



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - RE184804

**KAJIAN RISIKO AIR BAKU DAN AIR PRODUKSI PDAM
TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR
MENGUNAKAN METODE *HAZARD IDENTIFICATION AND
RISK ASSESSMENT* (HIRA)**

VIKA HARMELINA

NRP. 0321184000072

Dosen Pembimbing

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

NIP.19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022



TUGAS AKHIR - RE184804

**KAJIAN RISIKO AIR BAKU DAN AIR PRODUKSI PDAM
TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR
MENGUNAKAN METODE *HAZARD IDENTIFICATION
AND RISK ASSESSMENT* (HIRA)**

VIKA HARMELINA

NRP. 0321184000072

Dosen Pembimbing

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

NIP.19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022



FINAL PROJECT - RE184804

STUDY OF RISK OF RAW WATER TREATMENT AND PRODUCTION WATER IN PDAM TIRTA SEWAKADARMA DENPASAR CITY USING HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) METHOD

VIKA HARMELINA

NRP.03211840000072

Advisor

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

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN RISIKO AIR BAKU DAN AIR PRODUKSI PDAM TIRTA SEWAKADARMA KOTA DENPASAR MENGGUNAKAN METODE *HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA)*

TUGAS AKHIR

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

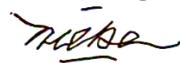
Oleh : **VIKA HARMELINA**

NRP. 0321184000072

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

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

Pembimbing



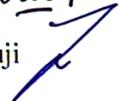
2. Ir. Atiek Moesriati, M.Kes.

Penguji



3. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

Penguji



4. Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

Penguji



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PERNYATAAN ORISINALITAS

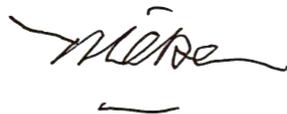
Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Vika Harmelina / 03211840000072
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing/NIP : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc./
NIP.195501281985032001

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

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

Mengetahui
Dosen Pembimbing



(Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M. Sc.)
NIP. 195501281985032001

Surabaya, 26 Juli 2022
Mahasiswa



(Vika Harmelina)
NRP. 03211840000072

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**KAJIAN RISIKO AIR BAKU DAN AIR PRODUKSI PDAM TIRTA
SEWAKADARMA KOTA DENPASAR MENGGUNAKAN METODE *HAZARD
IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA)***

Nama Mahasiswa / NRP : Vika Harmelina / 03211840000072
Departemen : Teknik Lingkungan FT-SPK - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

Abstrak

Seiring bertambahnya jumlah penduduk Kota Denpasar, dapat meningkatkan pencemaran air sungai sehingga menyebabkan penurunan kualitas air baku. Hal tersebut dapat memungkinkan terjadinya penurunan kinerja instalasi pengolahan yang dapat menimbulkan kegagalan unit pengolahan dan penurunan kualitas air yang dihasilkan oleh suatu unit IPA terutama parameter kekeruhan. Sumber air baku dari IPA Waribang adalah berasal dari Sungai Ayung. Tujuan dari kajian penelitian ini yaitu mengidentifikasi kualitas air baku dan air produksi pada sistem pengolahan dari IPA Waribang dan menetapkan besaran risiko kegagalan apabila air baku dari Sungai Ayung digunakan pada IPA Waribang dengan metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*.

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan proses produksi pada penelitian ini yaitu *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. *Fishbone Analysis* digunakan untuk mendapatkan akar penyebab permasalahan dari setiap aktivitas yang ada. Selanjutnya dilakukan penilaian terkait risiko yang telah teridentifikasi sehingga didapatkan risiko yang paling berpengaruh menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Setelah itu didapatkan nilai R yang dijadikan dasar penentuan tingkatan risiko. Aspek teknis yang digunakan dalam kajian penelitian ini adalah data air baku, air produksi, dan sistem unit pengolahan dari IPA Waribang sedangkan aspek non-teknisnya adalah sumber daya manusia dan *Standard Operating Procedure (SOP)* IPA Waribang.

Hasil yang diperoleh dari kajian penelitian ini berdasarkan laporan hasil pengujian air baku menunjukkan kualitas air baku di intake Sungai Ayung IPA Waribang termasuk baku mutu kualitas air kelas III (PP No 22 Tahun 2021). Kualitas air produksi yang dihasilkan sudah sesuai dengan baku mutu kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010. Namun hasil efisiensi penyisihan kekeruhan pada setiap unit, masih belum memenuhi kriteria efisiensi. Kegagalan potensial terbesar berdasarkan nilai *Risk Assesment (R)* adalah nilai bilangan *reynold* unit prasedimentasi, beban permukaan unit clarifier dan kecepatan *backwash* unit filter (aspek teknis) dengan masing-masing nilai 20 dan kegagalan pelaksanaan prosedur operasional sesuai SOP (aspek non-teknis) dengan nilai 6.

Kata Kunci : Air Baku, Air Minum, *Fishbone Analysis*, HIRA, IPA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDY OF RISK OF RAW WATER TREATMENT AND PRODUCTION WATER IN PDAM TIRTA SEWADAKARMA DENPASAR CITY USING HAZARD IDENTIFICATION AND RISK ASSESSMENT (HIRA) METHOD

Nama Mahasiswa / NRP : Vika Harmelina / 03211840000072
Departemen : Teknik Lingkungan FT-SPK - ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

Abstract

As the population of Denpasar City increases, river water pollution can increase causing a decrease in raw water quality. This can allow a decrease in the performance of the treatment plant which can lead to failure of the treatment unit and a decrease in the quality of the water produced by a IPA unit, especially the turbidity parameter. The raw water source of the Waribang IPA is from the Ayung River. The purpose of this research study is to identify the quality of raw water and production water in the treatment system from the Waribang IPA and to determine the risk of failure if raw water from the Ayung River is used at the Waribang IPA using Fishbone Analysis and Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA) methods. The methods used to identify the cause of the failure of the production process in this study are Fishbone Analysis and Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA). Fishbone Analysis is used to get the root cause of the problems from each activity. Subsequently, an assessment of the identified risks was carried out so that the most influential risk was obtained using the Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA) method. After that, the R value is obtained which is used as the basis for determining the level of risk. The technical aspects used in this research study are data on raw water, production water, and processing unit systems from the Waribang IPA, while the non-technical aspects are human resources and the Waribang IPA Standard Operating Procedure (SOP).

The results obtained from this research study based on the report on the raw water test results show that the raw water quality at the Ayung River IPA Waribang intake includes class III water quality standards (PP No. 22 of 2021). The quality of the produced water is in accordance with the drinking water quality standard according to the Regulation of the Minister of Health No. 492 of 2010. However, the efficiency of the removal of turbidity in each unit still does not meet the efficiency criteria. The biggest potential failures based on the Risk Assessment (R) value are the Reynolds number of the pre-sedimentation unit, the surface load of the clarifier unit and the backwash speed of the filter unit (technical aspect) with each value of 20 and the failure to implement operational procedures according to the SOP (non-technical aspect) with value 6.

Keywords : Raw Water, Drinking Water, Fishbone Analysis, HIRA, IPA

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*”**. Adapun tujuan dari penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah untuk menyelesaikan Pendidikan S1 Program Sarjana, Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini dapat terlaksana dengan baik atas dukungan, bimbingan, serta bantuan dari pihak-pihak terkait dalam pelaksanaannya. Oleh karena itu, dalam kesempatan baik ini, ijinkan penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM. selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS, atas dukungan, arahan, dan motivasi selama menjalankan perkuliahan.
2. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Lingkungan yang telah memberikan saran, arahan, dan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T. selaku Dosen Wali yang telah memberikan arahan, motivasi, dan membimbing selama berkuliah di Teknik Lingkungan ITS.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing yang telah dengan sabar memberikan dukungan, motivasi, dan arahan dalam tugas akhir ini.
5. Ibu Ir. Atiek Moeriati, M.Kes, Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo Santoso, MT dan Bapak Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, dukungan, dan saran selama pengerjaan tugas akhir.
6. Kedua orang tua yang atas doa dan dukungan moral serta material.
7. Seluruh keluarga yaitu paman, tante, saudara sepupu, sahabat yaitu Gabriella Louisa Sada, Frans Andrey Jeremy Rade, Noni Sacidewi, Adum Mahendra, Amanda Arvia dan orang-orang terdekat yang selalu mendukung dan menemani.
8. Bapak Kepala Bagian IPA Waribang dan seluruh pihak di lapangan yang telah membantu dalam pengambilan data.
9. Teman-teman TL Angkatan 2018 dan satu bimbingan tugas akhir yaitu Alya, Rani, Ninies, dan Carissa yang saling berbagi informasi, membantu, dan mendukung selama pengerjaan tugas akhir, saling memberikan masukan dan dukungan dalam penyelesaian Tugas Akhir.

Penulisan laporan Tugas Akhir ini telah diusahakan semaksimal mungkin, namun sebagaimana manusia biasa tentunya masih terdapat kesalahan dan jauh dari kata sempurna. Sehingga, demi sempurnanya Tugas Akhir ini, penulis sangat mengharapkan adanya dukungan berupa saran dan kritik yang bersifat membangun, agar laporan ini dapat bermanfaat baik bagi penulis serta pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi seluruh pihak. Terima Kasih.

