

TUGAS AKHIR - RE184804

**IDENTIFIKASI RISIKO PROSES PRODUKSI AIR MINUM
PADA UNIT PRODUKSI PULUNG PUDAM KABUPATEN
PONOROGO MENGGUNAKAN METODE FMEA**

NINEIS MELATI PUTRI

NRP. 0321184000023

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



TUGAS AKHIR - RE184804

**IDENTIFIKASI RISIKO PROSES PRODUKSI AIR MINUM
PADA UNIT PRODUKSI PULUNG PUDAM KABUPATEN
PONOROGO MENGGUNAKAN METODE FMEA**

NINEIS MELATI PUTRI

NRP. 03211840000023

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE184804

**IDENTIFICATION OF PRODUCTION PROCESS RISKS ON
DRINKING WATER PRODUCTION IN PULUNG
PRODUCTION UNIT OF PUDAM KABUPATEN
PONOROGO USING FMEA METHOD**

NINEIS MELATI PUTRI

NRP. 0321184000023

Advisor

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning, and Geo-Engineering

Sepuluh Nopember Institution of Technology

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

IDENTIFIKASI RISIKO PROSES PRODUKSI AIR MINUM PADA UNIT PRODUKSI PULUNG PUDAM KABUPATEN PONOROGO MENGGUNAKAN METODE FMEA

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **NINEIS MELATI PUTRI**

NRP. 03211840000023

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

Pembimbing

2. Ir. Atiek Moesriati, M. Kes.

Penguji

3. Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT.

Penguji

4. Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MscES.

Penguji



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa/NRP : Nineis Melati Putri / 0321184000023

Departemen : Teknik Lingkungan

Dosen Pembimbing/NIP : Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, M. Sc/195501281985032001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

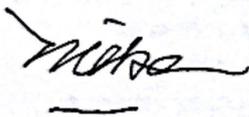
Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 26 Juli 2022

Mengetahui

Mahasiswa,

Dosen Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, M. Sc)

(Nineis Melati Putri)

NIP. 19550128 198503 2 001

NRP. 0321184000023

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IDENTIFIKASI RISIKO PROSES PRODUKSI AIR MINUM PADA UNIT PRODUKSI PULUNG PUDAM KABUPATEN PONOROGO MENGGUNAKAN METODE FMEA

Nama Mahasiswa / NRP : Nineis Melati Putri / 0321184000023
Departemen : Teknik Lingkungan FTSPK - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.

ABSTRAK

PUDAM Kabupaten Ponorogo adalah perusahaan daerah yang menyelenggarakan pengelolaan air minum bagi masyarakat. Setiap unit IKK di PUDAM Kab. Ponorogo memiliki beberapa unit produksi. Unit produksi Pulung sebagai salah satu unit produksi yang memiliki unit pengolahan sederhana, terdapat permasalahan yang terjadi yaitu *total coliform* yang melebihi baku mutu air sungai kelas I dan kinerja unit saringan pasir cepat yang kurang optimal dalam meremoval kekeruhan. Di sisi lain, penyelenggara air minum harus menjaga kepatuhannya terhadap persyaratan wajib dan tambahan yang tercantum dalam Permenkes RI No. 492 Tahun 2010 guna menjamin air minum yang dihasilkan aman bagi kesehatan sesuai dengan baku mutu. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis risiko untuk mengurangi potensi kegagalan dalam produksi air minum.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode FMEA digunakan untuk identifikasi penyebab permasalahan pada proses produksi. Analisis dilakukan dengan memperhatikan aspek teknis maupun non teknis. Data yang digunakan dalam analisis FMEA ini yaitu kondisi eksisting unit pengolahan, hasil uji laboratorium kualitas air, dan hasil wawancara serta kuesioner dengan pihak PUDAM Kabupaten Ponorogo. Penilaian dilakukan menggunakan perkalian antara nilai *severity*, *occurance* dan *detection* yang dinyatakan dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Analisis menggunakan FMEA pada penelitian ini diperoleh nilai RPN yang tinggi pada aspek teknis dengan nilai 125 yaitu pengujian kualitas air pada unit reservoir. Sedangkan pada aspek non teknis nilai RPN tertinggi pada analisis kualitas air, dengan nilai RPN yaitu 125. Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan pada aspek teknis adalah analisis kualitas air produksi pada reservoir dilakukan mengikuti Permenkes RI No. 736 Tahun 2010 serta penambahan proses klorinasi agar *total coliform* bisa memenuhi baku mutu serta penggantian dan pencucian media sesuai kriteria yang ada guna meningkatkan efisiensi removal kekeruhan. Pada aspek non teknis dilakukan perbaikan pada pelaksanaan analisis kualitas air sesuai dengan Permenkes No. 736 Tahun 2010.

Kata Kunci: Air minum, *Fishbone Diagram*, FMEA, PUDAM Kabupaten Ponorogo, *Risk Priority Number*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

IDENTIFICATION OF PRODUCTION PROCESS RISKS ON DRINKING WATER PRODUCTION IN PULUNG PRODUCTION UNIT OF PUDAM KABUPATEN PONOROGO USING FMEA METHOD

Student Name / NRP : **Nineis Melati Putri / 0321184000023**
Department : **Environmental Engineering FTSPK - ITS**
Advisor : **Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**

ABSTRACT

PUDAM Ponorogo is a regional company that organizes drinking water management for the public. Each IKK unit in PUDAM Kab. Ponorogo has several production units. There is a production unit that has simple processing, namely the Pulung production unit. Pulung production unit is one of the production units that has a simple processing unit, some problems that occur, namely the total coliform that exceeds water quality standard of the river class I and the performance of the rapid sand filter unit which is less than optimal in removing turbidity. Meanwhile, drinking water providers must comply with the mandatory and additional requirements stated in Permenkes No. 492 of 2010 to ensure that the drinking water produced is safe for health by quality standards. Based on these problems, it is necessary to carry out a risk analysis to reduce the potential for failure in water production.

In this study, the method used is Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). This method is used to identify the causes of problems in the production process. The analysis is carried out by taking into the technical and non-technical aspects. The data used in this FMEA analysis are the existing condition of the treatment unit, the results of laboratory tests on water quality, and the results of interviews and questionnaires with internal PUDAM Ponorogo. The assessment is carried out using the multiplication of the values of severity, occurrence, and detection which is stated by the value of the Risk Priority Number (RPN).

Analysis using FMEA in this study obtained a high RPN value in the technical aspect with a value of 125, namely testing the quality of water in the reservoir unit. Meanwhile, in the non-technical aspect, the highest RPN value is in water quality analysis, with an RPN value of 125. The corrective action that can be taken on the technical aspect is an analysis of the quality of the production water in the reservoir, which is carried out following Permenkes No. 492 of 2010 and also the addition of a chlorination process for total coliform can fulfill quality standards, and also media replacement and media washing according to existing criteria to increase the efficiency of removing turbidity. In the non-technical aspect, improvements must be made to monitoring water quality analysis by Permenkes No. 736 of 2010 with physical, microbiological, and chemical parameters.

Keywords: Drinking water, Fishbone Diagram, FMEA, PUDAM Ponorogo, Risk Priority Number

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur kehadirat Allah SWT. atas rahmat dan nikmat-Nya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA”. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. yang telah menjadi panutan bagi kita semua sebagai umat muslim.

Tugas akhir ini disusun sebagai upaya untuk mendalami dan menerapkan keilmuan Teknik Lingkungan. Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil tanpa arahan, bimbingan, motivasi, dan bantuan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS, atas dukungan dan motivasi selama menjalankan perkuliahan.
2. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D., selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Lingkungan yang telah banyak memberikan saran selama pengerjaan tugas akhir.
3. Prof. Dr. Yulinah Trihadiningrum, M.App.Sc., selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan, motivasi, dan membimbing selama kami berkuliah di Teknik Lingkungan ITS.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing yang dengan sabar memberikan motivasi dan arahan demi selesainya tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Atiek Moesriati, M. Kes, Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT, dan Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MscES selaku dosen penguji tugas akhir yang telah banyak memberikan saran selama pengerjaan tugas akhir.
6. Orang tua yang telah mendoakan, memotivasi, dan memberikan dukungan moril dan finansial selama hidup penulis.
7. Mahasiswa Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang sudah bersama-sama berjuang, dan memberikan dukungan selama menempuh pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan ITS.
8. Teman-teman seperbimbingan yaitu Rani, Alya, Vika, Carissa, dan Mas Fawwaz yang senantiasa memberi dukungan dan berjuang bersama selama masa penyusunan tugas akhir.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk tugas akhir ini. Semoga segala yang diberikan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah swt.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup.....	2
1.5 Manfaat	2
BAB II	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Air Baku.....	3
2.1.1 Definisi Air Baku.....	3
2.1.2 Sumber Air Baku	3
a. Air Permukaan	3
b. Sumur Dalam	3
2.2 Air Minum	3
2.2.1 Definisi Air Minum	3
2.2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	3
2.2.3 Parameter-Parameter dalam Air Minum.....	5
2.3 Proses Pengolahan Air Minum	6
2.3.1 Proses Pengolahan Secara Fisik	6
2.3.2 Proses Pengolahan Secara Fisik - Kimia	7
2.4 Gambaran Umum PUDAM Kabupaten Ponorogo	8
2.5 Diagram Sebab Akibat (<i>Fishbone</i>)	12
2.6 Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	12
2.7 Penelitian Terdahulu	14
BAB III.....	17
METODE PENELITIAN	17
3.1 Deskripsi Umum	17
3.2 Kerangka penelitian	17
3.3 Tahapan Penelitian.....	19
3.3.1 Ide Penelitian	19
3.3.2 Studi Literatur.....	19
3.3.3 Pengumpulan data.....	19
3.3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.3.5 Pengolahan Data	21
3.3.6 Kesimpulan dan Saran	21
BAB IV.....	23
HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Kondisi Eksisting Pengolahan Air Unit Produksi Pulung PUDAM Ponorogo	23

4.2	Karakteristik Kualitas Air pada Unit Produksi PUDAM Ponorogo	24
4.2.1	Kualitas Air Baku pada Intake.....	25
4.2.2	Analisis Parameter Kekerusuhan	26
4.2.3	Analisis Parameter pH	28
4.2.4	Analisis Parameter TDS	28
4.2.5	Analisis Parameter Total Coliform.....	29
4.3	Efisiensi Unit Pengolahan.....	29
4.3.1	Efisiensi Unit Prasedimentasi.....	29
4.3.2	Efisiensi Unit Saringan Pasir Cepat.....	30
4.4	Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan	30
4.4.1	Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	30
4.4.2	Penentuan Bobot Kepentingan Risiko	36
4.4.3	Penentuan Nilai <i>Severity</i>	38
4.4.4	Pemberian Peringkat <i>Severity</i> pada tiap entitas	49
4.4.5	Penentuan Nilai <i>Occurance</i>	49
4.4.6	Penentuan Nilai <i>Detection</i>	53
4.4.7	Penentuan <i>Risk Priority Number</i>	57
4.4.8	Usulan Perbaikan	60
BAB V		65
KESIMPULAN DAN SARAN		65
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	65
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN I.....		71
LAMPIRAN II.....		75
LAMPIRAN III		79
LAMPIRAN IV		83
LAMPIRAN V		87
LAMPIRAN VI.....		89
LAMPIRAN VII.....		91
BIODATA PENULIS.....		97

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagan Alir Pengolahan Air Unit Produksi Pulung di IKK Pulung	9
Gambar 2. 2 Intake Sungai Unit Produksi Pulung.....	10
Gambar 2. 3 Prasedimentasi	10
Gambar 2. 4 Saringan Pasir Cepat (SPC)	11
Gambar 2. 5 Bak Pelepas Tekan.....	11
Gambar 2. 6 Reservoir.....	11
Gambar 2. 7 Diagram Fishbone.....	12
Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Titik Sampling Unit Produksi Pulung.....	20
Gambar 4. 1 Fluktuasi Kekkeruhan Air Baku dalam Periode Penelitian	27
Gambar 4. 2 Grafik Penyisihan Kekkeruhan tiap Waktu Penelitian	27
Gambar 4. 3 Diagram <i>Fishbone</i> Aspek Teknis	32

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum.....	4
Tabel 2. 2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum.....	5
Tabel 2. 3 Unit Pelayanan PUDAM Kabupaten Ponorogo	8
Tabel 2. 4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat <i>Severity</i>	13
Tabel 2. 5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat <i>Occurance</i>	13
Tabel 2. 6 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat <i>Detection</i>	14
Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu.....	15
Tabel 4. 1 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Lab. (November 2021) oleh PUDAM Ponorogo...	25
Tabel 4. 2 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Laboratorium	25
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Parameter Kekeruhan.....	26
Tabel 4. 4 Hasil Analisis Parameter pH	28
Tabel 4. 5 Hasil Analisis Parameter TDS.....	28
Tabel 4. 6 Hasil Analisis Parameter Total Coliform	29
Tabel 4. 7 Efisiensi Removal Parameter Kekeruhan pada Unit Prasedimentasi	29
Tabel 4. 8 Efisiensi Removal Parameter Kekeruhan pada Unit Saringan Pasir Cepat (SPC)..	30
Tabel 4. 9 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Teknis.....	36
Tabel 4. 10 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Non Teknis.....	37
Tabel 4. 11 Pembobotan Entitas Aspek Teknis	37
Tabel 4. 12 Pembobotan Entitas Aspek Non Teknis	37
Tabel 4. 13 Penilaian <i>Severity</i>	38
Tabel 4. 14 Deskripsi Skala Besar Risiko dan Kondisi Lingkungan.....	39
Tabel 4. 15 Nilai <i>Severity</i> Kualitas Air Baku	40
Tabel 4. 16 Nilai <i>Severity</i> Kondisi Bak Prasedimentasi	41
Tabel 4. 17 Nilai <i>Severity</i> Bilangan Reynold	42
Tabel 4. 18 Nilai <i>Severity</i> Bilangan Froude	43
Tabel 4. 19 Nilai <i>Severity</i> Waktu Pengurusan	43
Tabel 4. 20 Nilai <i>Severity</i> Penggantian Media Filter.....	44
Tabel 4. 21 Nilai <i>Severity</i> Pencucian Media Filter	45
Tabel 4. 22 Nilai <i>Severity</i> Pengujian Kualitas Air Reservoir	46
Tabel 4. 23 Nilai <i>Severity</i> Pengujian Kualitas Air.....	47
Tabel 4. 24 Nilai <i>Severity</i> Manajemen Produksi terkait Operasional Unit	47
Tabel 4. 25 Nilai <i>Severity</i> Manajemen Produksi terkait Pelatihan Pengelolaan Instalasi	48
Tabel 4. 26 Peringkat <i>Severity</i> Aspek Teknis.....	49
Tabel 4. 27 Peringkat <i>Severity</i> Aspek Non-Teknis.....	49
Tabel 4. 28 Penilaian <i>Occurance</i>	50
Tabel 4. 29 Penilaian <i>Occurance</i> Intake.....	50
Tabel 4. 30 Penilaian <i>Occurance</i> Prasedimentasi	51
Tabel 4. 31 Penilaian <i>Occurance</i> Saringan Pasir Cepat	51
Tabel 4. 32 Penilaian <i>Occurance</i> Reservoir	52
Tabel 4. 33 Penilaian <i>Occurance</i> Perilaku Pekerja	52
Tabel 4. 34 Penilaian <i>Occurance</i> Manajemen Produksi.....	53
Tabel 4. 35 Penilaian <i>Detection</i>	54
Tabel 4. 36 Penilaian <i>Detection</i> Intake.....	54
Tabel 4. 37 Penilaian <i>Detection</i> Prasedimentasi	54
Tabel 4. 38 Penilaian <i>Detection</i> Saringan Pasir Cepat	55
Tabel 4. 39 Penilaian <i>Detection</i> Reservoir	56
Tabel 4. 40 Penilaian <i>Detection</i> Perilaku Pekerja	56

Tabel 4. 41 Penilaian <i>Detection</i> Manajemen Produksi.....	56
Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Risk Priority Number (RPN) Aspek Teknis	58
Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Risk Priority Number (RPN) Aspek Non Teknis	59

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan air bersih memiliki pengaruh penting terhadap aktivitas masyarakat baik di pedesaan maupun di perkotaan. Keberadaan air bersih telah menunjang aktivitas masyarakat baik untuk kebutuhan rumah tangga, usaha, kesehatan, dan lain sebagainya. Di daerah perkotaan, kebutuhan masyarakat akan air bersih untuk berbagai keperluan sangat tinggi. Kondisi sosial ekonomi serta kesehatan masyarakat akan lebih baik apabila mengonsumsi air bersih yang dikelola secara higienis serta diusahakan oleh Perusahaan Air Minum (Salilama *et al.*, 2020). Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PUDAM) Kabupaten Ponorogo didirikan berdasarkan Peraturan Daerah Tingkat II Kabupaten Ponorogo Nomor 3 Tahun 1992 tentang Pendirian Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Daerah Tingkat II Ponorogo. Awalnya, pengelolaan air minum di daerah Kabupaten Ponorogo dikelola oleh sebuah Badan Pengelola Air Minum (BPAM) yang kemudian statusnya ditingkatkan menjadi perusahaan daerah. PUDAM Kabupaten Ponorogo memiliki tugas pokok yaitu menyelenggarakan pengelolaan air minum untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang mencakup aspek sosial, kesehatan dan pelayanan umum. Dalam upaya pelaksanaan pelayanan air minum yang merata bagi masyarakat Kabupaten Ponorogo, dibentuk 13 Unit Ibu Kota Kecamatan (IKK) dan satu induk pelayanan pusat yang terletak di ibukota Kabupaten Ponorogo (Putra, 2010).

Secara umum, seluruh unit produksi di IKK menggunakan sumur bor sebagai sumber air bakunya, dan hanya sedikit yang menggunakan air sungai sebagai air baku. Salah satu unit produksi yang memiliki unit pengolahan adalah unit produksi Pulung. Pada unit produksi Pulung (IKK Pulung), alur pengolahannya yaitu dari intake (air sungai) dilanjut dengan bak prasedimentasi, bak saringan pasir cepat, bak pelepas tekan, reservoir, dan pipa distribusi ke pelanggan.

Berdasarkan ketentuan dalam PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, bahwa setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, biologis dan kimiawi yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Tidak bisa dipungkiri, dalam proses produksi air minum ditemui beberapa kendala atau permasalahan. Berdasarkan laporan hasil uji laboratorium kualitas air unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo, terdapat parameter *total coliform* dengan jumlah 1600 per 100 mL, berarti hasil kualitas air produksi untuk T. Coliform >1000 per 100 mL sampel yang mana ini melebihi baku mutu air sungai kelas I. Selain itu, berdasarkan keterangan dari pihak PUDAM Ponorogo, permasalahan yang terjadi pada proses produksi pada unit produksi Pulung yaitu kinerja pada unit Saringan Pasir Cepat yang kurang optimal, didukung dengan hasil perhitungan efisiensi removal kekeruhan yaitu sebesar 8,75% - 56,66% (kriteria desain: 87%) diakibatkan pada saat musim hujan kekeruhan air baku tinggi, sehingga terpaksa saat musim penghujan pengolahan dihentikan dan penyaluran air ke pelanggan dihentikan. Oleh karena itu, peningkatan kualitas produksi air minum perlu dilakukan guna meningkatkan pelayanan dan jaminan mutu terhadap pelanggan unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo.

Berdasarkan pada uraian permasalahan di atas, guna mengoptimalkan potensi permasalahan di atas, maka perlu dilakukan analisis risiko produksi air di PUDAM Kabupaten Ponorogo guna memenuhi baku mutu penyelenggaraan air minum dan peningkatan pelayanan terhadap pelanggan. Dalam analisis risiko ini, metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). FMEA merupakan metode untuk

mengidentifikasi semua potensi kegagalan yang mungkin terjadi dalam rancangan dan/atau proses produksi hingga produk dihasilkan, serta menganalisis akibat dari setiap kegagalan (Hisprastin dan Musfiroh, 2020). Kelebihan metode FMEA diantaranya yaitu mampu memeriksa penyebab cacat atau kegagalan yang terjadi pada proses produksi, mampu mengevaluasi prioritas risiko, dan membantu menentukan tindakan yang tepat untuk menghindari atau proses dan efeknya, membantu perekayasa untuk melakukan tindakan perbaikan atau tindak preventif, serta menghilangkan atau mengurangi terjadinya kegagalan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi penyebab terjadinya permasalahan yang terjadi dalam proses produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo?
2. Bagaimana menetapkan prioritas risiko atau permasalahan yang terjadi pada proses produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan metode FMEA?
3. Bagaimana usulan perbaikan yang dapat dilakukan PUDAM Kabupaten Ponorogo guna memperkecil permasalahan pada proses produksi air minum?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi penyebab permasalahan yang terjadi pada proses produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo
2. Menetapkan prioritas risiko atau permasalahan yang terjadi pada proses produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo dengan menggunakan metode FMEA
3. Memberikan usulan perbaikan yang dapat dilakukan PUDAM Kabupaten Ponorogo guna memperkecil permasalahan pada proses produksi air minum.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian berada di unit produksi Pulung, IKK Pulung, PUDAM Kabupaten Ponorogo
2. Analisis difokuskan pada sistem produksi air mulai dari pengolahan air baku hingga menjadi air produksi
3. Parameter yang akan diuji adalah kekeruhan, pH, TDS, dan *total coliform*
4. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan metode *pre-requisites* berupa diagram *fishbone*
5. Aspek yang digunakan adalah aspek teknis dan aspek non teknis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendeteksi permasalahan dalam proses produksi air minum guna mengurangi kemungkinan permasalahan terjadi
2. Memberikan usulan kepada PUDAM Kabupaten Ponorogo terkait rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas air produksi sehingga dapat meningkatkan kepuasan konsumen.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

2.1.1 Definisi Air Baku

Air baku atau *raw water* merupakan awal dari suatu proses dalam penyediaan dan pengolahan air bersih. Air baku yaitu air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (SNI 6774:2008, 2008)

2.1.2 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang dapat diolah untuk digunakan sebagai air minum adalah air permukaan (sungai, danau, waduk) dan sumur dalam.

a. Air Permukaan

Air permukaan adalah bagian dari air hujan yang tidak mengalami infiltrasi (peresapan) atau air hujan yang mengalami peresapan dan muncul kembali ke permukaan bumi. Air permukaan dapat dibagi menjadi beberapa macam yaitu limpasan, sungai, danau, dan rawa. Salah satu jenis air permukaan yaitu sungai sebagai sumber air yang penting dan banyak dimanfaatkan, sepanjang keberadaannya cukup dalam jumlah dan kualitas untuk berbagai keperluan seperti rumah tangga, irigasi, industri, aktivitas perdesaan dan perkotaan serta kehidupan organisme lainnya dalam suatu ekosistem (Çinar dan Merdun, 2009 dalam Poedjiastoeti *et al.*, 2017)

Sungai, danau, dan waduk adalah sumber air baku yang cukup andal karena kapasitasnya yang besar dan kontinuitasnya yang terjaga. Sebagian besar sumber air baku untuk air minum di Indonesia saat ini berasal dari air permukaan (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015)

b. Sumur Dalam

Sumur dalam adalah sumber air buatan manusia berupa lubang konsentris dari permukaan tanah sampai ke kedalaman tertentu. Lubang tersebut biasanya menembus lapisan tanah yang relatif kedap air sehingga dapat mencapai ke kedalaman 100m. Sumur dalam yang ideal dapat menampung air tanah dari lapisan kepasiran yang bertransmisiivitas tinggi. Lapisan kepasiran tersebut diapit oleh lapisan lempung yang mempunyai storivitas tinggi. Kapasitas sumur dalam memberikan pasokan air tidaklah besar. Debit sumur dalam sebesar 20 l/s sudah dianggap besar. Produktivitas sumur dalam biasanya semakin menurun sesuai dengan berjalannya waktu. Ini terjadi manakala kapasitas simpan (storivitas) lapisan lempung yang mendukungnya semakin mengecil (Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2015)

2.2 Air Minum

2.2.1 Definisi Air Minum

Air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan tambahan (Permenkes RI, 2010)

2.2.2 Persyaratan Kualitas Air Minum

Berdasarkan Permenkes RI No. 492 Tahun 2010, setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan. Maka dari itu, terdapat persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air

minum. Persyaratan kualitas air minum terbagi menjadi parameter wajib dan parameter tambahan yang termuat dalam tabel berikut.

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2) Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit	mg/l	3
	6) Nitrat	mg/l	50
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Fisik		
	1) Bau		Tidak berbau
	2) Warna	TCU	15
	3) Total Zat Padat Terlarut (TDS)	mg/l	500
	4) Kekeruhan	NTU	5
	5) Rasa		Tidak berasa
	6) Suhu	°C	Suhu Udara ±3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

Tabel 2. 2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Bahan Anorganik		
	Air raksa	mg/L	0,0001
	Timbal	mg/L	0,01
	Nikel	mg/L	0,07
2	Bahan Organik		
	Zat organik	mg/L	10
	Deterjen	mg/L	0,05
	Benzene	mg/L	0,01
3	Desinfektan		
	Chlorine	mg/L	5

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010

2.2.3 Parameter-Parameter dalam Air Minum

1) Parameter Fisik

a. Total Dissolved Solid

Total Dissolved Solid (TDS) menggambarkan semua padatan baik organik maupun anorganik yang terlarut dalam air (Rafiqul Islam *et al.*, 2016). Benda-benda padat organik di dalam air tersebut berasal dari banyak sumber, seperti daun, lumpur, plankton serta limbah industri, kotoran limbah rumah tangga, pestisida, dan banyak lainnya. Sedangkan sumber anorganik berupa kation maupun anion berasal dari batuan dan udara yang mengandung kalsium bikarbonat, nitrogen, besi, fosfor, sulfur, dan mineral lain. Perubahan dalam konsentrasi TDS berbahaya karena akan menyebabkan perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion, perubahan kekeruhan dan kejernihan air, dan toksisitas masing-masing ion. Padatan terlarut termasuk salah satu faktor penyebab kekeruhan di air. Semakin tinggi kadar padatan terlarut yang ada di air maka semakin keruh air tersebut. Air yang keruh menghalangi masuknya cahaya matahari yang dibutuhkan oleh tanaman dan organisme hidup di dasar laut sehingga dapat mengurangi populasinya karena kekurangan cahaya matahari (Rahman *et al.*, 2020).

b. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan bagian dari parameter atau karakteristik fisik dalam air yang disebabkan adanya bahan tersuspensi seperti lempung, lanau, partikel halus organik dan anorganik, dan sebagainya. Dari segi estetika, air yang dikonsumsi harus mengandung kekeruhan yang rendah (Masduqi dan Assomadi, 2012). Sumber kekeruhan diantaranya limbah buangan seperti limbah domestik, pertanian, dan industri, serta kejadian alam seperti longsor dan banjir juga dapat menyebabkan kekeruhan (Pramesti dan Puspikawati, 2020).

