



TUGAS AKHIR - RE 141581

ANALISIS PENURUNAN KINERJA UNIT  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPAM)  
KARANG PILANG I MENGGUNAKAN METODE  
*FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS*  
(FMEA)

CHERRY RAMADANI WIDYANINGRUM  
3312100039

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

DOSEN CO-PEMBIMBING  
Ir. Rr. Atiek Moesriati, M.Kes.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016



TUGAS AKHIR - RE 141581

# ANALYSIS OF UNIT PERFORMANCE REDUCTION ON KARANG PILANG I WATER TREATMENT USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS METHODS

CHERRY RAMADANI WIDYANINGRUM  
3312100039

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

CO-SUPERVISOR  
Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Intitute of Technology Sepuluh Nopember  
Surabaya 2016

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISIS PENURUNAN KINERJA UNIT INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPAM) KARANG PILANG I MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**CHERRY RAMADANI WIDYANINGRUM**  
NRP 3312 100 039

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir :



**Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.**  
195501281985032001

Disetujui Oleh Co-Pembimbing Tugas Akhir :



**Ir. Pr. Anek Muesriati, M.Kes.**



# **ANALISIS PENURUNAN KINERJA UNIT INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM (IPAM) KARANG PILANG I MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)**

Nama Mahasiswa : Cherry Ramadani Widyaningrum  
NRP : 3312100039  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.  
Co-Dosen Pembimbing : Ir. Rr. Atiek Moesriati, M.Kes.

## **ABSTRAK**

IPAM Karang Pilang I dibangun pada tahun 1990 dengan kapasitas awal 1000 L/dt. Peningkatan kapasitas terus dilakukan hingga tahun 2006 sehingga menjadi 1450 L/dt. Air baku yang digunakan berasal dari Sungai Kali Surabaya. Seiring dengan berkembangnya zaman, air baku yang digunakan juga mengalami penurunan kualitas. Bertambahnya kapasitas produksi dan penurunan kualitas air baku sejak awal dibangun hingga saat ini memungkinkan terjadinya penurunan kinerja unit IPAM dan dapat mempengaruhi kualitas dari air produksi yang dihasilkan oleh IPAM Karang Pilang I dalam memenuhi baku mutu Permenkes Nomor 492 tahun 2010. Penelitian ini menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kegagalan potensial didalam proses pengolahan air minum sebelum hal tersebut sampai pada pihak konsumen. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi sumber kegagalan, resiko kegagalan dan usulan perbaikan dalam sistem produksi yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I.

Parameter yang diuji yaitu kekeruhan (parameter fisik), sisa klor (parameter kimia) dan *Total Coliform* dan *Fecal Coli* (parameter biologis). Parameter kekeruhan yang diuji pada air baku, outlet unit aerasi, prasedimentasi, clarifier, filter dan air produksi. Pengujian parameter sisa klor dan total *coliform* dilakukan pada air produksi. Berdasarkan hasil penelitian, parameter yang menyebabkan dampak potensial adalah parameter kekeruhan.

Hasil dari penelitian ini, unit yang menyebabkan kegagalan potensial pada parameter kekeruhan adalah unit aerasi, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, dan clarifier. Kegagalan tersebut selanjutnya dilakukan pembobotan resiko dan penilaian untuk menentukan faktor penyebab kegagalan potensial berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil akhir dari nilai RPN penyebab kegagalan potensial dengan nilai tertinggi adalah gradien kecepatan unit koagulasi dan waktu detensi unit flokulasi. Penelitian terakhir menghasilkan usulan perbaikan unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air dari nilai RPN terbesar. Hasil usulan perbaikan dapat dijadikan saran untuk sistem produksi selanjutnya dalam rangka meningkatkan mutu pelayanan.

**Kata kunci:** FMEA, IPAM, kinerja unit, PDAM, *Risk Priority Number*

# **ANALYSIS OF UNIT PERFORMANCE REDUCTION ON KARANG PILANG I WATER TREATMENT USING FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS METHODS**

Name of Student : Cherry Ramadani Widyaningrum  
NRP : 3312100039  
Study Programme : Environmental Engineering  
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.  
Co-Supervisor : Ir. Rr. Atiek Moesriati, M.Kes.

## **ABSTRACT**

Karang Pilang I drinking water treatment plant was built in 1990 with 1000 L/s of initial capacity. The increase in capacity continued until 2006, became 1450 L/s of total capacity. The raw water taken from Kali Surabaya River. As the time goes by, the quality of raw water used is decreased. The increase of production capacity and the decrease of raw water quality since the beginning of construction can decrease the drinking water treatment performance. It can also affect the quality of treated water generated by Karang Pilang I, so as to surpass the PERMENKES quality standard No. 492 - 2010. This study uses Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), a method that can be used to identify potential failures in water treatment processes before it comes to the consumer. This research aimed to identify the source of failure, the risk of failure and the proposed improvements in the Karang Pilang I drinking water production system.

The parameters examined are turbidity (physical parameter), residual chlorine (chemical parameter), Total Coliform and Fecal Coli (biological parameter). Turbidity parameter tested in the raw water, aeration unit outlet, prasedimentation, clarifier, filter and treated water. Residual chlorine and total coliform parameter performed on treated water. Based on the research results, the parameter that identified as a potential impact is turbidity.

From this study results, it can be known that prasedimentation, coagulation and flocculation units often lead to potential turbidity failure. The assesmentt and calculation to determine the cause of potential failure was done by the Risk

Priority Number (RPN). Based on the value of RPN, power stirrer in coagulation and time detention in flocculation unit showed the highest value of potential risk. This research generated improvement proposals for Karang Pilang I Drinking Water Treatment Plant units with the highest RPN number, which can cause treated water quality degradation. The result of the proposed improvements can be used as suggestions for further production system in order to improve the service quality.

**Kata kunci:** FMEA, water treatment, unit performance, Risk Priority Number

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
ABSTRACT .....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Ruang Lingkup .....	3
1.5 Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Pengertian dan Klasifikasi Mutu Air Minum .....	5
2.1.1 Pengertian Air Minum .....	5
2.1.2 Klasifikasi Mutu Air .....	5
2.3 Sumber dan Syarat Air Baku .....	6
2.3.1 Sumber Air Baku .....	6
2.3.2 Syarat Air Baku .....	6
2.4 Proses Pengolahan Air Minum .....	8
2.4.1 Pengolahan Fisik .....	9
2.4.2 Pengolahan Kimia .....	10
2.4.3 Jenis Koagulan .....	10
2.5 Analisis Diagram <i>Fishbone</i> .....	12

2.5.1 Definisi Diagram <i>Fishbone</i> .....	12
2.5.2 Langkah Pembuatan Diagram <i>Fishbone</i> .....	12
2.6 <i>Failure Mode and Analysis Effect (FMEA)</i> .....	14
2.6.1 Pengertian FMEA .....	14
2.6.2 Penentuan Nilai .....	15
2.6.3 Jenis FMEA .....	18
2.6.4 Tahapan Analisa Kegagalan dengan FMEA .....	19
2.6.5 Keuntungan FMEA .....	19
BAB III GAMBARAN UMUM INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM.....	21
3.1 Sejarah IPAM Karang Pilang .....	21
3.2 Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I .....	21
3.2.1 Intake .....	23
3.2.2 Sumur Pengumpul .....	23
3.2.3 Pompa Air Baku .....	24
3.2.4 Aerasi.....	24
3.2.5 Prasedimentasi .....	25
3.2.6 Koagulasi dan Flokulasi.....	25
3.2.7 Clarifier.....	26
3.2.8 Filter .....	26
3.2.9 Desinfeksi .....	27
3.2.10 Reservoir.....	27
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN.....	29
4.1 Deskripsi Umum .....	29
4.2 Kerangka Penelitian.....	29
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....	35
5.1 Karakteristik Air Baku .....	35
5.2 Karakteristik Air.....	36

5.2.1 Analisis Kekerusuhan .....	36
5.2.2 Analisis Sisa Klor .....	38
5.2.3 Analisis Coliform .....	39
5.3 Efisiensi Unit Pengolahan .....	40
5.3.1 Efisiensi Unit Aerasi .....	40
5.3.2 Efisiensi Unit Prasedimentasi .....	40
5.3.3 Efisiensi Unit Clarifier .....	41
5.3.4 Efisiensi Unit Filter .....	41
5.4 Analisis Diagram <i>Fishbone</i> .....	42
5.4.1 Diagram <i>Fishbone</i> Kinerja Unit IPAM .....	42
5.4.2 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Aerasi .....	44
5.4.3 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Prasedimentasi .....	44
5.4.3 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Koagulasi .....	46
5.4.3 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Flokulasi .....	47
5.5 Failure Mode and Effect Analysis .....	54
5.5.1 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko .....	54
5.5.2 Penentuan Nilai <i>Severity</i> .....	54
5.5.3 Penentuan Nilai <i>Occurrence</i> .....	68
5.5.4 Penentuan Nilai <i>Detection</i> .....	73
5.5.5 Penentuan Nilai Risk Priority Number .....	76
5.5.6 Usulan Perbaikan .....	79
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....	83
6.1 Kesimpulan .....	83
6.2 Saran .....	83
DAFTAR PUSTAKA .....	85
LAMPIRAN A .....	89
LAMPIRAN B .....	105

LAMPIRAN C.....	109
BIOGRAFI.....	113

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Koagulan .....	10
Tabel 2.2 Penilaian <i>Severity</i> (S).....	15
Tabel 2.3 Penilaian <i>Occurrence</i> (O).....	16
Tabel 2.4 Penilaian <i>Detection</i> (D).....	16
Tabel 2.5 Format Tabel FMEA .....	17
Tabel 4.1 Penentuan Nilai <i>Severity</i> (S) .....	33
Tabel 4.2 Penentuan Nilai <i>Occurrence</i> (O) .....	34
Tabel 4.3 Penentuan Nilai <i>Detection</i> (D).....	34
Tabel 5.1 Data karakteristik air baku IPAM Karang Pilang .....	35
Tabel 5.2 Hasil Analisis Kekeruhan.....	36
Tabel 5.2 Hasil Analisis Kekeruhan (Lanjutan) .....	36
Tabel 5.3 Hasil Analisis Sisa Klor.....	38
Tabel 5.4 Hasil Analisis Coliform.....	39
Tabel 5.5 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Prasedimentasi. ....	40
Tabel 5.6 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Clarifier .....	41
Tabel 5.7 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Filter .....	41
Tabel 5.8 Penentuan Bobot Kepentingan Resiko .....	54
Tabel 5.9 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Kontak Unit Aerasi.....	55
Tabel 5.10 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Kecepatan Transfer Gas Unit Aerasi .....	55
Tabel 5.11 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Beban Permukaan Unit Prasedimentasi.....	56
Tabel 5.12 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Detensi Unit Prasedimentasi.....	57
Tabel 5.13 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Luas Permukaan <i>Weir</i> Unit Prasedimentasi .....	57

Tabel 5.14 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko <i>Weir Loading Rate</i> Unit Prasedimentasi .....	58
Tabel 5.15 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Froude Unit Prasedimentasi .....	59
Tabel 5.16 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Reynold Unit Prasedimentasi .....	59
Tabel 5.17 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Volume Bak Unit Koagulasi .....	60
Tabel 5.18 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Detensi Unit Koagulasi .....	60
Tabel 5.19 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Gradien Kecepatan Unit Koagulasi .....	61
Tabel 5.20 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Tinggi Terjunan Unit Koagulasi .....	62
Tabel 5.21 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Volume Bak Unit Flokulasi .....	62
Tabel 5.22 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Detensi Unit Flokulasi.....	63
Tabel 5.23 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Gradien Kecepatan Unit Flokulasi.....	64
Tabel 5.24 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Reynold Unit Clarifier.....	64
Tabel 5.25 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Froude Unit Clarifier.....	65
Tabel 5.26 Batasan Nilai <i>Severity</i> Risiko Kecepatan <i>Settler</i> Unit Flokulasi.....	65
Tabel 5.27 Persentasi Nilai <i>Severity</i> Unit Aerasi.....	66
Tabel 5.28 Persentasi Nilai <i>Severity</i> Unit Prasedimentasi .....	67
Tabel 5.29 Persentasi Nilai <i>Severity</i> Unit Koagulasi .....	67
Tabel 5.30 Persentasi Nilai <i>Severity</i> Unit Flokulasi.....	67
Tabel 5.31 Persentasi Nilai <i>Severity</i> Unit Clarifier.....	68

Tabel 5.32 Penentuan Nilai <i>Severity</i> .....	68
Tabel 5.33 Nilai <i>Occurrence</i> Unit Aerasi .....	69
Tabel 5.34 Nilai <i>Occurrence</i> Unit Prasedimentasi .....	70
Tabel 5.35 Nilai <i>Occurrence</i> Unit Koagulasi.....	71
Tabel 5.36 Nilai <i>Occurrence</i> Unit Flokulasi .....	72
Tabel 5.37 Nilai <i>Occurrence</i> Unit Clarifier .....	73
Tabel 5.38 Nilai <i>Detection</i> Unit Aerasi.....	74
Tabel 5.39 Nilai <i>Detection</i> Unit Prasedimentasi .....	74
Tabel 5.40 Nilai <i>Detection</i> Unit Koagulasi .....	74
Tabel 5.41 Nilai <i>Detection</i> Unit Flokulasi.....	75
Tabel 5.42 Nilai <i>Detection</i> Unit Clarifier .....	75
Tabel 5.43 Kriteria Nilai <i>Detection</i> .....	76
Tabel 5.44 Nilai Risk Priority Number (RPN) .....	77
Tabel 5.45 Ranking Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN) .....	79
Tabel 5.46 Nilai RPN dan Pembobotan .....	80

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk Kerangka Diagram <i>Fishbone</i> .....	13
Gambar 4.1 Diagram Alir Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I.....	22
Gambar 4.1 Kerangka Penelitian .....	30
Gambar 5.1 Hasil Analisis Parameter Kekerusuhan.....	37
Gambar 5.2 Diagram <i>Fishbone</i> Kinerja IPAM Karang Pilang I ...	43
Gambar 5.3 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Prasedimentasi.....	49
Gambar 5.4 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Prasedimentasi.....	50
Gambar 5.5 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Koagulasi.....	51
Gambar 5.6 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Flokulasi .....	52
Gambar 5.7 Diagram <i>Fishbone</i> Unit Clarifier .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A.....	89
LAMPIRAN B.....	105
LAMPIRAN C .....	109

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan kebutuhan air minum yang harus dilayani oleh PDAM Kota Surabaya, mendorong adanya peningkatan kapasitas produksi IPAM Karang Pilang I. Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I pertama dibangun memiliki kapasitas produksi 1.000 L/dt. Mulai tahun 2006 hingga saat ini kapasitas yang diproduksi IPAM Karang Pilang I sebesar 1.450 L/dt (PDAM Kota Surabaya, 2015). Peningkatan jumlah penduduk juga berpengaruh terhadap peningkatan pencemaran air, sehingga air baku yang digunakan IPAM Karang Pilang mengalami penurunan kualitas. Air baku yang dipergunakan pada IPAM Karang Pilang sering tidak memenuhi baku mutu air kelas II, bahkan untuk parameter BOD seringkali sudah masuk ke kelas IV. Kondisi ini menunjukkan bahwa daerah hulu Kali Surabaya sebelum masuk unit pengolahan (Intake Karang Pilang) sudah terjadi pencemaran (Rahmawati dan Mulia, 2014).

Dalam pengolahan air minum, IPAM Karang Pilang I harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 429 tahun 2010 tentang persyaratan kualitas air minum. Pertambahan kapasitas produksi dan penurunan kualitas air baku mulai awal dibangun hingga saat ini, memungkinkan terjadinya penurunan kinerja setiap unit instalasi yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan unit pengolahan dan penurunan kualitas air yang dihasilkan oleh IPAM Karang Pilang I.

Melalui visi tersedianya air minum yang cukup bagi pelanggan, PDAM Kota Surabaya melakukan beberapa tindakan untuk meningkatkan mutu dengan menganalisis kegagalan. Beberapa industri seringkali menuntut analisis kegagalan yang cepat dan cermat, untuk itu analisis kegagalan perlu menggunakan metode atau teknik yang efektif sehingga menghasilkan solusi dan rekomendasi yang tepat dan cermat dalam waktu singkat (Siswosuwarno, 2002). Salah satu metode untuk menganalisis

kegagalan dalam suatu proses produksi adalah dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA).

FMEA merupakan sebuah teknik yang digunakan untuk mencari, mengidentifikasi, dan menghilangkan kegagalan potensial, *error* dan masalah yang diketahui dari sistem, desain, proses, atau jasa sebelum hal tersebut sampai ke konsumen (Puspitasari dan Martanto, 2014). FMEA baik sekali digunakan pada sistem manajemen mutu untuk jenis industri manapun (Octavia, 2010).

Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk menganalisis kegagalan yang dapat menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I yang terjadi akibat dari serangkaian proses produksi di IPAM. Setelah menganalisis keefektifan penyisihan setiap unit yang akan terjadi, selanjutnya menganalisis resiko kegagalan terbesar dalam nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang ditimbulkan. Sehingga dapat memberikan saran untuk sistem produksi selanjutnya dalam rangka meningkatkan mutu pelayanan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan masalah yang mendasar pada penelitian ini:

1. Apa sumber kegagalan unit dalam sistem produksi yang menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I?
2. Apa sumber kegagalan terbesar dalam nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang ditimbulkan?
3. Apa usulan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem produksi IPAM Karang Pilang I?

## **1.3 Tujuan**

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi sumber kegagalan unit dalam sistem produksi yang menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I.
2. Menganalisis resiko kegagalan terbesar dalam nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang ditimbulkan.
3. Memberikan usulan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem produksi IPAM Karang Pilang I.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Lokasi observasi dan analisis dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I.
2. Sampel air yang digunakan berasal dari IPAM Karang Pilang I yaitu air baku (*intake*), *outlet* unit aerator, *outlet* unit prasedimentasi, *outlet* unit clarifier, *outlet* unit filter dan air produksi.
3. *Key Performance Indicator* (KPI) unit pengolahan air minum yaitu Kekeruhan (parameter fisik), Total *Escherichia coli* (parameter biologis) dan Sisa Klor (parameter kimia).
4. Data Primer yang digunakan adalah data penelitian parameter yang diambil dari setiap unit pengolahan
5. Data yang Sekunder yang digunakan adalah data kualitas dan debit air baku PDAM dan data dari kinerja proses setiap unit pengolahan.
6. Penelitian dilakukan di Laboratorium IPAM Karang Pilang.
7. Metode yang digunakan adalah *Failure Mode and Effect Analysis*.

## 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai rekomendasi bagi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I dalam mengidentifikasi sumber kegagalan sehingga dapat mengurangi kegagalan dalam sistem produksi. Selain itu, perusahaan juga dapat mencegah timbulnya kegagalan sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas mutu untuk memenuhi kepuasan dari pelanggan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini dibahas mengenai kajian pustaka berdasarkan sumber seperti buku, jurnal ilmiah, artikel, serta penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Tinjauan pustaka ini ditujukan untuk menyusun kerangka berfikir dan penyelesaian masalah pada penelitian ini.

#### **2.1 Pengertian dan Klasifikasi Mutu Air Minum**

##### **2.1.1 Pengertian Air Minum**

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010, 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-parameter baik parameter wajib maupun tambahan. Dijelaskan pula penyelenggara air minum adalah badan usaha milik negara/badan usaha milik daerah, koperasi, badan usaha swasta, usaha perorangan, kelompok masyarakat dan/atau individual yang melakukan penyelenggaraan penyediaan air minum.

##### **2.1.2 Klasifikasi Mutu Air**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, Kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk

mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;

- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

### **2.3 Sumber dan Syarat Air Baku**

Air baku air minum adalah air yang dapat diolah menjadi air yang layak sebagai air minum dengan mengolah secara sederhana dengan cara difiltrasi, disinfeksi, dan dididihkan.

#### **2.3.1 Sumber Air Baku**

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air, sumber air adalah wadah air yang terdapat:

1. Di atas dan di bawah permukaan tanah (termasuk dalam pengertian ini akuifer);
2. Mata air;
3. Sungai;
4. Rawa;
5. Danau;
6. Situ;
7. Waduk;
8. Dan muara.

Sungai merupakan salah satu sumber air baku yang paling banyak digunakan dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari (Oryzatin, 2015). Kecenderungan penggunaan air sungai sebagai air baku dan air bersih dalam kurun waktu 1999 – 2009. Akan tetapi, sungai juga digunakan sebagai tempat pembuangan limbah industri dan juga limbah domestik. Jumlah limbah yang terus bertambah menyebabkan kemampuan badan sungai untuk menjernihkan diri semakin berkurang dikarenakan beban pencemar yang terus bertambah hingga melewati ambang batas pencemaran yang telah ditetapkan (Sanim, 2011).

#### **2.3.2 Syarat Air Baku**

Sesuai dengan ketentuan badan kesehatan dunia (WHO), layak tidaknya air untuk kehidupan manusia ditentukan berdasarkan persyaratan kualitas secara fisik, secara kimia dan secara biologis.

## 1. Persyaratan kualitas secara fisik

### a. Kekeruhan

Kekeruhan merupakan salah satu parameter fisika yang harus diperhatikan dalam pengolahan air untuk mendapatkan kualitas air yang memenuhi persyaratan atau baku mutu. Kekeruhan didalam air disebabkan oleh materi yang tersuspensi atau tidak larut. Jenis jenis partikel yang tersuspensi didalam air yang umumnya ditemukan di perairan terdiri dari materi organik, materi anorganik dan organisme hidup ataupun mati (Mutiarani dkk, 2011).

### b. Bau

Bau pada air ditimbulkan akibat pembusukkan dari zat-zat organik serta limbah dari pabrik ataupun disebabkan karena proses penguraian senyawa organik oleh bakteri (Supiyati dkk, 2012).

### c. Rasa

Rasa yang terdapat di dalam air baku dapat dihasilkan oleh kehadiran organisme seperti mikroalgae dan bakteri, adanya limbah padat dan limbah cair seperti hasil buangan dari rumah tangga dan kemungkinan adanya sisa – sisa bahan yang digunakan untuk disinfeksi misalnya klor. Timbulnya rasa pada air minum biasanya berkaitan erat dengan bau pada air tersebut. Rasa pada air minum dapat dideteksi dengan menggunakan indera penyerap.

### d. Warna

Warna pada air disebabkan oleh adanya bahan kimia atau mikroorganik (*plankton*) yang terlarut di dalam air. Warna yang disebabkan bahan-bahan kimia disebut *apparent color* yang berbahaya bagi tubuh manusia. Warna yang disebabkan oleh mikroorganisme disebut *true color* yang tidak berbahaya bagi kesehatan. Air yang layak dikonsumsi harus jernih dan tidak berwarna (Yusuf, 2012).

### e. Temperatur

Air yang baik mempunyai temperatur normal, 8° dari suhu kamar (27°C). Suhu air yang melebihi batas normal menunjukkan indikasi terdapat bahan kimia yang terlarut dalam jumlah yang cukup besar (Yusuf, 2012).

## 2. Persyaratan kualitas secara kimia

Dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tercantum sebanyak 33 macam unsur standar. Beberapa unsur – unsur tersebut tidak dikehendaki kehadirannya pada air minum, oleh karena merupakan zat kimia yang beracun, dapat merusak perpipaan, ataupun karena sebagai penyebab bau/rasa yang akan mengganggu estetika. Kualitas atau persyaratan air secara kimia yaitu zat kimia organik dan zat kimia anorganik. Kedua zat tersebut ditekan volume dan konsentrasinya sampai batas limit sehingga walaupun terpaksa masih ada di dalam air tidak membahayakan penggunaan air minum. Keberadaan komponen pencemar kimia tersebut diukur atas tingkat toksisitasnya terhadap kesehatan manusia.