Surabaya, 26 Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN ORISINALITAS	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	v
Abstract	vii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	1
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Gambaran Umum Perusahaan.....	3
2.1.1 Lokasi Perusahaan	3
2.1.2 Wilayah Usaha Perusahaan	3
2.1.3 Sistem Pengolahan Air	4
2.2 Definisi Air Minum	4
2.3 Parameter Kualitas Air Minum	4
2.4 Definisi Air Baku	6
2.5 Metode Fishbone Analysis	7
2.6 Metode Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA).....	8
BAB 3 METODE PENELITIAN	11
3.1 Deskripsi Umum.....	11
3.2 Kerangka Penelitian.....	11

3.3 Tahap Pelaksanaan Penelitian	13
3.3.1 Ide Penelitian.....	13
3.3.2 Studi Literatur	13
3.3.3 Pengumpulan Data	14
3.3.4 Analisis Data dan Pembahasan	14
3.3.5 Analisis Penyebab Kegagalan dengan Metode <i>Fishbone Analysis</i>	15
3.3.6 Analisis .Risiko Kegagalan Terbesar dengan Metode <i>Hazard Identification and Risk Assesment (HIRA)</i>	15
3.4 Kesimpulan dan Saran	16
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Kondisi Eksisting IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma	17
4.2 Karakteristik Kualitas Pengolahan Air pada IPA Waribang.....	19
4.2.1 Karakteristik Kualitas Air Baku IPA Waribang	19
4.2.2 Karakteristik Kualitas Air Produksi IPA Waribang.....	22
4.2.3 Analisis Kekeruhan	24
4.2.4 Efisiensi Kekeruhan Unit Pengolahan IPA Waribang	26
4.3 Analisis Diagram <i>Fisbone</i>	33
4.3.1 Diagram <i>Fishbone</i> Teknis Unit Prasedimentasi.....	33
4.3.2 Diagram <i>Fishbone</i> Teknis Unit Clarifier	34
4.3.3 Diagram <i>fishbone</i> teknis Unit Filter.....	35
4.3.4 Diagram <i>Fishbone</i> Non-Teknis.....	36
4.4 <i>Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)</i>	39
4.4.1 Penentuan Nilai <i>Severity</i>	39
4.4.1 Penentuan Nilai <i>Likelihood (L)</i>	51
4.4.2 Penentuan <i>Risk Asessment (R)</i>	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	59
DAFTAR PUSTAKA	61

LAMPIRAN	65
BIOGRAFI PENULIS.....	101

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lokasi IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar.....	3
Gambar 2. 2 Peta Wilayah IPA Waribang.....	4
Gambar 2. 3 Diagram Alir Pengolahan IPA Waribang.....	4
Gambar 2. 4 Contoh Fishbone diagram Unit Prasedimentasi.....	7
Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting IPA Waribang	18
Gambar 4. 2 Hasil Uji Parameter Kekeruhn Tiap Unit	26
Gambar 4. 3 Nilai Kekeruhan Unit Prasedimentasi	27
Gambar 4. 4 Nilai Kekeruhan Unit Clarifier	29
Gambar 4. 5 Nilai Kekeruhan Unit Filter	30
Gambar 4. 6 Diagram Fishbone Aspek Teknis.....	37
Gambar 4. 7 Diagram Fishbone Aspek Non-Teknis	38

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum.....	5
Tabel 2. 2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum.....	5
Tabel 2. 3 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas.....	6
Tabel 2. 4 Kriteria Severity	8
Tabel 2. 5 Kriteria Likelihood	8
Tabel 2. 6 Peringkat Risiko	9
Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Baku IPA Waribang	19
Tabel 4. 2 Data Kualitas Air Produksi IPA Waribang	22
Tabel 4. 3 Data Kualitas Tiap Unit Parameter Kekerusuhan	24
Tabel 4. 4 Persentase Penyisihan Kekerusuhan Unit Pengolahan	27
Tabel 4. 5 Efisiensi Removal Kekerusuhan Unit Prasedimentasi.....	28
Tabel 4. 6 Efisiensi Removal Kekerusuhan Unit Clarifier	29
Tabel 4. 7 Efisiensi Removal Kekerusuhan Unit Filter	31
Tabel 4. 8 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Prasedimentasi.....	31
Tabel 4. 9 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Clarifier.....	32
Tabel 4. 10 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Filter	32
Tabel 4. 11 Kategori dan Peringkat <i>Severity</i>	39
Tabel 4. 12 Deskripsi Skala Besar Risiko	39
Tabel 4. 13 Nilai Severity Waktu Detensi Prasedimentasi.....	40
Tabel 4. 14 Nilai Severity Beban Permukaan Prasedimentasi	41
Tabel 4. 15 Nilai Severity Bilangan Reynold Prasedimentasi.....	41
Tabel 4. 16 Nilai Severity Bilangan Froude Prasedimentasi.....	42
Tabel 4. 17 Nilai <i>Severity</i> Waktu Detensi Unit Clarifier.....	43
Tabel 4. 18 Nilai Severity Beban Permukaan Clarifier	43
Tabel 4. 19 Nilai Severity Beban Permukaan Clarifier	44
Tabel 4. 20 Nilai Severity Bilangan Reynold Clarifier	45
Tabel 4. 21 Nilai Severity Bilangan Froude Clarifier	45
Tabel 4. 22 Nilai Severity Kecepatan Filter Unit Filter	46
Tabel 4. 23 Nilai Severity Kecepatan Backwash Unit Filter.....	47
Tabel 4. 24 Nilai Severity Lama Pencucian Unit Filter	47
Tabel 4. 25 Nilai Severity Tebal Media Pasir Unit Filter.....	48

Tabel 4. 26 Nilai Severity Tebal Media Gravel Unit Filter	49
Tabel 4. 27 Nilai Severity Pelatihan Peningkatan Kompetensi Sumber Daya Manusia.....	49
Tabel 4. 28 Nilai Severity SOP Pengoperasian dan Pemeliharaan	50
Tabel 4. 29 Peringkat <i>Severity</i> (S) Aspek Teknis	51
Tabel 4. 30 Peringkat Severity (S) pada Aspek Non-Teknis	51
Tabel 4. 31 Penilaian Likelihood (L)	52
Tabel 4. 32 Batasan Penilaian Likelihood	52
Tabel 4. 33 Penilaian Likelihood (L) Unit Prasedimentasi.....	52
Tabel 4. 34 Penilaian Likelihood (L) Unit Clarifier	53
Tabel 4. 35 Penilaian Likelihood (L) Unit Filter	54
Tabel 4. 36 Penilaian Likelihood (L) Sumber Daya Manusia	54
Tabel 4. 37 Penilaian <i>Likelihood</i> (L) Standar Operasional Prosedur (SOP).....	55
Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan <i>Risk Assessment</i> (R) Aspek Teknis.....	56
Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan <i>Risk Assessment</i> (R) Aspek Non-Teknis.....	57
Tabel 4. 40 Kategori Risiko	58

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring bertambahnya jumlah penduduk Kota Denpasar menyebabkan kebutuhan air dalam memenuhi kebutuhan masyarakat meningkat. Namun pertumbuhan penduduk juga dapat menyebabkan penurunan kualitas air karena aktivitas manusia. Air yang dapat dikonsumsi oleh penduduk di Indonesia harus memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010, yang meliputi syarat fisik, kimia, dan biologi (Bhaskoro, 2018). Pemanfaatan air sebagai air bersih dan air minum tidak dapat dilakukan secara langsung, akan tetapi membutuhkan proses pengolahan terlebih dahulu. Untuk melakukan proses pengolahan tersebut dibutuhkan suatu instalasi yang sesuai dengan kuantitas dan kualitas yang diinginkan (Prasetio, 2018).

Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Sewakadarma merupakan perusahaan yang melayani kebutuhan air minum di Kota Denpasar. IPA Waribang merupakan salah satu instalasi yang mengolah air minum tersebut dengan kapasitas produksi sebesar 150 L/detik. Selanjutnya IPA Waribang mendistribusikan air produksinya langsung ke rumah penduduk yang berlokasi di Kesiman Petilan, Denpasar Timur, Kota Denpasar.

Sumber air baku IPA Waribang adalah berasal dari Sungai Ayung yang mengalir melewati Kabupaten Bangli, Badung, Gianyar dan kota Denpasar. Air baku yang digunakan oleh IPA Waribang Denpasar sering tidak memenuhi standar baku mutu air kelas II, salah satunya pada parameter kekeruhan yang sering tergolong dalam air kelas III (Sundra, 2018). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa Sungai Ayung sudah mengalami pencemaran yang tidak sesuai dengan baku mutu air baku yang telah ditetapkan yaitu PP No.22 tahun 2021. Berdasarkan hasil uji laboratorium IPA Waribang kualitas air di intake untuk parameter kekeruhan, masih melebihi batas maksimum PerMenKes No 492 Tahun 2010 yaitu sebesar 5 NTU. Maka dibutuhkan analisis parameter kekeruhan pada setiap outlet unit IPA Waribang dengan tujuan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan pada unit dalam mengolah air dari intake tersebut.

