			Kecepatan aliran	5		4
			Bilangan Reynold	5		4
			Kapasitas bak tidak memenuhi kriteria	4		4
Filter	Sistem backwash trouble	3	kecepatan pencucian (backwash)	5	Probabilitas terdeteksi kegagalan rendah.	2
			Blower terjadi error	3		2
Desinfektan	Proses pembubuhan gas klor trouble	2	Konsentrasi dosis klor kurang sesuai	5	Probabilitas terdeteksi kegagalan rendah.	1
			Injektor klor terjadi kerusakan	2		2

3.3.2. Risk Priority Number (RPN)

Nilai RPN setiap kegagalan pada proses produksi IPAM Karangpilang II. Nilai RPN yang semakin tinggi berarti semakin tinggi pula risiko yang disebabkan oleh kejadian tersebut. Berikut rekapitulasi nilai RPN untuk setiap penyebab kegagalan pada IPAM Karangpilang II.

Tabel 3: Rekapitulasi Nilai RPN Penyebab Kegagalan IPAM Karangpilang II

Unit	Penyebab Potensi	S	O	D	Risk Priority Number (RPN)
Prasedimentasi	Bilangan Reynold tidak sesuai kriteria desain	3	5	4	60
	Bilangan Foude tidak sesuai kriteria desain	3	5	4	60
Flash Mixer	Pompa electromotor pendorong alum terjadi kerusakan	3	3	2	18
	Sistem drain otomatis terjadi error	3	3	3	27
Clearator	Gradient kecepatan tidak sesuai kriteria desain	4	5	4	80
	Kecepatan aliran tidak sesuai kriteria desain	4	5	4	80
	Bilangan Reynold tidak sesuai kriteria desain	4	5	4	80
	Waktu tinggal tidak sesuai kriteria desain	4	5	4	80
	Beban permukaan tidak sesuai kriteria desain	4	5	4	80
Filter	kecepatan pencucian (<i>backwash</i>)	3	5	2	30
	Blower terjadi error	3	3	2	18
Desinfeksi	Konsentrasi dosis klor kurang sesuai	2	5	1	10
	Injektor klor terjadi kerusakan	2	2	2	8

Hasil perhitungan nilai RPN menunjukkan bahwa kegalalan dengan kategori risiko paling besar berada pada unit clearator yang disebabkan oleh gradient kecepatan, kecepatan aliran, dan bilangan reynold. Langkah selanjutnya kemudian memberikan rekomendasi perbaikan pada prioritas risiko kegagalan pada unit clearator yang disebabkan oleh gradient kecepatan, kecepatan aliran, dan bilangan reynold.

3.4 Rekomendasi Perbaikan

Penentuan rekomendasi dilakukan sesuai dengan prioristas nilai RPN tertinggi dan didukung oleh peraturan serta literature terkait. Terdapatkan 3 nilai RPN tertinggi yaitu gradient kecepatan, kecepatan aliran, dan bilangan Reynold pada unit clearator. Dimana penyebab kegagalan tersebut memiliki nilai RPN 80 yang termasuk dalam kategori risiko high dan menjadi prioritas dilakukannya penanganan. Sehingga penanganan yang perlu dilakukan yaitu:

a. Gradient Kecepatan (Flokulasi)

Proses pengadukan memiliki peran yang penting dalam pembentukan flok. Hal ini didukung oleh pernyataan bahwa parameter penting dalam proses pengadukan ialah kecepatan pengadukan yang dinyatakan dalam gradient kecepatan [13]. Dimana nilai debit influen akan berbanding lurus dengan gradient kecepatan. Sehingga perbaikan yang diusulkan yaitu melakukan pengaturan dan pengecekan debit yang masuk ke unit clearator secara berkala pada inlet bak menggunakan alat flowmeter atau alat pengatur debit.

b. Kecepatan Aliran (Flokulasi)

Proses pengadukan memiliki peran yang penting dalam pembentukan flok. Berdasarkan persamaan untuk mendapatkan kecepatan aliran, didapat bahwa besar debit influen akan berbanding lurus dengan nilai kecepatan aliran. Sehingga perbaikan yang diusulkan yaitu melakukan pengecekan

dan pengaturan debit yang masuk ke unit clearator secara berkala pada inlet bak menggunakan alat flowmeter atau alat pengatur debit.

c. Bilangan Reynold

Berdasarkan persamaan untuk mendapatkan nilai bilangan Reynold, didapat bahwa semakin besar debit influen maka nilai kecepatan aliran akan semakin besar. Dan diketahui nilai bilangan Reynold pada unit clearator IPAM Karangpilang II tidak memenuhi standar sehingga menyebabkan aliran pada unit clearator turbulen dan kurang optimalnya laju pengendapan flok. Sehingga perbaikan yang diusulkan yaitu mengatur dan mengecek debit yang masuk secara berkala menggunakan alat flowmeter atau alat pengukur debit pada inlet bak agar aliran pada clearator tidak terjadi aliran turbulen.