3. Persyaratan kualitas secara biologis

a. Bakteri

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang penting pada penanganan air. Bakteri adalah jasad renik yang sederhana, tidak berwarna, satu sel. Bakteri berkembangbiak dengan cara membelah diri, setiap 15 – 30 menit pada lingkungan yang ideal. Bakteri dapat bertahan hidup dan berkembangbiak dengan cara memanfaatkan makanan terlarut dalam air. Bakteri tersebut berperan dalam dekomposisi unsur organik dan akan menstabilkan buangan organik. Bakteri yang mendapatkan perhatian di dalam air minum terutama adalah bakteri *Escherichia coli* yaitu koliform yang dijadikan indikator dalam penentuan kualitas air minum.

b. Virus

Virus adalah berupa makhluk yang bukan organisme sempurna, antara benda hidup dan tidak hidup, berukuran sangat kecil antara 20 – 100 nm atau sebesar 1/50 kali ukuran bakteri. Perhatian utama virus pada air minum adalah terhadap kesehatan masyarakat, karena walaupun hanya 1 virus mampu menginfeksi dan menyebabkan penyakit. Virus berada dalam air bersama tinja yang terinfeksi, sehingga menjadi sumber infeksi.

## 2.4 Proses Pengolahan Air Minum

Menurut Budiyo dan Sumardiono (2013), pada dasarnya metode yang digunakan untuk pengolahan air dari berbagai

sumber dan untuk berbagai tujuan dibedakan sebagai pengolahan secara fisik (disebut sebagai satuan operasi), pengolahan secara kimia (disebut sebagai satuan proses) dan pengolahan secara biologis.

#### **2.4.1 Pengolahan Fisik**

Pengolahan air minum secara fisik adalah pengolahan tanpa rekayasa penambahan bahan kimia atau bahan lain untuk pemisahan zat padat atau pengotor (Masduqi dan Assomadi, 2012).

##### **1. Penyaringan (Screening)**

Screening berfungsi untuk memisahkan air dari sampah-sampah dalam ukuran besar (Hanum, 2002). Sedangkan menurut Masduqi dan Assomadi (2012), penyaringan (screening) dimasukkan untuk menyaring benda-benda kasar terapung atau melayang di air agar tidak terbawa ke dalam unit pengolahan. Penempatan screening ini menyesuaikan dengan kondisi intake yang digunakan. Intake merupakan bangunan penadap air yang terletak pada lokasi yang mudah diakses, dirancang dan dibangun dekat dengan sumber air, dapat menyediakan air dengan kualitas dan kuantitas yang harus terpenuhi dalam berbagai kondisi (Kawamura, 2000).

##### **2. Aerasi**

Aerasi merupakan proses kontak antara air dan udara baik dengan metode alami atau dengan perangkat mekanis. Dengan kata lain suatu metode untuk meningkatkan saturasi oksigen dari air. Aerasi adalah salah satu teknik yang paling mendasar sering digunakan dalam perbaikan karakteristik fisik dan kimia dari air (Nadayil, 2015).

##### **3. Pengendapan (Sedimentasi)**

Sedimentasi adalah pemisahan partikel-partikel padatan tersuspensi dalam air dengan mengendapan secara gravitasi. Prinsip utama dari sedimentasi adalah memberikan kesempatan air untuk tinggal atau mengalir dengan laju sangat lambat sehingga partikel-partikel yang lebih berat akan mengendap kebawah karena gaya gravitasi (Budiyono dan Sumardiono, 2013).

##### **4. Filtrasi**

Filtrasi merupakan proses yang digunakan pada pengolahan air bersih yang digunakan untuk memisahkan

(menyaring) bahan-bahan pengotor (partikulat) yang terdapat didalam air termasuk alga, bakteri, dan koloid tanah yang merupakan partikel yg tidak dapat terendapkan pada bak sedimentasi (Fitri, 2013).

## 2.4.2 Pengolahan Kimia

### 1. Koagulasi – Flokulasi

Pada proses koagulasi terjadi proses penguraian koloid dan partikel menjadi tidak stabil menjadi partikel bermuatan positif dan negatif sebagai akibat dari pengadukan. Proses ini berlanjut dengan pembentukan ikatan antara ion positif dari koagulan dengan ion negatif dari partikel akibat dari pembubuhan yang menyebabkan pembentukan flok (presipitat) (Masduqi dan Assomadi, 2012).

### 2. Desinfeksi

Desinfeksi merupakan metoda untuk membunuh bakteri dan virus yang tidak dikehendaki didalam air seperti bakteri patogen sebagai penyebab berbagai penyakit. Metode desinfeksi air dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu pemanasan, paparan ke sinar ultraviolet, dan reaksi dengan bahan kimia tertentu seperti oksidan, ion logam, asam/basa, dan bahan aktif permukaan (Hadi, 2012).

Selain dipengaruhi oleh bahan kimia yang digunakan, faktor yang mempengaruhi proses desinfeksi adalah jenis mikroorganisme, konsentrasi desinfeksi, waktu kontak, pengaruh pH, temperatur, pengaruh kimia dan fisika dalam desinfeksi, dan faktor lain (Said, 2007).

## 2.4.3 Jenis Koagulan

Menurut Lionie (2016) koagulan merupakan bahan kimia yang dibutuhkan untuk membantu proses mengendapkan partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya (secara gravitasi). Berikut pada Tabel 2.1 beberapa kelebihan, kelemahan, dan dosis yang biasa digunakan pada setiap koagulan.

Tabel 2.1 Kelebihan dan Kelemahan Koagulan

Koagulan	Dosis (ppm)	Kelebihan	Kelemahan
Aluminium Sulfat	10-150	1. Keasaman rendah	1. Jumlah residu aluminium tinggi

<b>Koagulan</b>	<b>Dosis (ppm)</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kelemahan</b>
		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Nilai kekeruhan akhir rendah</li> <li>3. Mudah digunakan karena umum digunakan dalam pengolahan air minum</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Keefektifan terbatas pada rentang pH</li> </ol>
PAC	3-50	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dapat digunakan pada semua tipe air baku</li> <li>2. Keefektifan koagulasi tinggi</li> <li>3. Dosis yang dibutuhkan sedikit</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Aluminium korosif terhadap logam</li> </ol>
Sodium Aluminate	5-50	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efisiensi tinggi pada air yang asam</li> <li>2. Dosis yang dibutuhkan sedikit</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sangat korosif</li> <li>2. Mudah terbakar jika bereaksi dengan garam ammonium</li> </ol>
Ferro Sulfat	5-150	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tidak ada residu aluminium</li> <li>2. Tidak sensitive terhadap pH</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jumlah residu besi tinggi</li> <li>2. Sangat korosif</li> </ol>
Ferri Sulfat	10-250	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sangat efektif menurunkan zat organik</li> <li>2. Rentang pH panjang</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jumlah residu besi tinggi</li> <li>2. Sangat korosif</li> </ol>

Koagulan	Dosis (ppm)	Kelebihan	Kelemahan
Ferri Klorida	5-150	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sangat efektif menurunkan zat organik</li> <li>2. Rentang pH panjang</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Jumlah residu besi tinggi</li> <li>2. Sangat korosif</li> </ol>

Sumber: Lionie, 2016.

## 2.5 Analisis Diagram *Fishbone*

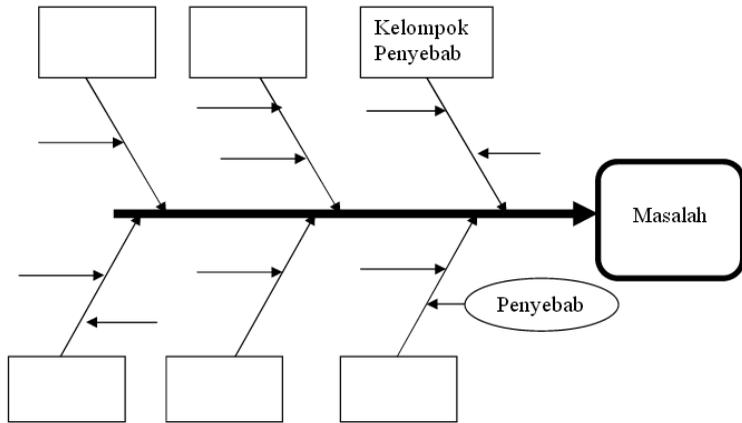
### 2.5.1 Definisi Diagram *Fishbone*

Diagram *Fishbone* sering juga disebut *Cause-and-Effect Diagram* atau *Ishikawa Diagram*. Diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian kualitas dari Jepang, sebagai satu dari tujuh alat kualitas dasar (*7 basic quality tools*). Diagram *Fishbone* digunakan ketika ingin mengidentifikasi kemungkinan penyebab masalah dan terutama ketika sebuah *team* cenderung jatuh berpikir pada rutinitas (Tague, 2005).

### 2.5.2 Langkah Pembuatan Diagram *Fishbone*

Menurut Asmoko (2013), langkah-langkah dalam membuat Diagram *Fishbone* sebagai berikut:

1. Membuat kerangka Diagram *Fishbone*. Kerangka Diagram *Fishbone* meliputi kepala ikan yang diletakkan pada bagian kanan diagram. Kepala ikan ini nantinya akan digunakan untuk menyatakan masalah utama. Bagian kedua merupakan sirip, yang akan digunakan untuk menuliskan kelompok penyebab permasalahan. Bagian ketiga merupakan duri yang akan digunakan untuk menyatakan penyebab masalah. Bentuk kerangka Diagram *Fishbone* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Bentuk Kerangka Diagram *Fishbone*

Sumber: Scarvada dkk, 2004

2. Merumuskan masalah utama. Masalah juga dapat didefinisikan sebagai adanya kesenjangan atau gap antara kinerja sekarang dengan kinerja yang ditargetkan. Masalah utama ini akan ditempatkan pada bagian kanan dari Diagram *Fishbone* atau ditempatkan pada kepala ikan.
3. Langkah berikutnya adalah mencari faktor-faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada permasalahan. Langkah ini dapat dilakukan dengan teknik *brainstorming*. Menurut Scarvada, dkk (2004), penyebab permasalahan dapat dikelompokkan dalam enam kelompok yaitu *materials* (bahan baku), *machines and equipment* (mesin dan peralatan), *manpower* (sumber daya manusia), *methods* (metode), *Mother Nature/environment* (lingkungan) dan *measurement* (pengukuran). Gaspersz dan Fontana (2011) mengelompokkan penyebab masalah menjadi tujuh yaitu *manpower* (SDM), *machines* (mesin dan peralatan), *methods* (metode), *materials* (bahan baku), *media*, *motivation* (motivasi), dan *money* (keuangan). Kelompok penyebab masalah ini kita tempatkan di Diagram *Fishbone* pada sirip ikan.
4. Menemukan penyebab untuk masing-masing kelompok penyebab masalah. Penyebab ini ditempatkan pada duri ikan. Penyebab masalah ini dapat dirinci lebih lanjut dengan mencari

penyebab dari penyebab masalah tersebut. Pendalaman lebih lanjut dari penyebab masalah ini dapat dilakukan sampai dengan lima level. Dapat digunakan metode *Five Whys* untuk pendalaman penyebab masalah ini.

5. Langkah selanjutnya setelah masalah dan penyebab masalah diketahui, kita dapat menggambarannya dalam Diagram *Fishbone*.

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

### **2.6.1 Pengertian FMEA**

FMEA diresmikan pada tahun 1949 oleh Angkatan Bersenjata AS pada Mil-P 1629, untuk mengetahui efek kegagalan dan analisis kekritisannya. Meskipun dikembangkan oleh militer, metode FMEA sekarang banyak digunakan dalam berbagai industri termasuk pengolahan semikonduktor, jasa makanan, plastik, perangkat lunak, aeronautika, otomotif, kesehatan dll (Carlson, 2014). Menurut Crow (2002), FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial, mengetahui efeknya pada operasi produk dan mengidentifikasi tindakan untuk mengurangi kegagalan. Faktor penilaian dalam FMEA terdiri atas:

1. *Severity* atau Tingkat Keparahan (S), merupakan kuantifikasi seberapa serius kondisi yang diakibatkan jika terjadi kegagalan. Menurut tingkat keseriusan, *severity* dinilai pada skala 1-10.
2. *Occurance* atau Tingkat Kejadian (O), merupakan tingkat kemungkinan terjadinya kegagalan. Ditunjukkan dalam skala 1-10 dari yang hampir tidak pernah terjadi (1) sampai yang paling mungkin terjadi atau sulit dihindari (10).
3. *Detection* atau Metode Deteksi (D). Menunjukkan tingkat kemungkinan penyebab kegagalan dapat lolos dari kontrol yang sudah dipasang. Level untuk *detection* juga dari 1-10, dimana angka 1 menunjukkan kemungkinan pasti terdeteksi, dan 10 menunjukkan kemungkinan tidak terdeteksi adalah sangat besar.
4. *Risk Priority Number* (RPN). Berdasarkan definisi, RPN merupakan hasil perkalian dari nilai ranking *severity*, *occurance* dan *detection*. Rumus RPN:  
$$RPN = (S) \times (O) \times (D) \dots\dots\dots (Rumus 2.1)$$

### 2.6.2 Penentuan Nilai

Menurut Scarvada, dkk (2004), penilaian nilai untuk masing-masing faktor sebagai berikut:

#### 1. Penilaian *Severity* (S)

Penilaian terhadap *severity* pada proses produksi merupakan penilaian yang berhubungan dengan seberapa besar kemungkinan terjadinya dampak yang timbul akibat adanya kegagalan atau kecacatan yang terjadi.

Tabel 2.2 Penilaian *Severity* (S)

Dampak	Tingkat Keseriusan Dampak	Peringkat
Berbahaya tanpa peringatan	Kegagalan tidak didahului oleh peringatan	10
Berbahaya dengan peringatan	Kegagalan didahului oleh peringatan	9
Sangat tinggi	Produk tidak dapat dioperasikan	8
Tinggi	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang banyak berkurang	7
Sedang	Produk dapat dioperasikan tetapi sebagian item tambahan (fungsi sekunder) tidak dapat berfungsi	6
Rendah	Produk dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang	5
Sangat	Cacat disadari oleh	4
Minor	Cacat disadari oleh pelanggan -50%	3
Sangat	Cacat disadari oleh	2
Tidak ada	Tidak memiliki pengaruh	1

Sumber: Mraz dan Huber, 2005

2. Penilaian *Occurrence* (O)

Penilaian terhadap *occurrence* dilakukan untuk mengetahui seberapa sering kemungkinan terjadinya suatu kegagalan pada proses produksi. Penilaian untuk *occurrence* dilakukan dengan cara memberi nilai dari 1 hingga 10 untuk mengetahui seberapa besar potensi kegagalan pada proses produksi.

Tabel 2.3 Penilaian *Occurrence* (O)

Probabilitas Kejadian Risiko	Frekuensi	Peringkat
Sangat Tinggi	1 in 2	10
Tinggi	1 in 3	9
	1 in 8	8
	1 in 20	7
Sedang	1 in 80	6
	1 in 400	5
	1 in 2.000	4
Rendah	1 in 15.000	3
	1 in 150.000	2
Sangat Rendah	1 in 1.500.000	1

Sumber: Mraz dan Huber, 2005

3. Penilaian *Detection* (O)

Penilaian terhadap *detection* bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemungkinan kegagalan-kegagalan tersebut dapat di deteksi dengan maksimal. *Detection* memiliki range nilai mulai 1 hingga 10, nilai 1 mengartikan bahwa risiko sangat mungkin terdeteksi, sedangkan nilai 10 dapat diartikan bahwa risiko sangat tidak mungkin terdeteksi.

Tabel 2.4 Penilaian *Detection* (D)

Deteksi	Kemungkinan Deteksi	Peringkat
Hampir tidak mungkin	Pengontrol tidak dapat mendeteksi kegagalan	10

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

*Sumber: Mraz dan Huber, 2005*

**Tabel 2.5 Format Tabel FMEA**

UNIT	FUNGSI	KEGAGALAN POTENSIAL	DAMPAK KEGAGALAN POTENSIAL	SEVERITY (S)	TINGKAT FREKUENSI	OCCURRENCE (O)	PENGENDALIAN DETEKSI	DETECTION (D)	RISK PRIORITY NUMBER (RPN)	USULAN PERBAIKAN

*Sumber: Stamatis, 2003*

- Unit : nama unit proses yang akan dianalisis.

- Fungsi : penjelasan secara sederhana fungsi unit proses yang akan dianalisis.
- Kegagalan potensial : proses yang potensial akan menimbulkan kegagalan pada proses produksi.
- Dampak kegagalan potensial : efek yang ditimbulkan oleh adanya kegagalan potensial.
- *Severity* : rangking yang menunjukkan efek yang serius yang berasal dari kegagalan potensial.
- Tingkat frekuensi : penjelasan berapa kali sebuah kegagalan dapat terjadi dari unit proses.
- *Occurrence* : rangking yang secara spesifik menerangkan rata-rata kegagalan yang terjadi.
- Pengendalian deteksi : penjelasan yang menerangkan sebuah kontrol yang dapat mendeteksi kegagalan yang akan terjadi.
- *Detection* : rangking yang menerangkan deteksi yang terbaik yang dapat mengontrol.
- Usulan perbaikan : saran untuk kegagalan yang terjadi sebagai upaya peningkatan kualitas.

### 2.6.3 Jenis FMEA

Menurut Octavia (2010), Terdapat dua jenis penggunaan FMEA yaitu dalam bidang desain (Desain FMEA) dan dalam proses (Proses FMEA).

#### 1. Desain FMEA (DFMEA)

Adalah suatu analisa teknik untuk memahami potential kegagalan pada desain produk. Asumsi dibuat bahwa produksi sudah membuat produk sesuai desain, akan tetapi produk masih tidak berfungsi atau tidak berfungsi optimal. Kegagalan pada desain produk dapat berupa:

- Produk tidak berfungsi maksimal.
- Produk tidak dapat bekerja pada kondisi tertentu.
- Produk dibuat dengan tingkatan *reject* yang tinggi.
- Produk sulit untuk dibuat atau digunakan

#### 2. Proses FMEA (PFMEA)

Adalah suatu analisa teknik untuk memahami potential kegagalan pada proses produksi. Asumsi dibuat bahwa design produk sudah baik akan tetapi proses produksi

gagal memenuhi tuntutan atau persyaratan pada design misalnya:

- Diameter lubang kebesaran.
- Pelapisan yang kurang.
- Kekerasan material kurang, dll.

#### **2.6.4 Tahapan Analisa Kegagalan dengan FMEA**

Berdasarkan Puspitasari dan Martanto (2014), tahapan yang harus dilakukan pada metode FMEA adalah sebagai berikut:

- Menentukan komponen dari sistem/alat yang akan dianalisa.
- Mengidentifikasi potensi kegagalan dari proses yang diamati.
- Mengidentifikasi akibat/*potential effect* yang ditimbulkan *potential failure*.
- Mengidentifikasi penyebab (*potential cause*) dari moda kegagalan yang terjadi pada proses yang berlangsung.
- Menetapkan nilai – nilai (dengan cara observasi lapangan dan *brainstorming*).
- Menentukan nilai RPN, yaitu nilai yang menunjukkan keseriusan dari *potential failure*

Setelah ditentukan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection*, selanjutnya dapat dilakukan perhitungan nilai RPN untuk masing – masing moda kegagalan tersebut. Selanjutnya urutkan moda kegagalan berdasarkan nilai RPN terbesar. Moda kegagalan dengan nilai RPN terbesar merupakan prioritas untuk dilakukan tindakan korektif.

#### **2.6.5 Keuntungan FMEA**

Menurut Riplova (2007), FMEA berguna terutama sebagai metode survei untuk mengidentifikasi mode kegagalan besar dalam sistem. Sebuah FMEA memberikan manfaat untuk kedua produsen dan pelanggan. Beberapa manfaat ini termasuk:

- Membantu dalam menentukan kemungkinan desain yang terbaik dan alternatif yang dapat digunakan.
- Membantu dalam mempertimbangkan potensi kegagalan yang mungkin terjadi dan efeknya pada produk.

- Memberikan catatan terdokumentasi dengan perbaikan dari tindakan korektif yang dapat diimplementasikan.
- Memberikan informasi yang berguna dalam mengembangkan program uji dan dalam kriteria pemantauan.
- Memberikan informasi secara yang berguna dalam menganalisa kegagalan produk yang potensial selama proses produksi.
- Memberikan ide-ide baru untuk perbaikan dalam desain atau proses yang sama.

## **BAB III**

### **GAMBARAN UMUM INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM**

#### **3.1 Sejarah IPAM Karang Pilang**

PDAM Kota Surabaya merupakan peninggalan jaman Belanda. Dimulai pada tahun 1890 pengambilan air minum untuk Kota Surabaya diambil dari sumber mata air di desa Purut Pasuruan menggunakan kereta api. Pada tahun 1903 dimulainya pekerjaan pemasangan pipa dari Pandaan yang berlangsung selama 3 tahun, sehingga pada tahun 1906 dapat melayani  $\pm$  1500 sambungan.

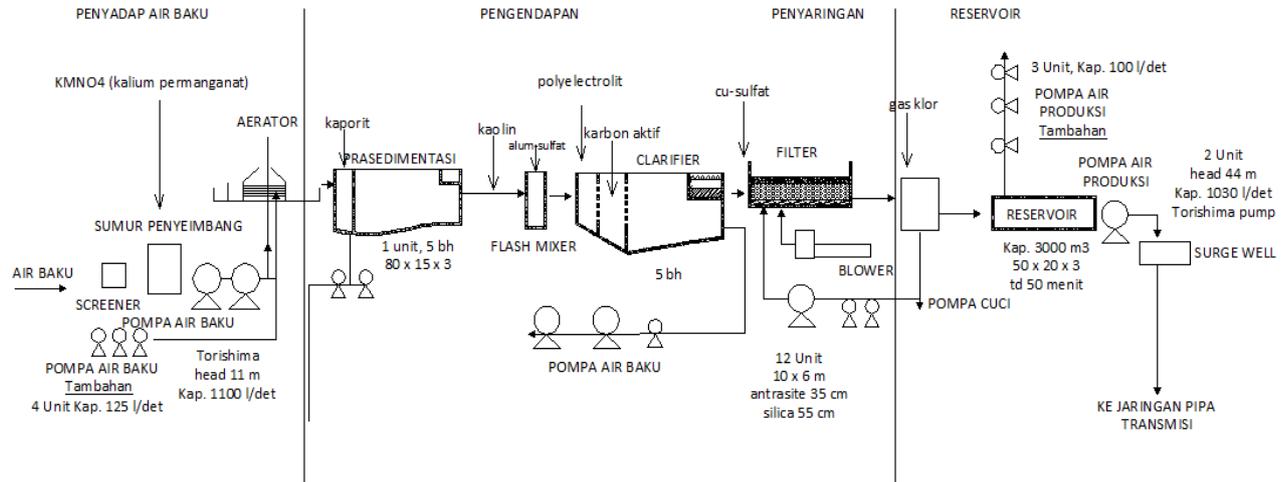
Pada tahun 1922 mulai dibangun IPAM Ngagel I dengan kapasitas 60 L/dt. Pada tahun 1950 Perusahaan Air Minum resmi diserahkan kepada Pemerintah Republik Indonesia, dan pada tahun 1978 terjadi pengalihan status pengolahan air minum yang sebelumnya dibawah naungan Dinas Air Minum menjadi Perusahaan Daerah Air Minum. Sementara itu, peningkatan kapasitas IPAM Ngagel I terus dilakukan hingga pada tahun 1980 menjadi 1000 L/dt.

IPAM Ngagel I dirasa tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan air minum penduduk Kota Surabaya, maka PDAM Kota Surabaya mengembangkan pengolahan air minum dengan membangun IPAM Ngagel II dan III serta IPAM Karang Pilang I.

Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I dibangun pada tahun 1990 dengan kapasitas produksi awal sebesar 1000 L/dt. Peningkatan kapasitas dilakukan pada tahun 1996 sebesar 200 L/dt dan tahun 2006 sehingga menjadi 1450 L/dt.

#### **3.2 Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I**

Tujuan utama pengolahan air adalah untuk menghasilkan air yang cocok untuk keperluan rumah tangga dan konsisten dari sumber air baku dengan biaya yang wajar kepada konsumen (Schutte, 2006). Berikut unit yang digunakan IPAM Karang Pilang I untuk mengolah air baku menjadi air bersih.



Gambar 4.1 Diagram Alir Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I  
 Sumber: PDAM Kota Surabaya, 2016

### 3.2.1 Intake

Pada umumnya ada 2 jenis bangunan *intake*, yaitu bangunan penangkap air dan bangunan pengambil air. Bangunan penangkap air digunakan untuk menangkap mata air di suatu patahan batuan, di lereng pegunungan atau tengah-tengah suatu danau/kolam. Sedangkan bangunan pengambil air berupa bangunan sadap di tepi sungai (Hadi, 2012).

*Intake* yang digunakan pada IPAM Karang Pilang merupakan jenis Kanal *Intake*. Berupa saluran terbuka di tepi Kali Surabaya untuk menyadap air yang selanjutnya akan dialirkan ke sumur pengumpul secara gravitasi. Gambar bangunan Intake saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.2 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul atau sumur penyeimbang merupakan sumur yang digunakan untuk menampung air dari intake untuk menjaga keseimbangan aliran. Air yang ditampung selanjutnya akan dialirkan menuju masing-masing instalasi IPAM I, II, dan III menggunakan pompa air baku.

Spesifikasi Sumur Pengumpul IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Panjang : 10,6 m
- Lebar : 6,6 m
- Dalam : 7,5 m
- Diameter pipa : 1300 mm
- Volume : 524,7 m<sup>3</sup>

Kriteria desain bak penyeimbang sebagai berikut (Saputri, 2011):

- Berbentuk bulat maupun persegi panjang.
- *Overflow* berupa pipa atau pelimpah diperlukan untuk mengatasi terjadinya tinggi muka yang melebihi kapasitas bak.
- Pipa *overflow* dapat mengalirkan minimum  $1/5$  x debit *inflow*.
- *Freebord* minimal 60 cm.
- Waktu detensi bak penenang >1,5 menit.

Gambar bangunan Sumur Pengumpul saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.3 Pompa Air Baku

Terdapat 2 jenis pompa air baku yang digunakan untuk menyalurkan air dari Kali Surabaya menuju instalasi pengolahan, yaitu pompa utama dan pompa tambahan. Pompa utama berjumlah 2 pompa dengan kapasitas masing-masing 1100 L/dt. Sedangkan pompa tambahan berjumlah 4 buah masing-masing berkapasitas 100 L/dt, namun hanya 3 pompa yang digunakan dan 1 pompa *standby*. Untuk pengoperasian dan pengontrolan pompa dilakukan secara otomatis sehingga lebih mudah dan efisien. Perawatan pompa dilakukan 1 tahun sekali atau sesuai dengan kebutuhan. Gambar Rumah Pompa saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.4 Aerasi

Air yang berasal dari sumur pengumpul selanjutnya akan dipompa menuju bak aerasi IPAM Karang Pilang I. Air yang berasal dari pompa utama akan mengalirkan secara vertikal, sedangkan air dari pompa tambahan akan mengalirkan secara horizontal. Spesifikasi *Aerator* IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Tipe : *Multiple Tray Aerator*
- Diameter pipa *inlet* : 900 mm
- Panjang : 15,8 m
- Lebar : 9 m
- Tinggi : 3,32 meter
- Jumlah *tray* : 5 buah
- Jarak antar *tray* : 300 mm
- *Outlet* : kanal menuju ke prasedimentasi

Gambar bangunan Aerasi saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

Transfer gas dalam *Multiple Tray Aerator* dilakukan dengan menggunakan ventilasi yang dapat dilakukan baik secara alami (bentuk rumah) maupun secara buatan. Faktor yang mempengaruhi efisiensi transfer gas dalam *Multiple Tray Aerator* adalah (Popel dalam Puspitasari, 2006):

1. Tipe, ukuran, pemberian jarak pada media yang sangat berpengaruh terhadap luas permukaan ( $A/V$ )

2. Ketinggian menara yang berpengaruh terhadap waktu kontak pada interfase
3. Debit air dan udara yang dialirkan per m<sup>2</sup> luas, waktu, dan arah aliran udara.

### 3.2.5 Prasedimentasi

Prasedimentasi atau pengendap pertama berfungsi sebagai tempat pengendapan partikel diskrit (pengendapan type I), seperti lempung, pasir dan zat padat lainnya yang bisa mengendap secara gravitasi (memiliki *specific gravity* = 1,2 dan berdiameter = 0,05 mm). Partikel diskrit adalah partikel yang selama proses pengendapannya tidak berubah ukuran, bentuk dan beratnya. Dalam pengoperasiannya, prasedimentasi dapat mengurangi zat padat sebesar 50 % - 70% (Maharsi, 2011).

Terdapat 4 zona yang harus dirancang secara benar agar efisiensi pemisahan kekeruhannya optimal, yaitu: zona *inlet*, zona pengendap, zona lumpur, dan zona *outlet* (ASCE-AWWA, 1990).

Spesifikasi Bak Prasedimentasi IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (PDAM Surabaya, 2016):

- Panjang (P) = 80 m
- Lebar (L) = 15 m
- Dalam (H) = 3 m
- Volume (V) = 3600 m<sup>3</sup>
- jumlah bak = 5 bak

Gambar bangunan Prasedimentasi saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.6 Koagulasi dan Flokulasi

Air dari bak prasedimentasi kemudian mengalir secara gravitasi menuju bak koagulasi untuk ditambahkan koagulan. Koagulan adalah suatu bahan kimia, baik alami maupun sintetis yang digunakan untuk menstabilkan partikel didalam air, sehingga partikel mudah untuk dipisahkan pada bak sedimentasi (Hadi, 2012). Terdapat berbagai jenis koagulan yang dapat digunakan dalam proses pengolahan air, namun koagulan yang banyak digunakan adalah aluminium sulfat dan garam-garam besi. Koagulan yang

digunkana pada IPAM Karang Pilang I adalah aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) dengan penambahan polielektrolit sebagai koagulan pembantu.

Spesifikasi Bak Koagulasi IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Panjang (P) = 1 m
- Lebar (L) = 1,75 m
- tinggi (H) = 2 m
- Volume (V) = 3,5 m<sup>3</sup>
- Jumlah bak = 2 bak

Gambar bangunan Koagulasi dan Flokulasi saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.7 Clarifier

Sedimentasi atau bak pengendap II berfungsi untuk mengendapkan flok dari pengaduk lambat yang ukuran, bentuk, dan beratnya berubah selama pengendapan (Hadi, 2012). Clarifier pada IPAM Karang pilang I menggunakan V-notch sebagai penahan partikel flokulan dengan massa jenis besar masuk kedalam *weir* yang selanjutnya menuju bak filter.

Spesifikasi Clarifier IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Jumlah unit filtrasi = 5 unit
- Tipe unit = *rectangular*
- Panjang = 18,25 meter
- Lebar = 8,9 meter
- Kedalaman = 6,5 meter

Gambar bangunan Clarifier saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

### 3.2.8 Filter

Unit saringan pasir (filter) merupakan proses pemisahan akhir padatan tersuspensi yang ada di dalam air pada instalasi air minum (Hadi, 2012). Terdapat 2 jenis filter yang umumnya digunakan sebagai penyaringan pada pengolahan air minum, yaitu filter pasir cepat dan filter pasir lambat. Pada IPAM Karang Pilang I jenis filter yang digunakan adalah filter pasir cepat, karena sebelumnya terdapat *pretreatment* penambahan koagulan.

Spesifikasi Clarifier IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Jumlah unit filtrasi = 12 unit
- Tipe media = dual media
- Arah aliran = *down flow*
- Kecepatan aliran =  $8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$
- Panjang bak = 10 meter
- Lebar bak = 7,15 meter
- Kedalaman = 3,2 meter

Gambar bangunan Filter saat pengamatan lapangan dapat dilihat pada lampiran B.

Penurunan bakteri *Coliform* yang paling efektif pada unit sand filter adalah pada variasi tebal media 120 cm dan rate filtrasi  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dengan nilai efisiensi sebesar 99%. Dan penurunan kekeruhan yang paling efektif pada unit sand filter adalah pada variasi tebal media 100 cm dan rate filtrasi  $5 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{jam}$  dengan nilai efisiensi sebesar 98,27% (Maryani, 2014).

### 3.2.9 Desinfeksi

Spesifikasi Clarifier IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Jumlah tabung chlor = 4 unit
- Tipe chlor = liquid (cair)
- Panjang = 10,1 meter
- Lebar = 5,9 meter
- Kedalaman = 5 meter

### 3.2.10 Reservoir

Spesifikasi Clarifier IPAM Karang Pilang I sebagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Panjang : 30 meter
- Lebar : 20 meter
- Tinggi : 5 meter
- Volume :  $3000 \text{ m}^3$

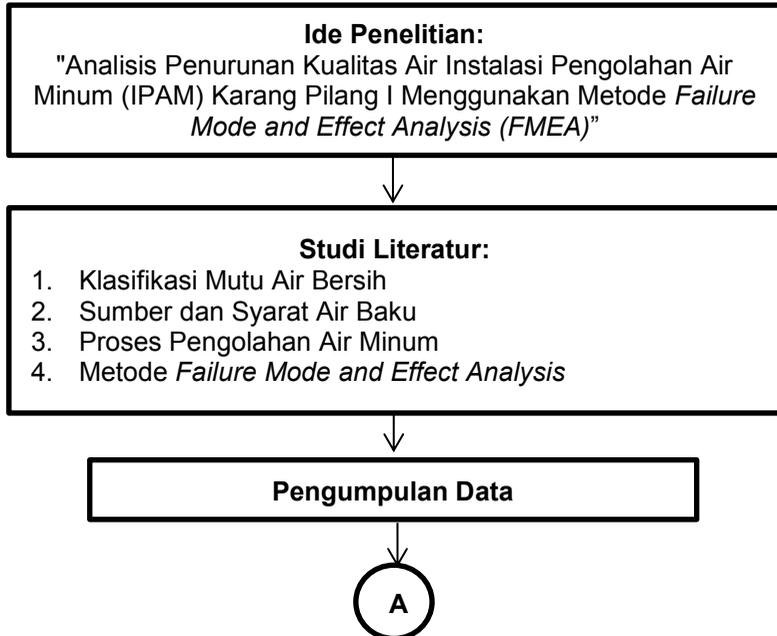
## BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

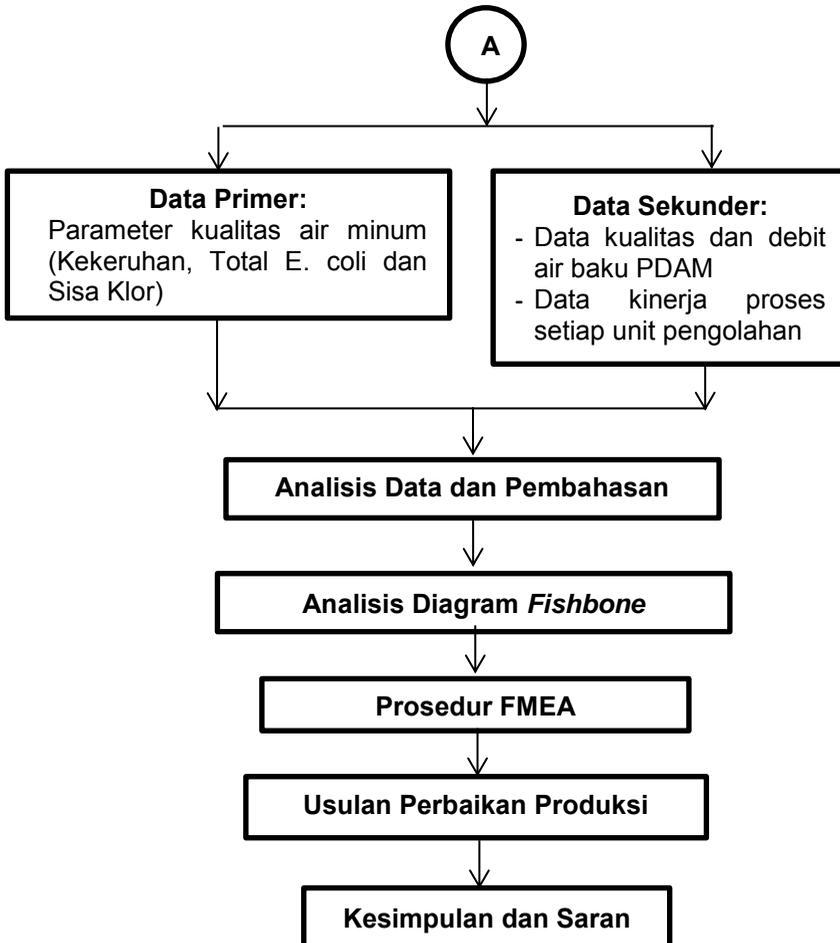
### 4.1 Deskripsi Umum

Metode penelitian digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kegagalan dalam proses produksi IPAM Karang Pilang I yang menyebabkan penurunan kualitas dan mengetahui resiko kegagalan terbesar dalam nilai RPN (*Risk Priority Number*) yang ditimbulkan.

### 4.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian memuat garis besar langkah-langkah yang akan dilakukan didalam penelitian ini. Penyusunan langkah-langkah penelitian yang jelas dan sistematis dapat memudahkan pelaksanaan penelitian, mencapai tujuan dan perbaikan yang diperlukan. Skema kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.





Gambar 4.1 Kerangka Penelitian

### Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian meliputi langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian berupa munculnya ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data, analisis data dan pembahasan, analisis diagram *Fishbone*, analisis metode FMEA, dan usulan perbaikan.

#### 1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung jalannya penelitian mulai dari awal hingga akhir dan juga sebagai bekal dalam melaksanakan penelitian tersebut. Studi literatur merupakan acuan dalam menentukan dan memahami penelitian yang akan dilakukan, yang wajib dipelajari mulai dari tahap awal penelitian sampai dengan penarikan kesimpulan. Hal ini dilakukan dengan cara:

- Konsultasi dengan dosen terkait mengenai proses pengolahan unit produksi air minum.
- Mempelajari *textbook* dan Jurnal Internasional yang terkait dengan penelitian mengenai diagram *Fishbone* dan metode *Failure Mode and Effect Analysis*.
- Mempelajari hasil penelitian terbaru yang terkait dengan penelitian ini.

## **2. Pengumpulan Data**

Pengumpulan Data dilakukan sebagai acuan yang akan digunakan dalam penentuan parameter penelitian. Pengumpulan data dibagi menjadi 2 yaitu, data primer dan data sekunder.

1. Data primer merupakan data nilai parameter dari setiap unit yang didapatkan langsung dari penelitian laboratorium dan observasi lapangan secara langsung.
2. Data sekunder merupakan data kualitas air, debit air baku dan kinerja proses setiap unit pengolahan yang didapatkan dari sumber-sumber terkait yang hasilnya dapat dipertanggung jawabkan.

## **3. Analisis Data dan Pembahasan**

Analisis data dan pembahasan dilakukan terhadap data yang diperoleh selama pelaksanaan penelitian berdasarkan pada studi literatur. Pembahasan yang dibuat dari hasil analisis ditampilkan dalam bentuk tabel atau grafik serta dianalisis secara deskriptif. Tabel dan grafik yang disajikan berupa:

- Tabel Perbandingan Baku mutu dengan hasil penelitian setiap parameter.
- Tabel dan Grafik nilai setiap parameter pada setiap unit.
- Sehingga dapat diketahui unit yang kemungkinan menyebabkan kegagalan dan penurunan produksi.

## **4. Analisis Diagram *Fishbone***

Diagram *Fishbone* digunakan untuk membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah pada unit instalasi, selain itu juga dapat memudahkan untuk menganalisis unit menggunakan metode FMEA. Kriteria desain yang tidak memenuhi diletakkan pada sirip ikan, sedangkan proses pengolahan yang dapat menyebabkan tidak terpenuhinya kriteria desain diletakkan pada duri ikan. Selanjutnya hasil dari analisis duri ikan akan digunakan untuk penilaian *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* pada prosedur FMEA.

#### 5. **Prosedur *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)***

Setelah mengetahui faktor yang menyebabkan kegagalan dari masing-masing unit dari analisis diagram *Fishbone*, tahapan yang dilakukan pada metode ini adalah sebagai berikut:

a. Menganalisis tingkat keseriusan kegagalan (*Severity*)

Tingkat keseriusan kegagalan digunakan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang ditimbulkan oleh kegagalan-kegagalan yang muncul. *Output* dari analisis ini adalah ditetapkan kerusakan yang berdampak paling besar terhadap kerusakan pada unit instalasi. Penentuan nilai *Severity* masing-masing unit dapat dilihat pada Bab V.

b. Menganalisis tingkat frekuensi kegagalan (*occurrence*)

Tingkat frekuensi kegagalan digunakan untuk mengetahui frekuensi kejadian kegagalan yang sering terjadi dalam unit instalasi. Penentuan nilai *Occurrence* masing-masing unit dapat dilihat pada Bab V.

c. Menganalisis tingkat kontrol kegagalan (*detection*).

Tingkat kontrol kerusakan digunakan untuk mengetahui kegagalan apa saja yang mempunyai tingkat pengendalian yang paling sulit untuk dideteksi atau diperbaiki. Penentuan nilai *Detection* masing-masing unit dapat dilihat pada Bab V.

d. Perhitungan nilai *Risk Priority Number*

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai RPN diperoleh dari perkalian antara skala *Severity*, *Occurrence*, dan skala *Detection*, atau  $RPN = Severity \times Occurrence \times Detection$ . *Output* dari RPN berupa prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh perusahaan dari kegagalan unit instalasi.

e. Penentuan tingkat prioritas perbaikan

Mengidentifikasi *potential failure mode* yang perlu diprioritaskan untuk dianalisis dan ditindaklanjuti dapat dilihat dari nilai RPN-nya. *Potential failure mode* dengan RPN tertinggi akan diprioritaskan untuk dianalisis dan ditindaklanjuti.

## 6. Usulan Perbaikan Produk

Usulan perbaikan produk didapatkan dari nilai RPN tertinggi, usulan ini digunakan untuk mengurangi angka pada RPN agar produk tidak menimbulkan kegagalan lagi dikemudian hari.

## 7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran, didapatkan dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan menjawab tujuan penelitian yang hendak dicapai, sedangkan saran dapat digunakan sebagai masukan untuk menyempurnakan penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 4.1 Penentuan Nilai *Severity* (S)

Ranking	Kategori Keseriusan Dampak	Range Persentase Nilai <i>Severity</i>	Tingkat Keseriusan Dampak
1	Tidak Ada	$\leq 10\%$	Unit pengolahan IPA bekerja secara normal
2	Rendah	11 - 40 %	Kegagalan menyebabkan unit pengolahan IPA tidak dapat mengolah air baku
3	Sedang	41 - 60%	Unit pengolahan IPA dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang
4	Tinggi	61 - 80 %	Kegagalan dapat menyebabkan unit pengolahan IPA tidak dapat dioperasikan
5	Berbahaya	$\geq 81\%$	Kegagalan dapat menyebabkan penurunan kinerja unit IPA lain sehingga dapat

		mempengaruhi proses produksi air bersih
--	--	---

Tabel 4.2 Penentuan Nilai *Occurrence* (O)

Ranking	Tingkat Frekuensi Dampak	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Sangat Rendah	( $\leq$ 20 kejadian dalam 3 bulan)
2	Rendah	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)
3	Sedang	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)
4	Tinggi	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)
5	Sangat Tinggi	( $\geq$ 100 kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)

Tabel 4.3 Penentuan Nilai *Detection* (D)

Ranking	Kategori <i>Detection</i>	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Pasti	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin muncul
2	Tinggi	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah
3	Sedang	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi
4	Jarang	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali
5	Tidak Mungkin	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Karakteristik Air Baku

Air baku yang digunakan IPAM Karang Pilang I, II, dan III seluruhnya berasal dari Kali Surabaya. Debit dan kualitas air yang masuk sering berubah-ubah, tergantung dari musim dan beban pencemar dari hulu yang masuk ke dalam sungai. Berdasarkan data dari PDAM Kota Surabaya diketahui bahwa beban pencemar yang masuk sering melebihi baku mutu air kelas 1 menurut PP No 81 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air baku yang telah ditentukan.

Data kekeruhan, pH, suhu dan oksigen terlarut air baku yang digunakan IPAM Karang Pilang bulan Januari 2015 hingga Februari 2016 dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan data air baku selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran.

Tabel 5.1 Data karakteristik air baku IPAM Karang Pilang

Bulan	Kekeruhan (NTU)	pH	Suhu (°C)	Oksigen Terlarut (mg/L)
Jan-15	211,88	7,52	27,86	3,17
Feb-15	285,60	7,45	27,75	4,11
Mar-15	298,68	7,50	27,75	4,35
Apr-15	244,48	7,45	28,55	4,48
Mei-15	48,03	7,54	28,01	3,77
Jun-15	16,63	7,61	27,41	3,21
Jul-15	13,17	7,69	27,08	3,26
Agu-15	9,71	7,72	26,69	2,91
Sep-15	11,46	7,71	27,47	2,91
Okt-15	9,04	7,80	29,41	3,01
Nov-15	10,71	7,68	31,27	2,52
Des-15	168,74	7,63	29,75	3,07
Jan-16	143,60	7,49	29,24	2,49
Feb-16	250,74	7,51	28,93	3,52
<b>Rata-Rata</b>	<b>123,03</b>	<b>7,59</b>	<b>28,37</b>	<b>3,34</b>

Sumber: PDAM Kota Surabaya

## 5.2 Karakteristik Air

Pada penelitian ini dilakukan analisis kualitas air yang akan diolah IPAM Karang Pilang I. Air yang dianalisis mulai dari air baku, *inlet* dan *outlet* unit aerasi, prasedimentasi, clarifier, filter dan yang terakhir air produksi. Analisis ini dilakukan selama 7 hari dan dilakukan pada Laboratorium Karang Pilang Surabaya. Parameter yang dilakukan analisis yaitu kekeruhan (untuk semua unit), sisa klor dan *Total Coliform* (untuk air produksi).

### 5.2.1 Analisis Kekeruhan

Kekeruhan adalah sifat optik yang menyebabkan cahaya akan tersebar dan diserap bukannya ditransmisikan dalam garis lurus melalui sampel. Hamburan dan penyerapan disebabkan ketika partikel larut seperti lumpur, tanah liat, ganggang, bahan organik, dan mikroorganisme ditangguhkan dalam sampel mengganggu cahaya yang melewati (Sadar, 1997). Pengambilan sampel air untuk analisis kekeruhan dilakukan pada air baku, *outlet* aerasi, *outlet* prasedimentasi, *outlet* clarifier, *outlet* filter dan air produksi. Pengujian menggunakan alat Turbidimeter, prosedur laboratorium dapat dilihat pada Lampiran C.