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan proses produksi yang terjadi akibat penurunan kualitas air baku Sungai Ayung terhadap kualitas air produksi dari IPA Waribang yaitu *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA). Sebelum sistem HIRA diterapkan, perlu terlebih dahulu dilakukan metode *Fishbone Analysis*. Metode *Fishbone Analysis* digunakan untuk mendapatkan akar permasalahan yang ada sehingga dapat memudahkan dalam menemukan akar penyebab masalah (Suryani, 2018). Metode HIRA merupakan suatu metode atau teknik untuk mengidentifikasi potensi bahaya kerja dengan mendefinisikan karakteristik bahaya yang mungkin terjadi dan mengevaluasi risiko yang terjadi melalui penilaian risiko dengan menggunakan matriks penilaian risiko (Wardana, 2015). Penilaian risiko dilakukan dengan mengkalikan antara nilai konsekuensi, peluang, serta paparan yang mengacu pada standar AS/NZS 4360:2004. Dari metode *Fishbone Analysis* dan HIRA maka dapat disimpulkan risiko kegagalan yang mungkin terjadi pada proses produksi.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana kualitas air baku dan air produksi pada sistem pengolahan dari IPA Waribang?

2. Bagaimana menentukan besaran risiko kegagalan apabila air baku dari Sungai Ayung digunakan pada IPA Waribang dengan menggunakan metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*?

1.3 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. Kajian dilakukan pada air baku, air produksi, dan unit IPA Waribang Kota Denpasar
2. Identifikasi parameter pada air baku sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021 (kekeruhan, TDS, TSS, suhu, pH, BOD, COD, dan total *coliform*)
3. Identifikasi parameter air produksi sesuai dengan PerMenKes No. 492 tahun 2010 (kekeruhan, pH, TDS, dan total *coliform*)
4. Metode yang digunakan adalah metode *Fishbone Analysis dan Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)* untuk mengidentifikasi risiko kegagalan
5. Aspek kajian penelitian yang digunakan yaitu aspek teknis dan non- teknis
6. Studi dilakukan selama enam bulan, dimulai pada bulan Februari 2022 hingga Juli 2022

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan yaitu:

1. Mengidentifikasi kualitas air baku dan air produksi pada sistem pengolahan dari IPA Waribang
2. Menetapkan besaran risiko kegagalan apabila air baku dari Sungai Ayung digunakan pada IPA Waribang dengan metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada IPA Waribang Kota Denpasar berupa besaran risiko kegagalan yang teridentifikasi
2. Memberikan penilaian risiko kegagalan sistem produksi sebagai bentuk peningkatan kualitas dan kuantitas mutu air.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Perusahaan

Perusahaan daerah Air Minum (PDAM) Tirta Sewakadarma Kota Denpasar didirikan sejak 1975. Tujuan pendirian PDAM ini adalah untuk sumber – sumber mata air secara optimal bagi masyarakat luas dan sebagai penyelenggara Insatasi pengolahan Air Minum Regional khususnya Kota Denpasar (IPA) Waribang Kota Denpasar.

2.1.1 Lokasi Perusahaan

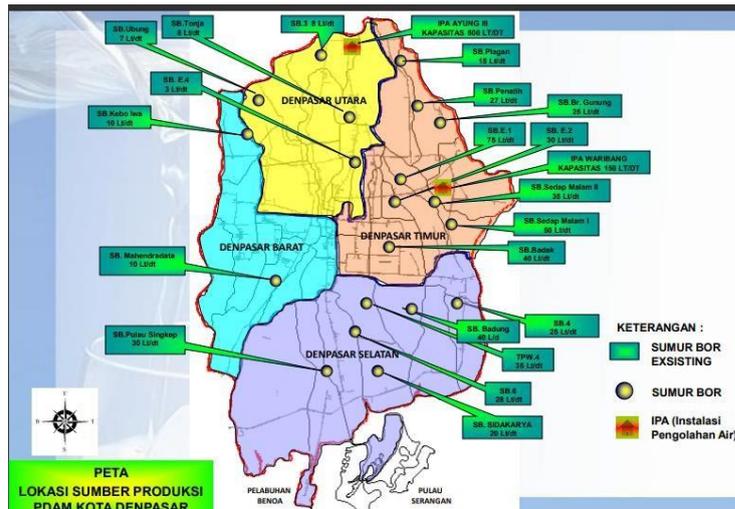
Kantor PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar berlokasi di Jalan Ahmad Yani No.98, Dauh Puri Kaja, Kota Denpasar. Sedangkan untuk IPA Waribang berlokasi di Jalan Kesiman Petilan, Kota Denpasar.



Gambar 2. 1 Lokasi IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar
(Sumber: Google Earth)

2.1.2 Wilayah Usaha Perusahaan

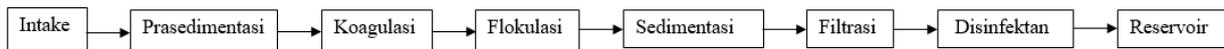
Wilayah usaha IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma ini meliputi Kota Denpasar yang terbagi menjadi dua bagian yaitu Denpasar Timur dan Denpasar Selatan. IPA Waribang memiliki daerah pelayanan pada daerah Denpasar Timur meliputi Kelurahan Penatih, Desa Penatih Daging Puri, Desa Kesiman Kertalangu, Desa Kesiman Petilan, Kelurahan Kesiman, Kelurahan Sumerta, Kelurahan Sumerta Kaja, Kelurahan Sumerta Kelod, Kelurahan Sumerta Kauh, Kelurahan Daging Puri dan Kelurahan Dangri Kelod. Sedangkan pada bagian Denpasar Selatan meliputi Desa Sanur Kaja, Kelurahan Sanur, Desa Sanur Kauh, Kelurahan Renon, Kelurahan Panjer, Kelurahan Sesetan, Desa Sidakarya, Kelurahan Pedungan dan Desa Pamogan. Peta wilayah IPA Waribang dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2. 2 Peta Wilayah IPA Waribang
 (Sumber: Profile Company PDAM Kota Denpasar)

2.1.3 Sistem Pengolahan Air

Bangunan Instalasi Pengolahan Air (IPA) Waribang, yaitu terdiri dari bangunan intake, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, disinfeksi dan resevoir berikut merupakan gambaran diagram alir sistem pengolahan IPA Waribang.



Gambar 2. 3 Diagram Alir Pengolahan IPA Waribang

2.2 Definisi Air Minum

Menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui tahapan proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kualitas air minum dan dapat langsung diminum. Air minum yang aman bagi kesehatan harus memenuhi persyaratan fisika, kimiawi, mikrobiologis dan radioaktif yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib adalah persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh penyelenggara air minum, sedangkan parameter tambahan adalah tetapan tambahan oleh pemerintah daerah sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing – masing mengacu pada parameter tambahan Permenkes RI no.492/Menkes/Per/IV/20120 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.

2.3 Parameter Kualitas Air Minum

Pemilihan parameter-parameter penting dalam pengukuran air agar dapat memenuhi baku mutu kualitas air yang baik yaitu tidak berasa, berbau dan berwarna. Parameter penting dalam pengukuran kualitas air adalah pH, tingkat kekeruhan, suhu, dan *total dissolved solid* (TDS) (Astari dan Iqbal, 2009). Untuk memenuhi parameter mikrobiologi air minum tidak boleh mengandung bakteri *Coliform* (jenis coli) baik *fecal* (misal *Escheresiacoli*) maupun *non fecal* (misal *Enterobacter aerogenes*). Jika nilai parameter air berada dibawah baku mutu persyaratan PerMenKes No 492 Tahun 2010 maka air tersebut dapat dikatakan memenuhi standar untuk dikonsumsi. Beberapa parameter wajib dan parameter tambahan pada PerMenKes No 492 Tahun2010 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2. 1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Parameter Mikrobiologi			
1	E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
2	Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
Parameter Fisik			
1	Bau	-	Tidak berbau
2	Warna	TCU	15
3	Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
4	Kekeruhan	NTU	5
5	Rasa	-	tidak berasa
6	Suhu	0C	suhu udara ± 3
Parameter Kimiawi			
1	Alumunium	mg/l	0,2
2	Besi	mg/l	0,3
No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
3	Kesadahan	mg/l	500
4	Khlorida	mg/l	250
5	Mangan	mg/l	0,4
6	pH		6,5 - 8,5

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010

Tabel 2. 2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
Bahan Anorganik			
1	Air raksa	mg/l	0,001
2	Nikel	mg/l	0,07
3	Sodium	mg/l	200
4	Timbal	mg/l	0,01
Bahan Organik			
1	Zat organik (KMnO ₄)	mg/l	10

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
2	Deterjen	mg/l	0,05
Desinfektan			
1	Chlorine	mg/l	0,05
2	Chlorinated acetic Acids	mg/l	0,02

Sumber: Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 492, 2010

2.4 Definisi Air Baku

Air baku adalah air yang dapat berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan/atau air hujan yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum (Yudo dan Said, 2019). Untuk melakukan proses pengolahan air baku menjadi air minum, diperlukan pengolahan yang memenuhi syarat agar produk yang dihasilkan berkualitas tinggi dan tidak membahayakan kesehatan manusia. Dalam penelitian ini, air baku yang diteliti adalah air baku yang berasal dari Sungai Ayung.

Berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, baku mutu air adalah ukuran batas atau kadar makhluk hidup, zat, energi atau komponen yang ada dan atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya di dalam air. Klasifikasi air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas yaitu:

- a. Kelas satu merupakan 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 merupakan 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 merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Berikut merupakan data beberapa parameter kualitas air baku berdasarkan kelas menurut PP No. 22 Tahun 2021:

Tabel 2. 3 Kriteria Mutu Air Berdasarkan Kelas

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
FISIKA					
Temperatur	0C	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3	deviasi 3
TDS	mg/L	1000	1000	1000	2000

Parameter	Satuan	Kelas			
		I	II	III	IV
TSS	mg/L	40	50	100	400
KIMIA ANORGANIK					
pH		6-9	6-9	6-9	6-9
BOD	mg/L	2	3	6	12
COD	mg/L	10	25	40	80
MIKROBIOLOGI					
Total Coliform	jml/100 ml	1000	5000	10000	10000

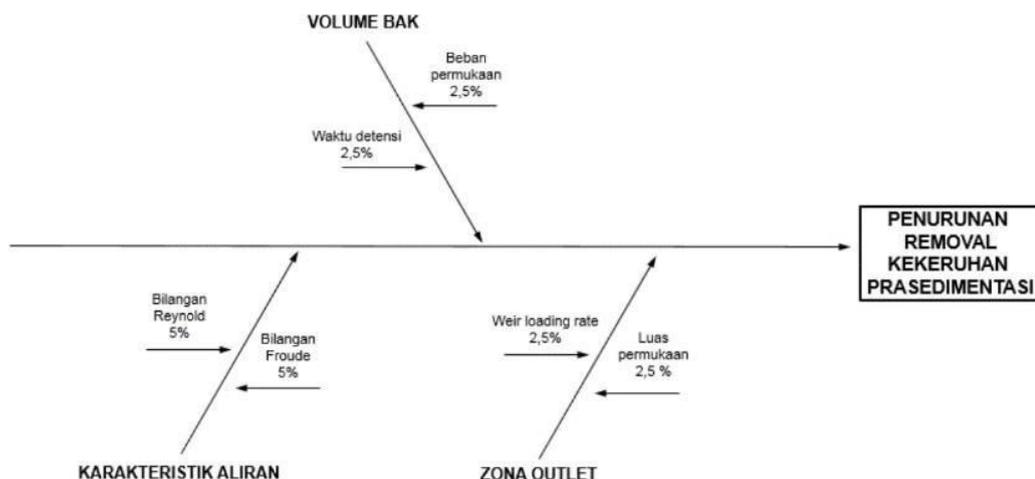
Sumber: Peraturan Pemerintah Nomor 22, 2021

2.5 Metode Fishbone Analysis

Fishbone Analysis atau biasa dikenal dengan *Fishbone* diagram merupakan metode yang digunakan untuk mendapatkan akar permasalahan yang ada sehingga dapat memudahkan dalam menemukan akar penyebab masalah (Suryani, 2018). Diagram *Fishbone* digunakan untuk mengidentifikasi semua penyebab yang berhubungan dengan parameter yang tidak memenuhi baku mutu (Fitrianti, 2016). Bentuk dari diagram ini seperti menyerupai tulang ikan, bagian kepala ikan disimbolkan sebagai permasalahan yang akan diidentifikasi, sedangkan sirip dan duri ikan disimbolkan sebagai penyebab dari permasalahan (Aulia, 2016). Terdapat tulang paling kecil atau duri yang merupakan penyebab dari masalah yang paling spesifik yang membangun penyebab masalah yang lebih besar yaitu tulang yang paling besar.

Didalam penggunaan *Fishbone* diagram terdapat prosedur yang dilakukan, diantaranya yaitu (Sunaya, 2019):

1. Menyepakati masalah yang ada dengan membuat kerangka diagram *Fishbone*
2. Mengidentifikasi kategori penyebab utama kegagalan
3. Menemukan penyebab potensial
4. Mengkaji dan menyepakati penyebab yang paling mungkin terjadi dengan analisis diagram *Fishbone*



Gambar 2. 4 Contoh Fishbone diagram Unit Prasedimentasi

(Sumber: Widyaningrum, 2016)

Contoh diagram *Fishbone* unit prasedimentasi yang ada pada Gambar 2.4 diatas, menunjukkan bahwa sistem dari unit prasedimentasi tersebut dapat dipengaruhi oleh karakteristik aliran air, *Weir loading rate*, dan volume bak. Untuk menemukan penyebab kegagalan potensial tersebut maka dapat diturunkan dari masing-masing kegagalan potensial. Dapat dilihat dari hasil analisis contoh diagram *Fishbone* di atas, kegagalan pada karakteristik aliran air disebabkan oleh kegagalan bilangan *Reynold* dan bilangan *Froude*, kemudian zona *outlet* disebabkan oleh kegagalan *weir loading rate* dan luas permukaan, dan volume bak disebabkan oleh kegagalan pada beban permukaan dan waktu detensi.

2.6 Metode Hazard Identification And Risk Assessment (HIRA)

Metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) adalah suatu proses pemeriksaan terstruktur dan sistematis dari perencanaan dan proses atau operasi yang ada untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi masalah guna mengurangi terjadinya kecelakaan kerja untuk menuju zero accident (Davison, et.al., 2016). Mengidentifikasi risiko penting dilakukan untuk menjamin kualitas yang baik dan menurunkan risiko kegagalan sebuah produk (Zhao & Bai, 2010). Proses identifikasi menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA) yaitu dengan melakukan identifikasi bahaya, *risk assessment* (analisa resiko) dan *determine controls* (menetapkan tindakan pengendalian) (Andiyani, et.al., 2017)

Penilaian dalam *risk assessment* yaitu *Likelihood* (L) dan *Severity* (S). *Likelihood* menunjukkan seberapa mungkin kecelakaan itu terjadi, sedangkan *Severity* atau *Consequence* menunjukkan seberapa parah dampak dari kecelakaan tersebut. Nilai dari *Likelihood* dan *Severity* akan digunakan untuk menentukan *Risk Rating* atau *Risk Level*. *Risk rating* adalah nilai yang menunjukkan resiko yang ada berada pada tingkat rendah, menengah, tinggi, atau ekstrim. Berikut ini merupakan tabel severity, tabel *likelihood* dan *risk matrix* menurut standar AS/NZS 4360:2004 pada Tabel 2.4-2.6 berikut.

Tabel 2. 4 Kriteria Severity

Level	Kriteria	Penjelasan
1	<i>Insignification</i>	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial kecil
2	<i>Minor</i>	Cedera ringan, kerugian finansial sedang
3	<i>Moderate</i>	Cedera sedang, perlu penanganan medis, kerugian finansial besar
4	<i>Major</i>	Cedera berat lebih satu orang, kerugian besar, gangguan produksi
5	<i>Catastrophic</i>	Fatal lebih satu orang, kerugian sangat besar dan dampak luas yang berdampak panjang, terhentinya seluruh kegiatan

Sumber: AS/NZS 4360-2004

Tabel 2. 5 Kriteria Likelihood

Level	Kriteria	Penjelasan
1	<i>Almost Certain</i>	Terjadi hampir disemua keadaan

Level	Kriteria	Penjelasan
2	<i>Likely</i>	Sangat mungkin terjadi hampir disemua keadaan
3	<i>Possible</i>	Dapat terjadi sewaktuwaktu.
4	<i>Unlikely</i>	Kemungkinan terjadi jarang
5	<i>Rare</i>	Hanya dapat terjadi pada keadaan tertentu

Sumber: AS/NZS 4360-2004

Untuk mendapatkan nilai R dilakukan perkalian antara skala *severity* dan *likelihood* , atau $R = severity \times likelihood$. *Output* dari R berupa prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh perusahaan dari penurunan kinerja instalasi (Trisna, et.al,2019). Semakin tinggi nilai R maka risiko kejadian semakin kritis dan membutuhkan tindakan perbaikan.

Tabel 2. 6 Peringkat Risiko

<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Sumber: AS/NZS 4360-2004

Berdasarkan rumus dari penilaian risiko, dapat dikategorikan sebagai berikut:

Jika hasil perkalian 1 – 4 maka termasuk kategori rendah, dianggap sebagai suatu hal yang wajar dan mungkin tidak perlu dilakukannya suatu tindakan. Namun jika risiko dapat diselesaikan secara cepat dan efisien, pengendalian dapat dilakukan.

Jika hasil perkalian 5 – 12 maka termasuk kategori sedang, membutuhkan suatu pengendalian terencana dan menerapkan penilaian sementara jika diperlukan. Tindakan pengendalian harus tercatat pada dokumen penilaian risiko termasuk hari/tanggal kejadian penyelesaian.