2) Parameter Kimia

a. pH

Nilai pH menunjukkan keberadaan bahan yang bersifat asam atau basa pada air dengan rentang nilai 0-14. Nilai pH yang tinggi dalam air menyebabkan rasa pahit, menyebabkan kerak pada pipa, dan menurunkan efektivitas klor. Sedangkan nilai pH yang

rendah pada air menyebabkan korosi atau dapat melarutkan logam (Masduqi dan Assomadi, 2012).

b. Sisa klor

Sisa klor berfungsi untuk membunuh bakteri yang masuk selama pendistribusian air minum kepada pelanggan. Jika sisa klor dalam sistem distribusi air terlalu rendah, bakteri dapat berkembang dalam air dan mengakibatkan penyakit (Soemirat, 2002). Kadar sisa klor yang melebihi batas juga dapat menyebabkan beberapa penyakit, apabila klor di dalam tubuh tersebut bersenyawa dengan zat organik, seperti air seni atau keringat maka akan menghasilkan senyawa nitrogen triklorin yang dapat mengakibatkan iritasi hebat terhadap sel-sel tubuh yang melindungi paru-paru, gangguan saluran cerna, anemia dan peningkatan absorpsi klor dalam tubuh. Gangguan tersebut merupakan salah satu penyebab kanker (Buckle, 1997).

3) Parameter Biologi

Total Coliform

Total coliform merupakan kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. Sebagian besar bakteri *total coliform* adalah heterotropik dan dapat bertambah jumlahnya di air dan tanah. *Total coliform* juga dapat bertahan dan bertambah banyak jumlahnya di sistem distribusi air, terutama jika kondisinya memungkinkan. Keberadaan *total coliform* dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. *Total coliform* juga sebagai indikator bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti *Giardia*, *Cryptosporidium*, *E.coli*, dan lain-lain (WHO, 2017 dalam Arsyina *et al.*, 2019).

2.3 Proses Pengolahan Air Minum

2.3.1 Proses Pengolahan Secara Fisik

Proses pengolahan air secara fisik merupakan pengolahan tanpa adanya rekayasa penambahan bahan kimia atau bahan lain untuk pemisahan zat padat atau pengotor yang terkandung dalam air baku (Masduqi dan Assomadi, 2012).

a. Penyaringan Kasar (Screen)

Unit penyaringan (*screen*) merupakan unit operasi terdepan dalam suatu instalasi pengolahan air. *Screen* merupakan alat dengan bukaan berukuran seragam berfungsi menahan padatan yang terdapat dalam air baku Instalasi Pengolahan Air (IPA). Proses penyaringan kasar (*screening*) ini bertujuan untuk menyaring benda-benda kasar terapung ataupun melayang di air sehingga tidak terbawa ke unit pengolahan. Benda-benda kasar umumnya seperti daun, kayu, plastik, kayu, kain, botol plastik, bangkai binatang, dan sebagainya. Biasanya *screening* menjadi bagian dari suatu bangunan penyadap air (*intake*), yang terdiri atas batang-batang besi yang disusun berjajar atau paralel (disebut *screen*). *Screening* juga sering ditempatkan pada saluran terbuka yang menghubungkan sungai sebagai sumber air menuju ke bak pengumpul (Masduqi dan Assomadi, 2012).

b. Pengendapan

Pengendapan bertujuan untuk memisahkan *solid-liquid* menggunakan pengendapan secara gravitasi. Ditinjau dari jenis partikel yang diendapkan, pengendapan dibedakan menjadi dua, prasedimentasi dan sedimentasi (Masduqi dan Assomadi, 2012).

• Prasedimentasi

Bangunan prasedimentasi dalam proses pengendapan berfungsi sebagai tempat proses pengendapan partikel diskrit seperti pasir, kotoran yang terbawa oleh air, dan zat-zat padat lainnya. Proses pengendapan dalam prasedimentasi bergantung dari gravitasi dan tidak termasuk koagulasi dan flokulasi. Maka dari itu, prasedimentasi merupakan proses

pengendapan secara gravitasi sederhana tanpa campuran bahan kimia koagulan (Pratama dkk., 2021).

- **Sedimentasi**

Bangunan sedimentasi dalam proses pengendapan berfungsi untuk menyisihkan padatan tersuspensi dalam air dengan cara mengendapkan secara gravitasi. Jenis partikel yang diendapkan yaitu partikel flokulen yang merupakan partikel hasil dari proses koagulasi-flokulasi (Masduqi dan Assomadi, 2012).

- c. **Filtrasi**

Filtrasi atau penyaringan merupakan proses pemisahan komponen padatan yang terkandung dalam air dengan cara melewatkannya melalui media yang berpori atau bahan berpori lainnya guna memisahkan padatan baik berupa suspensi maupun koloid. Selain itu, filtrasi berfungsi untuk mengurangi kandungan bakteri, bau, rasa, besi, serta mangan (Quddus, 2014).

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), berdasarkan kecepatannya, filter dibagi menjadi dua, yaitu:

- **Saringan Pasir Lambat (*slow sand filter*)**

Filter ini bertujuan untuk proses penyaringan partikel yang tidak didahului dengan proses pengolahan kimiawi (koagulasi). Kecepatan aliran dalam media pasir ini kecil karena ukuran media pasir lebih kecil.

- **Saringan Pasir Cepat (*rapid sand filter*)**

Filter ini bertujuan untuk proses penyaringan partikel yang didahului proses pengolahan kimiawi (koagulasi). Kecepatan aliran dalam media pasir lebih besar karena ukuran media pasir lebih besar. Umumnya filter ini digunakan untuk menyaring partikel yang tidak terendapkan pada bak sedimentasi.

2.3.2 Proses Pengolahan Secara Fisik - Kimia

a. Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi dan flokulasi adalah proses pengolahan air untuk menghilangkan zat-zat partikel tersuspensi dalam air. Koagulasi adalah proses destabilisasi koloid dan partikel-partikel yang ada pada air sehingga membentuk flok dengan cara menambahkan bahan kimia (koagulan) dan proses pengadukan cepat. Sedangkan flokulasi adalah proses penggabungan flok-flok kecil yang dihasilkan pada proses koagulasi menjadi flok berukuran besar sehingga menjadi partikel-partikel yang dapat terendapkan. Proses penggabungan flok ini terjadi karena adanya proses pengadukan lambat. Maka dari itu, proses koagulasi-flokulasi merupakan proses yang harus berurutan dan tidak dapat dipisahkan (Ramadan, 2018)

b. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan proses untuk membebaskan air minum dari mikroba patogen. Beberapa metode desinfeksi yang dapat digunakan yaitu secara fisik dan kimiawi. Metode secara fisik adalah desinfeksi yang dilakukan dengan pemberian panas dan cahaya terhadap mikroba. Air panas hingga mencapai titik didihnya akan merusak sebagian besar bakteri, sedangkan sinar atau cahaya matahari mengandung sinar ultraviolet (UV) yang cukup berperan dalam mematikan mikroba. Sedangkan metode secara kimiawi dilakukan dengan menggunakan bahan kimia, dengan memberikan bahan kimia tersebut ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan kimia dengan mikroba sehingga mikroba nantinya mati. Bahan yang umumnya digunakan untuk desinfeksi atau biasa disebut desinfektan umumnya yaitu klor dan senyawanya, brom, iodine, ozon, fenol dan senyawa fenolat, alkohol, logam berat, dan sebagainya. Dari bahan kimia diatas, klor dan ozon yang paling umum digunakan untuk desinfeksi air minum (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.4 Gambaran Umum PUDAM Kabupaten Ponorogo

Perusahaan Umum Daerah Air Minum (PUDAM) Kabupaten Ponorogo didirikan berdasarkan Peraturan Daerah Tingkat II Kabupaten Ponorogo Nomor 3 Tahun 1992 tentang Pendirian Perusahaan Daerah Air Minum Kabupaten Daerah Tingkat II Ponorogo. Kantor pusat PUDAM Kabupaten Ponorogo berlokasi di Jl. Pramuka No.21, Sultanagung, Nologaten, Kec. Ponorogo, Kabupaten Ponorogo. Awalnya, pengelolaan air minum di daerah Kabupaten Ponorogo dikelola oleh sebuah Badan Pengelola Air Minum (BPAM) yang kemudian beralih menjadi perusahaan daerah. Dalam melaksanakan upaya pelayanan air minum yang merata, PUDAM Kabupaten Ponorogo membentuk 13 unit Ibu Kota Kecamatan (IKK) dan satu induk pelayanan berpusat di kota Ponorogo (Putra, 2010). Rincian unit IKK dalam pelayanan PUDAM Kabupaten Ponorogo adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 3 Unit Pelayanan PUDAM Kabupaten Ponorogo

No.	Unit Pelayanan
1	IKK BADEGAN
2	IKK BUNGKAL
3	IKK SLAHUNG
4	IKK SOOKO
5	IKK BABADAN
6	IKK KAUMAN
7	IKK JENANGAN
8	IKK MLARAK
9	IKK BALONG
10	IKK SAWOO
11	IKK SAMPUNG
12	IKK PULUNG
13	IKK JETIS
14	Basic Net Area (BNA) Ponorogo

Sumber: Putra, 2010

Dari 14 IKK tersebut, total terdapat ± 47 unit produksi yang tersebar di setiap IKK. Unit produksi terdiri atas bermacam-macam jenis, mulai dari unit produksi yang hanya dari sumber air baku (sungai ataupun sumur dalam) langsung menuju pipa distribusi ke rumah pelanggan, ada yang dari sumber air baku (sungai maupun sumur dalam) dipompa ke bak penampung lalu distribusi ke rumah pelanggan, serta ada yang melalui proses pengolahan sederhana. Dari total unit produksi yang tersebar di seluruh IKK, total kapasitas produksi terpasang sebesar 324 L/detik dan kapasitas produksi terpakai sebesar 288 L/detik. Terdapat satu unit produksi yang menjalankan proses pengolahan sederhana, yaitu unit produksi Pulung yang berada dalam cakupan IKK Pulung. Unit produksi Pulung berlokasi di Desa Wagir Kidul, Kec. Pulung, Kab. Ponorogo. Unit produksi Pulung memiliki cakupan wilayah pelayanan yang terdiri atas 7 desa, yaitu Desa Wagir Kidul, Desa Singgahan, Desa Patik, Desa Pulung, Desa Pulung Merdiko, Desa Karangpatihan, serta Desa Sidoharjo. Total penduduk yang terlayani yaitu ± 3163 penduduk. Pada unit produksi Pulung terdapat proses prasedimentasi dan filtrasi setelah intake atau sebelum menuju pipa distribusi. Skema pengolahan air pada unit produksi Pulung terdapat pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 Bagan Alir Pengolahan Air Unit Produksi Pulung di IKK Pulung

Penjelasan mengenai kondisi eksisting unit pengolahan air di unit produksi Pulung adalah sebagai berikut:

a. Intake Sungai

Intake berupa air sungai pada unit produksi Pulung berada pada sungai Mendak, Desa Wagir Kidul, Kecamatan Pulung. Pada intake terdapat dua unit *screen*, pertama untuk menyaring partikel berukuran besar (kayu, ranting, dan sebagainya) dan kedua untuk menyaring partikel yang berukuran sedang berbentuk besi berjajar (daun dan partikel berukuran sejenis). Setelah unit *screen*, terdapat pipa yang diletakkan di dalam air, pipa yang memiliki panjang ± 1 km ini digunakan untuk menyalurkan air secara gravitasi dari intake menuju bak prasedimentasi.



Gambar 2. 2 Intake Sungai Unit Produksi Pulung

b. Prasedimentasi

Prasedimentasi pada unit produksi Pulung menerima air dari intake sungai. Prasedimentasi berfungsi untuk berfungsi sebagai tempat proses pengendapan partikel diskrit seperti pasir, kotoran yang terbawa oleh air, dan zat-zat padat lainnya. Pada unit ini terdapat 2 bak utama, dengan 1 bak tidak dioperasikan karena bocor.



Gambar 2. 3 Prasedimentasi

c. Saringan Pasir Cepat (SPC)

Saringan Pasir Cepat (SPC) digunakan untuk pengolahan air setelah air terolah dari prasedimentasi. SPC pada unit produksi Pulung terdiri atas tiga bak, dengan urutan struktur dari bawah pada tiap baknya yaitu pipa, kerikil ukuran besar, kerikil ukuran kecil, dan *sand*

filter berupa pasir silika dengan tebal ± 80 cm. pada SPC ini aliran air dari atas ke bawah, sehingga perlu dilakukan proses pencucian media filter. Proses pencucian atau *backwash* yang dilakukan oleh operator sebanyak 8 kali dalam sebulan.



Gambar 2. 4 Saringan Pasir Cepat (SPC)

d. Bak Pelepas Tekan

Bak pelepas tekan ada ditujukan untuk menghindari tekanan tinggi, guna tidak merusak sistem perpipaan yang ada. Bak ini ditempatkan pada posisi di mana tekanan tertinggi mungkin terjadi. Bak pelepas tekan digunakan untuk menjaga tekanan agar tidak melebihi ketinggian 100 m. Bak pelepas tekan berjarak ± 3 km dari unit Saringan Pasir Cepat (SPC) dan berjarak ± 3 km dari reservoir. Dilakukan pengecekan pada bak pelepas tekan secara rutin agar diketahui bila terjadi penyumbatan dan menjaga agar aliran air lancar.



Gambar 2. 5 Bak Pelepas Tekan

e. Reservoir

Reservoir adalah penyimpanan sementara dari air yang telah terfilter pada unit saringan pasir cepat sebelum didistribusikan kepada pelanggan.



Gambar 2. 6 Reservoir

2.5 Diagram Sebab Akibat (*Fishbone*)

Diagram *fishbone* atau juga sering disebut dengan diagram *ishikawa* merupakan metode manajemen risiko reaktif dengan mengidentifikasi penyebab potensial dari suatu masalah guna menemukan akar penyebab masalah melalui proses *brainstorming*. Dalam analisis menggunakan diagram *fishbone* menunjukkan bahwa suatu tindakan dan langkah perbaikan akan lebih mudah dilakukan jika akar penyebab masalah sudah ditemukan (Hisprastin dan Musfiroh, 2020). Dalam metode ini, efek atau masalah yang dipelajari digambarkan dalam bentuk kepala ikan, sedangkan penyebab potensial masalah digambarkan dengan struktur tulang-tulang ikan. Manfaat dari penggunaan diagram *fishbone* diantaranya: membantu menentukan akar penyebab, mendorong partisipasi kelompok, menggunakan format yang teratur dan mudah dibaca, menunjukkan kemungkinan penyebab yang bervariasi (Liliana, 2016). Berikut merupakan langkah-langkah dalam analisis menggunakan diagram *fishbone*:

a. Menentukan masalah

Masalah diartikan sebagai akibat. Sifat masalah yang dibahas harus dipahami dengan jelas.

b. Menentukan kategori penyebab utama

Penyebab masalah dikelompokkan dalam kategori utama agar dalam menentukan akar penyebab masalah lebih terstruktur. Umumnya menggunakan kategori 5M, yaitu:

- *Man* (manusia): orang-orang yang berkaitan dengan proses
- *Methods* (metode): bagaimana proses dilakukan dan memenuhi spesifikasi
- *Machine* (mesin): peralatan yang digunakan selama proses
- *Materials*: bahan baku yang digunakan selama proses
- *Milieu/Environment* (lingkungan): kondisi sekelilingnya selama proses berlangsung.

c. Mengidentifikasi terkait penyebab masalah dengan cara *brainstorming*

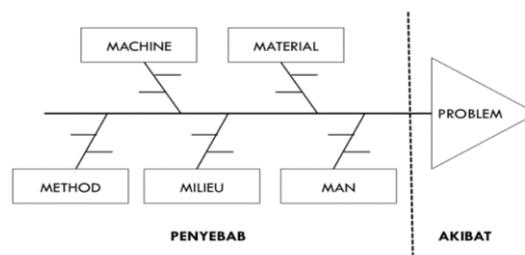
Setiap kategori utama memiliki sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui *brainstorming*.

d. Analisis diagram

Analisis dilakukan guna membantu dalam identifikasi penyebab yang memerlukan pendalaman lebih lanjut. Penyebab masalah yang muncul berulang kali berpotensi sebagai akar masalahnya.

(Hisprastin dan Musfiroh, 2020)

Berikut merupakan bentuk diagram *fishbone*.



Gambar 2. 7 Diagram Fishbone

Sumber: Raman dan Basavaraj, 2019 dalam Hisprastin dan Musfiroh, 2020

2.6 Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) adalah metode untuk identifikasi semua potensi kegagalan yang mungkin terjadi dalam rancangan dan/atau proses produksi hingga

produk dihasilkan, serta menganalisis akibat dari setiap kegagalan (Dai *et al.*, 2011 dalam Hisprastin dan Musfiroh, 2020). Secara umum, terdapat dua tipe FMEA, FMEA desain dan FMEA proses. Pada FMEA desain, pengamatan difokuskan pada desain produk. Sedangkan FMEA proses, pengamatan difokuskan pada kegiatan proses produksi (Puspitasari dan Martanto, 2014). Langkah-langkah dalam prosedur penyusunan FMEA adalah sebagai berikut.

1. Melakukan identifikasi ataupun kajian guna mengetahui alur proses yang terjadi
2. Melakukan *brainstorming* berkaitan dengan penyebab kegagalan dalam proses yang terjadi
3. Menentukan tingkat keparahan (*level severity*)
4. Menentukan tingkat kejadian (*level occurrence*)
5. Menentukan tingkat deteksi (*level detection*)
6. Menentukan RPN (*Risk Priority Number*)
7. Menentukan prioritas kegagalan untuk ditindaklanjuti
8. Melakukan tindakan untuk mengurangi risiko
9. Menghitung kembali nilai RPN setelah ada tindakan

(Simsekler *et al.*, 2019 dalam Hisprastin dan Musfiroh, 2020)

Terdapat kriteria dalam penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* sebelum menentukan nilai RPN. *Severity* adalah penilaian terhadap keseriusan dari efek yang ditimbulkan. Terdapat hubungan secara langsung antara efek dan *severity*. Bila efek yang terjadi kritis, maka nilai *severity* tinggi dan sebaliknya (Puspitasari dan Martanto, 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *Severity* tersaji pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat *Severity*

Rating	Deskripsi	Nilai
1	Kegagalan bersifat minor sehingga pihak pelanggan (internal dan eksternal) tidak mendeteksi kegagalan tersebut	$\leq 20\%$
2	Kegagalan akan mengakibatkan sedikit gangguan pelanggan dan/atau sedikit penurunan bagian kinerja sistem	20%
3	Kegagalan akan mengakibatkan ketidakpuasan dan gangguan pada pelanggan dan/atau penurunan kinerja bagian atau sistem	40%
4	Kegagalan akan menghasilkan tingkat ketidakpuasan pelanggan yang tinggi dan menyebabkan tidak berfungsinya sistem	60%
5	Kegagalan akan mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan yang tinggi dan menyebabkan operasi non-sistem atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah	$\geq 80\%$

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Tingkat kejadian (*level occurrence*) menunjukkan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa proses terjadi. *Occurrence* merupakan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi yang diperkirakan dan atau angka kumulatif dari kegagalan yang dapat terjadi (Puspitasari dan Martanto, 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *occurrence* disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat *Occurrence*

Rating	Deskripsi
1	Probabilitas yang tidak mungkin terjadi pada waktu pengoperasian. Ketidakmungkinan didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan $< 0,001$ dari keseluruhan probabilitas kegagalan pada interval waktu pengoperasian.

Rating	Deskripsi
2	Probabilitas kejadian jarang terjadi pada waktu pengoperasian (yaitu setiap dua kali dalam sebulan). Didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,001 tetapi < 0,01 dari probabilitas keseluruhan kegagalan selama interval waktu pengoperasian item.
3	Probabilitas kejadian sesekali terjadi pada interval waktu pengoperasian (yaitu sebulan sekali). Sesekali didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,01 tetapi < 0,10 dari keseluruhan probabilitas kegagalan selama interval waktu pengoperasian.
4	Probabilitas moderat terjadi pada interval waktu pengoperasian item (yaitu setiap seminggu dua kali). Probabilitas didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,10 tetapi < 0,20 dari probabilitas keseluruhan kegagalan selama interval waktu pengoperasian.
5	Probabilitas kejadian yang tinggi pada interval waktu pengoperasian item (yaitu seminggu sekali). Tinggi probabilitas didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,20 dari keseluruhan probabilitas kegagalan selama interval waktu pengoperasian.

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Tingkat deteksi (*level detection*) diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi (Puspitasari dan Martanto, 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *detection* disajikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat *Detection*

Rating	Deskripsi
1	Probabilitas yang sangat tinggi, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol hampir pasti akan mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
2	Probabilitas tinggi, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol memiliki peluang bagus untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
3	Probabilitas sedang, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol kemungkinan akan mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan
4	Probabilitas rendah bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol tidak mungkin untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
5	Probabilitas yang sangat rendah bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol tidak mungkin untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Nilai *Risk Priority Number* (RPN) merupakan hasil perkalian tingkat keparahan (*severity*), tingkat kejadian (*occurrence*), dan tingkat deteksi (*detection*). Nilai RPN menentukan prioritas dari kegagalan. Nilai tersebut digunakan untuk meranking kegagalan proses yang bersifat potensial. Berikut adalah persamaan nilai RPN:

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

(Puspitasari dan Martanto, 2014)

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu pernah dilakukan terkait dengan metode yang sejenis dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 7 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Kesimpulan
Rahmadika Bayu Yogaswara (2021)	Identifikasi Kendala Proses Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Studi Kasus: (PDAM Tirta Cahya Agung, Kabupaten Tulungagung)	Analisis menggunakan FMEA pada penelitian ini diperoleh nilai RPN yang tinggi pada aspek teknis dengan nilai 75 yaitu kondisi filter instalasi 100 L/detik, RPN dengan nilai 60 pada fluktuasi kekeruhan yang tinggi pada air baku dan nilai RPN 50 pada pelaksanaan klorinasi. Sedangkan pada aspek non teknis nilai RPN tertinggi pada analisis kualitas air. Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan pada aspek teknis adalah pemantauan kualitas air yang lebih ketat pada bak sedimentasi 100 L/detik dikarenakan filter yang tidak berfungsi, usulan saran untuk memfungsikan filter instalasi 100 L/detik dengan meninjau kembali menggunakan blower atau mengalirkan air pada pressure sand filter. Pengawasan fluktuasi kualitas air baku dilakukan dengan analisis parameter kekeruhan dan pH setiap jam serta melaksanakan klorinasi pada jalur ring utara. Pada aspek non teknis harus dilakukan perbaikan pada pemantauan pelaksanaan analisis kualitas air sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 736 Tahun 2010 dengan parameter fisik, mikrobiologis, kimia dan sisa klor.
Ida Wahyuningsih (2018)	Pengurangan Risiko Kegagalan Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)	Sumber kegagalan terbesar dalam DAMIU terletak pada teknologi desinfeksi yang digunakan yaitu terkait penggantian dan waktu kontak teknologi desinfeksi yang digunakan serta penggantian dan pembersihan media filter. Selain itu kurangnya pengetahuan praktisi atau pengelola depot terhadap aturan atau kebijakan pada DAMIU juga menyebabkan kegagalan pada proses produksi air isi ulang. Ketiga hal tersebut berpengaruh besar terhadap air minum isi ulang yang dihasilkan. Usulan perbaikan yang seharusnya dilakukan adalah pemilihan teknologi beserta spesifikasi yang digunakan, pembuatan SOP yang harus dijalankan setiap depot, dan pengecekan berkala terhadap hasil produksi DAMIU.

Penulis	Judul	Kesimpulan
Nadia Fitrianti (2016)	Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X dengan Metode <i>Failure Mode and Effect Anaysis</i> (FMEA)	Sumber kegagalan terbesar pada proses pengolahan IPAM X pada periode penelitian 8 – 18 Maret 2016 yaitu pada faktor risiko kecepatan transfer gas pada proses aerasi. Perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi risiko yaitu penambahan aerator difusi.