Tabel 5.2 Hasil Analisis Kekeruhan

Tanggal	Air Baku (NTU)			Outlet Aerasi (NTU)			Outlet Prasedimentasi (NTU)		
	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$
10-Mar-16	185	185	185	236	230	233	84,5	84,8	84,7
11-Mar-16	204	202	203	251	251	251	121	122	122
14-Mar-16	227	232	229,5	325	327	326	114	117	116
15-Mar-16	123	122	122,5	249	247	248	138	139	139
16-Mar-16	129	128	128,5	168	169	169	110	111	111
17-Mar-16	72	71,5	71,75	98,4	98,6	98,5	60,5	60,2	60,4
18-Mar-16	119	120	119,5	133	131	132	70,5	70,4	70,5
Rata-Rata	151,4			208,1			100,2		

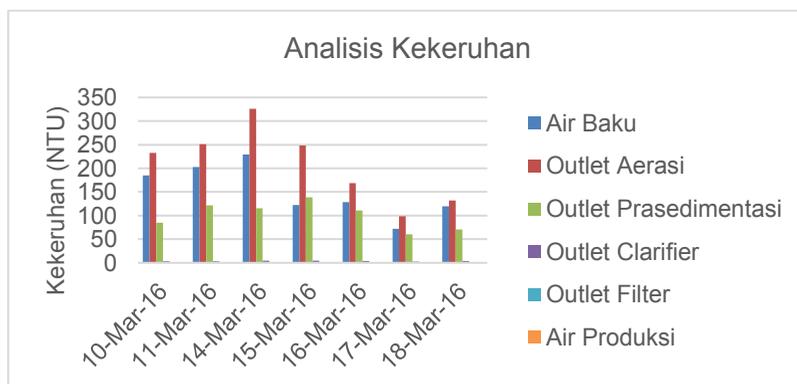
Tabel 5.2 Hasil Analisis Kekeruhan (Lanjutan)

Tanggal	Outlet Clarifier			Outlet Filter			Outlet Air Produksi		
	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$
10-Mar-16	3,27	3,66	3,5	0,98	0,91	0,9	0,72	0,71	0,7

Tanggal	Outlet Clarifier			Outlet Filter			Outlet Air Produksi		
	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$	1	2	$\bar{X}$
11-Mar-16	3,5	3,45	3,5	0,59	0,55	0,6	0,56	0,55	0,6
14-Mar-16	4,45	4,42	4,4	0,92	0,95	0,9	0,93	0,91	0,9
15-Mar-16	4,83	4,84	4,8	0,57	0,62	0,6	0,68	0,68	0,7
16-Mar-16	3,92	3,97	3,9	0,48	0,45	0,5	0,64	0,65	0,6
17-Mar-16	2,62	2,61	2,6	0,75	0,74	0,7	0,8	0,82	0,8
18-Mar-16	3,7	3,71	3,7	1,13	1,17	1,2	0,86	0,84	0,9
Rata-Rata	3,8			0,8			0,7		

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.2 dapat kita lihat bahwa nilai kekeruhan air baku cukup tinggi, dikarenakan pengambilan sampel dilakukan pada hari hujan. Selama musim hujan lumpur-lumpur yang terbawa dari sungai menyebabkan kekeruhan tinggi sehingga dapat dengan cepat menyumbat filter dan dapat menyebabkan unit tidak bekerja secara efektif (WHO, 2015). Dari Tabel 5.2 dapat kita lihat juga bahwa hasil akhir atau nilai kekeruhan air produksi dari IPAM Karang Pilang I memenuhi standar minimum PDAM Kota Surabaya sebesar 1 NTU. Dan memenuhi baku mutu kualitas air minum berdasarkan Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 dengan nilai maksimal 5 NTU.



Gambar 5.1 Hasil Analisis Parameter Kekeruhan  
Sumber: Hasil Penelitian

### 5.2.2 Analisis Sisa Klor

Jumlah mikroorganisme patogen didalam air dapat menyebabkan gangguan kesehatan bagi konsumen, sehingga perlu adanya metode yang dapat mendestruksi keberadaan mikroorganisme tersebut sebelum sampai ke pihak konsumen. Desinfeksi merupakan metode untuk melindungi penyebaran penyakit kepada konsumen dari mikroorganisme patogen. Beberapa metode desinfeksi dapat digunakan, salah satunya klorinasi. Klorinasi merupakan istilah penggunaan senyawa klor yang paling umum digunakan untuk proses desinfeksi (Masduqi dan Assomadi, 2012). Namun penggunaan klor yang berlebihan dapat menyebabkan bau dan rasa pait sehingga berdasarkan Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 sisa klor harus dibawah 5 mg/L. Pengambilan sampel air untuk analisis sisa klor dilakukan pada air produksi. Pengujian menggunakan alat *Comparator*, prosedur laboratorium dapat dilihat pada Lampiran C.

Tabel 5.3 Hasil Analisis Sisa Klor

Tanggal	Air Produksi (mg/L)	
	Digital	Manual
10-Mar-16	0,92	0,6
11-Mar-16	1,31	1,0
14-Mar-16	0,34	1,0
15-Mar-16	0,59	1,0
16-Mar-16	0,5	0,6
17-Mar-16	0,78	0,7
18-Mar-16	0,79	1,0
Rata-Rata	0,8	

*Sumber: Hasil Penelitian*

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat kita lihat bahwa nilai sisa klor air produksi terdapat 2 nilai, yaitu nilai digital dan nilai manual. Nilai digital didapatkan dari alat ukur *Chlorine Meter* atau alat untuk mengukur kadar klorin bebas dan total klorin secara otomatis. Sedangkan nilai manual didapatkan dari pengukuran secara manual didalam laboratorium dengan menggunakan alat *Comparator*. Pengukuran sisa klor langsung dilakukan ditempat pengambilan sampel kerana sisa klor mudah berubah terhadap

waktu dan mengurangi kemungkinan perubahan konsentrasi. Dari Tabel 5.3 dapat kita lihat juga bahwa hasil akhir atau nilai sisa klor air produksi dari IPAM Karang Pilang I memenuhi baku mutu kualitas air minum berdasarkan Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 dengan nilai maksimal 5 mg/L.

Pengecekan nilai sisa klor tidak hanya dilakukan pada reservoir atau *outlet* menuju distribusi, namun juga harus dilakukan pada jaringan distribusi pelanggan untuk memastikan sisa klor tidak berlebih atau tidak kurang. Pengecekan dapat dilakukan pada titik kritis atau titik yang memiliki tekanan terendah pada jaringan distribusi atau titik terjauh dan titik tertinggi pada jarak terjauh. Titik tersebut kemungkinan terkena kontaminasi mikroorganisme berada pada daerah dengan elevasi rendah, atau memiliki kecepatan aliran air dalam pipa yang sangat kecil sehingga menyebabkan air diam dan menurunkan konsentrasi sisa klor yang berfungsi sebagai desinfektan (Fuadi, 2012).

### 5.2.3 Analisis Coliform

Ada tiga kelompok bakteri *coliform*. Masing-masing adalah indikator kualitas air minum dan masing-masing memiliki tingkat resiko yang berbeda. Total *coliform* adalah kumpulan besar berbagai jenis bakteri, *fecal coliform* adalah jenis total *coliform* yang ada dalam kotoran sedangkan *E. coli* adalah sub kelompok *coliform fecal* (Washington State Departmen of Health, 2016). Pengambilan sampel air untuk analisis sisa klor dilakukan pada air produksi. Prosedur laboratorium dapat dilihat pada Lampiran C.

Tabel 5.4 Hasil Analisis Coliform

Tanggal	Total Coliform (per 100 ml sampel)	Fecal Coli (per 100 ml sampel)
10-Mar-16	0	0
11-Mar-16	0	0
14-Mar-16	0	0
15-Mar-16	0	0
16-Mar-16	0	0
17-Mar-16	0	0
18-Mar-16	0	0
Rata-Rata	0	0

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 5.4 dapat kita lihat bahwa jumlah *Coliform* air produksi dari IPAM Karang Pilang I memenuhi baku mutu

kualitas air minum berdasarkan Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 dengan nilai maksimal 0 per 100 ml sampel air.

### 5.3 Efisiensi Unit Pengolahan

Efisiensi unit instalasi pengolahan dalam menurunkan nilai kekeruhan dapat dihitung berdasarkan nilai kekeruhan pada *inlet* dikurangi nilai kekeruhan pada *outlet* dibagi dengan nilai kekeruhan dikalikan 100%.

#### 5.3.1 Efisiensi Unit Aerasi

Aerasi merupakan salah satu metode transfer oksigen yang dilakukan secara fisik untuk pertukaran gas-gas didalam air. Selain itu proses aerasi biasanya digunakan untuk mengurangi rasa dan bau, mengurangi senyawa organik volatil dan senyawa anorganik yang tidak diinginkan seperti karbondioksida, hidrogensulfida, metana, amonia, dan besi didalam air minum (Puspitasari, 2006). Penyisihan senyawa anorganik dengan meningkatkan konsentrasi oksigen terlarut melalui reaksi oksidasi dapat menghasilkan endapan (Masqudi dan Assomadi, 2012). Oleh karena itu dari Tabel 5.2 konsentrasi kekeruhan air pada *outlet* bak aerasi lebih besar daripada air baku atau *inlet* aerasi.

#### 5.3.2 Efisiensi Unit Prasedimentasi

Tujuan utama bak prasedimentasi adalah mengendapkan partikel diskrit, yaitu partikel yang tidak mengalami perubahan ukuran, bentuk dan berat selama proses pengendapan (Budiyono dan Sumardiono, 2013).

Tabel 5.5 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Prasedimentasi

Tanggal	Konsentrasi Kekeruhan (NTU)		Efisiensi (%)
	Influen Prasedimentasi	Efluen Prasedimentasi	
10-Mar-16	233	84,65	64%
11-Mar-16	251	121,5	52%
14-Mar-16	326	115,5	65%
15-Mar-16	248	138,5	44%
16-Mar-16	168,5	110,5	<b>34%</b>
17-Mar-16	98,5	60,35	<b>39%</b>
18-Mar-16	132	70,45	47%
Rata-Rata	208,1	100,2	49%

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Degreemont (1991), efisiensi kinerja unit prasedimentasi dalam menurunkan kekeruhan sebesar 40-75%. Dari hasil analisis didapatkan bahwa terdapat 2 hari dengan efisiensi kinerja prasedimentasi yang tidak memenuhi kriteria tersebut.

### 5.3.3 Efisiensi Unit Clarifier

Pada pengolahan air minum clarifier digunakan untuk mengendapkan partikel flok.

Tabel 5.6 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Clarifier

Tanggal	Konsentrasi Kekeruhan (NTU)		Efisiensi (%)
	Influen Clarifier	Efluen Clarifier	
10-Mar-16	84,65	3,5	96%
11-Mar-16	121,5	3,5	97%
14-Mar-16	115,5	4,4	96%
15-Mar-16	138,5	4,8	97%
16-Mar-16	110,5	3,9	96%
17-Mar-16	60,35	2,6	96%
18-Mar-16	70,45	3,7	95%
Rata-Rata	100,2	3,8	96%

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Berdasarkan Degreemont (1991), efisiensi kinerja unit clarifier dalam menurunkan kekeruhan sebesar 40-75%. Dari hasil analisis didapatkan bahwa dari 7 hari pengamatan seluruhnya memenuhi kriteria.

### 5.3.4 Efisiensi Unit Filter

Proses filtrasi bertujuan untuk menahan zat-zat tersuspensi dalam suatu fluida dengan cara melewatkan fluida tersebut melalui lapisan berpori (Budiyono dan Sumardiono, 2013).

Tabel 5.7 Efisiensi Penurunan Kekeruhan Unit Filter

Tanggal	Konsentrasi Kekeruhan (NTU)		Efisiensi (%)
	Influen Filter	Efluen Filter	
10-Mar-16	3,5	0,9	73%
11-Mar-16	3,5	0,6	84%
14-Mar-16	4,4	0,9	79%
15-Mar-16	4,8	0,6	88%
16-Mar-16	3,9	0,5	88%
17-Mar-16	2,6	0,7	72%
18-Mar-16	3,7	1,2	69%
Rata-Rata	3,8	0,8	79%

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Berdasarkan Degreemont (1991), efisiensi kinerja unit filter dalam menurunkan kekeruhan sebesar >50%. Dari hasil analisis didapatkan bahwa dari 7 hari pengamatan seluruhnya memenuhi kriteria.

#### **5.4 Analisis Diagram *Fishbone***

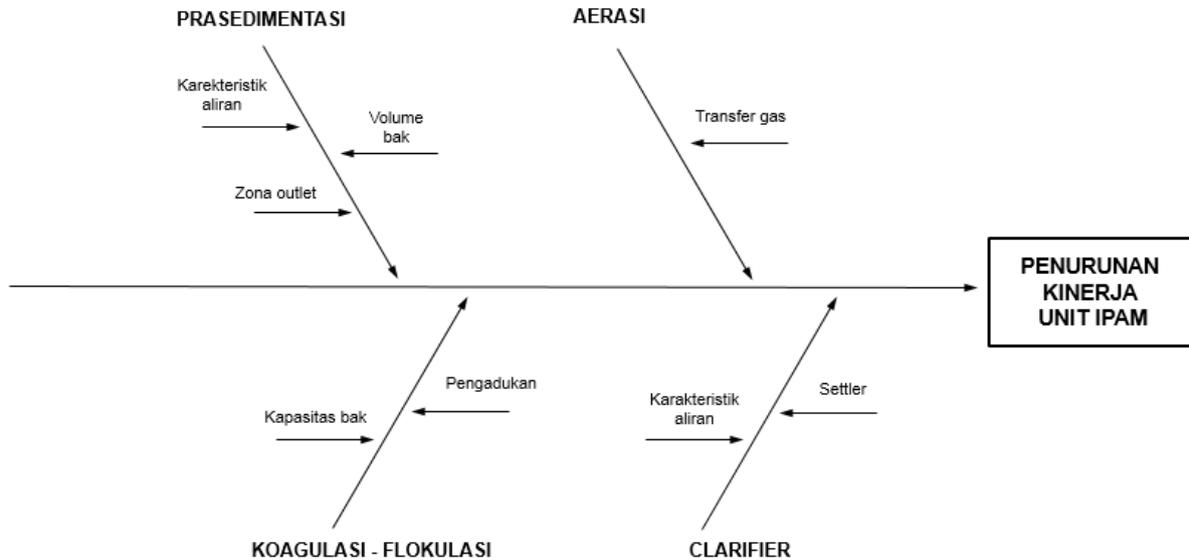
Diagram *Fishbone* digunakan sebagai alat untuk yang menangkap masalah dan solusi secara visual. Penyebab masalah dipetakan untuk memperluas beberapa ide dasar dari diagram tulang ikan agar analisis efek sebab-akibat lebih jelas, lebih akurat dan lebih spesifik (Galley, 2007). Dengan bantuan diagram *Fishbone* kita bisa melihat penyebab dan akar penyebab yang dapat menyebabkan kegagalan dalam pengolahan air. Kepala ikan sebagai dampak kegagalan, sirip ikan sebagai penyebab terjadinya dampak, dan duri ikan sebagai penyebab potensial dari kegagalan.

##### **5.4.1 Diagram *Fishbone* Kinerja Unit IPAM**

Dari data penelitian parameter sisa klor (Tabel 5.3) dan *coliform* (Tabel 5.4) menunjukkan nilai yang masih dibawah baku mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010. Berdasarkan perhitungan secara teoritis juga memenuhi kriteria desain sehingga tidak adanya kegagalan yang dipetakan didalam diagram *Fishbone*.

Pada gambar diagram *Fishbone* (Gambar 5.2) menunjukkan bahwa unit prasedimentasi, koagulasi, flokulasi dan clarifier sebagai penyebab terjadinya penurunan kinerja IPAM Karang Pilang I untuk parameter kekeruhan. Diagram *Fishbone* didapatkan dari nilai efisiensi penurunan kekeruhan dari setiap unit. Unit yang tidak memenuhi nilai efisiensi kemudian diletakkan di sirip ikan sebagai penyebab kegagalan potensial. Penyebab kegagalan potensial dicari dari perhitungan secara teoritis. Faktor penyebab yang tidak memenuhi kriteria desain kemudian diletakkan pada duri ikan. Dari masing-masing kegagalan akan dilakukan perhitungan nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk menentukan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Perhitungan secara teoritis masing-masing unit dapat dilihat pada Lampiran A.

## DIAGRAM *FISHBONE* PENURUNAN KINERJA UNIT IPAM



Gambar 5.2 Diagram *Fishbone* Kinerja IPAM Karang Pilang I  
Sumber: Hasil penelitian

### 5.4.2 Diagram *Fishbone* Unit Aerasi

Pada diagram *Fishbone* unit aerasi (Gambar 5.3) menunjukkan bahwa sistem dari unit aerasi dipengaruhi oleh transfer gas. Dari kegagalan potensial akan diturunkan untuk menemukan penyebab kegagalan potensial tersebut. Dari hasil analisis untuk kegagalan transfer gas disebabkan oleh kegagalan pada kecepatan transfer gas dan waktu kontak. Analisis dilakukan berdasarkan hitungan dan kondisi eksisting di lapangan.

#### 1. Kecepatan transfer gas

Salah satu penyebab kegagalan potensial dari transfer gas pada unit aerasi adalah kecepatan transfer gas. Kecepatan transfer gas yang ideal akan memaksimalkan area paparan air dengan udara (Qasim, 2000). Berdasarkan perhitungan, kecepatan transfer gas dipengaruhi oleh luas permukaan dan debit influen. Luas permukaan yang terlalu besar menyebabkan kecepatan transfer gas menjadi kecil. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 2. Waktu kontak

Penyebab kegagalan potensial lain dari transfer gas unit aerasi adalah waktu kontak. Waktu kontak antara air dan udara terjadi ketika air dijatuhkan atau dialirkan dari ketinggian tertentu (Masduqi dan Assomadi, 2012). Berdasarkan perhitungan waktu kontak dipengaruhi oleh jumlah jatuan dan tinggi jatuhan. Waktu kontak unit aerasi eksisting telah memenuhi kriteria desain namun jarak dan jumlah tray perlu ditambahkan untuk meningkatkan waktu kontak yang terjadi. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

### 5.4.3 Diagram *Fishbone* Unit Prasedimentasi

Pada diagram *Fishbone* unit prasedimentasi (Gambar 5.4) menunjukkan bahwa sistem dari unit prasedimentasi dipengaruhi oleh volume bak, zona *outlet* dan karakteristik air. Dari masing-masing kegagalan potensial akan diturunkan untuk menemukan penyebab kegagalan potensial tersebut. Dari hasil analisis untuk kegagalan volume bak disebabkan oleh kegagalan pada beban permukaan dan waktu detensi. Untuk kegagalan zona *outlet* disebabkan oleh kegagalan pada *weir loading rate* dan luas permukaan *weir*. Sedangkan untuk kegagalan karakteristik aliran disebabkan oleh kegagalan pada bilangan Froude dan bilangan

Reynold. Analisis dilakukan berdasarkan hitungan dan kondisi eksisting di lapangan

1. Beban permukaan

Prasedimentasi dirancang untuk dapat mengendapkan partikel diskrit didalam air. Volume bak mempengaruhi beban permukaan yang masuk air. Berdasarkan perhitungan beban permukaan pada unit prasedimentasi dibawah nilai kriteria desain menurut Metcalf & Eddy (2003) sebesar 23,04 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. beban permukaan pada unit prasedimentasi dibawah nilai kriteria desain karena luas permukaan bak yang terlalu besar. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Waktu detensi

Waktu detensi dipengaruhi oleh debit influen yang masuk dan volume bak eksisting. Berdasarkan perhitungan waktu detensi pada unit prasedimentasi melebihi kriteria desain menurut Metcalf & Eddy (2003) sebesar 1 – 2,5 jam. Namun pada dasarnya kriteria desain tidak dapat digunakan untuk menentukan waktu detensi maupun *overflow rate* (Yulianti, 2012). Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

3. Luas permukaan *weir*

*Weir* merupakan zona *outlet* pada unit prasedimentasi yang mengalirkan air menuju unit koagulasi. Berdasarkan perhitungan luas permukaan *weir* yang kecil menyebabkan *weir loading rate* besar. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

4. *Weir loading rate*

Berdasarkan perhitungan *weir loading rate pada outlet* unit prasedimentasi melebihi kriteria desain menurut Metcalf & Eddy (2003) sebesar 614,4 m<sup>3</sup>/m.hari. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

5. Bilangan Reynold

Teori dasar dan penerapan Bilangan Reynolds menunjukkan bahwa kondisi aliran pada unit prasedimentasi apakah laminier atau turbulen. Kondisi laminier diharapkan pada unit prasedimentasi untuk mencegah terjadinya turbulensi yang dapat menurunkan efisiensi kinerja unit prasedimentasi. Namun bilangan Reynold tidak bisa dijadikan acuan yang tepat untuk desain bak prasedimentasi berbentuk *rectangular* (Yulianti, 2012). Berdasarkan perhitungan nilai bilangan Reynold

melebihi kriteria desain yaitu lebih dari 2000. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 6. Bilangan Froude

Bilangan Froude dapat menunjukkan apakah terjadi aliran pendek atau tidak pada unit prasedimentasi. Aliran pendek dapat terjadi apabila kecepatan aliran cukup besar, sehingga diharapkan kecepatan aliran pada unit prasedimentasi tidak terlalu besar atau dalam keadaan subkritis, sehingga aliran pendek sebisa mungkin dapat dihindari (Yulianti, 2012). Berdasarkan perhitungan nilai bilangan Froude masih dibawah kriteria desain sehingga dapat mempengaruhi aliran pada unit prasedimentasi.

### 5.4.3 Diagram *Fishbone* Unit Koagulasi

Pada diagram *Fishbone* unit koagulasi (Gambar 5.5) menunjukkan bahwa sistem dari unit koagulasi dipengaruhi oleh kapasitas bak dan pengadukan. Dari masing-masing kegagalan potensial akan diturunkan untuk menemukan penyebab kegagalan tersebut. Dari hasil analisis untuk kegagalan kapasitas bak disebabkan oleh volume bak dan waktu detensi. Sedangkan untuk kegagalan pengadukan disebabkan oleh gradien kecepatan dan tinggi terjunan. Analisis dilakukan berdasarkan hitungan dan kondisi eksisting di lapangan.

#### 1. Volume bak

Berdasarkan debit maksimal  $1,588 \text{ m}^3/\text{dt}$  selama 3 bulan terakhir. Besarnya debit influen dapat menyebabkan volume bak tidak dapat menampung air secara optimal. Penampungan air yang tidak optimal juga berpengaruh pada waktu detensi unit koagulasi. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 2. Waktu detensi

Waktu detensi dipengaruhi oleh debit influen yang masuk dan volume bak eksisting. Berdasarkan perhitungan waktu detensi pada unit koagulasi tidak memenuhi kriteria desain menurut Lionie (2016) sebesar 10-60 detik. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 3. Gradien kecepatan

Dibandingkan dengan flokulasi fungsi gradien kecepatan pada koagulasi tidak terlalu dominan, yang penting adalah besarnya

Gtd (bilangan Camp). Namun besarnya Gtd dipengaruhi oleh gradien kecepatan pada unit koagulasi (Hadi, 2012). Berdasarkan hasil perhitungan, gradien kecepatan melebihi kriteria desain yaitu 300 – 1000 per detik. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4. Tinggi terjunan

Tinggi terjunan pada pencampuran koagulan mempengaruhi nilai gradien kecepatan pada unit koagulasi. Berdasarkan hasil perhitungan, besar tinggi terjunan menyebabkan nilai gradien kecepatan melebihi kriteria desain yaitu 300 – 1000 per detik. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

### 5.4.3 Diagram *Fishbone* Unit Flokulasi

Pada diagram *Fishbone* unit flokulasi (Gambar 5.6) menunjukkan bahwa sistem dari unit flokulasi dipengaruhi oleh kapasitas bak dan pengadukan. Dari masing-masing kegagalan potensial akan diturunkan untuk menemukan penyebab kegagalan potensial tersebut. Dari hasil analisis untuk kegagalan kapasitas bak disebabkan oleh volume bak dan waktu detensi. Sedangkan untuk pengadukan disebabkan oleh gradien kecepatan. Analisis dilakukan berdasarkan hitungan dan kondisi eksisting di lapangan.