Jika hasil perkalian 13 – 25 maka termasuk kategori tinggi, memerlukan tindakan pengendalian segera sesuai dengan hirarki control. Tindakan pengendalian harus tercatat pada dokumen penilaian risiko termasuk hari/tanggal kejadian penyelesaian.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

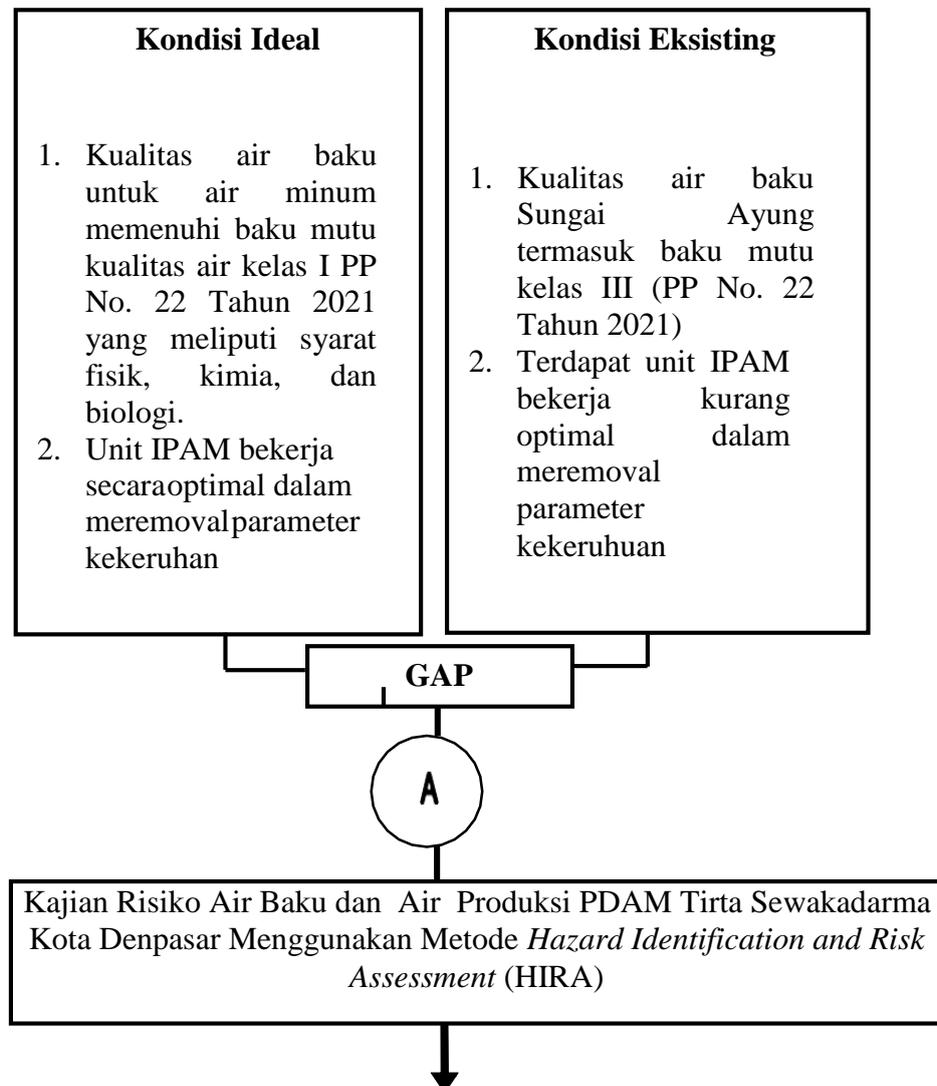
BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Deskripsi Umum

Penelitian ini dilakukan dalam upaya memperkecil kegagalan produksi dari proses produksi air minum di IPA Waribang Kota Denpasar menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA). Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu identifikasi kualitas air baku dan air produksi IPA Waribang Kota Denpasar dan memperoleh besaran risiko kegagalan pada sistem produksi IPA Waribang Kota Denpasar.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian ini merupakan penjelasan penulis dalam melakukan penelitian secara rinci dengan dibantu oleh kerangka acuan analisis yang dibuat secara sistematis. Tujuan dari penulisan kerangka penelitian adalah untuk mempermudah proses pengerjaan penelitian sehingga memperoleh tahapan yang harus dilakukan dan memperoleh hasil sebagai berikut:



Rumusan Masalah:

1. Bagaimana kualitas air baku dan air produksi pada sistem pengolahan dari IPA Waribang?
2. Bagaimana menentukan besaran risiko kegagalan apabila air baku dari Sungai Ayung digunakan pada IPA Waribang dengan menggunakan metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*?

Tujuan Penelitian:

1. Mengidentifikasi kualitas air baku dan air produksi pada sistem pengolahan dari IPA Waribang.
2. Menetapkan besaran risiko kegagalan apabila air baku dari Sungai Ayung digunakan pada IPA Waribang dengan metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*

Studi Literatur:

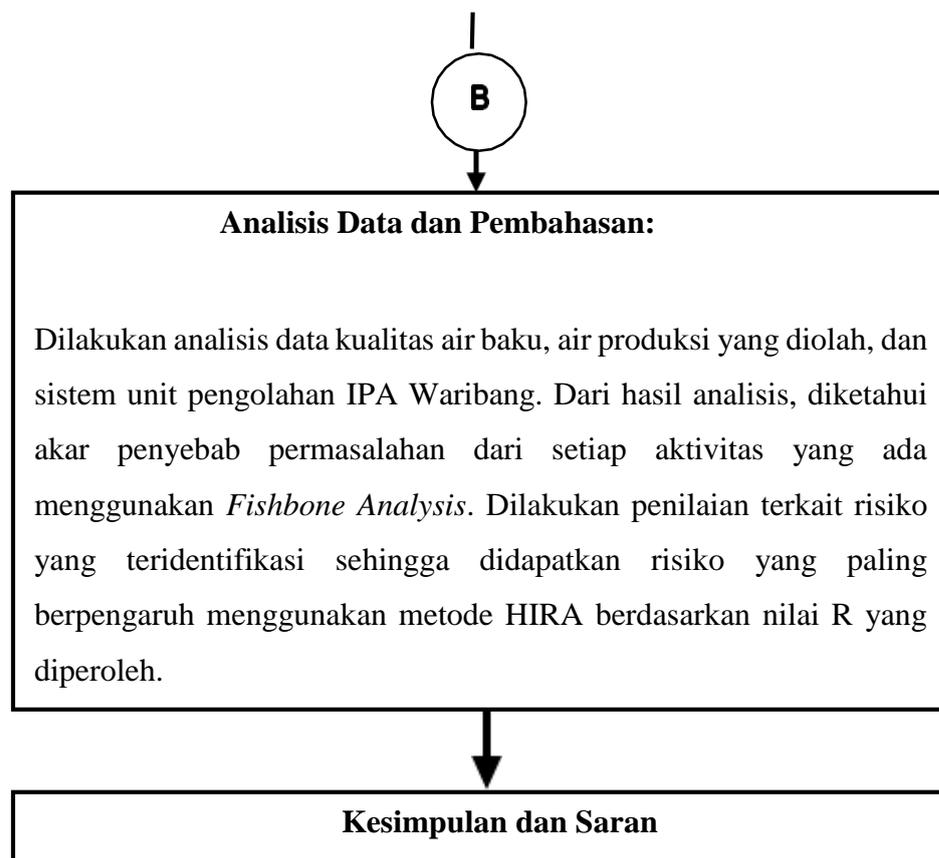
1. Proses pengolahan IPA Waribang Kota Denpasar
2. Persyaratan kualitas air baku
3. Persyaratan kualitas air minum
4. Metode *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*

Aspek Penelitian:

1. Teknis
2. Non – Teknis

Pengumpulan Data:

1. Data laporan kualitas air baku, air produksi uji laboratorium, dan sistem unit IPA Waribang dalam jangka waktu 2 tahun
2. Data teknis bangunan sipil IPAM dan Standar Operasional Prosedur (SOP) proses unit pengolahan IPA Waribang



Gambar 3. 1 Kerangka Penelitian

3.3 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini menjelaskan langkah - langkah yang ada padakerangka penelitian secara lebih rinci dengan tujuan untuk mempermudah pemahaman.

3.3.1 Ide Penelitian

Ide penelitian ini berawal dari pengurangan risiko kegagalan kualitas produksi pada unit bangunan IPAM. Peningkatan pencemaran air sungai dan penurunan kualitas air baku dapat memungkinkan terjadinya penurunan kinerja setiap unit instalasi. Hal tersebut dapat menyebabkan terjadinya kegagalan unit pengolahan dan penurunan kualitas air yang dihasilkan oleh suatu IPA. Maka dari itu perlu dilakukan analisis untuk mengidentifikasi sumber kegagalan tersebut. Metode yang digunakan yaitu *Fishbone Analysis* dan *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Kajian penelitian ini digunakan dalam upaya memperkecil kegagalan produksi air minum dengan mengetahui penyebab utama kegagalan. Hal ini penting dilakukan untuk menjamin kualitas yang baik dan menurunkan risiko kegagalan produksi.

3.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dalam penelitian ini digunakan untuk mendapatkan acuan dalam menentukan penelitian dengan dasar teori yang kuat. Sumber berasal dari regulasi yaitu Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021, Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010, Standar Nasional Indonesia 6774 Tahun 2008, dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No. 26 Tahun 2014. Kemudian juga berasal dari buku teks, jurnal nasional dan internasional, penelitian terdahulu, serta proses pengolahan IPA Waribang, metode

Fishbone Analysis, dan metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Tidak menutup kemungkinan bahwa penelitian ini juga mempelajari hasil penelitian terbaru terkait dengan penelitian serta konsultasi dengan dosen terkait metode yang digunakan dan proses pengolahan unit juga dilakukan pada penelitian.

3.3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai acuan dalam penentuan kajian penelitian. Pengumpulan data yang digunakan yaitu data sekunder, sebagai berikut:

1. Data nilai parameter yang didapatkan dari uji laboratorium PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar. Data yang digunakan adalah data air baku dan air produksi dari unit pengolahan IPA Waribang dalam kurun waktu 2 tahun. Data kajian ini merupakan hasil analisis kualitas air baku berupa kekeruhan, suhu, pH, TSS, TDS, BOD, COD dan total *coliform*, kemudian kualitas air produksi berupa kekeruhan, pH, TDS, dan total *coliform*. Data air baku yang didapatkan dibandingkan dengan baku mutu yang sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Data air produksi yang didapatkan dibandingkan dengan baku mutu yang sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Kemudian data dari hasil uji IPA digunakan untuk mengevaluasi kinerja unit pengolahan. Selanjutnya dari hasil analisis didapatkan efisiensi unit pengolahan air minum IPA. Sehingga didapatkan tingkat kesesuaian efisiensi kinerja unit pengolahan dengan kriteria desain.
2. Data teknis bangunan sipil IPA Waribang, data nota desain IPA Waribang, dan *Standard Operating Procedure (SOP)* proses unit pengolahan yang didapatkan yang hasilnya dapat dipertanggung jawabkan yang didapatkan dari IPA Waribang. Kemudian dilakukan wawancara seputar produksi IPA Waribang serta sumber daya manusia yang ada, oleh staf teknik seksi produksi dan pengendalian mutu. Data- data sekaligus hasil wawancara tersebut di analisis untuk digunakan dalam mengevaluasi kinerja unit pengolahan. Selanjutnya dari hasil analisis didapatkan data untuk dibandingkan dengan kriteria desain yaitu berupa regulasi dan peraturan terkait.