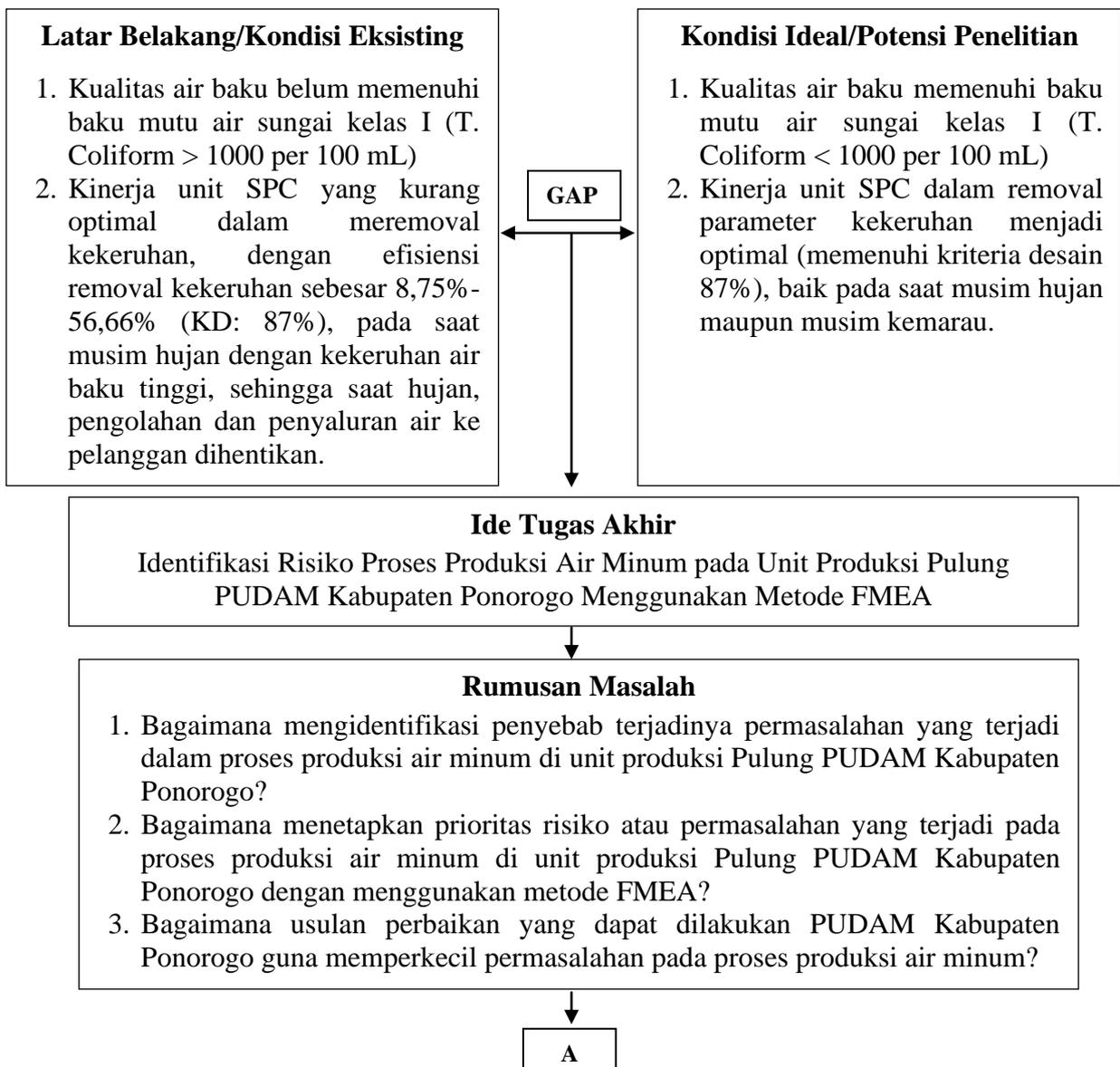
BAB III METODE PENELITIAN

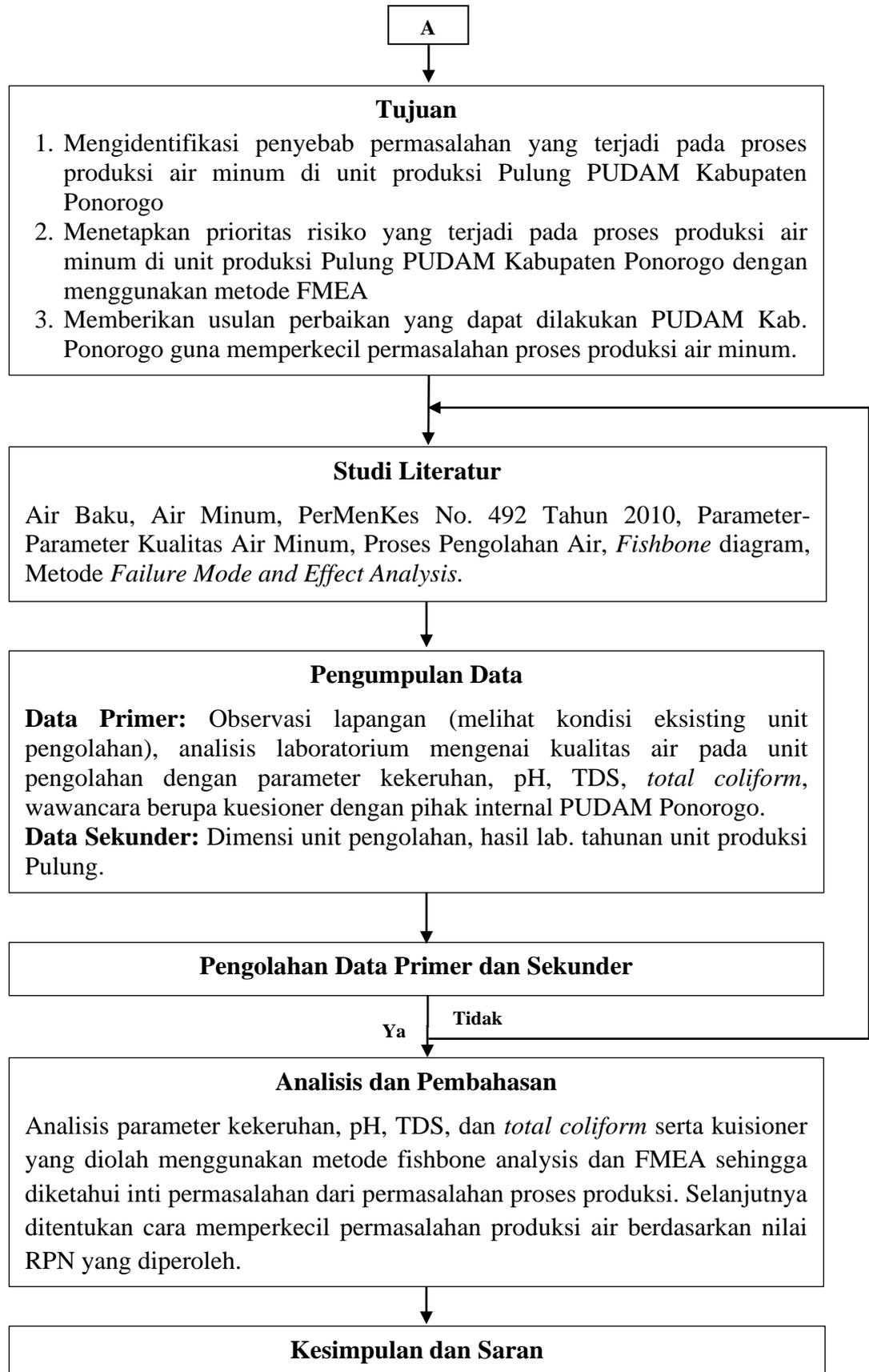
3.1 Deskripsi Umum

Metode penelitian digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk identifikasi proses produksi air guna menentukan prioritas permasalahan sehingga dapat memperkecil kegagalan dalam proses produksi air minum dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

3.2 Kerangka penelitian

Kerangka penelitian adalah rancangan alur proses pelaksanaan penelitian. Alur penelitian disusun untuk mempermudah pelaksanaan dan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian. Kerangka dapat dilihat pada Gambar 3.1.





Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisi langkah-langkah yang akan dilakukan hingga mendapatkan kesimpulan. Tahapan penelitian dibuat agar pelaksanaan studi terarah dan mencapai kesimpulan. Tahapan penelitian meliputi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, pelaksanaan penelitian, pengolahan data, dan kesimpulan dan saran.

3.3.1 Ide Penelitian

PUDAM Kabupaten Ponorogo menyelenggarakan pengelolaan guna memenuhi kebutuhan pasokan air bersih di Kabupaten Ponorogo. Dalam upaya pengelolaan ini PUDAM Ponorogo harus memastikan pengolahan air berjalan baik serta kualitas air yang diterima pelanggan memenuhi baku mutu air minum yang berlaku dan kuantitas serta kontinuitasnya dapat memenuhi kebutuhan konsumen. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan cara memperkecil permasalahan produksi air dari identifikasi penyebab permasalahan yang dilakukan.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur bertujuan sebagai rujukan atau penunjang tugas akhir. Studi literatur bisa digunakan sebagai acuan dalam memahami dan menentukan penelitian. Sumber dari studi literatur diantaranya jurnal/artikel ilmiah, *textbook*, laporan penelitian, dan tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Tahapan ini berlangsung dari awal pembuatan tugas akhir hingga akhir pembuatan tugas akhir.

3.3.3 Pengumpulan data

Sebelum melakukan kajian atau pembahasan, perlu dilakukan pengumpulan data. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data Primer
 - Observasi lapangan, guna mengetahui kondisi eksisting unit pengolahan air minum dan diagram alir proses produksi air
 - Analisis laboratorium terhadap kualitas air, dengan dilakukan proses sampling terlebih dahulu lalu dilanjut analisis laboratorium mengenai kualitas air unit produksi pengolahan
 - Wawancara dan kuesioner dengan pihak internal PUDAM Kabupaten Ponorogo mengenai proses produksi air minum di PUDAM Kabupaten Ponorogo, pembagian kerja, dan pengoperasian unit produksi pengolahan air minum
2. Data Sekunder
 - Dimensi unit pengolahan, digunakan untuk menghitung kapasitas desain unit pengolahan pada unit produksi di PUDAM Kabupaten Ponorogo.
 - Data hasil uji lab tahunan, digunakan untuk membandingkan kualitas air baku pada musim kemarau dan musim penghujan.

3.3.4 Pelaksanaan Penelitian

a. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah unit produksi Pulung yang berada dalam cakupan IKK Pulung pada PUDAM Kabupaten Ponorogo.

b. Pelaksanaan Penelitian Laboratorium

Penelitian laboratorium bertujuan untuk mengidentifikasi parameter kualitas air pada unit produksi Pulung. Dari hasil analisis kualitas air dapat diidentifikasi unit mana yang kurang optimal kinerjanya melalui metode FMEA. Tahapan penelitian dilakukan pada unit produksi dengan melakukan sampling pada masing-masing unit bangunan pengolahan pada unit produksi. Parameter yang tidak memenuhi baku mutu dari unit produksi terkait akan dilakukan analisis lebih lanjut dengan diagram *fishbone*.

1) Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel pada unit produksi Pulung yaitu titik inlet pada intake air baku (sungai), outlet unit prasedimentasi, outlet unit SPC, dan outlet reservoir. Sampel yang diambil pada lokasi sampling ini terdiri dari tiga jenis yaitu sampel untuk analisis secara fisik, secara kimia, dan secara biologis. Parameter yang diuji dalam penelitian ini yaitu kekeruhan, TDS, pH, dan *total coliform*.



Gambar 3. 2 Titik Sampling Unit Produksi Pulung

Keterangan:

↓ Titik Pengambilan Sampel

Pelaksanaan sampling dilakukan selama 6 hari secara *time series* selama jam operasional unit produksi, dengan jumlah total sampel sebanyak 4 sampel. Pengambilan sampel dilakukan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 7828:2012 yaitu metode pengambilan contoh air minum dari instalasi pengolahan air dan sistem jaringan distribusi perpipaan.

2) Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan untuk mengetahui karakteristik air pada masing masing unit pengolahan yang terdapat pada unit produksi. Analisis laboratorium yaitu pengukuran kualitas fisik air dengan mengukur kekeruhan dan TDS. Pengukuran parameter kimia dengan cara mengukur pH, dan pengukuran parameter biologi menggunakan parameter *total coliform*. Analisis laboratorium yang dilakukan untuk mengukur kualitas air adalah sebagai berikut:

1. Pesiapan Alat

- Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah dengan menggunakan botol 600 mL dan botol kaca yang telah disterilkan untuk parameter *total coliform*
- Peralatan untuk analisis laboratorium

2. Persiapan Bahan

Berikut ini adalah penjelasan dari masing-masing parameter yang dianalisis:

• Parameter Kekeruhan

Analisis kekeruhan dilakukan dengan menggunakan turbidimeter untuk mengetahui kadar solid yang terkandung di dalam air. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods of Water and Wastewater 22nd Edition Section 2130 A* (APHA, 2012).

• Parameter TDS

Analisis TDS dilakukan dengan menggunakan TDS meter. Analisis dilakukan dengan berdasarkan *Standard Methods of Water and Wastewater 22nd Edition Section 2130 A* (APHA, 2012).

• Parameter pH

Analisis pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H+* (APHA, 2012).

• Parameter *Total Coliform*

Analisis dilakukan dengan MPN analisis. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 9221 B* (APHA, 2012)

c. Pelaksanaan Survey Lapangan

Survey dilakukan dengan pengambilan data tentang pengolahan air minum dan kondisi lingkungan di PUDAM Kabupaten Ponorogo. Pengumpulan data dilaksanakan dengan observasi dan wawancara menggunakan kuesioner terhadap operator unit produksi, kepala teknik, dan staff perencanaan PUDAM Ponorogo.

3.3.5 Pengolahan Data

Data yang telah didapat dari hasil analisis laboratorium dan survey lapangan, selanjutnya dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode diagram *fishbone* dan FMEA.

1) Metode *Fishbone* Diagram

Penyusunan metode *fishbone diagram* digunakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan pada unit produksi berdasarkan pada aspek teknis, yaitu dengan mengacu pada hasil uji laboratorium kualitas air baku dan air pada unit pengolahan, serta kondisi unit pengolahan yang digunakan. Sedangkan untuk aspek non teknis mengacu pada hasil wawancara dengan kuisisioner yang diisi oleh pihak internal yang memahami prinsip pengolahan air minum dan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang berlaku pada PUDAM Kabupaten Ponorogo.

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

Tahapan yang dilakukan pada metode ini adalah:

- Mengidentifikasi penyebab serta akibat yang ditimbulkan dari unit produksi yang bekerja kurang optimal atau menyebabkan masalah
- Mengidentifikasi upaya pengendalian penurunan kualitas air pada unit produksi yang kurang optimal digunakan untuk kontrol yang dapat dilakukan untuk mengendalikan penurunan kinerja unit pengolahan.
- Menganalisis tingkat kepentingan dari penurunan kinerja pada unit yang menyebabkan kinerja kurang optimal dilakukan dengan observasi lapangan dan wawancara kepada pihak internal PUDAM Ponorogo. Tingkat kepentingan dari kerusakan dilihat dari nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang didapat dari analisis skala *severity*, *occurance* dan *detection*.
- Menghitung nilai *risk priority number* (RPN) dengan perkalian antara skala *severity*, *occurance* dan *detection*. Output dari nilai RPN adalah prioritas perbaikan untuk mengurangi penurunan kinerja unit produksi.

3.3.6 Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapatkan kemudian dihubungkan dengan literatur yang dijadikan referensi pada penelitian ini. Saran diberikan untuk menyempurnakan hasil penelitian yang bersifat berkelanjutan. Kesimpulan yang diharapkan berupa informasi potensi permasalahan atau risiko terbesar yang terjadi dari produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo dan alternatif untuk menghindari potensi permasalahan tersebut terjadi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting Pengolahan Air Unit Produksi Pulung PUDAM Ponorogo

Unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo memiliki kapasitas produksi sebesar 25 L/detik. Air baku yang diolah berasal dari sungai yang ditangkap melalui intake lalu dialirkan dengan perpipaan menuju instalasi pengolahan. Dari intake menuju instalasi pengolahan yang didahului berupa unit prasedimentasi yang memiliki jarak 1 km. Selanjutnya air yang telah terolah di prasedimentasi masuk ke saringan pasir cepat. Selanjutnya dari saringan pasir cepat dilanjut ke pipa transmisi yang memiliki panjang 3 km menuju bak pelepas tekan. Dari bak pelepas tekan dilanjut ke reservoir yang berjarak 3 km. Berikut merupakan kondisi eksisting pada tiap unit pengolahan.

1. Intake

Intake unit produksi Pulung terletak di hulu sungai Mendak dengan elevasi 746 mdpl. Air baku dialirkan secara gravitasi menuju instalasi pengolahan dengan sistem perpipaan (pipa besi) sepanjang 1 km. Pada intake ini terdapat dua pipa yang diletakkan di dalam air. Sebelum pipa penyadap air, terdapat dua unit *screening* yang berfungsi untuk menyaring partikel berukuran besar agar tidak masuk ke dalam pipa. Unit *screening* yang pertama berupa besi berjajar berukuran 1 m x 0,8 m. Unit *screening* yang kedua berupa besi balok berukuran 1 m x 0,5 m x 0,5 m. Setelah melalui *screening* dan air masuk ke pipa penyalur, selanjutnya air dibawa menuju ke instalasi pengolahan air yang berjarak 1 km. Pipa penyalur air terdiri atas dua pipa, yaitu dengan diameter 4" dan 6". Pengecekan kondisi intake dan kualitas air (secara visual) dilakukan setiap hari pada dua waktu, yaitu pada pagi hari pukul 07.00 WIB serta sore hari pukul 17.00 WIB. Berbeda saat musim hujan, operator justru jarang melakukan pengecekan kondisi intake, mengingat medan jalan menuju intake yang sulit dan harus menyeberangi sungai yang mana saat hujan memiliki debit yang tinggi. Saat musim hujan dengan curah hujan yang tinggi, air dari intake yang masuk instalasi pengolahan air terpaksa harus dihentikan penyalurannya dengan menutup katup air dan membuangnya ke sungai, karena air yang masuk memiliki kekeruhan yang tinggi. Pada saat periode pengamatan dan pengambilan sampel, berdasarkan keterangan dari operator unit produksi, hujan dengan intensitas tinggi terjadi pada dini hari 15 Maret 2022, sehingga pada saat tersebut, katup air ditutup, dan air menuju pelanggan mati total karena tidak bisa dilakukan pengolahan.

2. Prasedimentasi

Setelah air dialirkan dari intake, selanjutnya masuk ke unit pengolahan yang pertama yaitu berupa prasedimentasi. Air yang masuk pada unit prasedimentasi ini memiliki debit sebesar 40 liter/detik. Air yang masuk terkumpul terlebih dahulu dalam satu inlet. Terdapat satu unit prasedimentasi yang terdiri atas dua bak. Pada unit ini terdapat proses awal yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan bahan organik dan organisme patogen pada air baku yang mana memiliki kekeruhan relatif rendah. Tiap bak unit prasedimentasi memiliki dimensi yaitu 4 m x 14 m. kedalaman total bak prasedimentasi yaitu 2,5 m, dengan tebal kerikil 25 cm dan tebal media pasir yaitu 25 cm. Menurut operator unit produksi Pulung, sejak tahun 2019, salah satu bak pada unit prasedimentasi mengalami kebocoran, sehingga yang berfungsi hanya satu bak. Saat hujan, katup yang berfungsi mengalirkan air ke bak prasedimentasi dimatikan, karena air harus dibuang ke sungai. Menurut staff perencanaan PUDAM Ponorogo, belum pernah dilakukan uji kualitas air pada outlet bak prasedimentasi. Hal ini karena mengingat PUDAM Ponorogo tidak memiliki laboratorium untuk menguji kualitas air, sehingga terdapat keterbatasan biaya jika harus melakukan pengujian di laboratorium Kesehatan Daerah Ponorogo. Menurut Kepala Bagian Teknik PUDAM Ponorogo, pengurasan dilakukan setiap 5 bulan sekali.

3. Saringan Pasir Cepat

Setelah air dialirkan dari prasedimentasi. Saringan Pasir Cepat (SPC) digunakan untuk pengolahan air setelah air terolah dari Prasedimentasi. SPC pada unit produksi Pulung terdiri atas tiga bak, dengan urutan struktur dari bawah pada tiap baknya yaitu sistem *underdrain*, kerikil ukuran kecil 10 cm, kerikil ukuran besar 10 cm, dan *sand filter* berupa pasir silika dengan tebal \pm 80 cm. Dimensi tiap baknya yaitu lebar 2,4 m, panjang 7,5 m, dan kedalaman 2,5 m. Pada SPC ini aliran air dari atas ke bawah, sehingga perlu dilakukan proses pencucian media filter. Proses pencucian atau *backwash* yang dilakukan oleh operator sebanyak 2 kali dalam seminggu.

4. Bak Pelepas Tekan

Bak pelepas tekan dibuat untuk menghindari tekanan yang tinggi, sehingga tidak akan merusak sistem perpipaan yang ada. Bak ini dibuat di tempat di mana tekanan tertinggi mungkin terjadi. Bak ini digunakan guna untuk menjaga tekanan agar tidak melebihi ketinggian 100 m. Bak pelepas tekan pada unit produksi Pulung ini terletak sejauh 3 km dari instalasi pengolahan air. Ukuran bak pelepas tekan (BPT) ini yaitu lebar dan panjang 1,8 m dan kedalaman 1,85 m.

5. Reservoir

Reservoir adalah penyimpanan sementara dari air yang telah terfilter pada unit saringan pasir cepat sebelum didistribusikan kepada pelanggan. Reservoir ini memiliki ukuran yaitu panjang 6 m, lebar 6 m, dan kedalaman 3 m. Menurut operator unit produksi Pulung, belum pernah dilakukan uji kualitas air produksi baik dengan parameter fisik dan kimia maupun mikrobiologis.

Sumber daya manusia pada bagian teknik PUDAM Ponorogo yaitu kepala sub bagian produksi dan perawatan, kepala sub bagian perencanaan dan pengawasan, serta operator yang berada di tiap IKK sebanyak 4 orang. Operator instalasi memiliki waktu kerja 12 jam dengan pembagian 2 shift perhari, pada tiap shift terdiri dari 1 orang. Rata-rata pendidikan terakhir tenaga kerja bagian produksi adalah SMP sederajat. Unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo tidak memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) secara tertulis, pada keputusan yang diambil operator seperti pengurusan dan pembersihan unit bergantung kepada instruksi dari kepala teknik PUDAM Ponorogo berupa Surat Perintah Kerja. Berjalannya proses operasional unit produksi berpedoman pada Surat Keputusan (SK) Direktur Utama PUDAM Ponorogo.

4.2 Karakteristik Kualitas Air pada Unit Produksi PUDAM Ponorogo

Pengujian kualitas air baku unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo dilakukan dengan mengambil air pada intake. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air baku unit produksi Pulung serta kesesuaiannya dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang baku mutu kelas sungai. Parameter yang diuji adalah pH, kekeruhan, TDS, dan *total coliform*.

Pengujian kualitas air baku dilakukan selama 6 hari dengan mengambil air pada intake unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo. Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 08.45 dari tanggal 14 Maret 2022 – 16 Maret 2022 dan 28 Maret 2022 – 30 Maret 2022. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui perubahan kualitas air baku setiap harinya. Pengambilan sampel air ini telah mewakili kondisi normal dan saat tidak normal (hujan). Kondisi tidak normal saat terjadi hujan pada tanggal 15 Maret 2022. Prosedur sampling dilakukan dengan pemilihan wadah, pencucian wadah sampel, hingga teknik sampling sesuai dengan SNI 6989.57:2008. Selain itu juga terdapat petunjuk pengambilan sampel air minum dari instalasi pengolahan air yang diatur dalam SNI 7828:2012.

Berdasarkan SNI 6989.57:2008, wadah yang digunakan untuk menyimpan sampel harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Terbuat dari bahan gelas atau plastik Poli Etilen (PE) atau Poli Propilen (PP) atau teflon (Poli Tetra Fluoro Etilen, PTFE)
- Dapat ditutup dengan kuat dan rapat
- Bersih dan bebas kontaminan
- Tidak berinteraksi dengan sampel

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan menggunakan botol plastik 600 mL untuk analisis fisik-kimia dan botol kaca 350 mL yang telah disterilisasi untuk analisis mikrobiologis. Proses sterilisasi dilakukan dengan autoclave selama 2 jam pada suhu 121°C dan tekanan 1,1 atm. Tujuan sterilisasi adalah agar botol menjadi steril sehingga sampel tidak terkontaminasi oleh zat-zat pengganggu.

4.2.1 Kualitas Air Baku pada Intake

Menurut Kepala Bagian Teknik PUDAM Ponorogo, telah dilakukan pengujian kualitas air baku pada unit produksi Pulung pada bulan November 2021, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Laboratorium (November 2021) oleh PUDAM Ponorogo

Parameter	Hasil	Baku Mutu Sungai Kelas I	Keterangan
pH	6,8	6-9	Memenuhi
TDS (mg/L)	119	1000	Memenuhi
Kekeruhan (NTU)	0,54	-	Memenuhi
Total Coliform (per 100 mL sampel)	>1600	1000	Tidak Memenuhi

Sumber: Dokumen PUDAM Ponorogo, 2021

Sedangkan berikut merupakan hasil uji laboratorium yang dilakukan peneliti secara *time series*.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Laboratorium

Parameter	Tanggal						Baku Mutu Sungai Kelas I	Keterangan
	14-Mar-2022	15-Mar-2022	16-Mar-2022	28-Mar-2022	29-Mar-2022	30-Mar-2022		
pH	7,90	7,82	7,66	7,98	7,98	7,82	6-9	Memenuhi
TDS (mg/L)	56	63	59	56	39	58	1000	Memenuhi
Kekeruhan (NTU)	4,98	34,10	5,52	4,21	3,70	3,86	-	Memenuhi
Total Coliform (per 100 mL sampel)	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	>2400	1000	Tidak Memenuhi

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2022

Berdasarkan data di atas dapat dilihat bahwa untuk parameter pH dan TDS memenuhi baku mutu sungai kelas I sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Sedangkan untuk parameter total coliform >2400 jml/100 ml yang menunjukkan bahwa masih belum memenuhi baku mutu untuk sungai kelas I dan masuk dalam baku mutu sungai kelas II, yaitu dengan batas maksimal 5000 jml/100 ml sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Kekeruhan air baku tertinggi selama periode pengamatan terdapat pada tanggal 15 Maret dengan 34,10 NTU, pengamatan tersebut dilakukan saat terjadi hujan. Sedangkan hasil kekeruhan lain diamati saat kondisi tidak hujan, dengan nilai kekeruhan air baku sungai berkisar antara 3,86 – 5,52 NTU. Parameter TDS air baku berdasarkan analisis cenderung stabil yaitu 39-63 mg/L. Parameter pH juga cenderung stabil yaitu berkisar antara 7,82 – 7,98.