#### 1. Volume bak

Berdasarkan debit maksimal 1,588 m<sup>3</sup>/dt selama 3 bulan terakhir. Besarnya debit influen dapat menyebabkan volume bak tidak dapat menampung air secara optimal baik pada kompartemen 1 dan 2. Penampungan air yang tidak optimal juga berpengaruh pada waktu detensi unit koagulasi. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 2. Waktu detensi

Waktu detensi dipengaruhi oleh debit influen yang masuk dan volume bak eksisting. Berdasarkan perhitungan waktu detensi pada unit flokulasi tidak memenuhi kriteria desain menurut Masduqi dan Assomadi (2012) sebesar 10-60 menit. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 3. Gradien Kecepatan

Gradien Kecepatan yang digunakan pada unit flokulasi untuk menghasilkan aliran air yang lebih tenang dan menghindari adanya turbulensi yang menyebabkan pecahnya flok yang telah terbentuk. Berdasarkan hasil perhitungan, gradien kecepatan

melebihi kriteria desain yaitu 20 - 100 per detik. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

#### **5.4.4 Diagram *Fishbone* Unit Clarifier**

Pada diagram *Fishbone* unit clarifier (Gambar 5.7) menunjukkan bahwa sistem dari unit clarifier dipengaruhi oleh *settler* dan karakteristik aliran. Dari masing-masing kegagalan potensial akan diturunkan untuk menemukan penyebab kegagalan potensial tersebut. Dari hasil analisis untuk kegagalan *settler* disebabkan oleh kecepatan *settler*. Sedangkan karakteristik aliran disebabkan oleh bilangan Reynold dan bilangan Froude. Analisis dilakukan berdasarkan hitungan dan kondisi eksisting di lapangan.

##### 1. Bilangan Reynold

Teori dasar dan penerapan Bilangan Reynolds menunjukkan bahwa kondisi aliran pada unit clarifier apakah laminier atau turbulen. Kondisi laminier diharapkan pada unit clarifier untuk mencegah terjadinya turbulensi yang dapat menurunkan efisiensi kinerja unit clarifier. Berdasarkan perhitungan nilai bilangan Reynold melebihi kriteria desain yaitu lebih dari 2000. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

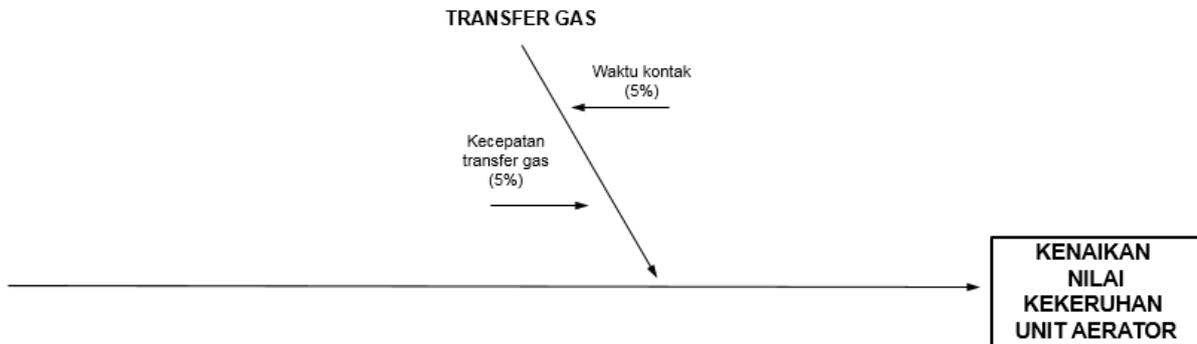
##### 2. Bilangan Froude

Bilangan Froude dapat menunjukkan apakah terjadi aliran pendek atau tidak pada unit clarifier. Aliran pendek dapat terjadi apabila kecepatan aliran cukup besar, sehingga diharapkan kecepatan aliran pada unit clarifier tidak terlalu besar atau dalam keadaan subkritis, sehingga aliran pendek sebisa mungkin dapat dihindari (Yulianti, 2012). Berdasarkan perhitungan nilai bilangan Froude masih dibawah kriteria desain sehingga dapat mempengaruhi aliran pada unit clarifier.

##### 3. Kecepatan *settler*

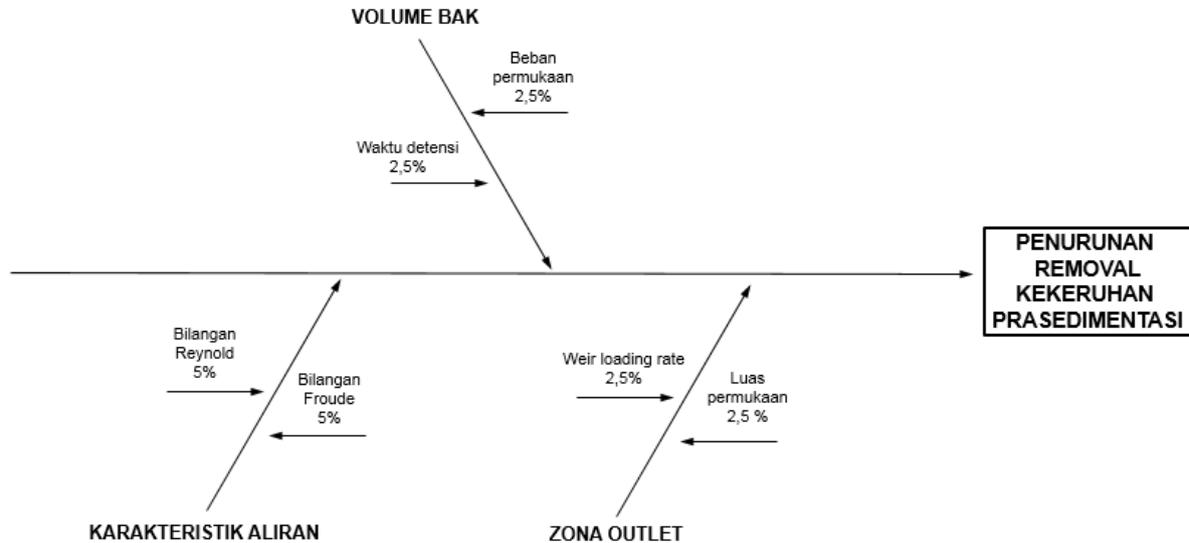
Tube *settler* digunakan untuk meningkatkan kapasitas clarifier pada pengolahan air bersih. Berdasarkan hasil perhitungan, kecepatan *settler* dibawah kriteria desain yaitu 0,0022 detik. Perhitungan dapat dilihat pada Lampiran A.

## DIAGRAM *FISHBONE* UNIT AERATOR



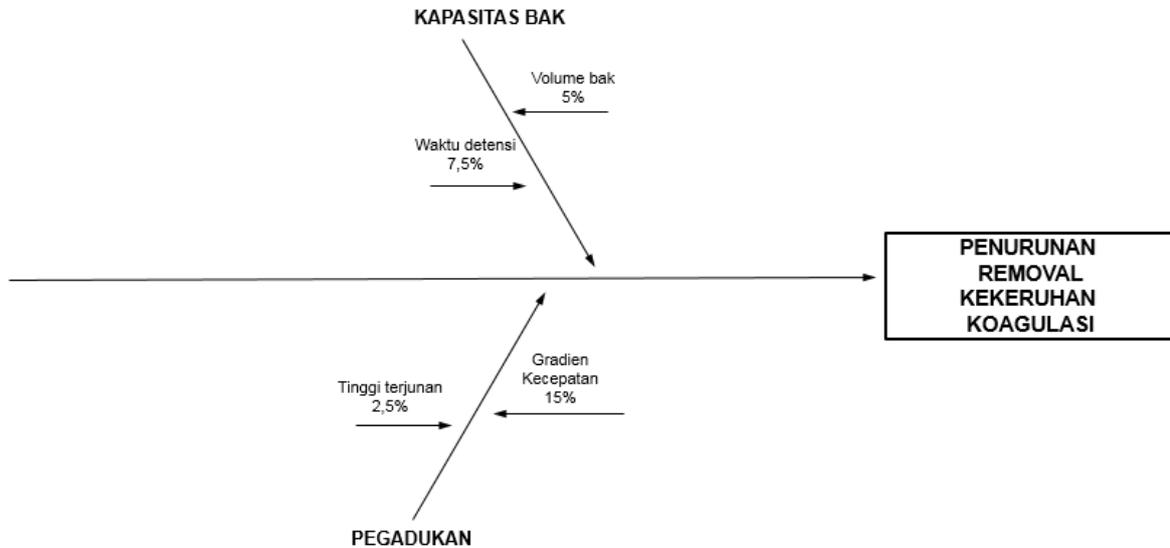
Gambar 5.3 Diagram *Fishbone* Unit Prasedimentasi  
*Sumber: Hasil penelitian*

## DIAGRAM *FISHBONE* UNIT PRASEDIMENTASI



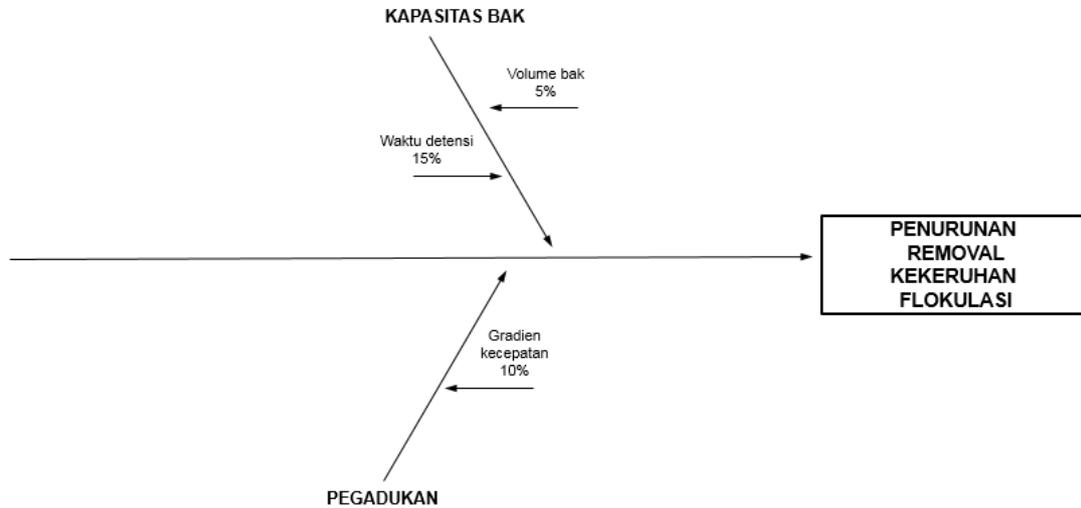
Gambar 5.4 Diagram *Fishbone* Unit Prasedimentasi  
Sumber: Hasil penelitian

## DIAGRAM *FISHBONE* UNIT KOAGULASI



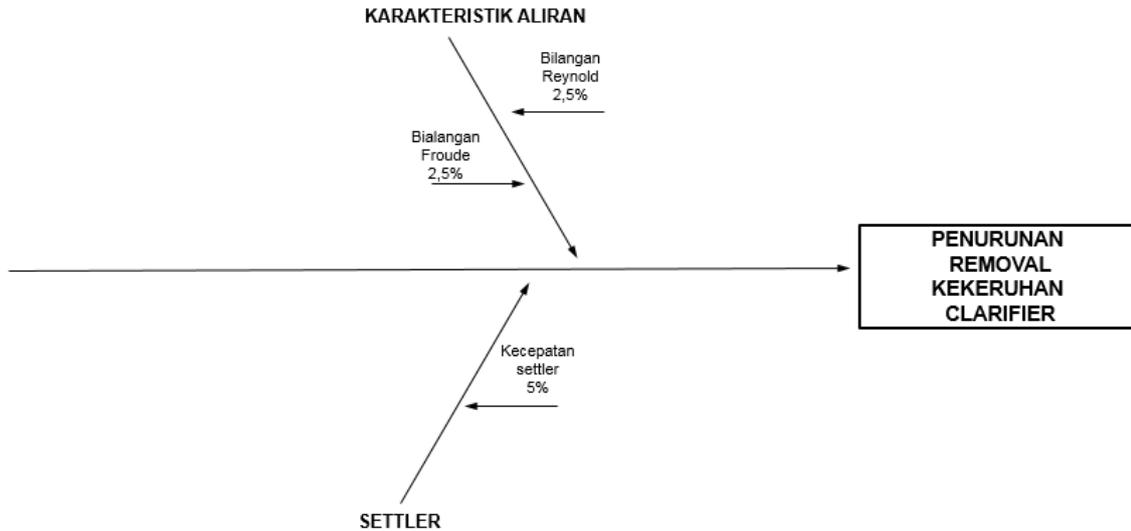
Gambar 5.5 Diagram *Fishbone* Unit Koagulasi  
*Sumber: Hasil penelitian*

### DIAGRAM *FISHBONE* UNIT FLOKULASI



Gambar 5.6 Diagram *Fishbone* Unit Flokulasi  
Sumber: Hasil penelitian

## DIAGRAM *FISHBONE* UNIT CLARIFIER



Gambar 5.7 Diagram *Fishbone* Unit Clarifier  
Sumber: Hasil penelitian

## 5.5 Failure Mode and Effect Analysis

### 5.5.1 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko

Penentuan bobot untuk masing-masing risiko digunakan untuk memudahkan dalam mempertimbangkan penilaian. Pemberian bobot bersifat subjektif berdasarkan kondisi eksisting dilapangan dan kemungkinan besarnya dampak yang dapat ditimbulkan. Semakin besar risiko terjadinya dampak maka semakin besar pula bobot yang diberikan. Persentase bobot kepentingan resiko dari penyebab potensial dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Penentuan Bobot Kepentingan Resiko

Unit	Penyebab Potensial	Bobot
<b>Aerasi</b>	Waktu kontak	5,0%
	Kecepatan transfer gas	5,0%
<b>Prasedimentasi</b>	Beban Permukaan	2,5%
	Waktu detensi	2,5%
	<i>Weir</i> Loading rate	2,5%
	Luas Permukaan	2,5%
	Bilangan Reynold	5,0%
	Bilangan Froude	5,0%
<b>Koagulasi</b>	Kapasitas bak	5,0%
	Waktu detensi	7,5%
	Gradien kecepatan	15%
	Tinggi Terjunan	2,5%
<b>Flokulasi</b>	Kapasitas bak	5%
	Waktu detensi	15%
	Pengaduk	10%
<b>Clarifier</b>	Kecepatan Settler	5,0%
	Bilangan Reynold	2,5%
	Bilangan Froude	2,5%

*Sumber: Hasil penelitian*

### 5.5.2 Penentuan Nilai *Severity*

*Severity* merupakan suatu tingkat keseriusan dari dampak yang disebabkan dari kegagalan. *Severity* biasanya digambarkan sebagai akibat yang akan terjadi apabila kegagalan terjadi. Penentuan nilai *Severity* didapatkan dari perbandingan keadaan eksisting dan keadaan ideal. Keadaan eksisting didapatkan melalui pengamatan lapangan dan perhitungan secara teoritis.

Pada batasan nilai *Severity* (Tabel 5.8 – 5.26) dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dimana nilai 0 berarti dampak yang diakibatkan sangat kecil. Sedangkan kolom berwarna abu-abu merupakan kondisi eksisting dimana nilai 5 berarti kondisi lapangan sangat baik.

Dari hasil pengamatan dilapangan dan perhitungan secara teoritis nilai batasan nilai *Severity* pada unit aerasi dapat dilihat pada Tabel 5.9 dan 5.10.

Tabel 5.9 Batasan Nilai *Severity* Risiko Waktu Kontak Unit Aerasi

<b>Skala Nilai Severity Risiko Jumlah Tray</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Waktu kontak > 1,5 detik	Waktu kontak 1,2 - 1,5 detik	Waktu kontak 0,8 - 1,1 detik	Waktu kontak 0,5 - 0,7 detik	Waktu kontak < 0,5 detik

*Sumber: Hasil penelitian*

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko waktu kontak unit aerasi (Tabel 5.9). Berdasarkan kriteria desain waktu kontak unit aerator sebesar 0,5 – 1,5. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 2 (buruk) karena diketahui bahwa jumlah tray di lapangan berjumlah 5 tray dengan risiko dampak besar sehingga dapat memperkecil waktu kontak.

Tabel 5.10 Batasan Nilai *Severity* Risiko Kecepatan Transfer Gas Unit Aerasi

<b>Skala Nilai Severity Risiko Kecepatan Transfer Gas</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kecepatan Transfer	Kecepatan Transfer	Kecepatan Transfer	Kecepatan Transfer	Kecepatan Transfer Gas

Gas < 0,8 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .mnt	Gas 1,3 - 1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .mnt	Gas 1 - 1,2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .mnt	Gas 0,8 - 0,9 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .mnt	> 1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .mnt
--	---	---	---	--

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko kecepatan transfer gas unit aerasi (Tabel 5.10). Berdasarkan kriteria desain kecepatan transfer gas unit aerator sebesar 0,8 – 1,5 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 5 (sangat baik) karena diketahui kecepatan transfer gas berdasarkan perhitungan sebesar 0,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.menit.

Dari hasil pengamatan dilapangan dan perhitungan secara teoritis batasan nilai *Severity* pada unit prasedimentasi dapat dilihat pada Tabel 5.11 sampai 5.16.

Tabel 5.11 Batasan Nilai *Severity* Risiko Beban Permukaan Unit Prasedimentasi

Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Beban Permukaan				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Skala Kondisi Eksisting				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Beban permukaan < 32 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	Beban permukaan 32 – 38 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	Beban permukaan 38 - 43 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	Beban permukaan 43 - 48 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	Beban permukaan > 48 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko beban permukaan unit prasedimentasi (Tabel 5.11). Berdasarkan perhitungan volume bak eksisting berpengaruh terhadap beban permukaan. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 5 (sangat baik) juga karena diketahui bahwa beban permukaan selama 3 bulan sebesar 32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari sehingga waktu detensi berlangsung lama.

Tabel 5.12 Batasan Nilai *Severity* Risiko Waktu Detensi Unit Prasedimentasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Detensi</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Waktu detensi > 2,5 jam	Waktu detensi 2,1 - 2,5 jam	Waktu detensi 1,6 - 2 jam	Waktu detensi 1 - 1,5 jam	Waktu detensi < 1 jam

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko waktu detensi unit prasedimentasi (Tabel 5.12). Berdasarkan kriteria desain waktu detensi unit prasedimentasi 1 - 2,5 jam. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 5 (sangat baik) juga karena berdasarkan perhitungan waktu detensi berlangsung selama 3 jam sehingga proses pengendapan partikel lebih optimal.

Tabel 5.13 Batasan Nilai *Severity* Risiko Luas Permukaan *Weir* Unit Prasedimentasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Luas Permukaan <i>Weir</i></b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

Luas permukaan > 60 m <sup>2</sup>	Luas permukaan 55 – 60 m <sup>2</sup>	Luas permukaan 50 – 55 m <sup>2</sup>	Luas permukaan 45 – 50 m <sup>2</sup>	Luas permukaan < 45 m <sup>2</sup>
------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko luas permukaan *weir* unit prasedimentasi (Tabel 5.13). Berdasarkan perhitungan luas permukaan *weir* terlalu kecil menyebabkan nilai beban permukaan melebihi nilai kriteria desain. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena luas permukaan yang kecil mempengaruhi nilai beban permukaan menjadi besar.

Tabel 5.14 Batasan Nilai *Severity* Risiko *Weir Loading Rate* Unit Prasedimentasi

Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko <i>Weir Loading Rate</i>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Skala Kondisi Eksisting				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
<i>Weir loading rate</i> < 125 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<i>Weir loading rate</i> 125 – 250 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<i>Weir loading rate</i> 250 – 350 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<i>Weir loading rate</i> 350 – 500 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	<i>Weir loading rate</i> > 500 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko *weir loading rate* unit prasedimentasi (Tabel 5.14). Berdasarkan perhitungan luas permukaan *weir* yang kecil menyebabkan *weir loading rate* besar. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk).

Tabel 5.15 Batasan Nilai *Severity* Risiko Bilangan Froude Unit Prasedimentasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Froude</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Nfr > 10 <sup>-5</sup>	Nfr 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-6</sup>	Nfr 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-7</sup>	Nfr 10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>	Nfr 10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-9</sup>

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko bilangan Reynold unit prasedimentasi (Tabel 5.15). Berdasarkan kriteria desain, nilai bilangan Froude unit prasedimentasi tidak memenuhi. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 4 (baik) karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan Froude sebesar  $1,8 \times 10^{-6}$  menunjukkan kecepatan aliran cukup rendah.

Tabel 5.16 Batasan Nilai *Severity* Risiko Bilangan Reynold Unit Prasedimentasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Reynold</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Nre < 2000	Nre 2000 - 4000	Nre 4000 - 10000	Nre 10000 - 20000	Nre > 20000

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko bilangan Reynold unit prasedimentasi (Tabel 5.16). Berdasarkan perhitungan, nilai bilangan Reynold unit prasedimentasi melebihi kriteria desain. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan Reynold sebesar 22.056 yang menunjukkan aliran turbulen.

Tabel 5.17 Batasan Nilai *Severity* Risiko Volume Bak Unit Koagulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Volume Bak</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Volume bak > 24 m <sup>3</sup>	Volume bak 17 – 24 m <sup>3</sup>	Volume bak 12 – 17 m <sup>3</sup>	Volume bak 7 -12 m <sup>3</sup>	Volume bak < 7 m <sup>3</sup>

*Sumber: Hasil penelitian*

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko volume bak unit koagulasi (Tabel 5.17). Berdasarkan perhitungan volume bak eksisting tidak dapat menampung debit influen sehingga nilai waktu detensi berdasarkan kriteria desain tidak terpenuhi. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena diketahui bahwa debit maksimal selama 3 bulan sebesar 1,45 m<sup>3</sup>/dt menyebabkan waktu detensi yang berpengaruh saat pembubuhan koagulan.

Tabel 5.18 Batasan Nilai *Severity* Risiko Waktu Detensi Unit Koagulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Waktu Detensi</b>				
0	1	2	3	4

Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Waktu detensi > 60 dt	Waktu detensi 51 - 60 dt	Waktu detensi 26 - 50 dt	Waktu detensi 10 - 25 dt	Waktu detensi < 10 dt

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko waktu detensi unit koagulasi (Tabel 5.18). Berdasarkan kriteria desain waktu detensi unit koagulasi 10- 60 detik. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan waktu detensi berlangsung selama 4 detik sehingga proses pembubuhan optimal tidak berlangsung optimal.

Tabel 5.19 Batasan Nilai *Severity* Risiko Gradien Kecepatan Unit Koagulasi

<b>Skala Nilai Severity Risiko Gradien Kecepatan</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kecepatan gradien < 300/dt	Kecepatan gradien 300 - 500/dt	Kecepatan gradien 501 - 800/dt	Kecepatan gradien 801- 1000/dt	Kecepatan gradien < 1000/dt

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko Gradien Kecepatan unit koagulasi (Tabel 5.19). Gradien Kecepatan berhubungan dengan kecepatan pengadukan. Skala nilai dengan

risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan Gradien Kecepatan di lapangan menyebabkan nilai kecepatan gradien besar.

Tabel 5.20 Batasan Nilai *Severity* Risiko Tinggi Terjunan Unit Koagulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Tinggi Terjunan</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Tinggi terjunan < 20 cm	Tinggi terjunan 20 - 30 cm	Tinggi terjunan 31 - 40 cm	Tinggi terjunan 41 - 50 cm	Tinggi terjunan > 50 cm

*Sumber: Hasil penelitian*

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko tinggi terjunan unit koagulasi (Tabel 5.20). Berdasarkan perhitungan besaran tinggi terjunan pembubuhan koagulan mempengaruhi kecepatan pengadukan. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (buruk) karena tinggi terjunan di lapangan menyebabkan nilai kecepatan pengadukan menjadi besar.