3.3.4 Analisis Data dan Pembahasan

Analisis data beserta pembahasan diperoleh dalam pelaksanaan kajian penelitian berdasarkan studi literatur. Pembahasan dari hasil analisis digambarkan dalam bentuk tabel atau grafik kemudian dianalisis secara deskriptif. Tabel atau grafik yang ditampilkan berupa tabel perbandingan baku mutu hasil penelitian. Aspek kajian penelitian yang digunakan adalah aspek teknis dan aspek non-teknis. Aspek teknis dari kajian penelitian ini adalah data kualitas air baku, air produksi, dan sistem pengolahan di IPA Waribang, sedangkan aspek non-teknisnya merupakan data sumber daya manusia dan Standar Operasional Prosedur (SOP) proses unit pengolahan IPA Waribang yang berasal dari top management dan Peraturan Republik Indonesia.

3.3.5 Analisis Penyebab Kegagalan dengan Metode *Fishbone Analysis*

Pada tahap ini dilakukan analisis untuk menemukan akar penyebab masalah dengan menggunakan metode *Fishbone Analysis* atau *Fishbone* diagram. *Fishbone* ini dijabarkan dalam bentuk menyerupai tulang ikan. Tulang ikan tersebut terdiri dari bagian kepala, sirip, dan duri ikan.

Pembuatan *Fishbone* diagram pada kajian ini didasarkan pada aspek teknis, diantaranya yaitu:

- a. Data uji laboratorium dan sistem atau instalasi minum IPA Waribang
- b. Data sumber daya manusia dan Standard Operating Procedure (SOP) IPA Waribang

Berdasarkan dari hasil informasi atau aspek yang telah didapatkan, maka selanjutnyadapat dibuat hubungan antar penyebab masalah yang ada pada sistem produksi IPA Waribang dalam bentuk *Fishbone* diagram. Langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam penyusunan *Fishbone* diagram adalah sebagai berikut:

- a. Membuat kerangka awal *fishbone* diagram
- b. Menganalisa data-data yang diperoleh
- c. Menentukan masalah yang akan diidentifikasi
- d. Menentukan kelompok penyebab masalah
- e. Menemukan penyebab pada masing-masing kategori masalah dengan teknikdiskusi atau brainstorming
- f. Setelah masalah dan penyebab dapat diketahui, *fishbone* diagram dapatdigambarkan

Hasil dari *Fishbone* diagram akan dapat mempermudah dan memberikan gambaran mengenai penyebab kegagalan yang terjadi dalam sistem produksi sebelum masuk ke dalam tahap prosedur HIRA.

3.3.6 Analisis Risiko Kegagalan Terbesar dengan Metode *Hazard Identification and Risk Assesment (HIRA)*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi sumber penyebab kegagalan terbesar dan pengaruhnya terhadap sistem pengolahan sebagai penyebab penurunan kualitas air produksi. Analisis ini dilakukan secara “bottom-up”, pemeriksaan proses produksi dari kualitas air baku hingga air produksi dengan mempertimbangkan hubungan sebab-akibat. Berdasarkan informasi yang telah didapatkan, maka dapat dilakukan langkah-langkah selanjutnya yang ada pada metode HIRA yang diawali dari penentuan bobot, dilanjutkan penilaian risiko semikuantitatif yang mengacu pada standar AS/NZS 4360 : 2004 yaitu dengan mengalikan nilai keparahan, pajanan dan kemungkinan.

Penyusunan HIRA pada penelitian ini didasarkan pada:

- a. Proses pengolahan air IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar
Langkah-langkah kerja dari penerapan metode HIRA:
 1. Identifikasi risiko potensial terkait parameter pada air produksi dengan melakukan uji kualitas air
 2. Melakukan penilaian keparahan, pajanan dan kemungkinan risiko-risiko potensialyang teridentifikasi.
 3. Menghitung *Risk Assesments* (R) = *severity* x *likelihood*
 4. Menentukan level risiko berdasarkan nilai R.

3.4 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan dengan penarikan kesimpulan yang sesuai dengan tujuan dari penelitian yang dilakukan. Kemudian diberikan saran untuk perbaikan atau pengembangan penelitian selanjutnya sebagai bentuk rekomendasi.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma

IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memiliki kemampuan mengolah air dengan kapasitas 150 L/detik. Air baku yang digunakan berasal dari Sungai Ayung dengan letak intake di Kesiman Petilan, Denpasar Timur. Unit pengolahan yang digunakan terdiri dari unit prasedimentasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, filtrasi, disinfeksi dan reservoir.

Jarak dari intake ke bangunan prasedimentasi adalah 1 km yang mengalirkan air dengan sistem perpipaan. Air baku diterima oleh bangunan prasedimentasi untuk dilakukan proses pengendapan, kemudian air dialirkan ke unit instalasi koagulasi dengan pembubuhan PAC serta flokulasi untuk pembentukan flok, setelah itu masuk ke bak sedimentasi untuk diendapkan, selanjutnya dilakukan proses penyaringan pada unit filtrasi, kemudian diinjeksi gas klor pada proses disinfeksi, dan setelah itu masuk menuju reservoir.

Adapun kondisi eksisting dari masing-masing unit instalasi pengolahan air IPA waribang PDAM Tirta Sewakadarma adalah sebagai berikut:

1. Intake

Bangunan intake yang digunakan pada IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar memiliki jenis River Intake yang menggunakan pipa penyadap dalam bentuk bak pengumpul. Bangunan penyadap dilengkapi dengan penyaring kotoran / Barscreen yang terdiri dari besi dengan panjang 2 m, lebar 4 m, dan tinggi 3 m. Pembersihan intake dilakukan sebanyak 6 kali dalam 1 tahun, dimana dilakukan sebanyak 3 kali saat musim hujan dan 3 kali saat musim kemarau. Proses pembersihan dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan debit air baku yang masuk ke dalam sumuran intake, karena saat musim penghujan endapan lumpur disekitar saluran intake semakin tinggi. Pembersihan intake juga dilakukan apabila sudah banyak sampah dan tumbuhan liar yang tumbuh di permukaan intake sebelum saluran.

2. Prasedimentasi

Bangunan prasedimentasi pada IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar terdiri dari 2 buah dengan ukuran 28 m x 4,5 m serta kedalaman bak 4,5 m. Bangunan ini digunakan untuk memisahkan padatan atau partikel diskret yang merupakan prinsip dari bak pengendap pertama. Air yang masuk ke unit prasedimentasi yaitu rata-rata 165,52 L/detik berdasarkan laporan hasil pengukuran debit air IPA Wirabang. Proses pengurasan bak prasedimentasi dilakukan secara manual setahun dua kali.

3. Koagulasi - Flokulasi

Koagulasi pada IPA Waribang Tirta Sewakadarma Kota Denpasar menggunakan sistem koagulasi hidrolis perpipaan (injeksi terjunan). Injeksi koagulan dilakukan sebelum koagulasi menggunakan pompa dosing yang bertujuan untuk menginjeksikan larutan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) ke dalam air yang berada pada bak koagulasi instalasi pengolahan air minum. Injeksi koagulan dilakukan setiap hari. Uji *jar test* dilakukan setiap perubahan musim yaitu 3 kali dalam setahun. Untuk dosis pembubuhan koagulan ditentukan berdasarkan besarnya nilai kekeruhan dalam musim tersebut. Jumlah bangunan bak pembubuh koagulan sebanyak 5 bak. Bangunan flokulasi digunakan untuk menggabungkan flok-flok yang berukuran kecil, kemudian terjadi pembentukan flok pada bak pengaduk cepat, sehingga ukuran flok menjadi lebih besar untuk

mengendap. Berdasarkan kondisi yang ada di lapangan, bentuk bangunan flokulasi IPA Waribang berbentuk segi enam yang terdiri dari 6 kompartemen berjumlah 2 unit.

4. Sedimentasi

Bangunan Sedimentasi di IPA Waribang Tirta Sewakadarma Kota Denpasar ini memiliki bentuk persegi panjang berjumlah 6 bak dengan aliran horizontal dengan menggunakan tube settler dan mempunyai gutter yang berbentuk v-notch. Pembersihan bangunan sedimentasi dilakukan enam bulan sekali. Proses pembersihan bangunan sedimentasi dilakukan karena terdapat lumut yang menempel pada permukaan tube settler dan gutter yang cukup tebal sehingga dapat menghambat proses penurunan flok dan menghambat kerja filter karena sebagian lumut masuk ke dalam *inlet* filter. Proses pembersihan dilakukan bergantian antara kompartemen sehingga proses produksi masih tetap berjalan.