4.2.2 Analisis Parameter Kekeruhan

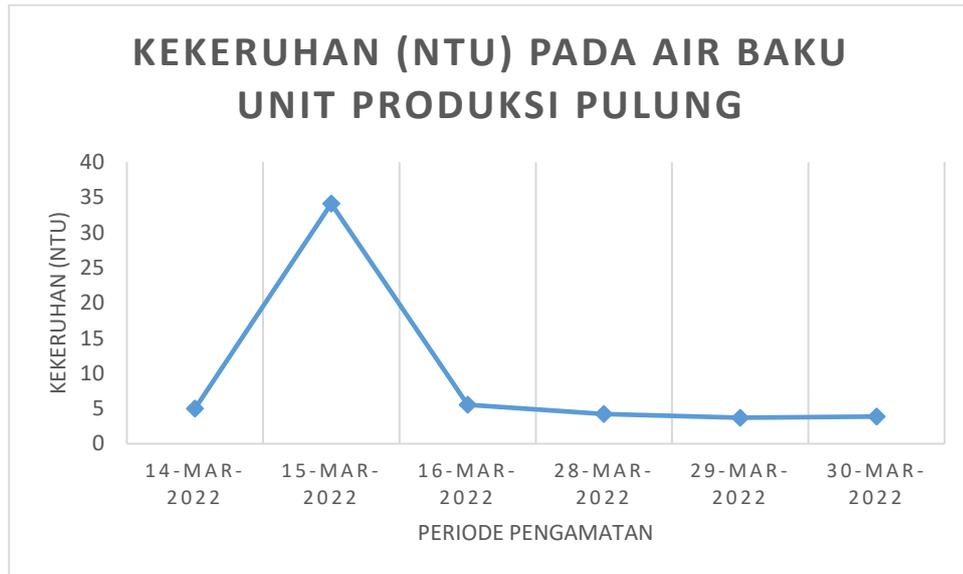
Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kekeruhan merupakan parameter fisik kualitas air minum dengan batas maksimum yaitu 5 NTU. Menurut Prayuda (2020), kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya zat organik maupun anorganik seperti lumpur dan limbah lainnya. Kekeruhan air dapat dihilangkan dengan proses pengendapan secara gravitasi pada prasedimentasi, pembubuhan alum dan pengendapan flok pada flokulator. Analisis kekeruhan dilakukan menggunakan turbidimeter. Hasil pengujian kekeruhan pada air baku, bak prasedimentasi, bak saringan pasir cepat, dan reservoir dapat dilihat di Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Analisis Parameter Kekeruhan

Tanggal	Satuan	Intake	Outlet Prasedimentasi	Outlet SPC	Reservoir	Baku Mutu
14 Maret 2022	NTU	4,98	3,05	2,74	1,39	5
15 Maret 2022		34,10	8,26	5,75	3,28	
16 Maret 2022		5,52	4,57	4,17	1,15	
28 Maret 2022		4,21	2,93	1,27	1,69	
29 Maret 2022		3,70	3,47	1,81	1,69	
30 Maret 2022		3,86	2,00	1,66	1,31	

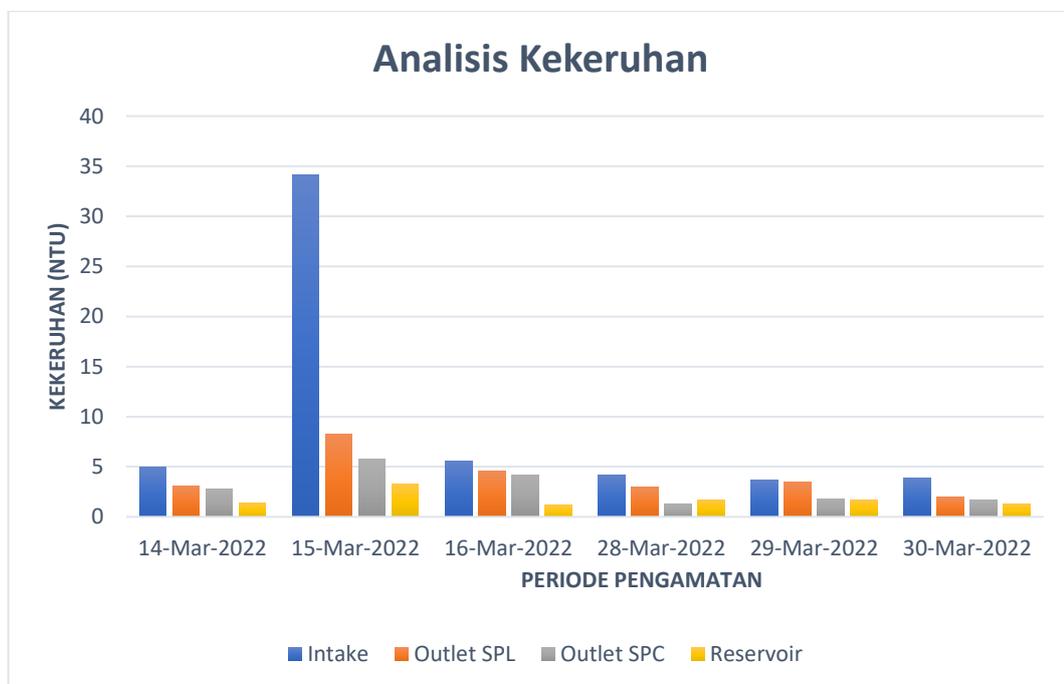
Sumber: Hasi Uji Laboratorium, 2022

Berdasarkan Tabel 4.3, hasil analisis kekeruhan pada air baku unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo diperoleh nilai kekeruhan tertinggi 34,10 NTU dan nilai kekeruhan terendah 3,70 NTU. Kekeruhan air baku cukup tinggi disebabkan adanya endapan yang ikut tersuspensi akibat besarnya debit air sungai pada saat musim hujan. Berikut merupakan grafik fluktuasi kekeruhan pada air baku saat periode penelitian 14 Maret hingga 16 Maret 2022 dan 28 Maret 2022 – 30 Maret 2022 yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Fluktuasi Kekeruhan Air Baku dalam Periode Penelitian

Nilai kekeruhan pada unit pengolahan Prasedimentasi, Saringan Pasir Cepat (SPC), dan reservoir juga menunjukkan fluktuasi sama halnya dengan kekeruhan pada air baku (intake). Didapatkan nilai kekeruhan yang masih memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Permenkes nomor 492 Tahun 2010 yaitu maksimal 5 NTU selama enam hari pengambilan sampel. Nilai kekeruhan tertinggi pada reservoir atau air produksi yaitu 3,28 NTU dan nilai terendahnya yaitu 1,15 NTU. Dari data primer hasil analisa parameter kekeruhan di atas, didapatkan bahwa nilai parameter kekeruhan air produksi dari Unit Produksi Pulung memenuhi standar baku mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010.



Gambar 4. 2 Grafik Penyisihan Kekeruhan tiap Waktu Penelitian

Berdasarkan Gambar 4. 2, secara umum penyisihan tergolong baik karena mulai dari intake hingga outlet reservoir, nilai kekeruhan cenderung mengalami penurunan, sehingga

menunjukkan bahwa tiap unit mulai dari prasedimentasi, SPC mampu melakukan penyisihan kekeruhan dengan baik.

4.2.3 Analisis Parameter pH

Analisis pH dilakukan menggunakan pH meter. Menurut Sawyer (1994), pH menunjukkan kadar asam atau basa yang terdapat dalam suatu larutan yang diketahui melalui konsentrasi ion hydrogen (H^+) dalam air. Beberapa parameter yang mempengaruhi nilai pH antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen, dan ion-ion. Hasil analisis pH dapat dilihat pada Tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Hasil Analisis Parameter pH

Tanggal	Intake	Outlet Prasedimentasi	Outlet SPC	Reservoir	Baku Mutu
14-Mar-2022	7,9	7,82	7,74	7,5	6,5-8,5
15-Mar-2022	7,82	7,66	7,66	7,42	6,5-8,5
16-Mar-2022	7,66	7,58	7,5	7,34	6,5-8,5
28-Mar-2022	7,98	7,82	7,58	7,42	6,5-8,5
29-Mar-2022	7,98	7,58	7,66	7,50	6,5-8,5
30-Mar-2022	7,82	7,34	7,42	7,26	6,5-8,5

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2022

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh pH tertinggi pada efluen reservoir adalah 7,5 dan pH terendah 7,26, analisis parameter pH sudah sesuai dengan PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 sehingga tidak perlu dilakukan analisis risiko.

4.2.4 Analisis Parameter TDS

Total Dissolved Solid (TDS) menggambarkan semua padatan baik organik maupun anorganik yang terlarut dalam air (Rafiqul Islam *et al.*, 2016). Perubahan dalam konsentrasi TDS berbahaya karena akan menyebabkan perubahan salinitas, perubahan komposisi ion-ion, perubahan kekeruhan dan kejernihan air, dan toksisitas masing-masing ion (Rahman *et al.*, 2020). Analisis TDS dilakukan menggunakan TDS meter. Analisis ini dilakukan untuk memperkirakan kualitas air minum karena mewakili jumlah ion dalam air. Hasil analisis TDS dapat dilihat pada Tabel 4.5

Tabel 4. 5 Hasil Analisis Parameter TDS

Tanggal	Satuan	Intake	Outlet Prasedimentasi	Outlet SPC	Reservoir	Baku Mutu
14-Mar-2022	mg/L	56	41	41	41	500
15-Mar-2022		63	34	37	39	
16-Mar-2022		59	37	37	37	
28-Mar-2022		56	37	36	43	
29-Mar-2022		39	37	33	40	
30-Mar-2022		58	37	36	36	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2022

Berdasarkan Tabel 4.5, kandungan TDS pada unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo masih sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan pada Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 yaitu maksimal 500 mg/L. Sehingga tidak perlu dilakukan analisis lanjutan pada sub bab analisis risiko.

4.2.5 Analisis Parameter Total Coliform

Total coliform merupakan kelompok bakteri yang termasuk di dalamnya bakteri jenis aerobik dan fakultatif anaerobik, dimana merupakan bakteri gram negatif. Keberadaan *total coliform* dapat berasal dari tinja manusia atau hewan dan dapat pula berada secara alamiah di dalam air. Total coliform juga sebagai indikator bahwa bisa saja terdapat mikroba lain dalam air tersebut, misalnya mikroba patogen seperti Giardia, Cryptosporidium, E. coli, dan lain-lain (WHO, 2017 dalam Arsyina *et al.*, 2019). Analisis *total coliform* dilakukan dengan MPN analisis. Hasil analisis *total coliform* dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Hasil Analisis Parameter Total Coliform

Tanggal	Satuan	Intake	Outlet Prasedimentasi	Outlet SPC	Reservoir	Baku Mutu
14-Mar-2022	MPN/100 mL Coliform	>2400	>1100	>2400	>1100	0
15-Mar-2022		>2400	>1100	>2400	460	
16-Mar-2022		>2400	>2400	>2400	>2400	
28-Mar-2022		>2400	>2400	>2400	>2400	
29-Mar-2022		>2400	>2400	>2400	460	
30-Mar-2022		>2400	>2400	460	75	

Sumber: Hasil Uji Laboratorium, 2022

Hasil yang diperoleh dari uji tersebut adalah air olahan dan air produksi unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo belum memenuhi baku mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 yaitu 0/100 ml sampel. Berdasarkan hasil penelitian terjadi fluktuasi cukup tinggi pada unit Saringan Pasir Cepat (SPC). Didapati pula tingginya nilai *total coliform* pada air produksi yang diambil pada outlet reservoir diakibatkan karena unit produksi Pulung tidak menambahkan proses klorinasi pada pengolahan air minum.

4.3 Efisiensi Unit Pengolahan

Efisiensi unit pengolahan ini berfokus pada parameter kekeruhan. Dalam menurunkan nilai kekeruhan dapat dilakukan dengan perhitungan yaitu nilai kekeruhan pada inlet dikurangi nilai kekeruhan pada outlet dibagi dengan nilai kekeruhan inlet dikalikan 100%. Berikut adalah hasil perhitungan efisiensi untuk parameter kekeruhan dengan rumus:

$$\% = \frac{\text{Influen} - \text{efluen}}{\text{Influen}} \times 100\%$$

4.3.1 Efisiensi Unit Prasedimentasi

Prasedimentasi pada unit produksi Pulung menerima air dari intake sungai. Menurut Reynold (1996), efisiensi removal kekeruhan pada unit prasedimentasi umumnya yaitu 80%
Tabel 4. 7 Efisiensi Removal Parameter Kekeruhan pada Unit Prasedimentasi

Tanggal	Intake (NTU)	Prasedimentasi (NTU)	Efisiensi Removal (%)
14-Mar-2022	4,98	3,05	38,76%
15-Mar-2022	34,1	8,26	75,78%
16-Mar-2022	5,52	4,57	17,21%
28-Mar-2022	4,21	2,93	30,40%
29-Mar-2022	3,7	3,47	6,22%

Tanggal	Intake (NTU)	Prasedimentasi (NTU)	Efisiensi Removal (%)
30-Mar-2022	3,86	2,00	48,19%

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa penyisihan kekeruhan pada unit Prasedimentasi memiliki range yang besar yaitu antara 6,22% - 75,78%. Efisiensi penyisihan kekeruhan paling tinggi terjadi pada saat kekeruhan pada inlet yang tertinggi, sedangkan efisiensi terendah didapat saat nilai kekeruhan paling rendah. Dapat dilihat bahwa efisiensi penyisihan masih belum memenuhi kriteria desain yang ada.

4.3.2 Efisiensi Unit Saringan Pasir Cepat

Saringan Pasir Cepat (SPC) digunakan untuk pengolahan air setelah air terolah dari Prasedimentasi. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), saringan pasir cepat ini bertujuan untuk menyaring partikel yang tidak terendapkan pada bak sedimentasi dan juga dapat mereduksi bakteri.

SPC pada unit produksi Pulung terdiri atas tiga bak, dengan urutan struktur dari bawah pada tiap baknya yaitu sistem *underdrain*, kerikil ukuran kecil 10 cm, kerikil ukuran besar 10 cm, dan *sand filter* berupa pasir silika dengan tebal \pm 80 cm. Pada SPC ini aliran air dari atas ke bawah, sehingga perlu dilakukan proses pencucian media filter. Proses pencucian atau *backwash* yang dilakukan oleh operator sebanyak 2 kali dalam seminggu. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), efisiensi unit SPC dalam menurunkan kekeruhan yaitu sebesar 90-98%, dengan kekeruhan influen berkisar 5-10 NTU.

Tabel 4. 8 Efisiensi Removal Parameter Kekeruhan pada Unit Saringan Pasir Cepat (SPC)

Tanggal	Prasedimentasi (NTU)	SPC (NTU)	Efisiensi Removal (%)
14-Mar-2022	3,05	2,74	10,16%
15-Mar-2022	8,26	5,75	30,39%
16-Mar-2022	4,57	4,17	8,75%
28-Mar-2022	2,93	1,27	56,66%
29-Mar-2022	3,47	1,81	47,84%
30-Mar-2022	2,00	1,66	17,00%

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa penyisihan kekeruhan pada unit Saringan Pasir Cepat memiliki range yang besar yaitu antara 8,75% - 56,66%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan nilai kekeruhan inlet yang berkisar 5-10 NTU, mampu diremoval nilai kekeruhannya namun dengan efisiensi yang jauh dari kriteria desain (90-98%)

4.4 Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan

FMEA digunakan untuk mencari risiko terbesar yang menjadi penyebab penurunan kualitas air produksi. Seluruh penilaian *severity*, *occurance*, dan *detection* menggunakan skala lima untuk menjamin konsistensi analisis risiko (Yogaswara, 2021)

4.4.1 Analisis Diagram *Fishbone*

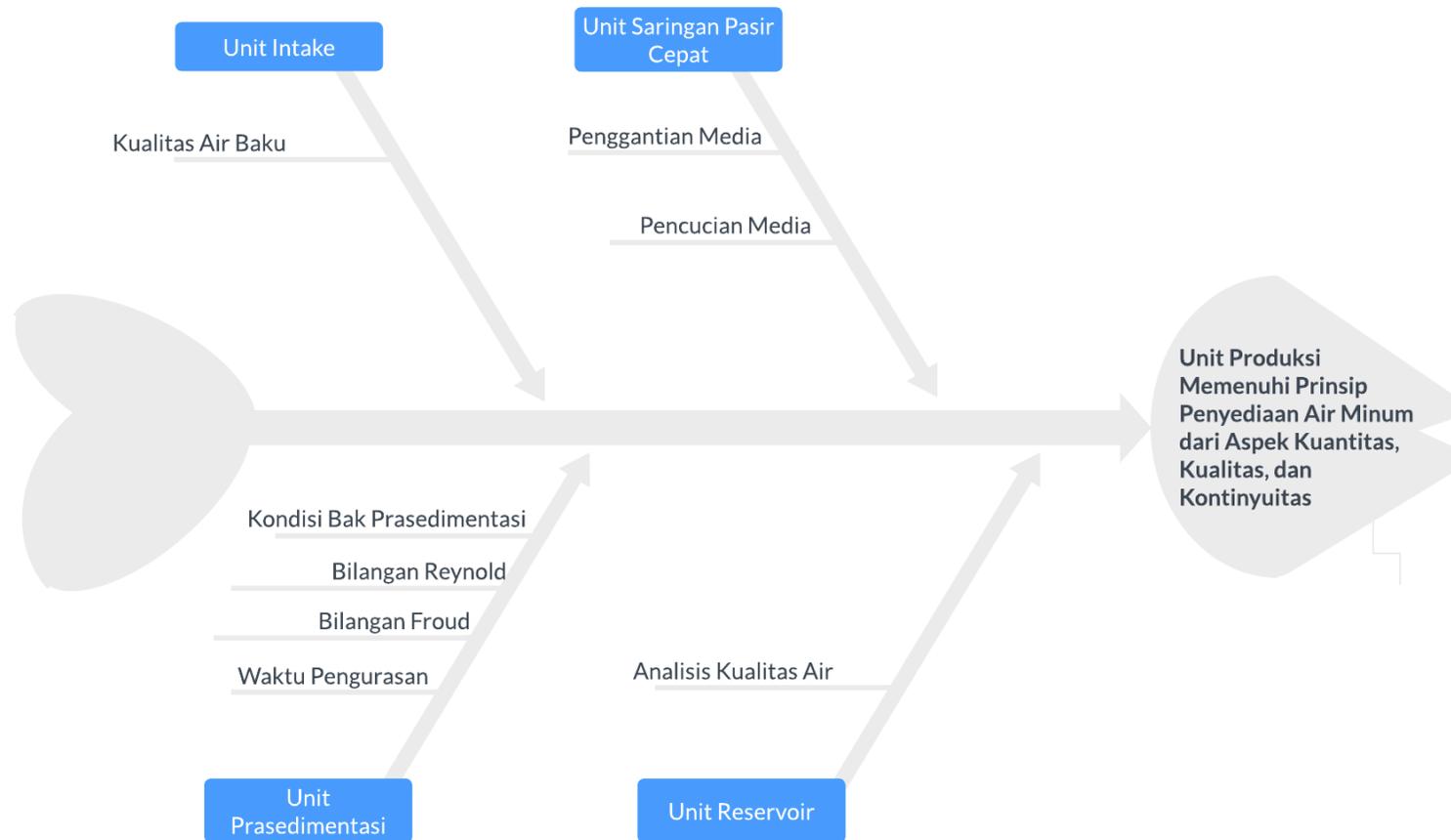
Fishbone analysis digunakan untuk mempermudah identifikasi untuk memperoleh nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* sebagai dasar perhitungan nilai RPN untuk

pengambilan kesimpulan sehingga upaya pencegahan kegagalan dapat dirumuskan. Dalam pembuatan *fishbone diagram* didasarkan pada kuisisioner yang telah diisi oleh pekerja, hasil wawancara dengan kepala bagian teknik, staff perencanaan, dan operator unit produksi serta survei kondisi eksisting unit produksi Pulung PUDAM Kab. Ponorogo yang kemudian dijadikan sebagai sebuah permasalahan untuk dianalisis. Aspek yang diidentifikasi dalam *fishbone analysis* pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Teknis: Mencakup terkait kondisi kualitas air baku, kualitas air unit pengolahan, dan kondisi eksisting unit pengolahan air yang digunakan.
2. Non teknis:
 - Perilaku operator dalam mengoperasikan unit pengolahan air.
 - Kebijakan manajemen produksi mengenai operasional unit produksi dan upaya meningkatkan kualitas para pekerja.

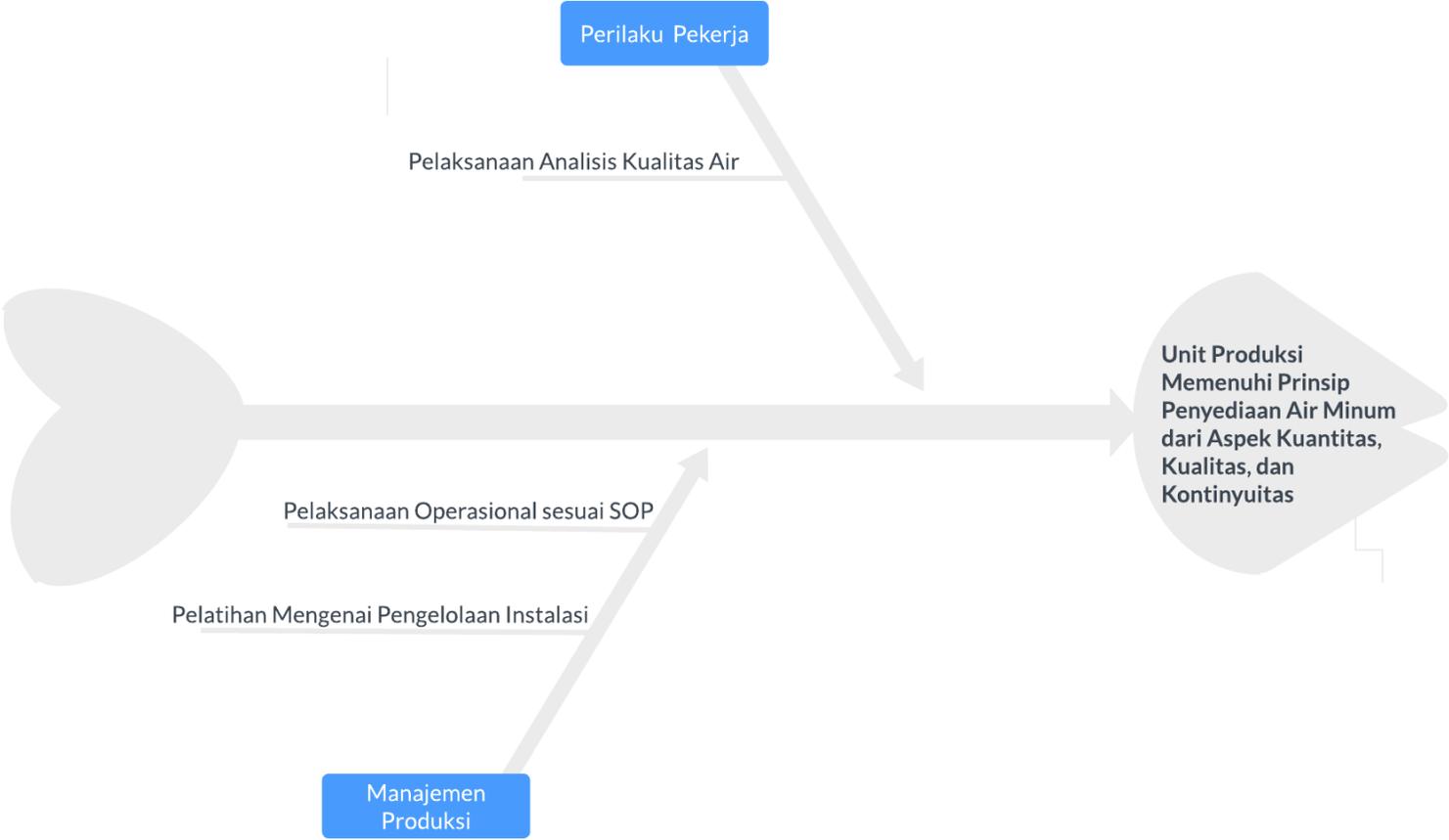
Dalam mendukung identifikasi ini, dilakukan wawancara melalui lembar kuisisioner. Lembar kuisisioner yang digunakan untuk wawancara dibagi menjadi 2, yakni lembar kuisisioner bagian teknis dan bagian non teknis. Lampiran lembar kuisisioner dapat dilihat pada lampiran I dan II. Berikut adalah analisis kegagalan menggunakan *fishbone diagram* dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Diagram fishbone pada Gambar 4.3 dan 4.4 disusun berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan pada tanggal 14 Maret-30 Maret 2022 dan hasil kuisisioner dengan wawancara kepada kepala teknik, staff perencanaan, serta operator unit produksi PUDAM Kab. Ponorogo.

Fishbone Diagram Aspek Teknis



Gambar 4. 3 Diagram *Fishbone* Aspek Teknis

Fishbone Diagram Aspek Non Teknis



Gambar 4. 4 Diagram *Fishbone* Aspek Non Teknis

Penjelasan mengenai masing-masing faktor yang menyebabkan unit produksi belum memenuhi prinsip penyediaan air minum yaitu kuantitas, kualitas, serta kontinuitas, sehingga air olahan memiliki risiko tidak memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Kualitas Air Minum adalah sebagai berikut. Penjelasan ataupun analisis ini diharapkan mempermudah dalam penilaian RPN dan pengambilan kesimpulan penyebab dan upaya pencegahan.

a. Aspek Teknis

1. Unit Intake

Pengecekan kondisi intake unit produksi Pulung dilakukan setiap hari. Namun, saat hujan, operator kesulitan melakukan pengecekan intake karena jarak dari IPA yang jauh yaitu sejauh 1 km disertai medan yang ekstrim yaitu harus menyeberangi sungai. Hal ini dianggap berisiko bagi operator, sehingga saat hujan operator hanya melakukan kontrol dari IPA, yaitu mematikan katup untuk aliran air menuju unit pengolahan pertama (Prasedimentasi), dan air terpaksa dibuang ke sungai. Pembuangan air ke sungai saat hujan dilakukan juga karena alasan tidak optimalnya prasedimentasi dan saringan pasir cepat dalam meremoval tingkat kekeruhan yang tinggi.

Pengujian kualitas air baku pada sungai Mendak dilakukan 1 tahun sekali oleh PUDAM Kab. Ponorogo. Hal ini berkaitan dengan pertimbangan biaya dan banyaknya unit produksi yang dimiliki Kab. Ponorogo, sehingga dalam 1 tahun, pengujian air baku dilakukan pada unit produksi yang berbeda tiap bulannya. Pada November 2021, dilakukan pengujian kualitas air baku sungai Mendak, dengan hasil kualitas yang memenuhi baku mutu sungai kelas II. Pun juga dari hasil analisis kualitas air baku yang dilakukan oleh peneliti dalam periode 14 Maret – 30 Maret 2022, kualitas air baku menurut PP No 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air, air baku sungai untuk unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo termasuk dalam kelas II. Padahal untuk persyaratan sebagai air baku untuk air minum, sungai tersebut harusnya masuk kelas I. Kualitas air baku sungai Mendak tergantung pada cuaca. Berdasarkan keterangan operator, kekeruhan maksimal terjadi saat curah hujan tinggi dan air terpaksa harus dibuang ke sungai (tidak dilakukan pengolahan) karena keterbatasan dari kemampuan unit pengolahan yang tidak mampu menurunkan kekeruhan yang tinggi. Belum pernah dilakukan pengambilan sampel air saat hujan berlangsung, sehingga kekeruhan hanya diketahui secara visual tanpa diketahui nilai kekeruhannya.