Tabel 5.21 Batasan Nilai *Severity* Risiko Volume Bak Unit Flokulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Volume Bak</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk

Volume bak > 565 m <sup>3</sup>	Volume bak 460 – 565 m <sup>3</sup>	Volume bak 350 – 450 m <sup>3</sup>	Volume bak 260 – 350 m <sup>3</sup>	Volume bak < 260 m <sup>3</sup>
---------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------

*Sumber: Hasil penelitian*

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko volume bak unit flokulasi (Tabel 5.21). Berdasarkan perhitungan volume bak eksisting tidak dapat menampung debit influen sehingga nilai waktu detensi berdasarkan kriteria desain tidak terpenuhi. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena diketahui bahwa debit maksimal selama 3 bulan sebesar 1,45 m<sup>3</sup>/dt menyebabkan waktu detensi yang berpengaruh saat pembentukan partikel flok.

Tabel 5.22 Batasan Nilai *Severity* Risiko Waktu Detensi Unit Flokulasi

<b>Skala Nilai Severity Risiko Waktu Detensi</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Waktu detensi > 60 menit	Waktu detensi 51 - 60 menit	Waktu detensi 26 - 50 menit	Waktu detensi 10 - 25 menit	Waktu detensi < 10 menit

*Sumber: Hasil penelitian*

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko waktu detensi unit flokulasi (Tabel 5.22). Berdasarkan kriteria desain waktu detensi unit flokulasi 10 - 60 menit. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan waktu detensi berlangsung selama 0,3 menit sehingga proses pembentukan partikel flok tidak berlangsung optimal.

Tabel 5.23 Batasan Nilai *Severity* Risiko Gradien Kecepatan Unit Flokulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Gradien Kecepatan</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kecepatan gradien $\leq$ 20/dt	Kecepatan gradien 21 - 50/dt	Kecepatan gradien 51 - 75/dt	Kecepatan gradien 76 - 100/dt	Kecepatan gradien $<$ 100/dt

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko Gradien Kecepatan unit flokulasi (Tabel 5.23). Gradien Kecepatan berhubungan dengan kecepatan pengadukan. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan Gradien Kecepatan di lapangan menyebabkan nilai kecepatan gradien besar.

Tabel 5.24 Batasan Nilai *Severity* Risiko Bilangan Reynold Unit Clarifier

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Reynold</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Nre $<$ 2000	Nre 2000 - 4000	Nre 4000 - 10000	Nre 10000 - 20000	Nre $>$ 20000

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko bilangan Reynold unit clarifier (Tabel 5.24). Berdasarkan perhitungan, nilai bilangan Reynold unit clarifier melebihi kriteria desain. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat buruk) karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan Reynold sebesar 24.806 yang menunjukkan aliran turbulen.

Tabel 5.25 Batasan Nilai *Severity* Risiko Bilangan Froude Unit Clarifier

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Bilangan Froude</b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Nfr > 10 <sup>-5</sup>	Nfr 10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-6</sup>	Nfr 10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-7</sup>	Nfr 10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-8</sup>	Nfr 10 <sup>-8</sup> - 10 <sup>-9</sup>

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko bilangan Reynold unit clarifier (Tabel 5.25). Berdasarkan kriteria desain, nilai bilangan Froude unit clarifier memenuhi. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 5 (sangat baik) karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan Froude sebesar 1,2x10<sup>-4</sup> menunjukkan kecepatan aliran cukup rendah.

Tabel 5.26 Batasan Nilai *Severity* Risiko Kecepatan *Settler* Unit Flokulasi

<b>Skala Nilai <i>Severity</i> Risiko Kecepatan <i>Settler</i></b>				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
<b>Skala Kondisi Eksisting</b>				
5	4	3	2	1

Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kecepatan <i>settler</i> < 0,055 m/menit	Kecepatan <i>settler</i> 0,055 – 0,08 m/menit	Kecepatan <i>settler</i> 0,08 – 0,1 m/menit	Kecepatan <i>settler</i> 0,1 – 0,13 m/menit	Kecepatan <i>settler</i> > 0,13 m/menit

Sumber: Hasil penelitian

Penentuan batasan nilai *severity* untuk risiko kecepatan *settler* flokulasi (Tabel 5.26). Kecepatan *settler* berhubungan dengan dimensi *settler* dan debit influen. Skala nilai dengan risiko dampak terkecil diletakkan skala nilai 5 (sangat baik). Sedangkan untuk kondisi eksisting diletakkan pada skala nilai 1 (sangat baik) karena berdasarkan perhitungan kecepatan *settler* di lapangan dibawah kriteria desain.

Untuk mengetahui nilai *Severity* dari masing-masing penyebab dampak potensial adalah dengan perhitungan secara matematis (Rumus 5.1). Misalnya pada waktu kontak unit aerasi yaitu 0,55 detik, sedangkan kondisi ideal antara 0,5 – 1 detik. Maka nilai kondisi eksisting bernilai 2. Berikut contoh perhitungan nilai *Severity*.

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Skala nilai ideal} - \text{nilai eksisting}}{\text{skala nilai ideal}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Rumus 5.1}) \\
 &= \frac{5-2}{5} \times 100\% \\
 &= 60\%
 \end{aligned}$$

Tabel 5.27 Persentasi Nilai *Severity* Unit Aerasi

Unit	Penyebab Potensial	Persentase Nilai <i>Severity</i>	Kategori
Aerasi	Waktu kontak	60%	Sedang
	Kecepatan transfer gas	0%	Sedang

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 5.28 Persentasi Nilai *Severity* Unit Prasedimentasi

Unit	Penyebab Potensial	Persentase Nilai <i>Severity</i>	Kategori
Prasedimentasi	Beban Permukaan	0%	Tidak Ada
	Waktu detensi	0%	Tidak Ada
	<i>Weir Loading Rate</i>	80%	Tinggi
	Luas Permukaan <i>weir</i>	80%	Tinggi
	Bilangan Reynold	80%	Tinggi
	Bilangan Froude	20%	Rendah

*Sumber: Hasil penelitian*

Tabel 5.29 Persentasi Nilai *Severity* Unit Koagulasi

Unit	Penyebab Potensial	Persentase Nilai <i>Severity</i>	Kategori
Koagulasi	Volume Bak	80%	Tinggi
	Waktu detensi	80%	Tinggi
	Gradien Kecepatan	80%	Tinggi
	Tinggi Terjunan	60%	Sedang

*Sumber: Hasil penelitian*

Tabel 5.30 Persentasi Nilai *Severity* Unit Flokulasi

Unit	Penyebab Potensial	Persentase Nilai <i>Severity</i>	Kategori
Flokulasi	Volume bak	80%	Tinggi
	Waktu detensi	80%	Tinggi
	Gradien Kecepatan	80%	Tinggi

*Sumber: Hasil penelitian*

Tabel 5.31 Persentasi Nilai *Severity* Unit Clarifier

Unit	Penyebab Potensial	Persentase Nilai <i>Severity</i>	Kategori
Clarifier	Bilangan Reynold	80%	Tinggi
	Bilangan Froude	0%	Tidak ada
	Kecepatan <i>settler</i>	0%	Tidak ada

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 5.32 Penentuan Nilai *Severity*

Ranking	Kategori Keseriusan Dampak	Range Persentase Nilai <i>Severity</i>	Tingkat Keseriusan Dampak
1	Tidak Ada	$\leq 10\%$	Unit pengolahan IPA bekerja secara normal
2	Rendah	11 - 40 %	Kegagalan menyebabkan unit pengolahan IPA tidak dapat mengolah air baku
3	Sedang	41 - 60%	Unit pengolahan IPA dapat dioperasikan dengan tingkat kinerja yang sedikit berkurang
4	Tinggi	61 - 80 %	Kegagalan dapat menyebabkan unit pengolahan IPA tidak dapat dioperasikan
5	Berbahaya	$\geq 81\%$	Kegagalan dapat menyebabkan penurunan kinerja unit IPA lain sehingga dapat mempengaruhi proses produksi air bersih

### 5.5.3 Penentuan Nilai *Occurrence*

*Occurrence* merupakan suatu tingkat frekuensi kejadian dari dampak yang disebabkan dari kegagalan. *Occurrence* biasanya digambarkan sebagai berapa kali kejadian kegagalan terjadi dalam satuan waktu. Penentuan nilai *Occurrence* perhitungan jumlah

kejadian berdasarkan data yang didapatkan dari pihak PDAM Kota Surabaya, hasil pengamatan dan hasil perhitungan.

Rentang nilai yang digunakan untuk menentukan nilai *occurrence* adalah 1 hingga 5. Nilai 1 merupakan nilai dimana tingkat frekuensi dampak sangat rendah atau jumlah frekuensi kejadian jarang terjadi. Nilai 5 merupakan nilai dimana tingkat frekuensi dampak sangat tinggi atau jumlah kejadian sangat sering terjadi atau hampir terjadi setiap hari.

Tabel 5.33 Nilai *Occurrence* Unit Aerasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Frekuensi Dampak				
		1	2	3	4	5
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
		( $\leq 20$ kejadian dalam 3 bulan)	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)	( $\geq 80$ kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)
1	Waktu Kontak					81 kejadian
2	Kecepatan transfer gas					81 kejadian

Sumber: Hasil penelitian

Berdasarkan kondisi eksisting penyebab potensial untuk waktu detensi dan yang tidak memenuhi kriteria desain berlangsung lebih  $\geq 80$  kejadian atau berlangsung setiap hari sehingga nilai *Occurrence* untuk masing-masing penyebab adalah 5 (sangat tinggi).

Tabel 5.34 Nilai *Occurrence* Unit Prasedimentasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Frekuensi Dampak				5
		1	2	3	4	
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	
		( $\leq 20$ kejadian dalam 3 bulan)	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)	
1	Beban permukaan					81 kejadian
2	Waktu detensi					81 kejadian
3	<i>Weir loading rate</i>					81 kejadian
4	Luas Permukaan					Kejadian berlangsung setiap hari
5	Bilangan Reynold					81 kejadian
6	Bilangan Froude					81 kejadian

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan kondisi eksisting penyebab potensial untuk beban permukaan, waktu detensi, *weir loading rate*, luas permukaan *weir*, bilangan Reynold dan bilangan Froude yang tidak memenuhi kriteria desain berlangsung lebih  $\geq 80$  kejadian atau berlangsung setiap hari sehingga nilai *Occurrence* untuk masing-masing penyebab adalah 5 (sangat tinggi).

Tabel 5.35 Nilai *Occurrence* Unit Koagulasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Frekuensi Dampak				5	
		1	2	3	4		
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi		Sangat Tinggi
		( $\leq 20$ kejadian dalam 3 bulan)	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)		( $\geq 80$ kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)
1	Volume bak					Kejadian berlangsung setiap hari	
2	Waktu detensi					81 kejadian	
3	Gradien Kecepatan					81 kejadian	
4	Tinggi Terjunan					Kejadian berlangsung setiap hari	

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan kondisi eksisting penyebab potensial untuk volume bak, waktu detensi, Gradien Kecepatan dan tinggi terjunan yang tidak memenuhi kriteria desain berlangsung lebih  $\geq 80$  kejadian atau berlangsung setiap hari sehingga nilai *Occurrence* untuk masing-masing penyebab adalah 5 (sangat tinggi).

Tabel 5.36 Nilai *Occurrence* Unit Flokulasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Frekuensi Dampak				5
		1	2	3	4	
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	
		( $\leq 20$ kejadian dalam 3 bulan)	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)	( $\geq 80$ kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)
1	Volume bak					Kejadian berlangsung setiap hari
2	Waktu detensi					81 kejadian
3	Gradien Kecepatan					81 kejadian

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan kondisi eksisting penyebab potensial untuk volume bak, waktu detensi, dan Gradien Kecepatan yang tidak memenuhi kriteria desain berlangsung lebih  $\geq 80$  kejadian atau berlangsung setiap hari sehingga nilai *Occurrence* untuk masing-masing penyebab adalah 5 (sangat tinggi).

Tabel 5.37 Nilai *Occurrence* Unit Clarifier

No	Penyebab Potensial	Tingkat Frekuensi Dampak				5
		1	2	3	4	
		Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	
		( $\leq 20$ kejadian dalam 3 bulan)	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)	
					( $\geq 80$ kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)	
1	Bilangan Reynold					81 kejadian
2	Bilangan Froude	0 kejadian				
3	Kecepatan <i>Settler</i>					81 kejadian

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan kondisi eksisting penyebab potensial untuk bilangan Reynold dan kecepatan *settler* yang tidak memenuhi kriteria desain berlangsung lebih  $\geq 80$  kejadian atau berlangsung setiap hari sehingga nilai *Occurrence* untuk masing-masing penyebab adalah 5 (sangat tinggi).

#### 5.5.4 Penentuan Nilai *Detection*

*Detection* merupakan suatu tingkat pencegahan kegagalan potensial. *Detection* biasanya digambarkan sebagai tingkat pencegahan yang telah dilakukan untuk mencegah kegagalan terjadi. Penentuan nilai *Detection* berhubungan dengan nilai *Occurrence*, semakin tinggi nilai *Occurrence* maka semakin tinggi pula nilai *Detection* atau semakin tinggi tingkat kelolosan kegagalan terhadap upaya pencegahan.

Tabel 5.38 Nilai *Detection* Unit Aerasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
1	Waktu kontak	81 kejadian	5
2	Kecepatan transfer gas	81 kejadian	5

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan hasil penilaian *Occurrence* masing-masing penyebab potensial pada unit aerasi mendapatkan nilai 5 sehingga nilai untuk *Detection* juga 5 (tidak mungkin). Nilai 5 berarti Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

Tabel 5.39 Nilai *Detection* Unit Prasedimentasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
1	Beban permukaan	81 kejadian	5
2	Waktu detensi	81 kejadian	5
3	<i>Weir loading rate</i>	81 kejadian	5
4	Luas permukaan <i>weir</i>	Kejadian setiap hari	5
5	Bilangan Reynold	81 kejadian	5
6	Bilangan Froude	81 kejadian	5

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan hasil penilaian *Occurrence* masing-masing penyebab potensial pada unit prasedimentasi mendapatkan nilai 5 sehingga nilai untuk *Detection* juga 5 (tidak mungkin). Nilai 5 berarti Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

Tabel 5.40 Nilai *Detection* Unit Koagulasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
1	Volume bak	Kejadian setiap hari	5

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
2	Waktu detensi	81 kejadian	5
3	Gradien Kecepatan	81 kejadian	5
4	Tinggi Terjunan	Kejadian setiap hari	5

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan hasil penilaian *Occurrence* masing-masing penyebab potensial pada unit koagulasi mendapatkan nilai 5 sehingga nilai untuk *Detection* juga 5 (tidak mungkin). Nilai 5 berarti Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

Tabel 5.41 Nilai *Detection* Unit Flokulasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
1	Volume bak	Kejadian setiap hari	5
2	Waktu detensi	81 kejadian	5
3	Gradien Kecepatan	81 kejadian	5

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan hasil penilaian *Occurrence* masing-masing penyebab potensial pada unit flokulasi mendapatkan nilai 5 sehingga nilai untuk *Detection* juga 5 (tidak mungkin). Nilai 5 berarti Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

Tabel 5.42 Nilai *Detection* Unit Clarifier

No	Penyebab Potensial	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian	Nilai <i>Detection</i>
1	Bilangan Froude	0 kejadian	1
2	Bilangan Reynold	81 kejadian	5
3	Kecepatan <i>settler</i>	81 kejadian	5

*Sumber: Hasil penelitian*

Berdasarkan hasil penilaian *Occurrence* masing-masing penyebab potensial pada unit clarifier mendapatkan nilai 5 sehingga nilai untuk *Detection* juga 5 (tidak mungkin). Nilai 5 berarti Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali.

Tabel 5.43 Kriteria Nilai *Detection*

Ranking	Kategori <i>Detection</i>	Kriteria	Tingkat Deteksi Berdasarkan Frekuensi Kejadian
1	Pasti	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan bahwa penyebab mungkin muncul	( $\leq$ 20 kejadian dalam 3 bulan)
2	Tinggi	Kemungkinan penyebab terjadi sangat rendah	(21 - 40 kejadian dalam 3 bulan)
3	Sedang	Kemungkinan penyebab terjadi bersifat moderat. Metode pencegahan kadang memungkinkan penyebab itu terjadi	(41 - 60 kejadian dalam 3 bulan)
4	Jarang	Kemungkinan penyebab terjadi masih tinggi. Metode pencegahan kurang efektif, penyebab masih berulang kembali	(61 - 80 kejadian dalam 3 bulan)
5	Tidak Mungkin	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	( $\geq$ 80 kejadian dalam 3 bulan atau kejadian terjadi setiap hari)

Sumber: Hasil penelitian

### 5.5.5 Penentuan Nilai Risk Priority Number

Nilai Risk Priority Number merupakan nilai hasil perkalian dari nilai *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Dari hasil nilai RPN selanjutnya akan diranking nilai RPN tertinggi yang akan menghasilkan usul perbaikan.

Tabel 5.44 Nilai Risk Priority Number (RPN)

UNIT	FUNGSI	KEGAGALAN POTENSIAL	DAMPAK KEGAGALAN POTENSIAL	SEVERITY (S)	PENYEBAB POTENSIAL	OCCURRENCE (O)	PENGENDALIAN DETEKSI	DETECTION (D)	RISK PRIORITY NUMBER (RPN)
AERASI	transfer oksigen, menurunkan konsentrasi penyebab bau dan rasa, menurunkan kadar besi dan mangan, meningkatkan kadar DO	Transfer gas udara dan air terlalu cepat	Gas oksigen tidak terdistribusi secara merata	3	Waktu kontak	5	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	5	75
				1	Kecepatan transfer gas	5		5	25
PRASEDIMENTASI	mengendapkan partikel diskret	zona <i>outlet</i> melebihi kriteria desain	beban air pada <i>weir</i> terlalu besar	4	<i>Weir</i> loading rate	5	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	5	100
				4	Luas permukaan	5		5	100
		Kondisi aliran tidak laminer	Dapat mengganggu partikel yang mengendap dapat terangkat kembali	4	Bilangan Reynold	5		5	100
				2	Bilangan Froude	5		5	50
		Volume bak melebihi kriteria	tidak semua partikel dapat terendapkan	1	Beban permukaan	5		5	25
				1	Waktu detensi	5		5	25
KOAGULASI	pembubuhan koagulan			4	Gradien kecepatan	5	Kemungkinan penyebab terjadi	5	100

UNIT	FUNGSI	KEGAGALAN POTENSIAL	DAMPAK KEGAGALAN POTENSIAL	SEVERITY (S)	PENYEBAB POTENSIAL	OCCURRENCE (O)	PENGENDALIAN DETEKSI	DETECTION (D)	RISK PRIORITY NUMBER (RPN)
	melalui pengadukan cepat dan lambat	Pengadukan melebihi kriteria	Pembentukan flok yang tidak optimal	3	Tinggi terjunan	5	sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	5	75
		Kapasitas bak tidak memenuhi kriteria	pengikatan flok tidak sempurna	4	Volume bak	5		5	100
				4	Waktu detensi	5		5	100
FLOKULASI	pembubuhan koagulan melalui pengadukan cepat dan lambat	Pengadukan melebihi kriteria	Pembentukan flok yang tidak optimal	4	Gradien kecepatan	5	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	5	100
		Kapasitas bak tidak memenuhi kriteria	pengikatan flok tidak sempurna	4	Volume bak	5		5	100
				4	Waktu detensi	5		5	100
CLARIFIER	mengendapkan partikel flokulan	Settler	Mengganggu proses pengendapan	1	Kecepatan Settler	5	Kemungkinan penyebab terjadi sangat tinggi. Metode pencegahan tidak efektif, penyebab selalu berulang kembali	5	25
		Kondisi aliran tidak laminar	Dapat mengganggu partikel yang mengendap dapat terangkat kembali	4	Bilangan Reynold	5		5	100
				1	Bilangan Froude	5		5	25

Sumber: Hasil penelitian

Tabel 5.45 Ranking Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Unit	Penyebab Potensial	<i>Risk Priority Number</i> (RPN)
<b>Aerasi</b>	Kecepatan transfer gas	25
<b>Prasedimentasi</b>	Beban permukaan	25
	Waktu detensi	25
<b>Clarifier</b>	Kecepatan Settler	25
	Bilangan Froude	25
<b>Prasedimentasi</b>	Bilangan Froude	50
<b>Aerasi</b>	Waktu kontak	75
<b>Koagulasi</b>	Tinggi terjunan	75
<b>Prasedimentasi</b>	<i>Weir loading rate</i>	100
<b>Prasedimentasi</b>	Luas permukaan <i>weir</i>	100
	Bilangan Reynold	100
<b>Clarifier</b>	Bilangan Reynold	100
	Gradien kecepatan	100
<b>Koagulasi</b>	Volume bak	100
	Waktu detensi	100
<b>Flokulasi</b>	Gradien kecepatan	100
	Volume bak	100
	Waktu detensi	100

*Sumber: Hasil penelitian*

### 5.5.6 Usulan Perbaikan

Usulan perbaikan didapatkan dari nilai tertinggi berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Namun beberapa kegagalan potensial memiliki nilai RPN yang sama sehingga perlu pertimbangan berdasarkan bobot kepentingan risiko sebelumnya. Berikut Tabel 5.46 perhitungan usulan perbaikan berdasarkan nilai RPN dikalikan dengan pembobotan.

Tabel 5.46 Nilai RPN dan Pembobotan

Unit	Penyebab Potensial	Risk Priority Number (RPN)	Bobot	RPN x Bobot
Aerasi	Kecepatan transfer gas	25	5	125
Prasedimentasi	Beban permukaan	25	2,5	62,5
	Waktu detensi	25	2,5	62,5
Clarifier	Kecepatan Settler	25	5	125
	Bilangan Froude	25	2,5	62,5
Prasedimentasi	Bilangan Froude	50	5	250
Aerasi	Waktu kontak	75	5	375
Koagulasi	Tinggi terjunan	75	2,5	187,5
Prasedimentasi	<i>Weir loading rate</i>	100	2,5	250
Prasedimentasi	Luas permukaan weir	100	2,5	250
	Bilangan Reynold	100	5	500
Clarifier	Bilangan Reynold	100	2,5	250
Koagulasi	Gradien kecepatan	100	15	1500
	Volume bak	100	5	500
	Waktu detensi	100	7,5	750
Flokulasi	Gradien kecepatan	100	10	1000
	Volume bak	100	5	500
	Waktu detensi	100	15	1500

Sumber: Hasil perhitungan

Berdasarkan hasil perhitungan perhitungan Tabel 5.46 didapatkan 2 nilai tertinggi yaitu Gradien Kecepatan unit koagulasi dan waktu detensi unit flokulasi. Tujuan dari usulan perbaikan adalah sebagai rekomendasi tindakan perbaikan bagi pihak PDAM Kota Surabaya untuk mengurangi dampak kegagalan selanjutnya.

#### 1. Gradien Kecepatan (Unit Koagulasi)

Pengadukan cepat berperan penting dalam pencampuran koagulan dan destabilisasi partikel. Kecepatan pengadukan merupakan parameter penting dalam pengadukan yang dinyatakan dengan gradien kecepatan (Masduqi dan Assomadi, 2012). Pengadukan cepat menggunakan metoda hidrolis besarnya turbulensi tergantung pada perbedaan muka air dan debit influen (Hadi, 2012). Berdasarkan rumus penentuan nilai gradien kecepatan, semakin besar debit influen maka nilai gradien semakin besar pula. Sehingga usulan perbaikan yang diusulkan adalah pengaturan debit influen dengan menggunakan alat pengaturdebit untuk menurunkan nilai gradien kecepatan. Selain mengatur debit, untuk menurunkan nilai gradien kecepatan agar sesuai dengan kriteria desain dapat mengatur tinggi jatuhan atau beda permukaan air. Sesuai dengan perhitungan, tinggi jatuhan sebesar 0,4 m.