5. Filtrasi

Bangunan filter pada IPA Waribang Tirta Sewakadarma Kota Denpasar berjumlah 6 kompartemen dengan panjang 6,75 m, lebar 2,35 m. Dan kedalaman 3,5 m. Proses filtrasi yang digunakan adalah rapid sand filter yaitu filter yang menggunakan media pasir. Media pasir yang digunakan adalah batu koral dan kerikil.

6. Disinfeksi

Bangunan disinfeksi berfungsi sebagai tempat untuk melarutkan dan membubuhkan bahan disinfektan yang digunakan untuk membunuh bakteri yang memenuhi kriteria biologis pada baku mutu persyaratan kualitas air minum. Sistem yang digunakan di IPA Waribang Tirta Sewakadarma Kota Denpasar adalah injeksi pembubuhan gas klor. IPA Waribang memiliki tabung gas klor sebanyak 3 tabung dengan kapasitas 100 kg. Injeksi gas klor dilakukan dengan pipa saluran unit filtrasi menuju reservoir.

7. Rerervoir

Berdasarkan wawancara yang dilakukan dengan staf teknik produksi dan pengendalian mutu, bangunan reservoir dengan dimensi 42 m x 7,75 m x 3,45 m ini dilakukan pengujian kualitas air setiap bulan. Parameter yang diuji berupa parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi berdasarkan ketentuan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010. IPA Waribang memiliki 1 unit reservoir. Pengurasan bangunan reservoir dilakukan satu tahun sekali dimana terdapat flok yang cukup tebal pada dasar reservoir. Kondisi eksisting unit pengolahan IPA Waribang dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting IPA Waribang

IPA waribang sudah menggunakan sistem *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA). Pada kenyataannya terkadang tidak dilakukan secara sistemasi sehingga SCADA dan SOP yang ada di lapangan tidak berjalan secara optimal. Hal ini dimungkinkan terjadi

karena kurangnya pemahaman sumber daya manusia yang ada. Sumber daya manusia yang terdapat di IPA Waribang untuk bagian produksi terdapat 24 orang. Sumber daya tersebut terdiri dari kepala unit, 1 orang administrasi, 2 orang staf pemeliharaan, 5 orang operator. Operator bekerja dengan cara

shift yaitu bekerja sesuai dengan penetapan jam kerja yang terjadi selama satu kali dalam 24 jam. Pembagiannya yaitu mulai pukul 07.00 – 15.00, kemudian 15.00 – 23.00, selanjutnya 23.00 – 07.00. Pendidikan terakhir para tenaga kerja di IPA Waribang adalah SMA sederajat hingga S1.

Menurut bagian teknik produksi dan pengendalian mutu, tenaga kerja IPA Waribang pernah mendapat pelatihan tenaga kerja yaitu dari AKA TIRTA mengenai proses produksi suatu instalasi pengolahan air. Pelatihan tersebut dilakukan 1 hingga 2 tahun sekali. IPA waribang memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP) sebagai petunjuk pengoperasian unit IPA namun belum dilaksanakan dengan baik yaitu terdapat beberapa aspek yang tidak sesuai.

4.2 Karakteristik Kualitas Pengolahan Air pada IPA Waribang

Analisis hasil uji kualitas air unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) yaitu terdiri dari kualitas air baku dan kualitas air produksi. Dalam kualitas pengolahan air IPA Waribang dijelaskan mengenai analisis parameter kekeruhan sebagai bentuk identifikasi awal potensi penyebab kegagalan pada unit instalasi.

4.2.1 Karakteristik Kualitas Air Baku IPA Waribang

Air baku yang digunakan oleh IPA Waribang berasal dari Sungai Ayung. Kondisi kualitas pada air baku tidak selalu stabil oleh karena itu rutin dilakukan pemantauan oleh laboran dan diajukan ke Laboratorium Kesehatan Masyarakat Kota Denpasar. Dalam hal ini pengujian bertujuan untuk mengetahui kualitas air baku yang masuk ke IPA Waribang dan disesuaikan dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang baku mutu kelas sungai. Parameter fisik yang diuji yaitu antara lain adalah kekeruhan, TDS, TSS, dan suhu. Parameter kimia organik yang diuji antara lain adalah pH, BOD, COD. Sedangkan parameter mikrobiologi adalah total coliform. Berdasarkan data IPA Waribang, beban pencemar yang masuk melebihi baku mutu air kelas I. Parameter Kekeruhan tertinggi jatuh pada bulan Desember 2020 sebesar 198,51 NTU. Bahkan untuk parameter TSS pada pengecekan kualitas air bulan Desember 2020 masuk dalam kategori baku mutu kelas III dengan masing masing nilai pencapai 238,43 mg/L. Berikut merupakan data kualitas air baku dalam kurun waktu Januari 2020 hingga Februari 2022:

Tabel 4. 1 Data Kualitas Air Baku IPA Waribang

	Fisika				Kimia Anorganik			Mikro Biologi
	TBD	TDS	TSS	Suhu	pH	BOD	COD	Total Coli
	NTU	mg/l	mg/l	°C		mg/l	mg/l	MPN /100 ml
	-	1.000	100	deviasi 3	6-9	6	40	5.000

	Fisika				Kimia Anorganik			Mikro Biologi
	TBD	TDS	TSS	Suhu	pH	BOD	COD	Total Coli
	NTU	mg/l	mg/l	°C		mg/l	mg/l	MPN /100 ml
	-	1.000	100	deviasi 3	6-9	6	40	5.000
Jan-20	22,50	376,83	230,00	28,5	7,6	10,53	38,62	-
Feb-20	50,21	384,38	233,10	28,6	7,5	14,37	33,71	-
Mar-20	45,56	369,33	233,60	28,4	7,7	12,5	30,65	-
Apr-20	50,56	384,33	236,58	28,4	7,7	11,43	31,12	-
Mei-20	25,67	367,53	237,63	28,5	7,8	12,95	29,21	-
Jun-20	23,78	390,93	232,63	28,5	7,6	10,54	31,84	-
Jul-20	45,89	380,03	232,65	28,8	7,6	12,44	30,25	-
Aug-20	67,88	384,90	235,23	29,0	7,6	11,56	35,43	-
Sep-20	56,72	385,03	233,38	28,9	7,7	14,65	32,13	-
Okt-20	115,41	386,45	235,30	28,8	7,7	12,47	29,18	-
Nov-20	53,21	369,35	235,48	29,0	7,7	10,67	31,81	-
Dec-20	198,51	379,78	238,43	28,5	7,7	12,77	35,21	-
Jan-21	41,25	374,48	234,83	28,6	7,7	11,65	35,24	-

	Fisika				Kimia Anorganik			Mikro Biologi
	TBD	TDS	TSS	Suhu	pH	BOD	COD	Total Coli
	NTU	mg/l	mg/l	°C		mg/l	mg/l	MPN /100 ml
	-	1.000	100	deviasi 3	`6-9	6	40	5.000
Feb-21	34,21	383,18	237,03	28,1	7,6	12,78	31,19	-
Mar-21	28,71	369,83	231,83	29,1	7,5	14,51	33,45	-
Apr-21	45,21	378,43	235,58	29,2	7,5	11,37	30,21	-
Mei-21	51,55	383,30	233,93	29,4	7,3	10,12	29,30	-
Jun-21	21,78	378,83	234,13	29,0	7,6	14,45	35,16	-
Jul-21	63,12	366,83	236,38	28,6	7,4	10,26	32,43	-
Aug-21	55,72	376,95	234,83	28,6	7,5	12,51	29,45	-
Sep-21	110,65	381,45	233,40	28,6	7,6	10,35	31,33	-
Okt-21	31,75	370,13	226,35	29,5	7,6	14,5	37,55	-
Nov-21	33,17	372,73	229,10	29,4	7,6	11,43	29,40	-
Des-21	125,71	375,05	237,30	28,9	7,5	12,33	31,26	-
Jan-22	36,30	375,50	235,50	28,3	7,5	12,32	33,52	-

	Fisika				Kimia Anorganik			Mikro Biologi
	TBD	TDS	TSS	Suhu	pH	BOD	COD	Total Coli
	NTU	mg/l	mg/l	°C		mg/l	mg/l	MPN /100 ml
	-	1.000	100	deviasi 3	6-9	6	40	5.000
Feb-22	25,87	382,40	226,98	28,1	7,7	10,51	30,15	-

Sumber: IPA Waribang

Berdasarkan data kualitas air baku tersebut terdapat beberapa parameter yang memenuhi air kelas III. Nilai parameter kekeruhan tertinggi terjadi pada bulan Desember 2020 sebesar 198,5 NTU. Sedangkan TSS tertinggi jatuh pada bulan Desember 2020 yaitu sebesar 238,43 mg/L dimana nilai TSS tersebut telah melebihi baku mutu kelas III. Nilai dalam parameter pH, suhu, BOD, dan COD dan total *Coliform* dalam 2 tahun tersebut tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pengukuran TSS pada air baku digunakan untuk perhitungan berat lumpur yang akan diolah, secara teoritis, air baku memiliki nilai TSS lebih dari 100 mg/L sudah dianggap berpotensi menimbulkan kekeruhan dan dapat menyebabkan gangguan lainnya (Yuwono, 2006 dalam Irwan dkk, 2012).