2. Unit Prasedimentasi

Berdasarkan hasil wawancara, sejak tahun 2019, salah satu bak pada unit prasedimentasi mengalami kebocoran, sehingga yang berfungsi hanya satu bak. Saat hujan, katup yang berfungsi mengalirkan air ke bak prasedimentasi dimatikan, karena air harus dibuang ke sungai. Menurut staff perencanaan PUDAM Ponorogo, belum pernah dilakukan uji kualitas air pada outlet bak prasedimentasi. Hal ini karena mengingat PUDAM Ponorogo tidak memiliki laboratorium untuk menguji kualitas air, sehingga terdapat keterbatasan biaya jika harus melakukan pengujian di laboratorium Kesehatan Daerah Ponorogo. Menurut Kepala Bagian Teknik PUDAM Ponorogo, dari awal dibangun hingga saat ini, belum pernah dilakukan penggantian media pada prasedimentasi, dan saat ini media pasir pada Prasedimentasi dibuang karena difungsikan hanya untuk mengendapkan partikel diskrit (sebagai bak prasedimentasi) dan sebagai tampungan. Pengurasan bak prasedimentasi dilakukan setiap 5 bulan sekali.

3. Unit Saringan Pasir Cepat (SPC)

SPC pada unit produksi Pulung terdiri atas tiga bak, dengan urutan struktur dari bawah pada tiap baknya yaitu sistem *underdrain*, kerikil ukuran kecil 10 cm, kerikil ukuran besar 10 cm, dan *sand filter* berupa pasir silika dengan tebal ± 80 cm. Pada SPC ini aliran air dari atas

ke bawah, sehingga perlu dilakukan proses pencucian media filter. Pencucian dan penggantian media berpengaruh pada kinerja pengolahan unit filter. Pencucian atau backwash harus dilaksanakan sesuai dengan kriteria menurut SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air yaitu pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian antara 18-24 jam. Media filter perlu diganti sesuai periode penggunaannya agar media tidak jenuh dan dapat menyaring partikel dengan optimal. Dari hasil wawancara dan survei langsung ke lapangan, proses pencucian atau *backwash* yang dilakukan oleh operator sebanyak 2 kali dalam seminggu. Dalam 1 kali pencucian, dilakukan selama 4 jam, yaitu mulai dari pukul 11.00 s/d 15.00 WIB. Sedangkan terkait penggantian media filter, semenjak dibangun hingga sekarang belum pernah dilakukan, sehingga hal ini berpengaruh pada efisiensi removal kekeruhan yang belum sesuai kriteria yang ada.

Prinsip penyediaan air minum dua diantaranya adalah memenuhi aspek kuantitas dan kontinuitas (Masqudi dan Assomadi, 2012). Pada saat musim hujan dengan curah hujan yang tinggi, air dari intake yang masuk instalasi pengolahan terpaksa harus dihentikan penyalurannya dengan menutup katup air dan membuangnya ke sungai, karena secara visual air yang masuk memiliki kekeruhan yang tinggi dan apabila diolah melalui unit Saringan Pasir Cepat tidak berhasil mengurangi tingkat kekeruhan. Pada saat periode pengamatan dan pengambilan sampel, berdasarkan keterangan dari operator unit produksi, hujan dengan intensitas tinggi terjadi pada dini hari 15 Maret 2022, sehingga pada saat tersebut katup air ditutup, dan air menuju pelanggan mati total karena tidak bisa dilakukan pengolahan. Menurut keterangan dari operator produksi, penghentian pengolahan serta penyaluran air ini seringkali dilakukan saat hujan deras dan air baku (air sungai) secara visual terlihat keruh. Keputusan untuk melakukan penghentian pengolahan serta penyaluran air ini menyebabkan unit produksi belum memenuhi prinsip penyediaan air minum yaitu pada aspek kuantitas dan kontinuitas.

4. Unit Reservoir

Kualitas outlet reservoir perlu dilakukan pengujian kualitas air guna mengontrol kualitas air sebelum didistribusikan dalam keadaan atau kualitas yang baik yaitu memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010. Pengecekan kualitas air baik parameter fisik, kimia, maupun pada reservoir belum pernah dilakukan, karena menurut hasil wawancara dengan Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, pengecekan pada air baku telah memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010, sehingga dirasa untuk air hasil produksi kurang lebih memiliki kualitas yang sama. Dari hasil pengujian sampel air yang dilakukan peneliti, air hasil produksi pada reservoir telah memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010, kecuali untuk parameter *Total Coliform* yang masih tinggi karena tidak adanya proses klorinasi.

b. Aspek Non Teknis

1. Perilaku Pekerja

Perilaku pekerja unit produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo memengaruhi kinerja unit-unit sistem pengolahan. Perilaku pekerja yang dibahas yaitu terkait pelaksanaan analisis kualitas air sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010.

• Pelaksanaan Analisis Kualitas Air

Dijelaskan bahwa pelaksanaan analisis kualitas air sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum, parameter yang wajib diuji untuk internal adalah parameter fisik, mikrobiologi, sisa klor, kimia wajib dan kimia tambahan. Namun yang terjadi di lapangan terkait dengan periode pengujian kualitas air, belum dilaksanakan sesuai Permenkes No 736 Tahun 2010, yang mana harusnya dilakukan 1 bulan sekali pada parameter fisik maupun mikrobiologi.

2. Manajemen Operator

Operator dalam melaksanakan tugasnya harus memiliki wawasan dan sesuai dengan *Standard Operating Procedure* (SOP) yang berlaku. Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum bahwa Sistem Penyediaan Air Minum perlu menetapkan ketentuan teknis mengenai unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan. Dari hasil wawancara terkait dengan pengetahuan operator, operator kurang mengetahui Permen PUPR No 26 Tahun 2014 dan SOP, namun operator unit produksi dalam menjalankan tugasnya telah mengikuti instruksi ataupun penjabaran dari Surat Keputusan (SK) Direktur Utama PUDAM Kab. Ponorogo. Dalam penjabaran SK Direktur terdapat Tugas Pokok dan Fungsi (TUPOKSI) meskipun belum secara detail. Kepala Teknik PUDAM Ponorogo menyampaikan bahwa walaupun tidak ada SOP secara tertulis, terkait pengoperasian di lapangan, operator sudah mengetahui tanggung jawab atas pekerjaannya masing-masing. Menurut Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, tidak adanya SOP secara tertulis bertujuan agar tidak terlalu kaku kepada para pekerja, namun disampaikan bahwa kedepannya akan ada SOP yang mengarah ke Permen PUPR No 26 Tahun 2014.

Berdasarkan hasil wawancara dengan Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, pelatihan yang pernah diikuti operator adalah pelatihan mengenai pengelolaan Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang diberikan pada satu orang saja sebagai perwakilan, serta pelatihan non formal sekaligus instruksi berupa tata cara melihat pH dan kekeruhan.

Dalam membuat diagram *fishbone* disesuaikan dengan kondisi yang ada di lapangan saat ini. Permasalahan yang terjadi pada masing-masing unit dipengaruhi oleh beberapa faktor yang akan digambarkan dalam diagram. *Fishbone analysis* akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga didapat nilai akhir berupa *Risk Priority Number* (RPN) yang kemudian dijadikan pertimbangan untuk menentukan masalah atau risiko bahaya yang terjadi dalam sistem produksi air minum.

Berdasarkan hasil analisis diagram *fishbone*, didapatkan beberapa list permasalahan yang terjadi pada proses pengolahan hingga produksi air minum di unit produksi Pulung PUDAM Kab. Ponorogo yang dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi seperti fluktuasi kualitas air baku, tidak adanya klorinasi, pengujian kualitas air produksi yang tidak sesuai dengan ketentuan.

4.4.2 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko

Penentuan bobot untuk masing-masing risiko digunakan untuk memudahkan dalam mempertimbangkan tindakan prioritas perbaikan. Bobot merupakan nilai yang diberikan kepada risiko yang terjadi sehingga memudahkan pengambilan keputusan untuk prioritas bahaya dan tindakan penyelesaiannya. Pemberian bobot diberikan mengacu pada besaran dampak yang dihasilkan yang dilihat dari kondisi lapangan, hasil uji laboratorium, dan hasil diskusi dengan pihak PUDAM Kab. Ponorogo. Pembobotan ditinjau dari kinerja unit instalasinya, dibagi menjadi 2 bagian yaitu secara teknis dan nonteknis. Semakin banyak risiko dari kegagalan yang ditimbulkan, maka semakin besar bobot yang diberikan. Pembobotan untuk masing masing faktor risiko dapat dilihat di Tabel 4.9. dan Tabel 4.10.

Tabel 4. 9 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Teknis

Faktor	Bobot
Unit Intake	0,21
Unit Prasedimentasi	0,24
Unit Saringan Pasir Cepat	0,25
Unit Reservoir	0,30

Tabel 4. 10 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Non Teknis

Faktor	Bobot
Perilaku Pekerja	0,60
Manajemen Produksi	0,40

Selanjutnya dilakukan pembobotan untuk setiap permasalahan yang terjadi pada setiap unit. Pembobotan entitas dilakukan berdasarkan kondisi di lapangan dan besaran dampak yang dihasilkan yaitu semakin besar dampak yang dapat dihasilkan maka semakin besar pula nilai yang diberikan. Selain itu juga berdasarkan tingkat urgensi pengendalian yang dapat dilaksanakan terlebih dahulu sesuai kemampuan PUDAM Ponorogo. Pembobotan Entitas Aspek Teknis dapat dilihat pada Tabel 4.11 dan Aspek Non Teknis pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 11 Pembobotan Entitas Aspek Teknis

Faktor	Bobot
Intake	
Kualitas Air Baku	1
	1
Prasedimentasi	
Kondisi Bak Prasedimentasi	0,24
Bilangan Reynold	0,27
Bilangan Froude	0,29
Waktu Pengurasan	0,20
	1
Faktor	Bobot
Saringan Pasir Cepat	
Penggantian Media Filter	0,60
Pencucian Media Filter	0,40
	1
Reservoir	
Pengujian Kualitas Air Produksi	1
	1

Tabel 4. 12 Pembobotan Entitas Aspek Non Teknis

Faktor	Bobot
Perilaku Pekerja	
Analisis Kualitas Air Sesuai Permenkes No. 736 Tahun 2010	1
	1
Manajemen Produksi	
Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	0,55
Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi	0,45
	1

4.4.3 Penentuan Nilai *Severity*

Menurut Prayuda (2020), *severity* merupakan langkah awal untuk menganalisis risiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian yang dapat memengaruhi *output* proses. Penentuan nilai *severity* berdasarkan data analisis laboratorium kualitas air unit pengolahan dan observasi di lapangan. Perhitungan nilai *severity* mempertimbangkan keadaan ideal dibandingkan dengan keadaan eksisting. Sebelum dilakukan penilaian *severity*, dibuat skala besaran risiko terlebih dahulu untuk memudahkan penilaian. Dalam analisis ini digunakan batasan nilai *severity* dengan rentang 1 – 5. Menurut Wahyuningsih (2018), dalam pembuatan tabel nilai *severity* dapat disesuaikan dengan kondisi penilaian, pembobotan kuisisioner, proses produksi dan jenis pengolahan air pada unit produksi. Rentang penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Penilaian *Severity*

Rating	Deskripsi	Nilai
1	Kegagalan bersifat minor sehingga pihak pelanggan (internal dan eksternal) tidak mendeteksi kegagalan tersebut	$\leq 20\%$
2	Kegagalan akan mengakibatkan sedikit gangguan pelanggan dan/atau sedikit penurunan bagian kinerja sistem	20%
3	Kegagalan akan mengakibatkan ketidakpuasan dan gangguan pada pelanggan dan/atau penurunan kinerja bagian atau sistem	40%
4	Kegagalan akan menghasilkan tingkat ketidakpuasan pelanggan yang tinggi dan menyebabkan tidak berfungsinya sistem	60%
5	Kegagalan akan mengakibatkan ketidakpuasan pelanggan yang tinggi dan menyebabkan operasi non-sistem atau ketidakpatuhan terhadap peraturan pemerintah	$\geq 80\%$

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Menurut Fitrianti (2016), sebelum melakukan penilaian *severity*, dibuat skala besaran risiko terlebih dahulu untuk memudahkan penilaian. Selanjutnya dideskripsikan masing-masing skala kondisi lingkungannya untuk menjamin konsistensi dalam analisa risiko. Skala besaran risiko dan skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4. 14 Deskripsi Skala Besar Risiko dan Kondisi Lingkungan

Skala Besar Risiko yang Ditimbulkan				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Risiko yang ditimbulkan tidak berpengaruh pada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko ditimbulkan berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu dan berpengaruh kepada hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan air produksi melampaui standar baku mutu
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kondisi ideal yang diinginkan untuk dicapai, tidak menimbulkan pengaruh pada proses selanjutnya	Kondisi membuat timbulnya risiko dapat berpengaruh ke proses selanjutnya, masih memenuhi standar baku mutu	Kondisi membuat timbulnya risiko menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu, masih memenuhi standar baku mutu	Kondisi di bawah batasan baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Kondisi telah jauh dibawah baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi melampaui standar baku mutu

Sumber: Wahyuningsih, 2018 dalam Yogaswara, 2021

- **Aspek Teknis**

A. Penentuan *Severity* pada Unit Intake

1. Kualitas Air Baku

Kualitas air baku yang digunakan oleh unit produksi Pulung cenderung memiliki tingkat kekeruhan, TDS, dan pH yang masih memenuhi baku mutu. Saat musim penghujan, ditemui nilai kekeruhan yang cukup berfluktuasi namun masih memenuhi baku mutu. Berbeda dengan parameter mikrobiologis, ditemui selama periode pengambilan sampel, total coliform cenderung melampaui baku mutu. Unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo dalam memantau kualitas air bakunya tidak merujuk pada peraturan manapun, namun berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air dengan baku mutu TDS adalah 1000 mg/L, pH 6-9 dan Total Coliform <1000 jml/100 ml merupakan baku mutu untuk air kelas I yang peruntukannya sebagai air baku untuk air minum. Pada tabel 4.15 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil sehingga merupakan kondisi terbaik yaitu apabila air baku memenuhi seluruh baku mutu. Nilai *severity* kualitas air baku dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 Nilai *Severity* Kualitas Air Baku

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Air baku memenuhi seluruh baku mutu sungai kelas I dengan jumlah Total Coliform 0 (per 100 mL sampel)	Air baku memenuhi baku mutu sungai kelas I dan dengan jumlah Total Coliform < 1000 (per 100 mL sampel)	Air baku tidak memenuhi baku mutu sungai kelas I dan dengan jumlah Total Coliform = 1000 (per 100 mL sampel)	Air baku tidak memenuhi baku mutu sungai kelas I dan dengan jumlah Total Coliform ≥ 1000 (per 100 mL sampel)	Air baku tidak memenuhi seluruh baku mutu sungai kelas I dan parameter jumlah Total Coliform, yaitu >> 1000 (per 100 mL sampel)

Berdasarkan dari penilaian skala kondisi lingkungan pada kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari kualitas air baku adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{Nilai\ Skala\ Ideal - Nilai\ Skala\ Eksisting}{Nilai\ Skala\ Ideal} \times 100\% \\
 &= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada kualitas air baku adalah 60% maka masuk ke dalam tingkatan rangking ke-4 dalam penilaian *severity*.

B. Penentuan *Severity* pada Unit Prasedimentasi

1. Kondisi Bak Prasedimentasi

Berdasarkan dari hasil wawancara dan observasi di lapangan kondisi salah satu dari total 2 bak prasedimentasi tidak dapat digunakan dikarenakan mengalami keretakan sehingga bocor akibat faktor usia (dibangun sejak 1995). Dampak akibat tidak berfungsinya kondisi bak prasedimentasi ini adalah air hanya terolah di salah satu bak sehingga kapasitas air olahan dari unit ini berkurang.

Pada Tabel 4.16 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari kondisi bak prasedimentasi yaitu bak prasedimentasi berfungsi dengan baik. Sedangkan skala 2 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang buruk, yaitu kapasitas berkurang dan masih bisa meremoval kekeruhan. Berdasarkan hasil pengamatan kekeruhan pada unit prasedimentasi masih dapat mengurangi kekeruhan, meskipun efisiensinya tidak stabil, dengan rentang efisiensi yaitu 6-75%, sedangkan menurut Reynold (1996), efisiensi removal pada unit prasedimentasi umumnya yaitu 80%.

Tabel 4. 16 Nilai *Severity* Kondisi Bak Prasedimentasi

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Unit prasedimentasi beroperasi dengan baik dan dapat meremoval kekeruhan >80%	Unit prasedimentasi beroperasi dengan baik dan dapat meremoval kekeruhan 75-80%	Unit prasedimentasi beroperasi kurang baik dan kemampuan removal kekeruhan 70-75%	Unit prasedimentasi beroperasi kurang baik dan kemampuan removal kekeruhan yang fluktuatif (5%-75%)	Unit prasedimentasi tidak beroperasi dan tidak dapat menurunkan kekeruhan

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* kondisi bak prasedimentasi adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada kondisi bak prasedimentasi adalah 60% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-4 dalam perangkingan *severity*.

2. Bilangan Reynold (Nre)

Pada Tabel 4.17 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal bilangan reynold yaitu sesuai dengan kriteria desain <2000. Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran, didapatkan nilai bilangan reynold adalah 2496,88. Menurut Prayuda (2020), bilangan reynold yang belum memenuhi kriteria menunjukkan kondisi pengendapan dalam prasedimentasi turbulen yang akan menyebabkan pengendapat sulit

berlangsung. Adanya pengendapan yang sulit, dapat menyebabkan penyisihan kekeruhan pada prasedimentasi menjadi rendah. Meskipun berdasarkan hasil uji laboratorium, unit prasedimentasi mampu meremoval kekeruhan, namun dilihat dari efisiensi removalnya masih belum memenuhi kriteria desain. Ketidaksesuaian efisiensi removal terhadap kriteria desain akan berpotensi menghambat proses pengendapan kala air memiliki kekeruhan tinggi (saat hujan). Sehingga skala 4 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko baik, namun belum sesuai kriteria desain. Nilai *severity* bilangan reynold dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4. 17 Nilai *Severity* Bilangan Reynold

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Bilangan Reynold <2000	Bilangan Reynold 2001-8500	Bilangan Reynold 8501-15000	Bilangan Reynold 15001-21500	Bilangan Reynold >21500

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan reynold adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-4}{5} \times 100\% = 20\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada bilangan reynold adalah 20% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-2 dalam perangkingan *severity*.

3. Bilangan Froude (Nfr)

Pada Tabel 4.18 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal bilangan Froude sesuai dengan kriteria desain yaitu $>10^{-5}$. Berdasarkan hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran, didapatkan nilai bilangan froude adalah $3,7 \times 10^{-7}$. Kondisi bilangan froude tersebut belum memenuhi kriteria desain. Sama halnya dengan bilangan reynold, meskipun berdasar hasil uji laboratorium, unit prasedimentasi mampu meremoval kekeruhan, namun dilihat dari efisiensi removalnya masih belum memenuhi kriteria desain. Ketidaksesuaian efisiensi removal terhadap kriteria desain akan berpotensi menghambat proses pengendapan kala air memiliki kekeruhan tinggi (saat hujan). Sehingga skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak yang sangat kecil. Skala 1 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko sangat buruk. Nilai *severity* bilangan froude dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4. 18 Nilai *Severity* Bilangan Froude

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Bilangan froude >10 ⁻⁵	Bilangan froude 7,6x10 ⁻⁶ –9,9 x 10 ⁻⁶	Bilangan froude 5,1x10 ⁻⁶ –7,5 x 10 ⁻⁶	Bilangan froude 2,6x10 ⁻⁶ –5x10 ⁻⁶	Bilangan froude 1 x 10 ⁻⁶ –2,5x10 ⁻⁶ atau < 1 x 10 ⁻⁶

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan froude adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$Severity = \frac{Nilai Skala Ideal - Nilai Skala Eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\%$$

$$= \frac{5-1}{5} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada bilangan reynold adalah 80% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-5 dalam perangkaan *severity*.

4. Waktu Pengurasan

Berdasarkan wawancara dan hasil kuisisioner, kondisi ideal untuk menguras lumpur dan sedimen dilakukan secara manual setiap 2 minggu sekali. Namun pada kondisi eksisting didapati pengurasan dilakukan setiap 5 bulan. Dampak yang ditimbulkan oleh lamanya waktu pengurasan adalah dapat mempengaruhi waktu detensi unit prasedimentasi dan efisiensi penyisihan kekeruhan. Berikut nilai *severity* pengurasan prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Nilai *Severity* Waktu Pengurasan

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengurasan dilakukan setiap 2 minggu sekali	Pengurasan dilakukan setiap sebulan sekali	Pengurasan dilakukan setiap 2 bulan sekali	Pengurasan dilakukan setiap 3-6 bulan sekali	Pengurasan dilakukan setahun sekali

Pada Tabel 4.19 diperoleh bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari pengurasan sedimen prasedimentasi adalah setiap 2 minggu sekali. Sedangkan dari hasil wawancara operator, skala 2 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala

besaran risiko dampak yang (buruk) yaitu pengurasan dilakukan setiap 5 bulan sekali. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengurasan bak prasedimentasi sebagai berikut.

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari waktu pengurasan adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\ &= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada waktu pengurasan adalah 60% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-4 dalam perangkaan *severity*.

C. Penentuan *Severity* pada Unit Saringan Pasir Cepat

1. Penggantian Media Filter

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner, unit saringan pasir cepat pada unit produksi Pulung tidak pernah mengalami penggantian media sejak unit dibangun. Menurut Peraturan Environmental Protection Agency tahun 1995 tentang Water Treatment Manual for Filtration adalah penggantian media filter diganti setiap 3 tahun sekali. Dampak dari tidak dilaksanakannya penggantian media adalah risiko terjadi *clogging* menjadi lebih besar akibat media telah jenuh sehingga menyebabkan penyaringan tidak optimal dan memengaruhi kualitas hasil produksi. Menurut Shammas dan Wang (2010), kriteria efisiensi unit *rapid sand filter* dalam meremoval kekeruhan yaitu 87%, Namun berdasarkan dari analisis kualitas air, efisiensi kekeruhan tidak mencapai kriteria tersebut. Sehingga saat hujan terjadi (kondisi kritis), unit saringan pasir cepat tidak mampu meremoval kekeruhan dengan baik. Pada Tabel 4.20 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari penggantian media yaitu 1 bulan sekali. Sedangkan skala 1 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sangat parah.

Tabel 4. 20 Nilai *Severity* Penggantian Media Filter

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Penggantian media 3 tahun sekali	Penggantian media 4 tahun sekali	Penggantian media 5 tahun sekali	Tidak pernah dilakukan penggantian media namun dilakukan penambahan media	Tidak pernah dilakukan penggantian media maupun penambahan media

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari penggantian media filter adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\ &= \frac{5-1}{5} \times 100\% = 80\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada penggantian media filter adalah 80% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-5 dalam perangkingan *severity*.

2. Pencucian Media Filter

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner pada PUDAM Kab. Ponorogo, pencucian media filter dilakukan dua kali dalam seminggu atau setiap tiga hari sekali. Pelaksanaan pencucian media untuk masing-masing unit secara bergantian dilaksanakan oleh operator dan dibantu oleh tenaga dari luar sebanyak 4 orang. Dalam 1 kali pencucian untuk total 3 bak, dilakukan selama 4 jam, yaitu mulai dari pukul 11.00 s/d 15.00 WIB. Pencucian media filter dilakukan agar kondisi media tidak mengalami *clogging* dan menyumbat pori pori filter, hal ini dilakukan agar proses filtrasi dapat dilakukan dengan baik. Menurut SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian yaitu 18-24 jam. Sehingga unit produksi PUDAM Kab. Ponorogo belum melaksanakan sesuai dengan kriteria. Pada Tabel 4.21 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pencucian media yaitu 18-24 jam. Sedangkan skala 3 pada kolom berwarna hijau merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sedang. Berikut Tabel nilai *severity* pencucian media filter.

Tabel 4. 21 Nilai *Severity* Pencucian Media Filter

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pencucian media filter setiap 18- 24 jam sekali	Pencucian media filter setiap 2 hari sekali	Pencucian media filter setiap 3 hari sekali	Pencucian media filter setiap 4 hari sekali	Pencucian media filter setiap 5 hari sekali

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari pencucian media filter adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-3}{5} \times 100\% = 40\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pencucian media filter adalah 40% yang masuk ke dalam tingkatan rangking ke-3 dalam perangkingan *severity*.

D. Penentuan *Severity* pada Unit Reservoir

1. Pengecekan Kualitas Air Produksi

Berdasarkan wawancara dan kuisioner, kondisi ideal yang sesuai dengan SOP yang ada adalah pengecekan kualitas air outlet reservoir dilaksanakan setiap sehari sekali. Namun pengecekan kualitas air baik parameter fisik, kimia, maupun pada reservoir unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo belum pernah dilakukan, karena menurut hasil wawancara dengan Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, pengecekan pada air baku telah memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010, sehingga dirasa untuk air hasil produksi kurang lebih

memiliki kualitas yang sama. Dari hasil pengujian sampel air yang dilakukan peneliti, air hasil produksi pada reservoir telah memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010, kecuali untuk parameter *Total Coliform* yang masih tinggi karena tidak adanya proses pre-clorinasi dan post-clorinasi.

Pada Tabel 4.22 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pengecekan kualitas air yaitu setiap hari. Sedangkan skala 1 pada kolom berwarna hijau dengan skala besaran risiko yang sangat parah merupakan kondisi eksisting pengecekan kualitas air reservoir unit produksi Pulung yaitu belum pernah dilakukan pengecekan ataupun pengujian terhadap kualitas air pada outlet reservoir. Nilai *severity* pengecekan kualitas air reservoir dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4. 22 Nilai *Severity* Pengujian Kualitas Air Produksi

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengecekan kualitas air setiap hari	Pengecekan kualitas air setiap minggu sekali	Pengecekan kualitas air setiap sebulan sekali	Pengecekan kualitas air setiap 6 bulan sekali	Tidak pernah dilakukan pengujian kualitas air

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari pengujian kualitas air adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala Ideal} - \text{Nilai Skala Eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-1}{5} \times 100\% = 80\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengujian kualitas air adalah 80% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-5 dalam perbandingan *severity*.

- **Aspek Non Teknis**

A. Penentuan *Severity* pada Perilaku Pekerja

1. Analisis Kualitas Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum, bahwa parameter yang wajib diuji untuk internal adalah parameter fisik, mikrobiologi, sisa klor, kimia wajib dan kimia tambahan. Parameter fisik, mikrobiologi dan sisa klor tersebut dilaksanakan maksimal sebulan sekali. Parameter kimia wajib dan tambahan dilaksanakan maksimal tiga bulan sekali. Sedangkan pada air baku unit produksi Pulung, pengujian parameter fisik dan mikrobiologi dilakukan setiap setahun sekali, sedangkan pada air hasil produksi, tidak pernah dilakukan pengujian sama sekali.