#### 2. Waktu Detensi (Unit Flokulasi)

Tujuan utama proses flokulasi adalah penggabungan inti flok menjadi flok berukuran lebih besar akibat adanya tumbukan antar flok yang memungkinkan partikel untuk mengendap (Masduqi dan Assomadi, 2012). Proses yang menentukan keberhasilan unit flokulasi adalah jumlah tumbukan partikel (Gtd). Dalam menentukan nilai Gtd faktor yang mempengaruhi adalah gradien kecepatan dan waktu detensi. Waktu detensi digunakan sebagai parameter keberhasilan pembentukan partikel flok didalam bak. Penentuan waktu detensi berhubungan dengan volume bak dan debit influen. Sehingga usulan perbaikan yang diusulkan adalah pengaturan debit influen dengan menggunakan alat pengatur debit untuk meningkatkan nilai waktu detensi. Selain mengatur debit, untuk meningkatkan nilai waktu detensi agar sesuai dengan kriteria sesuai dengan perhitungan didapatkan volume yang seharusnya adalah  $576 \text{ m}^3$ .

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

1. Sumber kegagalan dalam sistem produksi yang menyebabkan penurunan kualitas air IPAM Karang Pilang I berasal dari unit aerasi, prasedimentasi, koagulasi dan flokulasi. Penyebab kegagalan potensial pada unit aerasi yaitu waktu kontak, dan kecepatan transfer gas. Penyebab kegagalan unit prasedimentasi adalah beban permukaan, waktu detensi, *weir loading rate*, luas permukaan *weir*, bilangan Reynold, dan bilangan Froude. Penyebab kegagalan unit koagulasi dan flokulasi adalah volume bak dan pengadukan. Penyebab kegagalan unit clarifier adalah kecepatan *settler*, bilangan Reynold dan bilangan Froude.
2. Kegagalan potensial terbesar berdasarkan nilai RPN (*Risk Priority Number*) dan pembobotan kepentingan resiko adalah gradien kecepatan unit koagulasi dan waktu detensi unit flokulasi masing-masing nilai RPN 100 dengan bobot 15%.
3. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan pada sistem produksi IPAM Karang Pilang I antara lain pemasangan alat pengatur debit atau pengaturan tinggi terjunan pada unit koagulas dan pemasangan alat pengatur debit atau perubahan volume bak menjadi 576 m<sup>3</sup> untuk unit flokulasi.

#### **6.2 Saran**

Saran yang diberikan penulis antara lain :

1. Analisis FMEA dengan uji klarifikasi terhadap keefektifan penyisihan zat organik pada unit aerasi IPAM Karang Pilang I.
2. Analisis FMEA dengan uji klarifikasi terhadap keefiktifan penggunaan koagulan tawas cair dan tawas bongkah yang digunakan IPAM Karang Pilang I.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum**. Jakarta: Menteri Kesehatan.
- Anonim. 2014. **Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**. Jakarta: Presiden Republik Indonesia.
- Asmoko, H. 2013. **Teknik Ilustrasi Masalah-Fishbone Diagrams**. Magelang: BPPK.
- Budiyono dan Sumardiono, S. 2013. **Teknik Pengolahan Air**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Carlson, C.S. 2014. **Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs**. Arizona: ReliaSoft Corporation.
- Crow, K. 2002. **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**, <<http://www.npd-solutions.com/fmea.html>>
- Degreemont. 1991. **Water Treatment Handbook, Sixth Edition**. France: Lavoisier Publishing.
- Fitri, A.S. 2013. **Studi Literatur Pengaruh Metode Backwashing Pada Filter Cepat Terhadap Kebutuhan Air, Energi Listrik, Dan Tingkat Kekeruhan Efluen Filter**. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Fuadi, A., 2012. **Pengaruh Residual Klorin Terhadap Kualitas Mikrobiologi Pada Jaringan Distribusi Air Bersih (Studi Kasus: Jaringan Distribusi Air Bersih IPA Cilandak**. Depok: Universitas Indonesia.
- Gaspersz, V. dan A. Fontana. 2011. **Integrated Management Problem Solving Panduan bagi Praktisi Bisnis dan Industri**. Bogor: Vinchristo Publication.
- Hadi, W. 2012. **Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum**. Surabaya: ITS Press.
- Hanum, F. 2002. **Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum**. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Masduqi, A. dan Assomadi, A.F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air**. Surabaya: ITS Press.

- Maryani, D. 2014. **Pengaruh Ketebalan Media Dan Rate Filtrasi Pada Sand Filter Dalam Menurunkan Kekekruhan Dan Total Coliform**. SurabayaL: ITS.
- MetCalf & Eddy. 2003. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, 4<sup>th</sup> ed**. New York: McGraw Hill Book Co.
- Mraz, M. dan Huber, B. 2005. **FMECA- FMECA**. Ljubljana Spring: Ljubljana.
- Mutiarani, Irsyad, M. dan Amoranto, T. 2011. **Iradiasi Ultrasonik Dalam Menurunkan Kekekruhan Air**. Bandung : Teknik Lingkungan ITB.
- Octavia, L. 2010. **Aplikasi Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Untuk Pengendalian Kualitas Pada Proses Heat Treatment PT. Mitsuba Indonesia**. Jakarta: Program Studi Teknik Industri Universitas Mercu Buana.
- Oryzatin, F.A. 2015. **Upaya Peningkatan Kualitas Air Baku Konservasi Pro Air Dengan Filtrasi Bantaran Sungai**. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- PDAM Kota Surabaya. 2012. **Jumlah Pelanggan Tahunan**, <  
[http://www.pdam-sby.go.id/page.php?get=jumlah\\_pelanggan\\_tahunan&bhs=1](http://www.pdam-sby.go.id/page.php?get=jumlah_pelanggan_tahunan&bhs=1)>.
- Puspitasari, N.B. dan Martanto, A. 2014. **Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT. Asaputex Jaya Tegal)**. Semarang: Program Studi Teknik Industri Universitas Diponegoro.
- Puspita, S.T. 2006. **Studi Literatur Aerasi Untuk Pengolahan Air Minum**. Surabaya: Teknik Lingkungan ITS.
- Qasim, S.R., Motley, E.M., dan Zhu, G. 2000. **Water Work Engineering: Planning, Design & Operation**. Texas: Prentice Hall PTR.
- Rahmawati, E. dan Mulia, G.J.T. 2014. **Laporan Kerja Praktik Manajemen Resiko Unit Produksi Pada Instalasi Pengolahan Air Minum Karang Pilang I Kota Surabaya**. Surabaya: ITS.
- Riplova, K. 2007. "Tool of Risk Management: Failure Mode and Effects Analysis and Failure Modes, Effects and Criticality

- Analysis". **Journal of Information, Control and Management Systems**, Vol. 5, (2007), No.1.
- Said, N.I. "Disinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum" **JAI Vol. 3 No. 1 2007**.
- Sanim B. 2011. **Sumberdaya Air dan Kesejahteraan Publik**. Bogor: IPB Press.
- Saputri, A.W. 2011. **Evaluasi Instalasi pengolahan Air Minum (IPA) Babakan PDAM Tirta Kerta Raharja Kota Tangerang**. Depok: Universitas Indonesia.
- Scarvada, A.J., Chameeva, T.B., Goldstein, S.M., Hays, J.M., Hill, A.V. 2004. "A Review of the Causal Mapping Practice and Research Literature". **Second World Conference on POM and 15th Annual POM Conference, Cancun, Mexico, April 30 –May 3, 2004**.
- Schutte, F. 2006. **Handbook for The Operation of Water Treatment Works**. South Africa: University of Pretoria.
- Setiawan, M. Ikhsan. 2003. "Study Pemenuhan Kebutuhan Air Bersih PDAM Kota Surabaya Tahun Proyeksi (2015)". **Neutron**, Vol.3, No. 1: 47-64.
- Siswosuwarno, M. 2002. "Penerapan Efektif Metode Analisis Kegagalan". **Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan 2002**. Serpong: ISSN 1411-2213.
- Stamatis, D. H. 2003. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution 2nd Edition**. Milwaukee: ASQC Quality Press.
- Supiyati, Halauddin dan Gandika, A. 2012. "Karakteristik dan Kualitas Air di Muara Sungai Hitam Provinsi Bengkulu dengan Software Som Toolbox 2". **Jurnal Ilmu Fisika Indonesia**, Volume 1 Nomor 2(D).
- Tague, N.R. 2005. **The Quality Toolbox. (2th ed.)**. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. <<http://asq.org/quality-press/display-item/index.html?item=H1224>>
- Yulianti, P.C. 2012. **Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum**. Surabaya: ITS.
- Yusuf, Y. 2012. "Teknologi Pengolahan Air Tanah Sebagai Sumber Air Minum Pada Skala Rumah Tangga". **ISSN: 1411-5166 No. 02, Volume IV**.

## LAMPIRAN A

Pada lampiran ini berisi perhitungan unit IPAM Karang Pilang I berdasarkan kriteria desain.

### PERHITUNGAN SUMUR PENGUMPUL

- Panjang : 10,6 m
- Lebar : 6,6 m
- Dalam : 7,5 m
- Diameter pipa : 1300 mm
- Volume : 524,7 m<sup>3</sup>
- $Td = \frac{Vol}{Q} = \frac{524,7 \text{ m}^3}{1,588 \text{ m}^3/dt} = 330,42 \text{ dt} = 5,5 \text{ menit (OK)}$

### PERHITUNGAN AERASI

- Diameter pipa *inlet* : 900 mm
- Panjang : 15,8 m
- Lebar : 9 m
- Tinggi : 3,32 meter
- Jumlah tray : 5 buah
- Jarak antar tray : 300 mm

- Konsentrasi jenuh O<sub>2</sub> (Cs)

$$(Cs)_{760} = \frac{475 - 2,65 S}{33,5 + T}$$

Dimana:

(Cs)<sub>760</sub> = nilai kejenuhan oksigen pada tekanan udara 760 mmHg (mg/l)

S = konsentrasi padatan terlarut dalam air (mg/l)

T = temperatur (°C)

$$(Cs)_{760} = \frac{475 - 2,65 S}{33,5 + T}$$

$$(Cs)_{760} = \frac{475 - 2,65 (3,4)}{33,5 + 28} \\ = 7,58 \text{ mmHg}$$

$$Cs = (Cs)_{760} \frac{P - p}{760 - p}$$

$$C_s = 7,58 \frac{751,9 - 28,6}{760 - 28,6}$$

$$= 7,5 \text{ mmHg (mg/l)}$$

- Koefisien transfer gas ( $K_{La}$ )

$$(K_{La_{28}}) = (K_{La_{15}})x\theta^{(t-15)}$$

Dimana:

$(K_{La})_{28}$  = koefisien transfer oksigen pada suhu 28°C

$(K_{La})_{15}$  = koefisien transfer oksigen pada suhu 15°C (1,85)

$\Theta$  = koefisien empiris (untuk aerator umumnya bernilai 1,024)

$$(K_{La_{28}}) = (K_{La_{15}})x\theta^{(t-15)}$$

$$(K_{La_{28}}) = 1,85x1,024^{(18-15)}$$

$$= 2,518/\text{jam}$$

$$= 0,0007/\text{detik}$$

- Waktu kontak (t)

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

Dimana:

t = waktu kontak (detik)

H = jarak antar *tray* (meter)

g = percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

$$t = \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$t = \sqrt{\frac{2 \times 0,3 \times 5}{9,81}} = 0,55 \text{ dt}$$

- Koefisien transfer gas total ( $K_2$ )

$$k_2 = \frac{A}{V} x K_{La}$$

$$k_2 = \frac{15,8m \times 9m}{1,588 \text{ m}^3/\text{dt}} x 0,0007$$

$$= 0,063/\text{dt}$$

- Koefisien efisiensi transfer gas (K)

$$K = 1 - e^{-K_2 \times t}$$

$$K = 1 - e^{-0,063 \times 0,55} = 0,0338/\text{dt}$$

- Kapasitas oksigenisasi ( $O_c$ )

$$O_c = K_2 \times C_s$$

$$= 0,063/dt \times 7,5 \text{ g/m}^3$$

$$= 0,473 \text{ gr O}_2/\text{m}^3.\text{det}$$

- Volume bak =  $p \times l \times H$   
 $= 15,8 \times 9 \times 2 \text{ m}$   
 $= 284,4 \text{ m}^3$
- Waktu detensi =  $\frac{Vol}{Q}$   
 $= \frac{284,4 \text{ m}^3}{0,32 \text{ m}^3/L} = 162,97 \text{ dt} = 2,77 \text{ menit}$   
 $= 284,4 \text{ m}^3$
- Kecepatan transfer gas  
 $= \frac{1,588 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}} \times \frac{60 \text{ dt}}{\text{menit}}}{15,8 \text{ m} \times 9 \text{ m}} = 0,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{menit}$
- Luas  
 $= \frac{15,8 \text{ m} \times 9 \text{ m}}{1,588 \text{ m}^3/\text{dt}} = 89,6 \text{ m}^2/\text{m}^3.\text{detik}$
- Jumlah Oksigen yang Dibutuhkan  
 $kg \text{ O}_2/\text{jam} = (Kla)_{28^\circ C} \times Cs \times V$   
 $= 2,518/\text{jam} \times 7,5 \times 10^{-6} \text{ kg O}_2/L \times 284.400 \text{ L}$   
 $= 5,4 \text{ kg O}_2/\text{jam}$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Aerasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Qasim	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Kecepatan transfer gas</b>	0,8 – 1,5 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit	0,67 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .menit	TM
<b>Jarak antar tray</b>	30 - 75 cm	30 cm	OK
<b>Luas</b>	50 – 160 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .dt	89,6 m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> .dt	OK
<b>Tinggi</b>	1,2 – 9 m	3,32 m	OK

### PERHITUNGAN PRASEDIMENTASI

- Debit total (Q<sub>tot</sub>) = 1.588 lt/detik  
 $= 1,588 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Q tiap bak =  $\frac{1,588 \text{ m}^3/s}{5} = 0,32 \text{ m}^3/s$
- $td = \frac{Vol}{Q} = \frac{80 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{0,32 /s} = 11.250 \text{ s} = 3,125 \text{ jam}$
- Kecepatan Horizontal

$$V_h = \frac{Q}{H \times l} = \frac{0,32 \text{ m}^3/\text{s}}{3 \text{ m} \times 15 \text{ m}} = 0,0071 \text{ m/s}$$

- Kecepatan settling

$$V_s = \frac{H}{td} = \frac{3 \text{ m}}{3,125 \text{ jam} \times 3600 \text{ dt}} = 0,00027 \text{ m/s}$$

- Luas permukaan

$$A_s = \frac{Q}{V_s} = \frac{0,32 \text{ m}^3/\text{s}}{0,00027 \text{ m/s}} = 1200 \text{ m}^2$$

- Apabila direncanakan  $td = 2 \text{ jam} = 7200 \text{ dt}$ , maka:

$$Q = \frac{Vol}{td} = \frac{80 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{7200 \text{ dt}} = 0,5 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Vol = Q \times Td = 1,588 \text{ m}^3/\text{dt} \times 7200 \text{ dt} = 11.434 \text{ m}^3$$

- Apabila direncanakan kedalaman bak = 3 m, maka:

$$p : l = 4 : 1$$

$$A_s = 4p \times p = 4p^2$$

$$l = \sqrt{\frac{A_s}{4}} = \sqrt{\frac{1185}{4}} = 17,2 \approx 17,5 \text{ m}$$

$$p = 17,5 \times 4 = 70 \text{ m}$$

- Beban permukaan (Q/As)

$$\frac{Q}{A_s} = \frac{0,32 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}} \times \frac{3600 \text{ dt}}{\text{jam}}}{1200 \text{ m}^2} = 4,8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} = 23,04 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

- Weir loading rate =  $\frac{Q}{\text{luas permukaan}} = \frac{0,32 \frac{\text{m}^3}{\text{dt}}}{15 \text{ m} \times 3 \text{ m}} = 0,00071 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dt} = 614,4 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

- Diameter partikel

$$D = \frac{(18 \cdot V_s \cdot v)^{1/2}}{(g(Sg-1))^{1/2}} = \frac{(18 \times 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s} \times 8,93 \cdot 10^{-6})^{1/2}}{(9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times (1,02-1))^{1/2}} = 4,7 \times 10^{-5} \text{ m} = 4,7 \text{ } \mu\text{m}$$

Diketahui nilai  $k = 0,04$  ;  $f = 0,02$

- Kontrol Penggerusan

$$(V_{sc}) = \left[ \frac{8 k (Sg-1) g D}{f} \right]^{0.5} = \left[ \frac{8 \times 0,04 (1,02-1) \times 9,81 \times 4,7 \cdot 10^{-5}}{0,02} \right]^{0.5} = 0,039 \text{ m/s}$$

- R (jari-jari hidrolis) =  $\frac{p \times H}{p+2H} = \frac{80 \text{ m} \times 3 \text{ m}}{80 \text{ m} + (2 \times 3 \text{ m})} = 2,791 \text{ m}$

- $Nre = \frac{Vh \times R}{D} = \frac{0,0071 \times 2,791}{0,893 \cdot 10^{-6}} = 22.191 > 2000$

- $Nfr = \frac{Vh^2}{gR} = \frac{0,0071^2}{9,81 \times 2,791} = 1,84 \times 10^{-6}$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Prasedimentasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Waktu detensi</b>	1 – 2,5 jam	3,125 jam	TM
<b>Beban permukaan</b>	32 – 48 m <sup>3</sup> m <sup>2</sup> .hari	23,04 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	TM
<b>Weir loading</b>	125 – 500 m <sup>3</sup> m/hari	614,4 m <sup>3</sup> m/hari	TM
<b>Nre</b>	<2000	22.191	TM
<b>Nfr</b>	>10 <sup>-5</sup>	1,84x10 <sup>-6</sup>	TM
<b>Kedalaman bak</b>	1 – 3 m	3 m	OK

### PERHITUNGAN KOAGULASI

- Panjang (P) = 1 m
- Lebar (L) = 1,75 m
- Tinggi (H) = 2 m
- Volume (V) = 3,5 m<sup>3</sup>
- Jumlah bak = 2 bak
- Debit bak(Q) = 1,588 m<sup>3</sup>/dt / 2  
= 0,794 m<sup>3</sup>/dt
- Waktu tinggal (td) = V/Q  
= 3,5 m<sup>3</sup> / 0,794 m<sup>3</sup>/dt  
= 4,4 dt
- Apabila direncanakan td = 30 dt  
Vol = Q x td  
= 0,794 m<sup>3</sup>/dt x 30 dt  
= 23,82 m<sup>3</sup>  
Kedalaman eksisting = 2 m, maka:  
As = Vol / h  
= 23,82 m<sup>3</sup> / 2 m  
= 11,91 m<sup>2</sup>

$$p : l = 2 : 1$$

$$A_s = 2p^2$$

$$l = \sqrt{\frac{A_s}{2}} = \sqrt{\frac{11,91}{2}} = 2,44 \approx 2,5 \text{ m}$$

$$p = 2 \times l$$

$$= 2 \times 2,5 = 5 \text{ m}$$

- Apabila direncanakan  $t_d = 30 \text{ dt}$  dan  $V = 3,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Maka:

$$Q = \text{Volume} / t_d$$

$$= 3,5 \text{ m}^3 / 30 \text{ dt} = 0,117 \text{ m}^3/\text{dt}$$

- Kecepatan pengadukan atau Gradien kecepatan (G)

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu V}}$$

Dimana:

G = gradien kecepatan ( $\text{detik}^{-1}$ )

P = Gradien Kecepatanan ( $\text{N.m/detik}$ )

V = volume air yang diaduk ( $\text{m}^3$ )

$\mu$  = viskositas absolut air ( $\text{N.detik/m}^2$ )

- Gradien Kecepatanan (P)

$$P = \rho g H Q$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis air (pada suhu  $30^\circ\text{C}$  adalah  $995,7 \text{ kg/m}$ )

g = percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/detik}^2$ )

h = kehilangan tekanan atau beda tinggi (m)

Q = debit air ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )

$$G = \sqrt{\frac{\rho g H Q}{\mu V}}$$

$$G = \sqrt{\frac{995,7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 9,81 \text{ m/dt}^2 \times 0,5 \text{ m} \times 0,794 \text{ m}^3/\text{s}}{0,89 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 3,5 \text{ m}^3}}$$

$$= 1115,8 / \text{dt}$$

- $G \times t_d = 1115,8 / \text{dt} \times 4,4 \text{ dt}$   
 $= 4909,3$
- Apabila direncanakan  $G = 800$ , maka

Tinggi terjunan (H)

$$H = \frac{\mu td G^2}{\rho g}$$

$$H = \frac{\mu td G^2}{\rho g}$$

$$H = \frac{0,89 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3 \times 4,83 \text{ dt} \times 800^2}{995,7 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2}$$

$$= 0.28 \text{ m} \approx 0,3 \text{ m}$$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Koagulasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Lionie	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Kecepatan Gradien</b>	300 – 1000/dt	1066,2/dt	TM
<b>Waktu detensi</b>	10 – 60 dt	4,4 dt	TM
<b>G x td</b>	10000 – 18000	4909,3	TM

### PERHITUNGAN FLOKULASI

Flokulasi adalah tahap pengaduk lambat yang mengikuti unit pengaduk cepat. Tujuan dari proses ini adalah untuk mempercepat laju pertumbuhan partikel, hal ini menyebabkan aglomerasi dari partikel koloid terdestabilisasi secara elektrolitik kepada ukuran yang terendapkan dan tersaring (Saputri, 2011).