4. Kesimpulan

Risiko-risiko terjadinya kegagalan pada sistem produksi yang mempengaruhi hasil produksi IPAM Karangpilang II berasal dari unit prasedimentasi, flash mixer, clearator, filtrasi, dan desinfeksi. Dimana pada unit prasedimentasi memiliki karakteristik aliran yang tidak sesuai dengan kriteria desain. Unit flash mixer memiliki risiko pada injektor pompa pendorong aluminium sulfat yang sering terjadi eror. Selanjutnya pada unit clearator memiliki sistem drain yang sering terjadi eror serta karakteristik aliran dan volume bak yang tidak sesuai dengan kriteria desain. Pada unit filter memiliki sistem backwash yang sering terjadi trouble, lalu unit desinfeksi yang memiliki pembubuhan klor yang tidak sesuai dan injektor gas klor yang mengalami kendala atau eror.

Berdasarkan nilai RPN, potensi kegagalan terbesar terjadi pada unit clearator. Yang terjadi pada gradient kecepatan, kecepatan aliran, dan bilangan Reynold. Dimana masing-masing potensi kegagalan tersebut memiliki nilai RPN sebesar 80 *high* dengan konsekuensi risiko relatif tinggi. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan pada kinerja IPAM Karangpilang II di prioritaskan pada nilai RPN tertinggi. Dan perbaikan yang diusulkan yaitu dengan melakukan pengaturan dan pengecekan debit yang masuk secara berkala menggunakan alat flowmeter atau alat pengukur debit pada inlet bak.

Daftar Pustaka

- [1] T. S. Bibi, B. H. Dinsa, and T. T. Aragaw, “Assessment of Water Supply System Performance Indicators Based on the Customer Bill-Based Approach”, CIVENSE, vol. 6, no. 2, pp. 90–99, Sep. 2023.
- [2] I. M. Utami, Analisis Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air di IPAM “X” Dengan Menggunakan Metode *Life Cycle Assesment* (LCA), Dep. Teknik lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [3] T. S. C. Priyono, Y. Emma, dan R.W. Sayekti, Studi Penentuan Status Mutu Air Di Sungai Surabaya untuk Keperluan Bahan Baku Air Minum, Jurnal Teknik Pengairan, vol 4 (1), pp 53 – 60, Des. 2013.
- [4] R. A. Sari, T.B. Prayogo, dan Y. Emma, Studi Penentuan Status Mutu Air di Sungai Brantas Bagian Hilir Untuk Keperluan Air Baku, Universitas Brawijaya: Jurnal Teknik Pengairan, 2017.
- [5] M. Basjir dan Suhartini, Analisa Risiko Prioritas Perbaikan Kegagalan Proses Penjernihan Air dengan Metode Fuzzy FMEA, Jurnal Tecnoscienza, Vol 3-2, pp 196 – 210, 2019.

- [6] Hasibuan, Dasar-dasar manajemen. Bumi Aksara, 2005.
- [7] D. Casadei, G. Serra, K. Tani, *Implementation of a Direct Control Algorithm for Induction Motors Based on Discrete Space Vector Modulation. IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 15-4, pp 769-777, 2007.
- [8] A. Hidayat, Strategi Six Sigma, Jakarta: PT Elex Media Komputino Kelompok Gramedia, 2007.
- [9] V. Gaspers, Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001: 2000 MBNQA, dan HACCP, Gramedia Pustaka Utama, 2001.
- [10] *Guidelines For Managing Risk In The Western Australiasn Public Sectors. Government of Western Australia*, 1999.
- [11] P.C. Yulianti, Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum, Dep. Teknik lingkungan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2012.
- [12] Tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, SNI 6774:2008. 2008.
- [13] A. Masduqi dan A.F. Assomadi, Operasi dan Proses Pengolahan Air, Surabaya: ITS Press, 2012.