Pada Tabel 4.23 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari analisis kualitas air yaitu telah sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum. Pelaksanaan analisis kualitas air minum di unit produksi Pulung belum dilakukan secara rutin baik per bulan maupun tahunan. Nilai *severity* analisis kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Nilai *Severity* Pengujian Kualitas Air

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pelaksanaan analisis kualitas air sesuai Permenkes Nomor 736 Tahun 2010	Pelaksanaan analisis kualitas air 3 bulan sekali	Pelaksanaan analisis kualitas air 4 bulan sekali	Pelaksanaan analisis kualitas air 5 bulan sekali	Pelaksanaan analisis kualitas air \geq 6 bulan sekali

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari pengujian kualitas air adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$Severity = \frac{Nilai Skala Ideal - Nilai Skala Eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\%$$

$$= \frac{5-1}{5} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengujian kualitas air adalah 80% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-5 dalam perangkaan *severity*.

B. Penentuan *Severity* pada Manajemen Produksi

1. Pelaksanaan Operasional Sesuai SOP

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum bahwa Sistem Penyediaan Air Minum perlu menetapkan ketentuan teknis mengenai unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan. Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner, PUDAM Ponorogo tidak memiliki SOP tertulis mengenai pengoperasian unit pengolahan dan pemeriksaan kualitas air, hanya ada penjabaran dari SK Direktur Utama berupa instruksi secara tidak tertulis kepada para pekerja.

Pada Tabel 4.24 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal sedangkan skala 1 pada kolom berwarna hijau merupakan hasil survei kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sedang. Nilai *severity* Manajemen Produksi terkait Operasional Unit dapat dilihat pada Tabel 4.24

Tabel 4. 24 Nilai *Severity* Manajemen Produksi terkait Operasional Unit

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk

Tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur sesuai dengan PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tidak tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur sesuai dengan PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tahu, menggunakan dan namun melanggar beberapa ketentuan di dalam PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tidak tahu, tidak menggunakan dan serta melanggar beberapa ketentuan di dalam PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tidak tahu dan tidak menggunakan ketentuan di dalam PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014
--	--	---	---	---

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari Manajemen Produksi terkait Operasional Unit adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$Severity = \frac{Nilai Skala Ideal - Nilai Skala Eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\%$$

$$= \frac{5-1}{5} \times 100\% = 80\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada Manajemen Produksi terkait Operasional Unit adalah 80% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-5 dalam perangkaan *severity*.

2. Pelatihan Terkait Pengelolaan Instalasi

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner pada operator di unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo dan Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, kondisi ideal operator rutin mengikuti pelatihan atau seminar terkait pengelolaan instalasi serta pengujian kualitas air pada instalasi pengolahan air minum. Kondisi eksisting sesuai dengan wawancara pelatihan terkait pengelolaan instalasi pernah dilakukan namun jarang dilaksanakan serta hanya perwakilan saja. Pelatihan yang diberikan berupa pelatihan non formal sekaligus instruksi berupa tata cara melihat pH dan kekeruhan. Sehingga pada Tabel 4.25 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal sedangkan skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan hasil survei kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sedang. Nilai *severity* Manajemen Produksi terkait pelatihan pengelolaan instalasi dapat dilihat pada Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Nilai *Severity* Manajemen Produksi terkait Pelatihan Pengelolaan Instalasi

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pernah dan rutin dilaksanakan	Pernah dan tidak rutin dilaksanakan	Pernah dan jarang dilaksanakan	Pernah dan sangat jarang dilaksanakan	Tidak pernah dilaksanakan

Berdasarkan dari hasil wawancara mengenai kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari Manajemen Produksi terkait Pelatihan Pengelolaan Instalasi adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$Severity = \frac{Nilai Skala Ideal - Nilai Skala Eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\%$$

$$= \frac{5-3}{5} \times 100\% = 40\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada Manajemen Produksi terkait Pelatihan Pengelolaan Instalasi adalah 40% yang mana masuk ke dalam tingkatan rangking ke-3 dalam perangkaan *severity*.

4.4.4 Pemberian Peringkat *Severity* pada tiap entitas

Setelah penentuan presentase dari nilai *severity* sudah dilakukan pada tiap entitas dari diagram fishbone, maka dapat ditentukan peringkat *severity* sesuai rentang nilai. Pemeringkatan setiap entitas *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.26 dan Tabel 4.27.

Tabel 4. 26 Peringkat *Severity* Aspek Teknis

Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Intake		
Kualitas Air Baku	40%	4
Prasedimentasi		
Kondisi Bak Prasedimentasi	60%	4
Bilangan Reynold	40%	2
Bilangan Froude	80%	5
Waktu Pengurasan	60%	4
Saringan Pasir Cepat		
Penggantian Media Filter	80%	5
Pencucian Media Filter	40%	3
Reservoir		
Pengecekan Kualitas Air Produksi	80%	5

Tabel 4. 27 Peringkat *Severity* Aspek Non-Teknis

Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Perilaku Pekerja		
Analisis Kualitas Air	80%	5
Manajemen Produksi		
Manajemen produksi terkait Operasional	80%	5
Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi	40%	3

4.4.5 Penentuan Nilai *Occurance*

Menurut Prayuda (2020), *occurance* adalah probabilitas munculnya penyebab atau mekanisme tertentu. Dengan kata lain, probabilitas pada *occurance* spesifik pada frekuensi kejadian kesalahan potensial. Menurut Wahyuningsih (2018), *occurance* digambarkan dengan

berapa kali kejadian terjadi dalam satuan waktu. Penilaian occurrence didapatkan dari hasil kuisioner dimana penentuan peluang muncul kegagalan berdasarkan skala 1-5. Nilai 5 artinya tingkat frekuensi dampak sangat tinggi atau jumlah kejadian sering terjadi dan nilai 1 artinya tingkat frekuensi dampak sangat rendah atau jumlah kejadian jarang terjadi. Apabila telah didapatkan range nilai selanjutnya adalah menentukan rating terhadap *occurance* dari masing-masing faktor. Penentuan nilai *occurance* untuk masing-masing entitas berdasarkan pada hasil analisis laboratorium, wawancara dan diskusi dengan pihak PUDAM, kuisioner, dan pengamatan yang langsung di lapangan. Tabel occurrence dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4. 28 Penilaian *Occurance*

Rating	Deskripsi
1	Probabilitas yang tidak mungkin terjadi pada waktu pengoperasian. Ketidakmungkinan didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan < 0,001 dari keseluruhan probabilitas kegagalan pada interval waktu pengoperasian.
2	Probabilitas kejadian jarang terjadi pada waktu pengoperasian (yaitu setiap dua kali dalam sebulan). Didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,001 tetapi < 0,01 dari probabilitas keseluruhan kegagalan selama interval waktu pengoperasian item.
3	Probabilitas kejadian sesekali terjadi pada interval waktu pengoperasian (yaitu sebulan sekali). Sesekali didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,01 tetapi < 0,10 dari keseluruhan probabilitas kegagalan selama interval waktu pengoperasian.
4	Probabilitas moderat terjadi pada interval waktu pengoperasian item (yaitu setiap seminggu dua kali). Probabilitas didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,10 tetapi < 0,20 dari probabilitas keseluruhan kegagalan selama interval waktu pengoperasian.
5	Probabilitas kejadian yang tinggi pada interval waktu pengoperasian item (yaitu seminggu sekali). Tinggi probabilitas didefinisikan sebagai probabilitas kegagalan > 0,20 dari keseluruhan probabilitas kegagalan selama interval waktu pengoperasian.

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Berikut adalah tabel penilaian *occurance* pada tiap faktor risiko yang ditimbulkan.

- **Aspek Teknis**

A. Penilaian *Ocurance* pada Intake

Berikut ini Tabel 4. 29 terkait Penilaian *Occurance* Intake:

Tabel 4. 29 Penilaian *Occurance* Intake

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Kualitas Air Baku					

Dari data sekunder 1 tahun dan data primer analisa laboratorium pada sumber air baku tidak ditemukan hasil analisis yang melebihi baku mutu baik dari analisis fisik dan kimiawi. Namun dari kedua data baik primer maupun sekunder didapati hasil pada parameter mikrobiologis yaitu *Total Coliform* yang melebihi baku mutu sungai kelas I, sehingga kualitas air baku memenuhi baku mutu air kelas II. Selain itu, saat curah hujan tinggi, pada sungai terjadi banjir sehingga sedimen banyak yang terbawa, operator terpaksa menghentikan sementara instalasi pengolahan air dikarenakan instalasi tidak mampu menerima beban kekeruhan yang terlalu tinggi. Maka berdasarkan hasil wawancara kualitas air baku mempengaruhi kegagalan pengolahan, dan tidak dapat dihindari sehingga air baku dibuang dan tidak digunakan. Maka berdasarkan hasil wawancara kualitas air baku mempengaruhi kegagalan pengolahan, dan tidak dapat dihindari sehingga air baku dibuang dan tidak digunakan (Skala 4).

B. Penilaian *Occurance* pada Prasedimentasi

Berikut ini Tabel 4. 30 terkait penilaian *occurance* prasedimentasi:

Tabel 4. 30 Penilaian *Occurance* Prasedimentasi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Kondisi Bak Prasedimentasi					
2	Bilangan Reynold					
3	Bilangan Froude					
4	Waktu Pengurasan					

Berdasarkan dari hasil wawancara dan observasi di lapangan kondisi salah satu dari total 2 bak prasedimentasi tidak dapat digunakan dikarenakan mengalami keretakan sehingga bocor, sehingga kapasitas air olahan dari unit ini berkurang meskipun masih bisa meremoval kekeruhan dengan efisiensi removal yang tidak stabil dan masih di bawah kriteria desain (80%). Maka kegagalan sering terjadi (Skala 5).

Dari hasil perhitungan didapatkan bilangan reynold melebihi kriteria <2000 yang menandakan aliran dalam kondisi turbulen sehingga menyebabkan pengendapan berjalan lebih sulit dan penyisihan kekeruhan menjadi rendah. Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh bahwa kemampuan removal kekeruhan sangat berflutuasi dan masih belum memenuhi kriteria. Maka kegagalan sering terjadi (Skala 5).

Dari hasil perhitungan didapatkan bilangan froude yaitu $3,7 \times 10^{-7}$ yang tidak sesuai kriteria desain yaitu $>10^{-5}$. Bilangan froude tersebut menandakan proses pengendapan dan penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi belum terjadi dengan baik, karena menunjukkan aliran yang terjadi yaitu aliran subkritis. Kondisi subkritis memengaruhi pengendapan sehingga penyisihan kekeruhan pada prasedimentasi rendah. Maka kegagalan sering terjadi (Skala 5).

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengurasan prasedimentasi dilaksanakan dengan cara manual setiap lima bulan sekali. Sedangkan kondisi ideal untuk pengurasan adalah setiap seminggu sekali. Akibat dari pengurasan yang tidak sesuai dengan waktu ideal maka menyisakan lumpur yang akan mempengaruhi proses pengendapan, waktu pengendapan dan efisiensi kekeruhan menjadi rendah untuk parameter kekeruhan. Maka kegagalan dalam satu tahun adalah sedang (Skala 3).

C. Penilaian *Occurance* pada Saringan Pasir Cepat

Berikut ini Tabel 4. 31 terkait penilaian *occurance* saringan pasir cepat:

Tabel 4. 31 Penilaian *Occurance* Saringan Pasir Cepat

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Penggantian Media Filter					
2	Pencucian Media Filter					

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner, unit saringan pasir cepat pada unit produksi Pulung tidak pernah mengalami penggantian media sejak unit dibangun. Dampak dari tidak dilaksanakannya penggantian media adalah risiko terjadi *clogging* menjadi lebih besar akibat media telah jenuh sehingga menyebabkan penyaringan tidak optimal dan memengaruhi kualitas hasil produksi. Menurut Shammas dan Wang (2010), kriteria efisiensi unit *rapid sand filter* dalam meremoval kekeruhan yaitu 87%. Namun berdasarkan dari analisis kualitas air, efisiensi kekeruhan dan total coliform tidak mencapai kriteria tersebut.

Terlebih lagi, saat musim penghujan (kondisi kritis) saringan pasir cepat tidak mampu meremoval kekeruhan karena air baku yang memiliki kekeruhan tinggi. Meski begitu unit ini masih bisa melakukan penyisihan kekeruhan saat musim kemarau. Maka kemungkinan terjadi kegagalan yaitu pada skala 5.

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner pada PUDAM Kab. Ponorogo, pencucian media filter dilakukan dua kali dalam seminggu. Pencucian media filter dilakukan agar kondisi media tidak mengalami *clogging* dan menyumbat pori pori filter, hal ini dilakukan agar proses filtrasi dapat dilakukan dengan baik. Menurut SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian yaitu 18-24 jam. Sehingga unit produksi PUDAM Kab. Ponorogo belum melaksanakan sesuai dengan kriteria. Namun dengan dilakukan pencucian dua kali dalam seminggu masih menunjukkan unit ini masih bisa melakukan penyisihan kekeruhan, meskipun kurang maksimal pada saat musim kemarau. Namun saat musim penghujan (kondisi kritis) saringan pasir cepat tidak mampu meremoval kekeruhan karena air baku yang memiliki kekeruhan tinggi saat musim hujan dengan curah hujan yang tinggi. Menurut keterangan dari operator produksi, akibat tidak optimalnya removal kekeruhan pada SPC, menyebabkan dilakukannya penghentian pengolahan serta penyaluran air saat hujan deras. Umumnya, penghentian pengolahan serta penyaluran air ini berlangsung 2-3 jam hingga air baku secara visual sudah terlihat tidak keruh. Keputusan untuk melakukan penghentian pengolahan serta penyaluran air ini menyebabkan unit produksi belum memenuhi prinsip penyediaan air minum yaitu pada aspek kuantitas dan kontinuitas. Maka kemungkinan terjadi kegagalan yaitu pada skala 5.

D. Penilaian *Occurance* pada Reservoir

Berikut ini Tabel 4. 32 terkait penilaian *occurance* reservoir:

Tabel 4. 32 Penilaian *Occurance* Reservoir

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Pengujian Kualitas Air Produksi					

Berdasarkan dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengujian kualitas air pada outlet reservoir belum pernah dilakukan sama sekali. Kondisi ini memungkinkan air produksi yang dihasilkan dapat tidak sesuai dengan baku mutu PerMenKes No. 492 Tahun 2010 karena dimungkinkan terdapat kegagalan yang sangat sering berpotensi terjadi (Skala 5)

- **Aspek Non Teknis**

A. Penilaian *Occurance* pada Perilaku Pekerja

Berikut ini Tabel 4. 33 terkait penilaian *occurance* perilaku pekerja:

Tabel 4. 33 Penilaian *Occurance* Perilaku Pekerja

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Analisis Kualitas Air					

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum, bahwa parameter yang wajib diuji untuk internal adalah parameter fisik, mikrobiologi, sisa klor, kimia wajib dan kimia tambahan. Parameter fisik, mikrobiologi dan sisa klor tersebut dilaksanakan maksimal sebulan sekali. Parameter kimia wajib dan tambahan dilaksanakan maksimal tiga bulan sekali. Sedangkan pada air baku unit produksi Pulung, pengujian parameter fisik dan mikrobiologi dilakukan setiap setahun sekali,

sedangkan pada air hasil produksi, tidak pernah dilakukan pengujian sama sekali. Hal ini berimbas pada hasil uji laboratorium terhadap air produksi yaitu ditunjukkan selama 6 hari berturut-turut hasil uji kualitas air menunjukkan bahwa pada air produksi terdapat parameter *Total Coliform* yang melebihi baku mutu PerMenKes No. 492 Tahun 2010, sehingga kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

B. Penilaian *Occurance* pada Manajemen Produksi

Berikut ini Tabel 4. 34 terkait penilaian *occurance* manajemen produksi:

Tabel 4. 34 Penilaian *Occurance* Manajemen Produksi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Manajemen produksi terkait Operasional					
2	Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi					

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner, PUDAM Ponorogo tidak memiliki SOP tertulis mengenai pengoperasian unit pengolahan dan pemeriksaan kualitas air, hanya ada penjabaran dari SK Direktur Utama berupa instruksi secara tidak tertulis kepada para pekerja. Sedangkan Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum bahwa Sistem Penyediaan Air Minum perlu menetapkan ketentuan teknis mengenai unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan. Sehingga kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner pada operator di unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo dan Kepala Teknik PUDAM Ponorogo, kondisi ideal operator mengikuti pelatihan atau seminar terkait pengelolaan instalasi, dan pengujian kualitas air pada instalasi pengolahan air minum. Kondisi eksisting sesuai dengan wawancara pelatihan terkait pengelolaan instalasi pernah dilakukan namun jarang dilaksanakan serta hanya perwakilan saja. Pelatihan yang diberikan berupa pelatihan non formal sekaligus instruksi. Sehingga kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

4.4.6 Penentuan Nilai *Detection*

Detection adalah pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah nilai kemampuan dalam mengendalikan kegagalan yang terjadi (Prayuda, 2020). Nilai *detection* berhubungan dengan pengendalian saat ini. Nilai *detection* diambil sesuai dengan hasil kuisioner untuk *occurrence*. Hal ini dikarenakan apabila nilai peluang kegagalan semakin besar maka kemampuan mendeteksi kegagalan semakin kecil (Wahyuningsih, 2018)

Dalam menentukan nilai *detection* didasarkan pada seringnya kegagalan terjadi atau nilai *occurrence*. Hal tersebut dilakukan karena jumlah kegagalan semakin sering terjadi jika metode pencegahan yang dilakukan kurang efektif. Penilaian *detection* memiliki rentang skala 1 hingga skala 5. Skala 5 menjelaskan bahwa kemampuan alat kontrol dalam mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sangat rendah (tidak terdeteksi) dan skala 1 menjelaskan bahwa alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah dan akurat (pasti terdeteksi). Penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4. 35 Penilaian *Detection*

Rating	Deskripsi
1	Probabilitas yang sangat tinggi, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol hampir pasti akan mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
2	Probabilitas tinggi, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol memiliki peluang bagus untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
3	Probabilitas sedang, bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol kemungkinan akan mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan
4	Probabilitas rendah bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol tidak memungkinkan untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.
5	Probabilitas sangat rendah bahwa kegagalan akan terdeteksi. Verifikasi dan/atau kontrol tidak memungkinkan untuk mendeteksi adanya kekurangan atau kegagalan.

Sumber: Villacourt, 1992 dalam Yogaswara, 2021

Berikut adalah tabel penilaian *detection* pada tiap faktor risiko:

- **Aspek Teknis**

A. Penilaian *Detection* pada Intake

Berikut ini Tabel 4. 36 terkait Penilaian *detection* Intake:

Tabel 4. 36 Penilaian *Detection* Intake

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Kualitas Air Baku					

Berdasarkan data sekunder dan primer (analisis laboratorium) tentang kualitas air baku pada Sungai Mendak ditemukan hasil analisis yang melebihi baku mutu air sungai kelas I. Saat musim penghujan, seringkali terjadi fluktuasi kekeruhan akibat terbawanya sedimen sungai, hal ini membuat operator harus melakukan pembuangan air yang menuju instalasi kurang lebih 2-3 jam hingga kekeruhan kembali normal. Pembuangan air ini berarti melakukan penghentian air baku yang masuk ke unit pengolahan sehingga dapat memengaruhi hasil produksi. Maka berdasarkan hasil wawancara, kualitas air baku memengaruhi kegagalan pengolahan, dapat terdeteksi untuk pembuangan air baku, meskipun rendah karena deteksi dilakukan saat hujan sudah terjadi (Skala 4).

B. Penilaian *Detection* pada Prasedimentasi

Berikut ini Tabel 4. 37 terkait penilaian *detection* prasedimentasi:

Tabel 4. 37 Penilaian *Detection* Prasedimentasi

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Kondisi Bak Prasedimentasi					
2	Bilangan Reynold					
3	Bilangan Froude					
4	Waktu Pengurasan					

Berdasarkan nilai *occurance*, kondisi bak yang mengalami kebocoran menyebabkan kegagalan sering terjadi, sehingga kapasitas air olahan dari unit ini berkurang meskipun masih bisa meremoval kekeruhan dengan efisiensi removal yang tidak stabil dan masih dibawah kriteria desain (80%). Kebocoran tersebut hingga saat ini belum diatasi. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan bilangan reynold sering terjadi karena didapatkan bilangan reynold melebihi kriteria <2000 yang menandakan aliran dalam kondisi turbulen sehingga menyebabkan pengendapan berjalan lebih sulit dan penyisihan kekeruhan menjadi rendah. Berdasarkan hasil uji laboratorium diperoleh bahwa kemampuan removal kekeruhan sangat berflutuasi dan masih belum memenuhi kriteria. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan bilangan froude sering terjadi karena didapatkan bilangan froude yaitu $3,7 \times 10^{-7}$ yang belum sesuai kriteria desain yaitu $>10^{-5}$. Bilangan froude tersebut menandakan proses pengendapan dan penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi belum terjadi dengan baik, karena menunjukkan aliran yang terjadi yaitu aliran subkritis. Kondisi subkritis memengaruhi pengendapan sehingga penyisihan kekeruhan pada prasedimentasi rendah. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan pengurusan prasedimentasi sesekali terjadi, karena pengurusan dilaksanakan dengan cara manual setiap lima bulan sekali. Sedangkan kondisi ideal untuk pengurusan adalah setiap seminggu sekali. Akibat dari pengurusan yang tidak sesuai dengan waktu ideal, maka menyisakan lumpur yang akan mempengaruhi proses pengendapan, waktu pengendapan dan efisiensi kekeruhan menjadi rendah untuk parameter kekeruhan. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung dalam upaya pendeteksian dan pencegahan kegagalan tersebut adalah sedang (Skala 3).

C. Penilaian *Detection* pada Saringan Pasir Cepat

Berikut ini Tabel 4. 38 terkait penilaian *detection* saringan pasir cepat:

Tabel 4. 38 Penilaian *Detection* Saringan Pasir Cepat

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Penggantian Media Filter					
2	Pencucian Media Filter					

Berdasarkan nilai *occurance* kegagalan akibat penggantian media filter cukup sering terjadi namun tidak mempengaruhi hasil kekeruhan karena berdasarkan hasil data primer kualitas air masih memenuhi standar apabila dalam kondisi kekeruhan air baku normal. Namun berbeda saat musim hujan, saringan pasir cepat akan tidak optimal dalam meremoval kekeruhan. Menurut keterangan operator unit produksi, Saat hujan deras (kondisi kritis), air gagal terolah di saringan pasir cepat, sehingga diputuskan air tidak dilakukan pengolahan serta penyaluran. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan adalah sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance* mengenai pencucian media filter, pencucian dilaksanakan 2 kali dalam seminggu. Pencucian dua kali dalam seminggu masih menunjukkan unit ini masih bisa melakukan penyisihan kekeruhan, meskipun kurang maksimal. Namun berbeda saat musim penghujan, dengan frekuensi pencucian yang sama, unit ini gagal meremoval kekeruhan sehingga mengharuskan operator tidak melakukan pengolahan, salah satunya di saringan pasir cepat. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan adalah rendah (Skala 5).

D. Penilaian *Detection* pada Reservoir

Berikut ini Tabel 4. 39 terkait penilaian *detection* reservoir:

Tabel 4. 39 Penilaian *Detection* Reservoir

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Pengujian Kualitas Air Produksi					

Berdasarkan nilai *occurance*, pengujian kualitas produksi sangat sering terjadi kegagalan. Pengecekan kualitas air outlet reservoir belum pernah dilakukan sama sekali. Kondisi ini memungkinkan air produksi yang dihasilkan dapat tidak sesuai dengan baku mutu PerMenKes No. 492 Tahun 2010 karena tidak adanya pengecekan secara rutin. Hal ini terbukti dari hasil uji laboratorium masih ditemukan *Total Coliform* yang tinggi (melebihi baku mutu) pada reservoir. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

• Aspek Non Teknis

A. Penilaian *Detection* pada Perilaku Pekerja

Berikut ini Tabel 4. 40 terkait penilaian *detection* perilaku pekerja:

Tabel 4. 40 Penilaian *Detection* Perilaku Pekerja

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Analisis Kualitas Air					

Berdasarkan nilai *occurance*, pelaksanaan analisis kualitas air pada unit produksi Pulung belum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum sehingga kegagalan sangat sering terjadi. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan maupun upaya pencegahan pada kejadian tersebut masih sangat rendah (Skala 5).

B. Penilaian *Detection* pada Manajemen Produksi

Berikut ini Tabel 4. 41 terkait penilaian *detection* manajemen produksi:

Tabel 4. 41 Penilaian *Detection* Manajemen Produksi

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Manajemen produksi terkait Operasional					
2	Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi					

Berdasarkan nilai *occurance*, manajemen produksi tidak memiliki SOP tertulis mengenai pengoperasian unit pengolahan dan pemeriksaan kualitas air, hanya ada penjabaran dari SK Direktur Utama berupa instruksi secara tidak tertulis kepada para pekerja sehingga sangat sering terjadi kegagalan. Manajemen tidak melakukan penerapan SOP dan masih terdapat pekerja yang tidak mengetahui SOP yang berlaku. Pekerja sistemnya menunggu perintah dari Kepala Bagian Teknik. Sehingga kemampuan unit produksi Pulung untuk mendeteksi kegagalan dan mencegah kegagalan tersebut masih sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kondisi eksisting sesuai dengan wawancara pelatihan terkait pengelolaan instalasi pernah dilakukan namun sangat jarang dilaksanakan serta hanya perwakilan saja yang mengikuti pelatihan, sehingga informasi tidak bisa langsung diterima oleh operator yang di lapangan. Pelatihan yang diberikan berupa pelatihan non formal

sekaligus sebagai instruksi. Pekerja telah paham terhadap tugas masing-masing. Evaluasi terhadap kinerja pekerja dilakukan secara langsung oleh kepala IKK ataupun secara langsung oleh Kepala Bagian Teknik. Meski begitu, baiknya operator lapangan mendapat pelatihan secara langsung tanpa perantara agar bisa memahami secara jelas terkait pengelolaan instalasi dan implementasinya di lapangan. Dari analisis ini, kemungkinan kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

4.4.7 Penentuan *Risk Priority Number*

Menurut Fitrianti (2016), *Risk Priority Number* (RPN) merupakan hasil perkalian dari penilaian *severity*, *occurance*, *detection*. Penilaian RPN digunakan untuk menentukan potensial kegagalan yang dapat terjadi. Berikut adalah persamaan nilai RPN:

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

Nilai *severity*, *occurance*, dan *detection* yang telah didapatkan pada analisis dikalikan kemudian hasilnya disebut dengan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN diurutkan menurut hasil nilai RPN terbesar hingga nilai RPN terkecil. Pada nilai dengan RPN terbesar menunjukkan jenis kegagalan memiliki dampak yang serius sehingga dibutuhkan pengawasan dan penanganan yang tepat untuk memperbaiki kegagalan-kegagalan tersebut. Nilai dengan RPN terkecil berarti jenis kegagalan tidak terjadi, sehingga risiko bahaya adalah minimal sehingga penanganan kegagalan dapat diprioritaskan pada nilai RPN besar, namun demikian harus diberikan metode pengawasan untuk meminimalisir risiko kegagalan. Nilai kegagalan dengan nilai RPN diatas 1 menandakan kegagalan dapat berpotensi mengganggu proses produksi sehingga diperlukan pengendalian untuk mitigasi terjadinya kegagalan walaupun hanya kegagalan kecil. Berikut ini adalah hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilihat pada Tabel 4.42 dan Tabel 4.43.