Spesifikasi Bak Flokulasi IPAM Karang Pilang I sabagai berikut (Rahmawati dan Mulia, 2014):

- Jumlah bak = 5 bak
- Jumlah kompartemen = 2 kompartemen
- Tipe flokulasi = *Hydrolik Jet Flokulator*

#### **Kompartemen 1**

- Bentuk potongan = trapesium
- Panjang (P) = 9,5 m
- Lebar (L) = 2,4 m
- Tinggi 1 (h1) = 2,4 m
- Tinggi 2 (h2) = 3,15 m
- Volume =  $\frac{1}{2} \times (3,15 + 2,4) \times 2,4$

- = 6,66 m<sup>3</sup>
- Debit setiap unit (Qn) = 1,588/5
  - = 0,32 m<sup>3</sup>/detik
- Waktu detensi = Volume / Qn
  - = 6,66/0,32
  - = 20,8 ≈ 21 detik
- Apabila direncanakan td = 30 menit = 1800 dt
  - Vol = Q x td
  - = 0,32 m<sup>3</sup>/dt x 1800 dt
  - = 576 m<sup>3</sup>
 Kedalaman eksisting = 3,15 m, maka:
  - As = Vol / h
  - = 576 m<sup>3</sup> / 3,15 m
  - = 182 m<sup>2</sup>
 p : l = 2 : 1
  - As = 2p<sup>2</sup>
  - l =  $\sqrt{\frac{As}{2}} = \sqrt{\frac{182}{2}} = 9,56 \approx 10 \text{ m}$
  - p = 2 x l
  - = 2 x 10 = 20 m
- Apabila direncanakan td = 1800 dt dan V = 6,66 m<sup>3</sup>/dt. Maka:
  - Q = Volume / td
  - = 6,66 m<sup>3</sup> / 1800 dt = 0,0037 m<sup>3</sup>/dt
- Jumlah lubang = 13 x 3
  - = 39
- Diameter lubang (d) = 0,075 m
- Jumlah A lubang = 39 x  $\frac{1}{4}$  x π x 0,075<sup>2</sup>
  - = 0,156 m<sup>2</sup>
- A = Q/v
- V = Q/A
  - = 0,32/0,156
  - = 2,05 m/s
- Hf =  $\frac{V^2 \times k}{2 \times g}$ 
  - =  $\frac{2,05^2 \times 0,8}{2 \times 9,81}$
  - = 0,17 m
- G<sup>2</sup> =  $\frac{Q \times \rho \times g \times h}{\mu \times v}$

$$= \frac{0,32 \times 995,7 \times 9,81 \times 0,17}{0,89 \cdot 10^{-3} \times 1,86}$$

$$G = 297,4/\text{detik}$$

- $G \times t_d = 297,4/\text{dt} \times 21 \text{ dt}$   
 $= 6237$

## Kompartemen 2

- Bentuk potongan = trapesium
- Panjang (P) = 9,5 m
- Lebar (L) = 4,2 m
- Tinggi 1 (h1) = 3,15 m
- Tinggi 2 (h2) = 5,15 m
- Volume =  $\frac{1}{2} \times (3,15 + 5,15) \times 4,2$   
 $= 17,43 \text{ m}^3$
- Debit setiap = 0,32 m<sup>3</sup>/detik
- Waktu detensi = Volume / Qn  
 $= 17,43/0,32$   
 $= 54,9 \text{ detik}$

- Apabila direncanakan  $t_d = 30 \text{ menit} = 1800 \text{ dt}$   
 $\text{Vol} = Q \times t_d$   
 $= 0,32 \text{ m}^3/\text{dt} \times 1800 \text{ dt}$   
 $= 576 \text{ m}^3$

Kedalaman eksisting = 5,15 m, maka:

$$\begin{aligned} \text{As} &= \text{Vol} / h \\ &= 576 \text{ m}^3 / 5,15 \text{ m} \\ &= 111,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$p : l = 2 : 1$$

$$\text{As} = 2p^2$$

$$l = \sqrt{\frac{\text{As}}{2}} = \sqrt{\frac{111,8}{2}} = 7,4 \approx 7,5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} p &= 2 \times l \\ &= 2 \times 7,5 = 15 \text{ m} \end{aligned}$$

- Apabila direncanakan  $t_d = 1800 \text{ dt}$  dan  $V = 17,43 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Maka:  
 $Q = \text{Volume} / t_d$   
 $= 17,43 \text{ m}^3 / 1800 \text{ dt}$   
 $= 0,0097 \text{ m}^3/\text{dt}$
- Jumlah lubang = 8 x 4  
 $= 32$
- Diameter lubang (d) = 0,3 m

- Jumlah A lubang =  $32 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 0,3^2$   
=  $2,3 \text{ m}^2$
- A = Q/v
- V = Q/A  
=  $0,32/2,3$   
=  $0,14 \text{ m/s}$
- Hf =  $\frac{V^2 \times k}{2 \times g}$   
=  $\frac{0,14^2 \times 0,8}{2 \times 9,81}$   
=  $0,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
- G<sup>2</sup> =  $\frac{Q \times \rho \times g \times h}{\mu \times v}$   
=  $\frac{0,32 \times 995,7 \times 9,81 \times 0,8 \cdot 10^{-3}}{0,89 \cdot 10^{-3} \times 0,14}$   
G = 12,5 /detik
- G x td =  $140,8 / \text{dt} \times 54,5 \text{ dt}$   
= 7674

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Flokulasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Masduqi dan Assomadi	Kondisi Eksisting Komp. 1	Kondisi Eksisting Komp. 2	Ket
<b>Kecepatan Gradien</b>	20-100/dt	297,4/dt	12,5 /dt	TM
<b>Waktu detensi</b>	10-60 menit	0,35 menit	0,91 menit	TM
<b>G x td</b>	48.000-210.000	6245,4	682,5	TM

### PERHITUNGAN CLARIFIER

- Q tiap bak =  $\frac{1,45 \text{ m}^3/\text{s}}{5} = 0,32 \text{ m}^3/\text{s}$
- Surface loading rate =  $\frac{Q}{\text{luas permukaan}} = \frac{0,32 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{18,25 \text{ m} \times 8,9 \text{ m}}$   
=  $0,0019 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dt} = 138 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$

Berdasarkan Achmad dan Rohman (2015) debit rata-rata per V-notch adalah 1,17 l/dt atau 0,0012 m<sup>3</sup>/dt.

- Weir loading rate =  $\frac{Q}{\text{luas permukaan}} = \frac{0,0012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{8,9 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}}$

$$= 0,00026 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dt}$$

$$= 92,74 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$$

$$\bullet \quad t_d = \frac{Vol}{Q} = \frac{18,25 \text{ m} \times 8,9 \text{ m} \times 6,5 \text{ m}}{0,29 \text{ m}^3/\text{s}} = 3641 \text{ s} = 1,01 \text{ jam}$$

- Kecepatan Horizontal

$$V_h = \frac{Q}{H \times l} = \frac{0,29 \text{ m}^3/\text{s}}{6,5 \text{ m} \times 8,9 \text{ m}} = 0,005 \text{ m/s}$$

- Kecepatan settling

$$V_s = \frac{H}{t} = \frac{6,5 \text{ m}}{1,01 \text{ jam} \times 3600 \text{ dt}} = 0,0018 \text{ m/s}$$

- Kecepatan settler

$$\text{Diameter lubang (R)} = 0,3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A \text{ lubang} &= 3/2 \times R^2 \times \sqrt{3} \\ &= 0,23 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V \text{ settler} &= Q/A \\ &= 0,32 / 0,23 \\ &= 1,37 \text{ m/s} \\ &= 0,022 \text{ m/menit} \end{aligned}$$

- Diameter partikel

$$D = \frac{(18 \cdot V_s \cdot v)^{1/2}}{(g(Sg-1))^{1/2}} = \frac{(18 \times 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \times 8,93 \cdot 10^{-6})^{1/2}}{(9,81 \text{ m}^2/\text{s}^2 \times (1,02-1))^{1/2}}$$

$$= 1,2 \times 10^{-3} \text{ m} = 1,4 \text{ } \mu\text{m}$$

Diketahui nilai  $k = 0,04$  ;  $f = 0,02$

- Kontrol Penggerusan

$$\begin{aligned} (V_{sc}) &= \left[ \frac{8 k (Sg-1) g D}{f} \right]^{0.5} = \left[ \frac{8 \times 0,04 (1,02-1) \times 9,81 \times 1,4 \cdot 10^{-3}}{0,02} \right]^{0.5} \\ &= 0,067 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\bullet \quad R \text{ (jari-jari hidrolis)} = \frac{p \times H}{p+2H} = \frac{18,25 \text{ m} \times 6,5 \text{ m}}{18,25 \text{ m} + (2 \times 6,5 \text{ m})} = 3,796 \text{ m}$$

$$\bullet \quad N_{re} = \frac{V_h \times R}{\nu} = \frac{0,067 \times 3,796}{0,893 \cdot 10^{-6}} = 24806 > 2000$$

$$\bullet \quad N_{fr} = \frac{V_h^2}{g R} = \frac{0,067^2}{9,81 \times 3,796} = 1,2 \times 10^{-4}$$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Clarifier

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Montgomery	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Rasio panjang:lebar</b>	3:1 – 5:1	2 : 1	TM

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Montgomery	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Surface loading rate</b>	60-150 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	138 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	OK
<b>Kecepatan pada settler</b>	0,05-0,13 m/menit	0,022/menit	TM
<b>Weir loading rate</b>	90-360 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	92,74 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .hari	OK
<b>Nre</b>	<2000	24806	TM
<b>Nfr</b>	>10 <sup>-5</sup>	1,2x10 <sup>-4</sup>	OK
<b>Waktu detensi</b>	<120 menit	60,7 menit	OK

Dengan adanya penambahan *plate settler* pada bak sedimentasi memberikan pengaruh terhadap peningkatan efisiensi pengendapan. Sudut kemiringan plate untuk menghasilkan efisiensi paling optimal yaitu sudut 60° pada bentuk plate zig-zag dengan menghasilkan efisiensi penurunan terhadap total suspended solid sebesar 92,31% dan efisiensi penurunan terhadap kekeruhan sebesar 92,86% (Husaeni, 2009).

## **PERHITUNGAN FILTER**

- Media Filter :
  - ❖ Media Antrasit
    - ✓ Ketebalan antrasit = 35 cm
    - ✓ Specific gravity (Ss) = 1,4-1,65 g/cm<sup>3</sup>
    - ✓ Shape faktor (ψ) = 0,7
    - ✓ Porositas (f) = 0,48
    - ✓ Diameter media = 0,8-1,6 mm
  - ❖ Media Pasir Silika
    - ✓ Ketebalan silika = 55 cm
    - ✓ Specific gravity (Ss) = 2,6 g/cm<sup>3</sup>
    - ✓ Shape faktor (ψ) = 0,83
    - ✓ Porositas (f) = 0,4
    - ✓ Diameter media = 1,0-2,8 mm
  - ❖ Media Gravel

- ✓ Ketebalan gravel = 15 cm
- ✓ Specific gravity (Ss) = 2,6 g/cm<sup>3</sup>
- ✓ Shape faktor (ψ) = 0,38
- ✓ Porositas (f) = 0,98
- ✓ Diameter media = 3,4-13,2 mm
- Volume bak = p x l x H  
= 10 m x 7,15 m x 3,2 m  
= 228,8 m<sup>3</sup>
- Waktu detensi (td)  
Vol / Q = 228,8 m<sup>3</sup> / 0,12 m<sup>3</sup>/dt = 1906,7 dt = 0,53 jam
- Debit tiap bak (Qn)  
$$Qn = \frac{Q_{total}}{jumlah\ bak}$$
  
$$Qn = \frac{1,45\ m^3/s}{12} = 0,12\ m^3/s = 435\ m^3/jam$$
- Luas permukaan (As)  
As = p x l  
= 10 m x 7,15 m  
= 71,5 m<sup>2</sup>
- Kecepatan filter (Vf)  
$$Vf = \frac{Qn}{As} = \frac{435\ m^3/jam}{71,5\ m^2} = 6,1\ m/jam \rightarrow (\text{semua beroperasi})$$
  
$$Vf = \frac{Qn}{As} = \frac{522\ m^3/jam}{71,5\ m^2} = 7,3\ m/jam \rightarrow (10\ bak\ beroperasi)$$
- Volume gutter = p x l x H  
= 10m x 0,5m x 0,75 m  
= 3,75 m<sup>3</sup>

### **Kebutuhan air backwash**

- Debit filter = 1,588 m<sup>3</sup>/dt
- Q per bak =  $\frac{1,588\ m^3/dt}{12} = 0,132\ m^3/dt$
- A surface = p x l  
= 10m x 7,15m  
= 71,5 m<sup>2</sup>
- V surface = Q bak / A surface  
$$= \frac{0,132\ m^3}{71,5\ m^2}$$
  
= 0,0019 m/dt
- Q pompa backwash = 300 L/dt (Rahmawati dan Mulia, 2014)

- Waktu backwash total = 10 menit
- Waktu blower = 2 menit
- Waktu backwash = 8 menit = 480 detik
- Vol air backwash = 300 L/dt x 480 dt  
= 144 m<sup>3</sup>
- Periode backwash = 1 hari sekali (1 unit filter)
- Vol air backwash per hari  
= jumlah filter x jumlah pencucian/hari x vol air backwash  
= 12 bak x 1 bak/hari x 144 m<sup>3</sup>  
= 1728 m<sup>3</sup>/hari
- Debit filter = 1,588 m<sup>3</sup>/dt
- Volume air produksi  
Produksi = debit filter x 86400 dt/hari x 30 hari/bulan  
= 1,588 m<sup>3</sup>/dt x 86400 dt/hari x 30 hari/bulan  
= 4.116.096 m<sup>3</sup>/bulan
- Volume air backwash  
Backwash = vol air backwash/hari x 30 hari/bulan  
= 1728 m<sup>3</sup>/hari x 30 hari/bulan  
= 51.840 m<sup>3</sup>/bulan
- Persentase volume air backwash (<6%)  
$$\frac{\text{vol air backwash}}{\text{vol air produksi}} = \frac{51.840 \text{ m}^3/\text{bulan}}{4.116.096 \text{ m}^3/\text{bulan}} = 1,3\%$$
- Kecepatan backwash  
 $V_{bw} = Q \text{ pompa} / A \text{ surface}$   
= 0,3 m<sup>3</sup>/dt / 71,5 m<sup>3</sup>  
= 0,042 m/dt = 15,11 m/jam
- Waktu backwash  
$$t_{bw} = \frac{Vol_{bw}}{Q_{bw}} = \frac{1728 \text{ m}^3/\text{hari}}{0,3 \text{ m}^3 \times 86400 \text{ dt}/\text{hari}} = 0,067 \text{ hari} = 4 \text{ menit}$$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Filter

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Fair, Geyer dan Okun	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Kecepatan filter</b>	5–7,5 m/jam	6,1 m/jam	OK
<b>Kecepatan backwash</b>	15–100 m/jam	15,12 m/jam	OK

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Fair, Geyer dan Okun	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Luas permukaan filter</b>	10 – 20 m <sup>2</sup>	71,5 m <sup>2</sup>	TM
<b>Ukuran media</b>	0,5 – 0,6 mm	0,8 mm	TM
<b>Tebal media penyaring</b>	0,45 – 2 m	0,9 m	OK
<b>Tebal media penunjang</b>	0,15 – 0,65 m	0,15 m	OK

### PERHITUNGAN DESINFEKSI

- $$T_d = \frac{Vol}{Q}$$

$$= \frac{297,95 \text{ m}^3}{0,363 \text{ m}^3/s}$$

$$= 821,9 \text{ dt} = 14 \text{ menit}$$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Desinfeksi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Waktu detensi</b>	10-120 menit	14 menit	OK
<b>Dosis klor</b>	0,2 – 4 mg/l	2,9 mg/l	OK
<b>Sisa klor</b>	0,5 – 1 mg/l	0,9 mg/l	OK

### Perhitungan Sisa Klor Distribusi

- $$\ln C_e = \ln C_o - \left(\frac{k}{v}\right) L$$

$C_o$  = konsentrasi sisa klor t=0  
 $C_e$  = konsentrasi sisa klor jarak tertentu  
 $k$  = kontanta (rata-rata 0,000184 menurut Haq, 2014)  
 $v$  = kecepatan pada pipa (0,3 – 2 pada saat jam puncak)  
 $L$  = jarak (menggunakan aplikasi Google Earth)

No	Lokasi	Jarak (m)	Sisa Klor (mg/L)
1	Reservoir IPAM KP 1	0	0,795
2	Jl Raya Mastrip (Gang Surya)	920	0,567
3	Jl Raya Mastrip (Gang Surya)PT Kedawung)	940	0,401
4	Jl Bambe	830	0,295
5	Jl Ngambar	1320	0,182

### **PERHITUNGAN RESERVOIR**

- $$T_d = \frac{Vol}{Q}$$

$$= \frac{3000 \text{ m}^3}{1,4 \text{ m}^3/s}$$

$$= 2069 \text{ dt} = 0,58 \text{ jam}$$

Tabel Kondisi Lapangan Dan Kriteria Desain Reservoir

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain	Kondisi Eksisting	Ket
<b>Jumlah unit</b>	> 2	1	TM
<b>Kedalaman</b>	3 – 6 m	5 m	OK
<b>Tinggi jagaan min</b>	15 cm	30 cm	OK
<b>Waktu detensi</b>	> 1 jam	0,58 jam	TM

## LAMPIRAN B

Pada lampiran ini berisi foto dokumentasi penulis saat melakukan pengamatan lapangan di IPAM Karang Pilang I.



**Gambar Intake IPAM Karang Pilang**

*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Rumah Pompa IPAM Karang Pilang**

*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Aerasi IPAM Karang Pilang**  
*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Prasedimentasi IPAM Karang Pilang I**

*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Koagulasi IPAM Karang Pilang I**

*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Flokulasi IPAM Karang Pilang I**

*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Clarifier IPAM Karang Pilang I**  
*Sumber: Pengamatan lapangan*



**Gambar Unit Filter IPAM Karang Pilang I**  
*Sumber: Pengamatan lapangan*

## LAMPIRAN C

### PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS KEKERUHAN

#### Alat dan Bahan:

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

#### Prosedur Penelitian:

1. Nyalakan power, kemudian masukkan blanko dan set alat tersebut pada set zero (0)
2. Masukkan sampel air kedalam tabung dan masukkan tabung kedalam alat turbidimeter
3. Catat angka yang dihasilkan.

### PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS KLORIN BEBAS

#### Alat dan Bahan:

1. Spektrofotometer sinar tampak dan mempunyai kisaran panjang gelombang antara 190-870 nm dan lebar celah antara 0,2-2 nm, dan telah dikalibrasi.
2. Pipet seukuran 1, 10, 25 dan 10 mL.
3. Labu ukur 100, 500 dan 1000 mL.
4. Labu erlenmeyer 250 mL.
5. Buret 50 mL.

#### Prosedur Penelitian:

1. Sediakan contoh uji yang telah diambil sesuai dengan metode pengambilan contoh uji kualitas air.
2. Contoh uji disimpan di dalam wadah yang tidak terkena cahaya matahari atau sinar yang kuat dan harus langsung diuji.
3. Contoh uji diukur 500  $\mu$ L, disaring dengan membran selulosa asetat berpori 0,45  $\mu$ m dan disimpan ke dalam labu erlenmeyer, benda uji siap diuji.
4. Cara dikromat, antara lain:

5. Melarutkan 4,904 g kalium dikromat bebas air yang telah dikeringkan di dalam oven selama 2 jam pada suhu  $(103\pm 2)$  °C dengan air suling di dalam labu ukur.

## **PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS TOTAL *Escherichia coli***

### **Alat:**

1. tabung reaksi ukuran 16 mm x 150 mm dan 13 mm x 100 mm
2. cawan petri ukuran 15 mm x 90 mm
3. tabung *durham*
4. kapas lemak
5. neraca analitik
6. pipet ukur 1ml, 5 ml dan 10 ml
7. botol pengencer
8. inkubator  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
9. *waterbath* tertutup dengan sirkulasi  $45^{\circ}\text{C} + 0,5^{\circ}\text{C}$

### **Bahan Pereaksi:**

1. *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLBB)
2. *Lauryl Tryptose Broth* (LTB)
3. *EC Broth*
4. *Levine's Eosin Methylen Blue* (L-EMB ) agar
5. *Tryptone* (Tryptophane) *Broth* (TB)
6. *MR-VP Broth*
7. *Simmon Citrate Agar*
8. *Plate Count Agar*
9. Larutan *Butterfield's Phosphate Buffered* (BFP)
10. Pereaksi Kovacs
11. Pereaksi VP
12. Indikator MR
13. Pereaksi pewarnaan gram

### **Prosedur Penelitian:**

1. Uji pendugaan *coliform* (*Presumptive coliform*)

- a. Siapkan pengenceran  $10^{-2}$  dengan cara melarutkan 1 ml larutan  $10^{-1}$  ke dalam 9 ml larutan pengencer BFP. Lakukan pengenceran selanjutnya sesuai dengan pendugaan kepadatan populasi contoh. Pada setiap pengenceran dilakukan pengocokan minimal 25 kali.
  - b. Pindahkan dengan menggunakan pipet steril, sebanyak 1 ml larutan dari setiap pengenceran ke dalam 3 seri tabung lauryl tryptose Broth (LTB) yang berisi tabung durham.
  - c. Inkubasi tabung-tabung tersebut selama 48 jam  $\pm$  2 jam pada suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Perhatikan gas yang terbentuk setelah inkubasi 24 jam dan inkubasikan kembali tabung-tabung negatif selama 24 jam. Tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung durham.
  - d. Lakukan "Uji penegasan *coliform*" untuk tabung-tabung positif.
- 2. Uji penegasan *coliform* (confirmed *coliform*)**
- a. Inokulasikan tabung-tabung LTB yang positif ke tabung-tabung BGLB Broth yang berisi tabung durham dengan menggunakan jarum ose,. Inkubasi BGLB Broth yang telah diinokulasi selama 48 jam  $\pm$  2 jam pada suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
  - b. Periksa tabung-tabung BGLB yang menghasilkan gas selama 48 jam  $\pm$  2 jam pada suhu  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ . Tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung durham.
  - c. Tentukan nilai angka paling memungkinkan (APM) berdasarkan jumlah tabung-tabung BGLB yang positif dengan menggunakan Angka Paling Memungkinkan (APM). Nyatakan nilainya sebagai "APM/g *coliform*"
- 3. Uji pendugaan *Escherichia coli* (faecal *coliform*, presumptive *Escherichia coli*)**
- a. Inokulasikan dari setiap tabung LTB yang positif ke tabung-tabung EC Broth yang berisi tabung durham dengan menggunakan jarum ose,. Inkubasi EC Broth dalam *waterbath* selama 48 jam  $\pm$  2 jam pada suhu  $45^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . *Waterbath* harus dalam keadaan bersih, air di dalamnya harus lebih tinggi dari tinggi cairan yang ada dalam tabung yang akan diinkubasi.
  - b. Periksa tabung-tabung EC Broth yang menghasilkan gas selama 24 jam  $\pm$  2 jam, jika negatif inkubasikan kembali

sampai 48 jam  $\pm$  2 jam. Tabung positif ditandai dengan kekeruhan dan gas dalam tabung *durham*.

- c. Tentukan nilai angka paling memungkinkan (APM) berdasarkan jumlah tabung-tabung EC yang positif dengan menggunakan Angka Paling Memungkinkan (APM). Nyatakan nilainya sebagai "APM/g *faecal coliform*".

#### 4. Uji penegasan *Escherichia coli* (*confirmed Escherichia coli*)

- a. Dari tabung-tabung EC *Broth* yang positif dengan menggunakan jarum ose gores ke LEMB agar. Inkubasi selama 24 jam  $\pm$  2 jam pada suhu 35°C + 1°C.
- b. Koloni *Escherichia coli* terduga memberikan ciri yang khas (*typical*) yaitu hitam pada bagian tengah dengan atau tanpa hijau metalik.
- c. Ambil lebih dari satu koloni (*typical*) *Escherichia coli* dari masing-masing cawan LEMB dan goreskan ke media PCA miring dengan menggunakan jarum tanam. Inkubasi selama 24 jam  $\pm$  2 jam pada suhu 35°C + 1°C.
- d. Jika koloni yang khas (*typical*) tidak ada, pindahkan 1 atau lebih koloni yang tidak khas (*typical*) *Escherichia coli* ke media PCA miring.

Jumlah biakan pada media BGLBB yang memberikan hasil positif pada uji pelengkap untuk setiap seri tabung (dengan sampel pada media kaldu laktosa 10 ml, 1 ml dan 0,1 ml) dicatat. Dengan data tersebut, jumlah bakteri *coliform* atau *E.coli* tinja pada setiap 100 ml sampel air dapat ditentukan dengan menggunakan Tabel Hopkins.

## BIOGRAFI



Penulis merupakan putri asli Surabaya yang lahir pada tanggal 06 Februari 1995. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Prayogo Surabaya, SDN Nginden Jangkungan I/247 Surabaya, SMPN 12 Surabaya, dan SMAN 4 Surabaya. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya pada tahun 2012-2016 dan terdaftar dengan NRP 3312 100 039.

Selama masa kuliah penulis aktif didalam organisasi kemahasiswaan sebagai staf Departemen Seni dan Olahraga selama 2 periode kepengurusan 2013/2014 dan 2014/2015. Selain itu penulis juga aktif dalam menjadi panitia diberbagai kegiatan HMTL maupun luar ITS. Penulis berkesempatan melaksanakan Kerja Praktik di PDAM Kota Malang pada tahun 2015 dengan topik kebocoran pipa distribusi. Penulis dapat dihubungi via email [cherryramadani@yahoo.com](mailto:cherryramadani@yahoo.com).