Tabel 4. 42 Hasil Perhitungan Risk Priority Number (RPN) Aspek Teknis

Sumber	Jenis Kegagalan	Bahaya Teridentifikasi dari Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas Penanganan
Intake	Kualitas Air Baku	Kualitas air baku melebihi baku mutu air sungai kelas I	4	4	4	64	8
Unit Prasedimentasi	Kondisi Bak Prasedimentasi	Kapasitas air olahan dan efisiensi removal kekeruhan berkurang akibat kebocoran salah satu bak	4	5	5	100	6
	Bilangan Reynold	Efisiensi removal kekeruhan tidak sesuai kriteria desain (terjadi aliran turbulen)	2	5	5	50	5
	Bilangan Froude	Efisiensi removal kekeruhan tidak sesuai kriteria desain akibat pengendapan tidak optimal (terjadi aliran subkritis)	5	5	5	125	4
	Waktu Pengurasan	Luas Permukaan berkurang akibat lumpur yang banyak tersisa dan berakibat pada rendahnya removal kekeruhan	4	3	3	36	7
Unit Filter	Penggantian media filter	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dengan optimal saat kondisi kritis	5	5	5	125	2
	Pencucian media filter	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dengan optimal saat kondisi kritis	3	5	5	75	3
Reservoir Distribusi	Pengujian kualitas air produksi	Adanya kontaminasi bakteri Total Coliform yang melebihi baku mutu pada air produksi	5	5	5	125	1

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Tabel 4. 43 Hasil Perhitungan Risk Priority Number (RPN) Aspek Non Teknis

Sumber	Jenis Kegagalan	Bahaya Teridentifikasi dari Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas Penanganan
Perilaku Pekerja	Pelaksanaan analisis kualitas air	Baku mutu tidak sesuai dengan Permenkes 492 Tahun 2010	5	5	5	125	1
Manajemen Produksi	Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	Kualitas air produksi menurun	5	5	5	125	2
	Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi	Kegagalan akibat ketidaktahuan operasional produksi	3	5	5	75	3

Sumber: Hasil Analisis, 2022

Berdasarkan nilai RPN di atas, diambil analisis risiko nilai RPN di atas 1 pada unit produksi PUDAM Ponorogo pada aspek teknis yaitu adalah:

1. Pengujian kualitas air produksi
2. Penggantian media filter
3. Pencucian media filter
4. Bilangan Froude
5. Bilangan Reynold
6. Kondisi bak prasedimentasi
7. Waktu pengurasan
8. Kualitas air baku

Berdasarkan nilai RPN diambil analisis risiko nilai RPN di atas 1 pada unit produksi PUDAM Ponorogo pada aspek non teknis yaitu adalah:

1. Pelaksanaan analisis kualitas air
2. Pelaksanaan operasional sesuai SOP
3. Pelatihan mengenai pengelolaan instalasi

Risiko-risiko di atas kemudian akan diberikan usulan perbaikan, untuk dicari akar permasalahan yang telah diidentifikasi menggunakan *Fishbone Diagram* dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Usulan perbaikan diurutkan berdasarkan pada skala prioritas penanganan dan nilai RPN tertinggi.

4.4.8 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan ditentukan dengan mengacu pada literatur maupun peraturan-peraturan terkait dan juga berdasarkan hasil diskusi dengan pihak PUDAM Ponorogo. Pemantauan perbaikan harus dilaksanakan oleh orang yang berwenang untuk melaksanakan tindakan perbaikan yang diperlukan.

• Permasalahan pada Aspek Teknis

1. Pengujian Kualitas Air Reservoir

Akibat dari tidak dilakukannya pengujian kualitas air produksi pada outlet reservoir yaitu muncul bahaya berupa terdapatnya parameter mikrobiologi *Total Coliform* yang tidak memenuhi baku mutu Permenkes RI No. 492 Th. 2010, yang mana ini tidak terdeteksi bila tidak dilakukan pengujian. Keberadaan *Total Coliform* yang melebihi baku mutu dapat memengaruhi kualitas air olahan yang akan didistribusikan menuju pelanggan. Analisis kualitas air produksi dilakukan dengan pengambilan air pada outlet reservoir yang selanjutnya diuji di laboratorium. Pengujian kualitas air dapat dilakukan sekali dalam satu bulan untuk parameter fisik dan mikrobiologi serta enam bulan sekali untuk parameter kimia, mengacu pada Permenkes No. 736 Tahun 2010.

2. Penggantian Media Filter pada Saringan Pasir Cepat

Diperlukan penggantian media filter guna meningkatkan kinerja filter agar menjadi optimal untuk menyaring partikel-partikel yang terdapat dalam air. Penggantian media yang tidak pernah dilaksanakan akan menimbulkan efisiensi penurunan parameter kekeruhan. Filter yang telah beroperasi dalam periode lama dan tidak rutin dilakukan *backwash* dapat menyebabkan penyumbatan pori-pori pada *backwash* yang dilakukan pada filter tidak mampu meremoval partikel pada pori-pori filter, dan yang dapat dilakukan adalah penggantian media yang dapat memiliki dampak biaya yang tinggi. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah mengganti media filter yang lama dengan media filter yang baru. Hal ini akan berdampak kembali membaiknya kinerja filter, namun berdampak terhadap bertambah besarnya

pengeluaran yang disebabkan pembelian media filter yang tidak pada waktunya (Marsono, 2016 dalam Yogaswara, 2021)

Pengendalian yang dapat digunakan adalah mempertimbangkan periode penggantian media pasir dan pengujian kekeruhan dan total coliform. Batas optimal untuk mengganti media filter adalah setiap 3 tahun sekali sesuai pada *Peraturan United States Environmental Protection Agency* tahun 1995 tentang *Water Treatment Manual for Filtration*. Berdasarkan keterangan operator, pengujian tidak bisa dilaksanakan sewaktu-waktu, mengingat unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo yang belum memiliki lab. yang lengkap dengan alat uji serta harus mengecek ke laboratorium Kesehatan Daerah Ponorogo, hal ini juga mempertimbangkan biaya karena mengingat yang diuji tidak hanya satu unit produksi. Pelaksanaan pengujian kekeruhan serta *total coliform* minimal sekali dalam satu bulan, hal ini agar bisa memantau kualitas air pada outlet SPC agar tahu kemampuan SPC dalam meremoval parameter terkait. Salah satu upaya yang juga bisa dilakukan yaitu terkait penambahan ketebalan media filter. Ketebalan media filter juga berpengaruh pada debit filtrasi dan penurunan konsentrasi kekeruhan yang terkandung di dalam air. Semakin tebal media filter maka semakin lambat debit filtrasi, akan tetapi kualitas air efluen yang dihasilkan semakin baik. Semakin lambat debit filtrasi, berpengaruh juga pada waktu filtrasi. Hal ini akan berpengaruh terhadap efisiensi removal kekeruhan karena waktu kontak yang lebih lama antara air yang diolah dengan media pasir.

3. Pencucian Media Filter

Kegagalan yang terjadi pada pencucian media filter adalah periode pencucian media. Apabila media *rapid sand filter* digunakan secara terus menerus akan mengalami penyumbatan dan membutuhkan pembersihan. Pembersihan media filtrasi dilakukan secara manual, yaitu dengan mengeluarkan semua komposisi yang ada pada bak filtrasi. Semua komposisi tersebut dicuci bersih, kemudian di keringkan dibawah panas matahari. Setelah proses pengeringan selesai, maka semua komposisi dimasukkan kembali ke dalam bak dan proses filtrasi bisa dilakukan kembali (Fajri et al., 2017). Bahaya yang dapat timbul apabila ini tidak dikendalikan adalah kualitas air akan melebihi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan parameter kekeruhan dan *total coliform* adalah pengecekan kualitas outlet filter. Menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa untuk pengendalian kualitas air bisa dilakukan dengan memeriksa kekeruhan air pada inlet dan outlet penyaring. Saat ini pelaksana pengecekan tidak pernah dilakukan karena tidak adanya alat laboratorium dan keterbatasan biaya. Hal tersebut belum sesuai dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air bahwa pencucian *rapid sand filter* belum memiliki periode antar pencucian yaitu 18-24 jam. Adapun menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA pencucian media bisa dilakukan bila debit keluarnya menurun sampai batas tertentu atau air pada permukaan media naik hingga batas ketinggian tertentu.

4. Bilangan Froude

Bahaya teridentifikasi dari kegagalan ini yaitu efisiensi removal kekeruhan yang tidak sesuai kriteria desain. Bilangan froude menandakan jenis aliran pada unit prasedimentasi. Apabila bilangan froude tidak sesuai dengan kriteria desain unit prasedimentasi, maka penyisihan kekeruhan tidak dapat berjalan dengan optimal. Pada kondisi eksisting diketahui bilangan froude tidak sesuai dengan kriteria desain, sehingga aliran pada unit prasedimentasi berada dalam keadaan subkritis yang berakibat

efisiensi penyisihan kekeruhan tidak mencapai kriteria desain yaitu 80% (Reynold, 1996).

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikannya adalah pengecekan parameter kekeruhan air menggunakan turbidimeter pada inlet dan outlet unit prasedimentasi. Dengan dilakukannya pengecekan kualitas influen dan efluen maka dapat diketahui efisiensi removal dari unit prasedimentasi tersebut telah berjalan optimal atau tidak. Selain itu upaya yang bisa dilakukan yaitu perbaikan dengan mengacu pada kriteria unit dan kajian terhadap DED unit pengolahan.

5. Bilangan Reynold

Bahaya teridentifikasi dari kegagalan ini yaitu efisiensi removal kekeruhan yang tidak sesuai kriteria desain. Bilangan Reynold menandakan jenis aliran pada unit prasedimentasi. Apabila bilangan Reynold tidak sesuai dengan kriteria desain unit prasedimentasi, maka penyisihan kekeruhan tidak dapat berjalan dengan optimal. Pada kondisi eksisting diketahui bilangan Reynold tidak sesuai dengan kriteria desain, sehingga aliran pada unit prasedimentasi berada dalam keadaan turbulen yang berakibat efisiensi penyisihan kekeruhan tidak mencapai kriteria yaitu 80% (Reynold, 1996).

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikannya adalah pengecekan parameter kekeruhan air menggunakan turbidimeter pada influen dan efluen unit prasedimentasi. Dengan dilakukannya pengecekan kualitas influen dan efluen maka dapat diketahui efisiensi removal dari unit prasedimentasi tersebut telah berjalan optimal atau tidak. Selain itu upaya yang bisa dilakukan yaitu perbaikan dengan mengacu pada kriteria unit dan kajian terhadap DED unit pengolahan.

6. Kondisi Bak Prasedimentasi

Bahaya teridentifikasi dari kegagalan ini yaitu kapasitas air olahan berkurang akibat kebocoran salah satu bak. Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan yaitu memperbaiki bagian bak yang bocor atau redesain bangunan prasedimentasi mengikuti kriteria desain yang ada. Dengan memperbaiki kebocoran bak diharapkan kapasitas hasil olahan pada bak prasedimentasi dapat meningkat.

7. Waktu Pengurasan Bak Prasedimentasi

Bahaya teridentifikasi dari kegagalan ini yaitu luas permukaan berkurang akibat lumpur yang banyak tersisa pada bagian dasar bak dan berakibat pada rendahnya removal kekeruhan. Perawatan pada bak prasedimentasi dilakukan agar penyisihan kekeruhan air dari outlet bak prasedimentasi tetap berjalan dengan optimal. Usulan perbaikan untuk mitigasi penyisihan kekeruhan bak sedimentasi dengan dilakukan periode antar pengurasan lumpur (wash out) menurut SNI: 6774: 2008 pada bak persegi aliran vertikal dengan tabung pengendap adalah dilakukan 12-24 jam. Pengurasan yang tidak sesuai dengan periode pengurasan dapat menyebabkan penumpukan lumpur pada unit prasedimentasi. Alternatif lain menurut SNI: 6775: 2008 pengurasan atau pembuangan lumpur dari bak prasedimentasi dilakukan dengan melihat pada kondisi air baku. Pelaksana pemantauan adalah operator yang bekerja pada shift tersebut. Berdasarkan wawancara yang harus dilakukan pada tiap instalasi adalah minimum 1 bulan 2 kali, periode pelaksanaan pembersihan dilakukan dengan mempertimbangkan naiknya air pada bak pelimpah, hasil outlet kekeruhan secara visual dan pengujian laboratorium.

8. Kualitas Air Baku

Bahaya teridentifikasi dari kegagalan ini yaitu kualitas air baku melebihi baku mutu air sungai kelas I. Kualitas air baku sungai Mendak memiliki kualitas sungai

kelas I, peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum. Berdasarkan keterangan operator, pada saat musim hujan air baku secara visual akan memiliki kekeruhan yang tinggi. Kekeruhan air yang terlalu tinggi menyebabkan terganggunya proses pengolahan pada masing-masing instalasi pengolahan air minum dikarenakan beban pengolahan yang melebihi kapasitas, kegagalan yang terjadi adalah risiko terganggunya *supply* air produksi ke pelanggan. Pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah kegagalan pada proses produksi dengan cara melakukan sampling pengujian kualitas air pada air baku untuk parameter kekeruhan, TDS, pH, dan *Total Coliform*.

Pengujian kualitas air baku dapat dilakukan dengan berdasarkan parameter uji yang terdapat pada Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Air. Menurut PerMenKes No. 736 Tahun 2010 tindakan inspeksi sanitasi dilakukan pada musim kemarau dan musim penghujan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) untuk air baku berasal dari air permukaan dengan frekuensi pengujian minimal 2 kali pertahun.

- **Permasalahan pada Aspek Non Teknis**

- 1. Analisis kualitas air**

Bahaya pada jenis kegagalan ini yaitu tidak dapat mendeteksi efektif tidaknya proses pengolahan air serta kandungan pencemar parameter fisik, kimia, maupun mikrobiologi. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum, analisis kualitas air harus dilakukan pada sumber air baku dan setiap inlet dan outlet unit-unit pengolahan air agar dapat diketahui efektifitas masing-masing unit dalam menghilangkan partikel-partikel, bakteri, virus, bau, warna, dan rasa dalam air. Apabila analisis kualitas air hanya dilakukan pada beberapa titik saja, maka tidak dapat diketahui unit mana yang menjadi akar masalah jika kualitas air melebihi baku mutu. Analisis kualitas air harus dilakukan pada sumber air baku, masing-masing inlet dan outlet unit pengolahan, dan outlet reservoir distribusi dengan batas toleransi minimal sekali sebulan dengan parameter fisik dan mikrobiologis menurut PerMenKes No. 736 Tahun 2010 dan tiga bulan sekali untuk parameter kimia wajib dan kimia tambahan. Hal ini dilakukan untuk mengetahui dimana titik pada unit instalasi mana yang menjadi akar masalah kualitas air yang melebihi baku mutu. Jika analisis dilakukan lebih dari satu bulan, maka tidak dapat mengetahui permasalahan indikasi pencemaran dengan cepat sehingga risiko kegagalan sangat besar.

- 2. Pelaksanaan Operasional sesuai SOP**

Bahaya pada kegagalan ini adalah top manajemen produksi belum menerapkan SOP secara ketat dan masih ada pekerja masih belum mengetahui SOP yang berlaku. Kurangnya kebijakan top manajemen dalam memastikan pekerja taat SOP menyebabkan kemungkinan terjadi kegagalan sangat besar. Kualitas hasil produksi dapat menurun apabila tidak terdapat prosedur yang jelas terhadap para pekerja. Pengendalian dari kegagalan tersebut adalah jumlah pelatihan terkait operasional yang diadakan untuk pekerja, khususnya operator unit produksi dan ketersediaan SOP yang sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 ataupun turunannya. Pengendalian ini nantinya memberikan pelatihan yang mengacu kepada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum. Pelaksanaan pelatihan dilakukan minimal sekali dalam satu tahun kepada operator produksi.

3. Pelatihan Mengenai Pengelolaan Instalasi

Bahaya pada kegagalan ini yaitu permasalahan pada sistem produksi dan akibat operator sebagai pelaksana pengolahan tidak memahami dengan baik pelaksanaan manajemen kualitas air dan pengelolaan instalasi sehingga menyebabkan kualitas air produksi menurun. Tindakan perbaikan yang dapat dilakukan adalah diadakan pelatihan mengenai pengelolaan instalasi terhadap seluruh operator instalasi sesuai dengan SNI 6775:2008, pelatihan mengenai kontrol proses pengolahan pada IPA perlu dilakukan, selain itu terdapat jumlah minimal operator tiap shiftnya adalah 2, dengan kualifikasi pendidikan terakhir yaitu STM/SLTA. Selain tenaga operator, PUDAM Ponorogo perlu menyediakan tenaga laboratorium untuk unit produksi Pulung dengan kualifikasi Analis/SLTA, yang telah mengikuti pelatihan laboratorium. Pemantauan ketercapaian dilakukan dengan evaluasi pada operator mengenai pemantauan perkembangan operator dan tenaga laboratorium. Dengan evaluasi diharapkan dapat segera ditindaklanjuti apabila terjadi kesalahan dalam penanganan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian dan analisis yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Sumber kegagalan dihitung berdasarkan hasil analisis kualitas air dan wawancara dengan pihak internal PUDAM, yang dapat menyebabkan kegagalan penurunan kualitas, kuantitas, serta kontinuitas air unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo yaitu pada aspek teknis diantaranya unit reservoir, unit saringan pasir cepat, unit prasedimentasi, dan unit intake, sedangkan pada aspek non teknis yaitu perilaku pekerja dan manajemen produksi.
2. Penentuan kegagalan terbesar dilakukan dengan perhitungan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan pembobotan kepentingan risiko pada aspek teknis adalah pengujian kualitas air produksi pada reservoir yang menunjukkan *Total Coliform* yang melebihi baku mutu dengan RPN yang diperoleh adalah 125. Pada aspek non teknis adalah analisis kualitas air yang tidak dilakukan sesuai dengan Permenkes No. 736 Tahun 2010 dengan nilai RPN 125.
3. Rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk kegagalan terbesar adalah pengujian kualitas air serta diikuti penambahan proses klorinasi guna mengurangi *Total Coliform* pada reservoir pada aspek teknis, sedangkan pada aspek non-teknis yaitu pelaksanaan analisis laboratorium secara rutin pada kualitas air baku serta kualitas air hasil produksi sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010.

5.2 Saran

Saran yang diberikan oleh penulis diantaranya sebagai berikut:

1. Melakukan analisis lebih lanjut terhadap penyisihan parameter *Total Coliform* dan perencanaan proses klorinasi
2. Melakukan analisis terhadap kecepatan fitrasi dan kecepatan *backwash* pada unit Saringan Pasir Cepat agar memenuhi kriteria desain yang ada
3. Melakukan perbaikan pada bak prasedimentasi yang mengalami kebocoran sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi dan *redesign* bak prasedimentasi agar kriteria bilangan Froude dan Reynold dapat terpenuhi dan efisiensi removal kekeruhan bisa optimal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- APHA-AWWA-WEF. (2012). *Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater*. Washington DC: American Public Health Assosiation.
- Arsyina, L., Wispriyono, B., Ardiansyah, I., dan Pratiwi, L. D. (2019). Hubungan Sumber Air Minum dengan Kandungan Total Coliform dalam Air Minum Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 14(2), 18. <https://doi.org/10.26714/jkmi.14.2.2019.18-23>
- Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2015). *Modul 2 : Sistem Air Baku*. 1–14.
- Buckle, K.A. (1987). *Ilmu Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press.
- Çinar, Ö., & Merdun, H. (2009). Application of An Unsupervised Artificial Neural Network Technique to Multivariant Surface Water Quality Data. *Ecological Research*, 24(1), 163–173. <https://doi.org/10.1007/s11284-008-0495-z>
- Dai, W., Maropoulos, P. G., Cheung, W. M., & Tang, X. (2011). Decision-Making in Product Quality Based on Failure Knowledge. *International Journal of Product Lifecycle Management*, 5(2–4), 143–163. <https://doi.org/10.1504/IJPLM.2011.043185>
- Fahmi, M., Rahman, I., Wibisana, H., & Zainab, S. (2020). Analisa dan Pemetaan Total Padatan Terlarut di Pesisir Pantai Pasuruan Dengan Citra Satelit Terra Modis. *Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 144–156.
- Fajri, M. N., Handayani, Y. L., & Sutikno, S. (2017). Efektifitas Rapid Sand Filter untuk Meningkatkan Kualitas Air Daerah Gambut di Provinsi Riau. *Jom FTEKNIK*, 4(1), 1–9.
- Fitrianti, N. (2016). *Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X Dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*.
- Hisprastin, Y., & Musfiroh, I. (2020). Ishikawa Diagram dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) sebagai Metode yang Sering Digunakan dalam Manajemen Risiko Mutu di Industri. *Majalah Farmasetika*, 6(1), 1-9.
- Liliana, L. (2016). A New Model Of Ishikawa Diagram For Quality Assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Marsono, B. D. (2016). Evaluasi Kinerja Filter Cepat Di PDAM Sidoarjo Dengan Metoda Filter Coring Evaluation of Rapid Filtration PDAM Sidoarjo By Filter Coring Method. *Jurnal Purifikasi*, 16(2), 111–117.
- Masqudi, A., & Assomadi, A. F. (2012). *Operasi dan Proses Pengolahan Air*.
- Permenkes RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*.
- Permenkes RI. (2010). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum. *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia*.

- Pemerintah Republik Indonesia. (2001). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran*.
- Poedjiastoeti, H., Sudarmadji, S., Sunarto, S., & Suprayogi, S. (2017). Penilaian Kerentanan Air Permukaan terhadap Pencemaran di Sub DAS Garang Hilir Berbasis Multi-Indeks. *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, 5(3), 168. <https://doi.org/10.14710/jwl.5.3.168-180>
- Pramesti, D. S., & Puspikawati, S. I. (2020). Analisis Uji Kekerusuhan Air Minum Dalam Kemasan yang Beredar di Kabupaten Banyuwangi. *J. Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 75–85. <http://jurnal.fkm.untad.ac.id/index.php/preventif>
- Pratama, G. A. P., Dewi, E., & Meidinariasty, A. (2021). Proses Pengolahan Air pada Prasedimentasi Ditinjau dari Laju Alir dan Waktu Pengendapan Di PLTG Borang. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 1(8), 339–343. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.79>
- Prayuda, W. (2020). Kajian Kualitas Air Produksi Di PDAM X dengan Metode Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) dan Kualitas Air Produksi yang Diterima Pelanggan dengan Metode Extended Producer Responsibility (EPR). Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Puspitasari, N. B., & Martanto, A. (2014). Analisis Kecelakaan Kerja dengan Metode *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA) Studi Kasus : Automotive Workshop Semarang. *Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti*, 1(1), 1–7. <http://journal.student.uny.ac.id/ojs/index.php/mekatronika/article/viewFile/13596/pdf%0Ahttps://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/poros/article/download/14864/14430>
- Putra, G.S. (2010). Profil Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Ponorogo. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Quddus, R. (2014). Teknik Pengelolaan Air Bersih dengan Sistem Jaringan Pasir Lambat (Downflow) yang Bersumber dari Sungai Musi. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan* 2(4), 669-675.
- Rafiqul Islam, M. (2016). A Study on the TDS Level of Drinking Mineral Water in Bangladesh. *American Journal of Applied Chemistry*, 4(5), 164. <https://doi.org/10.11648/j.ajac.20160405.11>
- Ramadan, B. S. (2018). Efektivitas Proses Koagulasi dan Flokulasi Terhadap Kualitas Air Bersih di IPA Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kabupaten Tangerang. Hal 1–5.
- Raman, R. S., & Basavaraj, Y. (2019). Quality Improvement of Capacitors Through Fishbone and Pareto Techniques. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 2248–2252. <https://doi.org/10.3940/ijrte.B2444.078219>
- Salilama, A., Ahmad, D., Madjowa, N. F., Tinggi, S., Administrasi, I., & Taruna, B. (2020). Analisis Kebutuhan Air Bersih (PDAM) Di Wilayah Kota Gorontalo. *RADIAL- Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 6(2), 102–114.
- Shammas, N. K., & Wang, L. K. (2010). *Water and Wastewater Engineering Water Supply and Wastewater Removal* (3rd Edition). John Wiley & Sons, Inc.
- Simsekler, M. C. E., Kaya, G. K., Ward, J. R., & Clarkson, P. J. (2019). Evaluating Inputs of Failure Modes and Effects Analysis in Identifying Patient Safety Risks. *International*

Journal of Health Care Quality Assurance, 32(1), 191–207.
<https://doi.org/10.1108/IJHCQA-12-2017-0233>

SNI 6774:2008. (2008). *Standar Nasional Indonesia 6774 : 2008 - Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air*. 1–24.

SNI 6989.57:2008. (2008). *Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan*.

SNI 7828:2012. (2012). *Pengambilan Contoh Air Minum Dari Instalasi Pengolahan Air Dan Sistem Jaringan Distribusi Perpipaan*

Soemirat. (2002). *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Villacourt, M. (1992). Failure Mode and Effects Analysis (FMEA): A Guide for Continuous Improvement for the Semiconductor Equipment Industry. *Sematech.Org*, 36.
<http://www.semtech.org/docubase/document/0963beng.pdf%5Cnpapers2://publication/uuid/D6EFA3E1-8D84-4CFB-A745-6A9BDF84A381>

Wahyuningsih, I. (2018). *Pengurangan Risiko Kegagalan Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya Menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Yogaswara, R. B. (2021). *Identifikasi Kendala Proses Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (Fmea) (Studi Kasus: Pdam Tirta Cahya Agung, Kabupaten Tulungagung)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

Kuisisioner Aspek Teknis dan Operasional

Kuisisioner ini digunakan dalam rangka studi penelitian Tugas Akhir. Studi ini dilaksanakan oleh Mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS bernama **Nineis Melati Putri** dengan judul Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA.

Identitas

No	Keterangan	Jawaban
1	Nama	:
2	Jenis Kelamin	: 1) Laki-laki / 2) Perempuan
3	Usia	: tahun
4	Jabatan	:
5	Pendidikan terakhir/Bidang yang Dipelajari	:
6	Lama pengalaman kerja	:

1. Teknis dan Operasional

Bagian A

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian

Keterangan: 1 = tidak pernah (sama sekali belum pernah melakukan)

2 = jarang (sekali dalam ≥ 1 tahun)

3 = kadang-kadang (sekali dalam ≥ 1 bulan)

4 = sering (sekali dalam 1 minggu)

5 = selalu (sekali dalam sehari)

Pertanyaan:

No.	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Seberapa sering air baku diuji kualitasnya di laboratorium?					
2	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada outlet Prasedimentasi?					
3	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada outlet Saringan Pasir Cepat?					
4	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada outlet reservoir atau sebelum pipa distribusi?					

No.	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
5	Seberapa sering dilakukan pengecekan kondisi intake?					
6	Seberapa sering dilakukan penggantian media pada unit Prasedimentasi?					
7	Seberapa sering dilakukan penggantian media pada unit Saringan Pasir Cepat?					
8	Seberapa sering dilakukan proses pengurasan pada unit Prasedimentasi?					
9	Seberapa sering dilakukan proses backwash/pengurasan pada unit Saringan Pasir Cepat?					
10	Seberapa sering Anda melakukan pembersihan pada lokasi produksi?					
11	Apakah terdapat sosialisasi mengenai SOP, instruksi kerja dan Petunjuk Pelaksanaan yang merupakan turunan PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014 kepada seluruh pekerja?					

Bagian B

Berilah tanda centang (✓) pada kolom penilaian dan isilah alasan pada kolom yang disediakan

Keterangan: 1 = Tidak ada (jika 0 kendala)
 2 = Ada dan jarang terjadi (jika ≤ 2 kendala)
 3 = Ada dan kadang-kadang terjadi (jika ≤ 4 kendala)
 4 = Ada dan sering terjadi (jika ≤ 6 kendala)
 5 = Ada dan selalu terjadi (jika ≥ 6 kendala)

Pertanyaan:

No.	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah terdapat kendala pada proses pengambilan air baku? Jika ada, sebutkan!					

No.	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
2	<p>Apakah terdapat kendala pada proses penyaluran air baku menuju unit pengolahan air? Jika ada, sebutkan!</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					
3	<p>Apakah terdapat kendala pada unit Prasedimentasi Jika ada, sebutkan!</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					
4	<p>Apakah terdapat kendala pada unit Saringan Pasir Cepat? Jika ada, sebutkan!</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					
5	<p>Apakah terdapat kendala pada reservoir? Jika ada, sebutkan!</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>					

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

b. Faktor Kualitas

1. Apa rata-rata pendidikan terakhir tenaga perawatan unit produksi?
.....
.....
2. Apakah terdapat pelatihan mengenai metode pengawasan dan pengendalian pada kualitas sistem produksi?
 Ya Tidak
3. Jika ada pelatihan apa saja yang pernah dilakukan?
.....
.....
.....

c. Faktor Ketercapaian SOP

1. Apakah terdapat SOP untuk tenaga perawatan pada keseluruhan proses produksi?
 Ya Tidak
2. Apakah terdapat SOP pada masing-masing unit pengolahan?
 Ya Tidak
3. Apakah terdapat evaluasi rutin yang digunakan untuk monitoring kinerja pekerja?
 Ya Tidak
4. Bagaimana metode pengawasan SOP untuk memonitoring kinerja pekerja?
.....
.....

• Unit Intake

1. Apakah terdapat pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit intake?
 Ya Tidak
2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit intake?
.....
.....
.....
3. Apakah terdapat pengawasan dan pengendalian kualitas pada pipa penyaluran air baku menuju unit pengolahan?
 Ya Tidak
4. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada pipa penyaluran air baku menuju unit pengolahan?
.....
.....

- **Unit Prasedimentasi**

1. Apakah terdapat pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit Prasedimentasi?

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit Prasedimentasi?

.....
.....
.....

- **Unit Saringan Pasir Cepat**

1. Apakah terdapat pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit Saringan Pasir Cepat?

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit Saringan Pasir Cepat?

.....
.....
.....

- **Unit Reservoir**

3. Apakah terdapat pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit reservoir?

Ya Tidak

4. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit reservoir?

.....
.....
.....

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**LAMPIRAN III
PERHITUNGAN DESAIN**

Prasedimentasi

Bentuk Bak	=	Persegi panjang	
Jumlah bak	=	1	buah
Debit Inlet			
Q air	=	40	L/s
	=	0,04	m ³ /s
Q tiap bak	=	40	L/s
	=	0,04	m ³ /s
Dimensi Bak			
Panjang	=	12	m
Lebar	=	4	m
Kedalaman	=	2,5	m
Gravitasi	=	9,81	m/s
T	=	27	C
Viskositas	=	0,00000089	m ² /detik
Waktu Tinggal			
Debit rata-rata	=	0,04	m ³ /s
Debit tiap unit	=	0,02	m ³ /s
Volume tiap unit	=	$p \times l \times t$	
	=	120	m ³
	=	120	m ³
td	=	Volume tiap unit/debit tiap unit	
	=	240 / 0,02	s
	=	6000	s
	=	1,666666667	jam
	=	100	menit
Beban Permukaan			
Debit tiap unit	=	0,02	m ³ /s
	=	72	m ³ /jam
Luas Permukaan	=	$p \times l$	
	=	48	m ²
Beban Permukaan	=	Q / Luas permukaan	
	=	1,5	m ³ /m ² .jam
Bilangan Reynold (Nre)			
Vh	=	$Q / (l \times h)$	
	=	0,002	m/s
Luas permukaan basah (R)	=	$(l \times h) / (1 + 2h)$	
	=	1,111111111	m
Nre	=	$Vh \times R / \nu$	
	=	2496,878901	
Bilangan Froude (Nfr)			
Nfr	=	$Vh^2 / g \times R$	
	=	0,00000037	

Saringan Pasir Cepat

Q instalasi	=	35,000	L/s
	=	0,035	m ³ /s
kecepatan penyaringan	=	2,33	m/jam
	=	0,0010	m/s

Dimensi bangunan

jumlah bak (N)	=	3	unit
Lebar	=	2,4	m
Panjang	=	7,5	m
A	=	18,00	m ²
Q tiap bak	=	Q total/jumlah unit	
	=	11,67	L/s
	=	0,0117	m ³ /s
v filtrasi	=	Q/A	
	=	0,00065	m/s
	=	2,33	m/jam

Media Filter

Headloss media pasir silika

ES	=	0,5	mm
UC	=	1,5	
ukuran butir (d)	=	0,5 - 2	mm
tebal media pasir (l)	=	80	cm
	=	0,8	m
specific gravity (Sg)	=	2,65	
porositas media (f)	=	0,4	
ϕ	=	0,75	
suhu 25 °			
μ	=	8,94E-04	kg.m/det
v	=	8,97E-07	m ² /det
ρ	=	997,1	kg/m ³
g	=	9,81	m/s ²

hf/L	=	$5 * ((v/981) * (\text{kecepatan penyaringan}) * ((1 - \text{porositas media (f)})^2) / (\text{porositas media (f)}^3)) * ((6/\phi)^2) * \Sigma \text{Pi} / d_i^2$	
	=	0,25	cm
hf	=	tebal media pasir (l) * hf/L	

Headloss Media

penyangga

tebal media gravel (l)	=	20	cm
	=	0,2	m
specific gravity (Sg)	=	2,65	
porositas media (f)	=	0,38	
ϕ	=	0,83	
hf/L	=	0,002	cm
hf	=	0,04	cm
Total Hf	=	19,95	cm

Ekspansi Backwash

V up	=	$V_s \cdot f^{4,5}$	
	=	0,004	m/s
	=	0,418	cm/s
	=	4,18	l/s.m ²
tinggi ekspansi (Le)	=	$L (1-f) \Sigma [\pi / (1-f e_i)]$	
Ekspansi media pasir			
tinggi ekspansi (Le)	=	$L (1-f) \Sigma [\pi / (1-f e_i)]$	
	=	95,3	cm
			dari tebal
Le	=	19,12%	media pasir
Headloss selama ekspansi (hf)	=	$L e (1-f) (S_g - 1)$	
	=	94,34	cm
Cek ekspansi media penyangga		$V_{up} > V_s \cdot f^{4,5}$	
d terkecil	=	0,34	cm
$V_s^{1,4}$	=	260,70	cm/s
V_s penyangga	=	53,188	cm/s
	=	0,532	m/s
V up	<	$V_s \cdot F^{4,5}$	
0,418	<	0,68	cm/s
		(MEMENUHI)	
Hf backwash	=	19,8	cm
Hf total media	=	114,14	cm
Volume air untuk pencucian backwash			
V backwash	=	0,42	cm/s
panjang bak filter	=	7,5	m
lebar bak filter	=	2,4	m
luas bak filter	=	18,00	m ²
lama pencucian	=	10	menit
	=	600	s
Volume air	=	$V \text{ backwash} \times A \times \text{waktu pencucian}$	
	=	45,17	m ³
3 bak	=	135,50	m ³ /hari
	=	1,568	l/dt

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN IV

SOP PUDAM PONOROGO

❖ TUPOKSI Bagian Teknik PUDAM PONOROGO

- (1) Bagian Teknik mempunyai tugas mengendalikan penyediaan air bersih dari instalasi produksi dan pendistribusian air sesuai yang dibutuhkan meliputi aspek (kualitas, kuantitas dan kontinuitas), merencanakan program pengembangan cakupan pelayanan, melakukan perawatan instalasi produksi dan instalasi bangunan.
- (2) Dalam melaksanakan tugas Teknik, mempunyai fungsi:
 - a. Menyusun program pengembangan pelayanan air bersih baik jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang;
 - b. Melaksanakan evaluasi sistem produksi dan pendistribusian air bersih dari sumber sampai ke pelanggan;
 - c. Mengkoordinasikan dan mengendalikan kegiatan-kegiatan di bidang teknik;
 - d. Melakukan perawatan instalasi produksi dan instalasi bangunan;
 - e. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Direktur.
- (3) Bagian Teknik dikepalai oleh seorang Kepala Bagian Teknik yang dalam menjalankan tugasnya berada dibawah dan bertanggung jawab kepada Direktur.
- (4) Kepala Bagian Teknik membawahi:
 - a. Sub Bagian Produksi dan Perawatan;
 - b. Sub Bagian Transmisi Distribusi, Penyambungan dan Meter Segel;
 - c. Sub Bagian Perencanaan dan Pengawasan.
- (5) Masing-masing Sub Bagian dikepalai oleh seorang Kepala Sub Bagian yang dalam menjalankan tugasnya berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Kepala Bagian Teknik.
 1. Sub Bagian Produksi dan perawatan, mempunyai tugas menyediakan dan mengendalikan produksi air ke jaringan distribusi sesuai yang dibutuhkan meliputi aspek kualitas, kuantitas dan kontinuitas, melakukan evaluasi dan pemeliharaan sarana dan prasarana sistem produksi dan instalasi bangunan.
 2. Dalam melaksanakan tugas sebagaimana dimaksud pada ayat (1), Sub Bagian Produksi dan Perawatan mempunyai fungsi:
 - a. Menyelenggarakan dan mengendalikan operasional pompa-pompa produksi guna tercapainya kebutuhan suplay air bersih;
 - b. Mengontrol dan melaksanakan pengawasan jalannya distribusi air, masuk dan keluar dari reservoir sehingga tekanannya cukup baik dan merata keseluruh wilayah;
 - c. Mengkoordinasikan dan mengatur pembersihan reservoir secara periodik;
 - d. Memeriksa dan mengatur pemeriksaan secara berkala serta mengkoordinir pelaksanaan perbaikan dan perawatan instalasi dan sarana produksi, bangunan kantor dan sarana inventaris kantor;
 - e. Melaksanakan perbaikan pada peralatan dan perlengkapan sarana produksi;
 - f. Melakukan perawatan instalasi produksi dan instalasi bangunan;
 - g. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bagian Teknik sesuai bidang tugasnya.
 3. Sub Bagian Transmisi Distribusi, Penyambungan dan Meter Segel mempunyai tugas mengawasi pemasangan, memeriksa jaringan pipa dan pemasangan segel pada seluruh meter air kepada pelanggan.
 4. Dalam melaksanakan tugas, Sub Bagian Transmisi Distribusi, Penyambungan dan Meter Segel mempunyai fungsi :

- a. Mengawasi dalam pemasangan dan pemeliharaan pipa-pipa distribusi dalam rangka pembagian secara merata dan terus menerus serta melayani perbaikan akibat gangguan;
 - b. Mengkoordinir pengoperasian dan memeriksa jaringan pipa-pipa transmisi distribusi agar berjalan dengan baik sehingga pendistribusian air berjalan lancar sampai pada pelanggan;
 - c. Mengkoordinir dan melaksanakan pemasangan sambungan baru untuk pelanggan;
 - d. Mengkoordinir pemutusan sambungan langganan atau penyambungan kembali berlangganan air minum;
 - e. Mengevaluasi, menginventarisir, meneliti tempat-tempat kebocoran serta penyebabnya dan membuat laporan untuk perbaikannya;
 - f. Koordinator dan pengatur pembersihan reservoir secara periodik;
 - g. Membuat jadwal kegiatan tukang pipa atau juru pipa dan pelaksanaan pekerjaan selesai menurut jadwal dan kontrak lapangan betul-betul dilaksanakan, agar kebocoran/kerusakan dapat diperbaiki sesegera mungkin;
 - h. Penerima laporan dari bagian hubungan langganan tentang meter-meter air yang rusak, tidak berfungsi secara normal, kabur atau tidak terbaca dan segera melakukan persiapan untuk perbaikan;
 - i. Mengkoordinir pemasangan segel pada seluruh meter air langganan baik yang sedang dipasang maupun telah diadakan perbaikan;
 - j. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan oleh Kepala Bagian Teknik sesuai bidang tugasnya.
5. Sub Bagian Perencanaan dan Pengawasan, mempunyai tugas merencanakan sistem penyediaan air bersih dan bangunan-bangunan serta melakukan pengawasan pelaksanaan pekerjaan fisik agar sesuai dengan perencanaan.
 6. Dalam melaksanakan tugas Sub Bagian Perencanaan dan Pengawasan mempunyai fungsi :
 - a. Menginventarisir dan mengumpulkan data-data teknis sebagai bahan perencanaan pengembangan dan rehabilitasi sistem penyediaan air minum;
 - b. Merencanakan kegiatan proyek termasuk desain teknis dan melakukan survey harga pasar sebagai bahan penyusunan Rencana Anggaran Biaya;
 - c. Melaksanakan survey lapangan serta menyiapkan peta-peta terbaru meliputi peta wilayah, peta jaringan, peta topografi serta peta-peta lain yang diperlukan;
 - d. Menyelenggarakan penyimpanan dan pengamanan arsip serta dokumen perencanaan dan teknik;
 - e. Menerima dan menginventarisir permohonan pemasangan sambungan pelanggan dari Bagian Hubungan Langganan;
 - f. Melaksanakan peninjauan lapangan guna perencanaan penyambungan dan rehabilitasi sambungan pelanggan;
 - g. Menyusun daftar kebutuhan peralatan untuk penyambungan dan rehabilitasi sambungan pelanggan;
 - h. Menggambar instalasi pelanggan sekaligus menghitung biaya yang akan dibebankan kepada pelanggan sesuai ketentuan yang berlaku;
 - i. Mengkoordinir dan mengawasi semua kegiatan konstruksi dan pelaksanaan proyek di lapangan;
 - j. Mengawasi jalannya pelaksanaan konstruksi pelaksanaan berbagai proyek yang ditangani oleh perusahaan sendiri, berdasarkan rencana jadwal yang ditetapkan;
 - k. Melakukan pengawasan dan penilaian terhadap pelaksanaan pekerjaan yang diserahkan kepada pemborong berdasarkan jadwal, ketentuan syarat-syarat dalam

kontrak;

- l. Melakukan pemeriksaan terhadap pelaksanaan pembangunan dari proyek, berdasarkan gambar-gambar bestek dan ketentuan mengenai pemakaian maupun jenis bahan ataupun perlengkapan dan peralatan yang dipergunakan;
- m. Melaporkan bilamana terjadi penyimpangan rencana yang ditetapkan atau kesulitan dalam pelaksanaan proyek, mengusulkan tindakan yang perlu diambil;
- n. Mengadakan kerja sama dengan bagian peralatan teknik dalam hal terdapatnya penyimpangan norma-norma dan mengawasi pelaksanaan perbaikannya;
- o. Melaksanakan tugas-tugas lain yang diberikan Kepala Bagian Teknik sesuai bidang tugasnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN V Dokumentasi



Survei Kondisi Eksisting Unit Produksi Pulung



Pengisian Kuesioner oleh Pihak Internal
PUDAM Ponorogo



Pengambilan Sampel Air Untuk Parameter Fisik
(Kekeruhan)



Pengambilan Sampel Air Untuk Parameter
Mikrobiologi (*Total Coliform*)



Pengujian Parameter pH



Pengujian Parameter TDS



Pengujian Parameter Kekeruhan



Pengujian Parameter Total Coliform

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN VI

A. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS KEKERUHAN

Alat dan Bahan:

1. Turbidimeter
2. Aquades (Air Blanko)
3. Air Sampel

Prosedur Penelitian:

1. Pastikan turbidimeter sudah dalam kondisi terkalibrasi
2. Nyalakan *power*, kemudian masukkan air blanko dan set alat tersebut pada kondisi zero (0)
3. Masukkan sampel air dalam tabung dan masukkan tabung ke dalam alat turbidimeter
4. Catat angka yang dihasilkan.

B. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS TDS

Alat dan Bahan:

1. TDS meter
2. Aquades (Air Blanko)
3. Air Sampel

Prosedur Penelitian:

1. Pastikan TDS meter sudah dalam kondisi terkalibrasi
2. Nyalakan *power*, kemudian bilas TDS meter menggunakan aquades
3. Masukkan TDS meter ke dalam sampel air
4. Catat angka yang dihasilkan setelah stabil.

C. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS pH

Alat dan Bahan:

1. pH meter
2. Aquades (Air Blanko)
3. Air Sampel

Prosedur Penelitian:

1. Pastikan pH meter sudah dalam kondisi terkalibrasi
2. Nyalakan *power*, kemudian bilas pH meter menggunakan aquades
3. Masukkan pH meter ke dalam sampel air
4. Catat angka yang dihasilkan setelah stabil.

D. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS TOTAL COLIFORM

Alat dan Bahan:

1. Autoclave
2. Botol steril setelah di autoclave selama ± 60 menit dengan suhu 121°C
3. Incubator
4. Tabung reaksi
5. Tabung durham
6. Media kaldu laktosa atau Lactose Broth (LB)

Prosedur Percobaan

1. Tiap sampel air membutuhkan 15 tabung reaksi yang masing-masing berisi 10 mL kaldu laktosa dan sebuah tabung durham yang terbalik disterilisasi terlebih dahulu.

- Mengisi 5 buah tabung berisi kaldu laktosa dengan 10 ml sampel, 5 lainnya diisi 1 ml sampel dan selebihnya diisi dengan 0.1 ml sampel.
- Seluruh tabung diinkubasi pada suhu $35 \pm 0.5^\circ \text{C}$ selama 24 ± 2 jam.
- Jika terdapat bakteri coliform, maka akan terbentuk gas yang terlihat di dalam tabung Durham. Tabung yang memberikan hasil positif pada setiap seri tabung (dengan sampel 10 ml, 1 ml, 0.1 ml) dicatat. Dengan data tersebut, jumlah bakteri Coliform pada setiap 100 ml dapat dilihat dengan menggunakan Tabel MPN Index.

TABEL MPN

3 x 10 ml	3 x 1 ml	3 x 0,1 ml	Index MPN/100 ml	5 x 10 ml	1 x 1 ml	1 x 0,1 ml	Index MPN/100 ml
3	3	3		5	1	1	
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	<3	0	0	1	<2
0	1	0	3	0	1	0	2
1	0	0	4	0	1	1	4
1	0	1	7	1	0	0	2,2
1	1	0	7	1	0	1	4,4
1	1	1	11	1	1	0	4,4
2	0	0	9	1	1	1	6,7
2	0	1	14	2	0	0	5
2	1	0	15	2	0	1	7,5
2	1	1	20	2	1	0	7,6
2	2	0	21	2	1	1	10
2	2	1	28	3	0	0	8,8
3	0	0	23	3	0	1	12
3	0	1	39	3	1	0	12
3	0	2	64	3	1	1	16
3	1	0	43	4	0	0	15
3	1	1	75	4	0	1	20
3	1	2	120	4	1	0	21
3	2	0	93	4	1	1	27
3	2	1	150	5	0	0	38
3	2	2	210	5	0	1	96
3	3	0	240	5	1	0	108
3	3	1	460	5	1	1	240
3	3	2	1100				
3	3	3	> 2400				

Pustaka :

- Pedoman Pelatihan Tehnis Laboratorium "Pemeriksaan Bakteriologi Air", Departemen Kesehatan RI Dirjen P2M dan PLP, Tahun 1993.
- Buku Bakteriologi, R. Soebroto, Jakarta Tahun 1986.
- Lembar Kerja BLK Surabaya

Tabel MPN Index

LAMPIRAN VII



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama : Nineis Melati Putri
NRP : 0321184000023
Judul : Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit
Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo
Menggunakan Metode FMEA

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	19/02/2022	Asistensi revisi proposal setelah seminar proposal Tugas Akhir	
2	10/03/2022	Bimbingan mengenai rencana pengambilan data primer (sampling air) pada unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo	
3	11/03/2022	Bimbingan mengenai pengumpulan data Tugas Akhir	
4	25/03/2022	Diskusi mengenai titik pengambilan sampel air untuk tiga hari terakhir kegiatan sampling air di unit pengolahan pada unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo	
5	27/03/2022	Diskusi mengenai fiksasi titik pengambilan sampel air di unit pengolahan pada unit produksi Pulung PUDAM Ponorogo serta daftar pertanyaan untuk kuesioner kepada pihak PUDAM Ponorogo	
6	18/05/2022	Bimbingan mengenai persiapan presentasi Bab 1-5 untuk Seminar Kemajuan Tugas Akhir	
7	13/06/2022	Bimbingan mengenai revisi dari Dosen Penguji Tugas Akhir terkait diagram <i>fishbone</i> dan pendalaman terkait faktor penyebab akar permasalahan terjadi	
8	21/06/2022	Bimbingan mengenai revisi dari Dosen Penguji Tugas Akhir terkait perbaikan latar belakang dan kalimat-kalimat pada Bab 1 (Sub bab Rumusan Masalah, Tujuan, dan Manfaat)	

Surabaya, 25 Juni 2022
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

Periode: Genap 2021/2022

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022

Nilai TOEFL 480

Pukul : 14.45-16.00

Lokasi : TL-102

Judul : Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA

Nama : Niveis Melati Putri

NRP. : 0321184000023

Topik : Penelitian

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1	Lihat pd lembar pertanyaan dr. P. Sarwoko
2	" " dr. B. Aneta
3	" " dr. Pak. Irwan

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Njeke Kamaningroem, M.Sc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 14.45-16.00
Lokasi : TL-102
Judul : Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA
Nama : Nineis Melati Putri
NRP. : 0321184000023
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
-	Sambarkan bagan alir IPA Pulung (unit Produksi P)
-	Penjelasan uraian sk. teknis pd. unit pengolahan Filter Cepat

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Ir. Atiek Moesriati, M. Kes

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

(*Atiek*)
(*Nieke*)



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 14.45-16.00
Lokasi : TL-102
Judul : Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA
Nama : Nineis Melati Putri
NRP. : 0321184000023
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Definisi penguji? vs. kejadian: → FMEA -
2.	Black box kegagalan ← Kerejaan } begini Bahan Kuda } ?
3.	Apakah Non teknis → mendefinisikan kegagalan? FMEA

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Ir. Irwan Bagyo S, MT.

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Kameningroem, M.Sc



PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN - ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR

Periode: Genap 2021/2022

Kode/SKS : RE184804 (0/6/0)

No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Rabu, 6 Juli 2022
Pukul : 14.45-16.00
Lokasi : TL-102
Judul : Identifikasi Risiko Proses Produksi Air Minum pada Unit Produksi Pulung PUDAM Kabupaten Ponorogo Menggunakan Metode FMEA
Nama : Nineis Melati Putri
NRP. : 0321184000023
Topik : Penelitian

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	<i>lulus</i>

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Prof. Dr. Ir. Sarwoko Mangkoedihardjo, MScES

Dosen Pembimbing Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Go

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis merupakan seorang putri asli Ponorogo, yang lahir pada 9 April 1999. Penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 1 Ngebel, Ponorogo pada tahun 2006-2012. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Ngebel pada tahun 2012-2015, dan melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMA Negeri 1 Ponorogo pada tahun 2015-2018. Penulis kemudian mengikuti seleksi masuk perguruan tinggi jalur SNMPTN dan diterima di S1 Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 03211840000023.

Selama masa kuliah, penulis pernah menjadi asisten laboratorium Departemen Teknik Lingkungan mata kuliah Teknik Analisis Pencemar Lingkungan dan mata kuliah Remediasi Lingkungan. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi di Departemen Teknik Lingkungan. Beberapa diantaranya pernah menjadi Staff Biro Media Relasi Komunitas Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan HMTL ITS periode 2019-2020, Kepala Biro Media Relasi Komunitas Kelompok Pecinta dan Pemerhati Lingkungan HMTL ITS periode 2020-2021. Penulis juga aktif mengikuti kepanitiaan di Departemen Teknik Lingkungan seperti menjadi Koordinator Publikasi, Desain, dan Dokumentasi *Big Event* Hari Air Sedunia 2020. Beberapa kegiatan NGO di luar kampus juga penulis ikuti. Penulis dapat dihubungi via email nineismputri@gmail.com.