4.2.2 Karakteristik Kualitas Air Produksi IPA Waribang

Pada penelitian ini menggunakan data sekunder laporan hasil uji kualitas air pengolahan IPA Waribang PDAM Tirta Sewakadarma. Kualitas air produksi tersebut di uji setiap satu bulan sekali pada bangunan reservoir yang terdiri dari parameter kekeruhan, TDS, pH dan total coliform. Berikut merupakan data hasil uji kualitas air produksi IPA Waribang.

Tabel 4. 2 Data Kualitas Air Produksi IPA Waribang

	TBD	TDS	pH	Total Coli
	NTU	mg/l		MPN /100 ml
Baku Mutu	5	500	6,5 - 8,5	0
Jan-20	1,02	360,51	7,4	-
Feb-20	0,85	374,21	7,5	-
Mar-20	0,81	365,32	7,7	-

	TBD	TDS	pH	Total Coli
	NTU	mg/l		MPN /100 ml
Baku Mutu	5	500	6,5 - 8,5	0
Apr-20	0,79	371,44	7,1	-
Mei-20	0,91	355,67	7,8	-
Jun-20	0,95	387,65	7,5	-
Jul-20	0,85	375,58	7,6	-
Aug-20	0,80	360,67	7,6	-
Sep-20	0,90	383,54	7,2	-
Okt-20	0,72	381,26	7,5	-
Nov-20	0,94	361,89	7,7	-
Jan-21	0,73	370,21	7,7	-
Feb-21	0,87	384,77	7,4	-
Mar-21	0,61	368,42	7,5	-
Apr-21	0,56	379,66	7,3	-
Mei-21	0,74	380,25	7,3	-
Jun-21	0,75	376,82	7,6	-
Jul-21	1,30	360,78	7,4	-
Aug-21	0,89	377,80	7,5	-
Sep-21	0,81	383,45	7,6	-

	TBD	TDS	pH	Total Coli
	NTU	mg/l		MPN /100 ml
Baku Mutu	5	500	6,5 - 8,5	0
Okt-21	1,01	369,32	7,8	-
Nov-21	0,98	372,88	7,4	-
Des-21	0,86	374,50	7,5	-
Jan-22	0,77	368,43	7,3	-
Feb-22	0,82	382,76	7,7	-

Sumber: IPA Waribang

Kualitas air produksi IPA Waribang ini telah memenuhi baku mutu menurut Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010. Parameter hasil uji *outlet* setiap unit pada pengolahan IPA Waribang tersebut adalah parameter kekeruhan. Kekeruhan sebagai parameter fisik dalam kualitas air minum yang telah ditentukan oleh Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 dimana batas maksimum di dalam air adalah sebesar 5 NTU. Berdasarkan hasil uji laboratorium IPA Waribang parameter kekeruhan kualitas air di intake, masih melebihi batas maksimum. Maka dibutuhkan analisis parameter kekeruhan pada setiap outlet unit IPA Waribang dengan tujuan untuk mengidentifikasi risiko kegagalan pada unit dalam mengolah dari intake tersebut.

4.2.3 Analisis Kekeruhan

Hasil yang didapatkan dari uji outlet tiap unit pada IPA Waribang menganalisis parameter kekeruhan. Hal ini dikarenakan peentuan tercemar atau tidaknya air sangat dipengaruhi oleh sifat fisik yang mudah dilihat, salah satu faktor yang mempengaruhi sifat fisik adalah turbiditas atau kekeruhan. Nilai parameter kekeruhan yang terdapat pada kualitas air menandakan bahwa di dalam media air tersebut terdapat senyawa organik maupun anorganik yang secara tidak langsung dapat mempengaruhi kesehatan manusia apabila dikonsumsi.

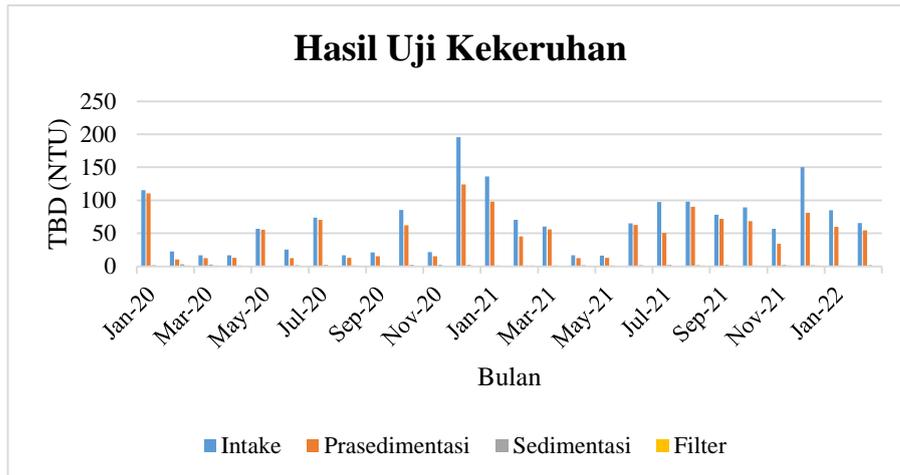
Tujuan dilakukan analisis kekeruhan pada setiap unit adalah untuk memperoleh nilai efisiensi dari setiap masing-masing unit pengolahan. Kemudian dari hasil tersebut dapat ditemukan unit mana yang belum optimal dalam menyisihkan parameter kekeruhan. Analisis kekeruhan yang dilakukan pada setiap unit yaitu dengan cara membandingkan kualitas air pada inlet dan outlet unit kemudian didapatkan nilai efisiensi dari masing-masing unit tersebut. Berikut merupakan data hasil uji laboratorium dengan parameter kekeruhan.

Tabel 4. 3 Data Kualitas Tiap Unit Parameter Kekeruhan

Bulan	Intake	Prasedimentasi	Sedimentasi	Filter
Jan-20	115,43	75,25	1,79	0,13

Bulan	Intake	Prasedimentasi	Sedimentasi	Filter
Feb-20	22,55	15,50	3,13	0,16
Mar-20	16,74	12,22	2,50	0,18
Apr-20	16,94	12,96	1,24	0,25
May-20	56,70	45,28	1,03	0,32
Jun-20	25,23	12,35	1,75	0,39
Jul-20	73,88	55,76	2,04	0,27
Aug-20	16,56	12,75	1,20	0,24
Sep-20	21,34	15,12	1,40	0,42
Oct-20	85,24	62,31	2,03	0,42
Nov-20	21,42	15,34	2,36	0,25
Dec-20	195,41	124,31	2,20	0,35
Jan-21	136,33	97,88	1,44	0,36
Feb-21	70,56	45,23	1,35	0,36
Mar-21	60,21	46,21	1,31	0,45
Apr-21	16,52	12,33	1,73	0,32
May-21	16,27	12,66	1,38	0,43
Jun-21	65,31	45,65	1,55	0,31
Jul-21	97,50	50,80	2,07	0,41
Aug-21	98,00	72,34	1,90	0,36
Sep-21	78,00	62,15	2,04	0,44
Oct-21	89,30	68,40	1,23	0,36
Nov-21	56,72	34,26	2,14	0,43
Dec-21	150,25	80,87	1,84	0,37
Jan-22	85,10	59,81	1,43	0,19
Feb-22	65,72	51,25	1,71	0,38

Sumber: IPA Waribang



Gambar 4. 2 Hasil Uji Parameter Kekeruhn Tiap Unit

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai kekeruhan air baku (intake) tertinggi jatuh pada bulan Desember 2020 - Januari 2021, cukup tinggi karena merupakan musim penghujan. Nilai kekeruhan tertinggi pada air baku (intake) terjadi pada bulan Desember 2020 yaitu sebesar 195,41 NTU. Dari hasil uji kualitas air pada bangunan intake dan prasedimentasi belum sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 yang ditetapkan yaitu maksimal sebesar 5 NTU. Untuk hasil uji kualitas air pada bangunan sedimentasi pada unit sedimentasi bulan Januari 2020 – Februari 2022 kurang dari 5 NTU maka sudah memenuhi baku mutu. Hasil uji kualitas pada unit filter dalam jangka waktu 2 tahun telah memenuhi baku mutu kualitas air minum menurut Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 yaitu dibawah 5 NTU.

Kenaikan angka kekeruhan pada bangunan prasedimentasi yang seharusnya mengalami efisiensi penurunan adalah hipotesa pertama indentifikasi adanya kegagalan atau ketidaksesuaian desain unit prasedimentasi. Menurut Prayuda (2020), penyebab terjadinya peningkatan nilai kekeruhan pada bangunan prasedimentasi yaitu karena beberapa faktor antara lain waktu tinggal yang tidak sesuai kriteria atau peraturan terkait, bilangan *froude* yang tidak sesuai dengan kriteria atau peraturan terkait, dan waktu pengurasan yang tidak dilakukan secara berkala dalam rentan waktu yang lama dan tidak sesuai dengan kriteria dan peraturan terkait. Perhitungan kondisi eksisting unit prasedimentasi yang terdapat pada Lampiran A .

4.2.4 Efisiensi Kekeruhan Unit Pengolahan IPA Waribang

Penelitian ini dilakukan analisis efisiensi unit pengolahan yang ada di IPA Waribang. Efisiensi pada unit pengolahan ini diperoleh dengan cara menghitung selisih angka kekeruhan pada *influen* dengan angka kekeruhan pada *efluen* kemudian dibagi dengan angka kekeruhan pada *influen* dan dikali dengan 100%.

$$\text{Efisiensi removal} = \frac{\text{Influen} - \text{Efluen}}{\text{Influen}} \times 100\%$$

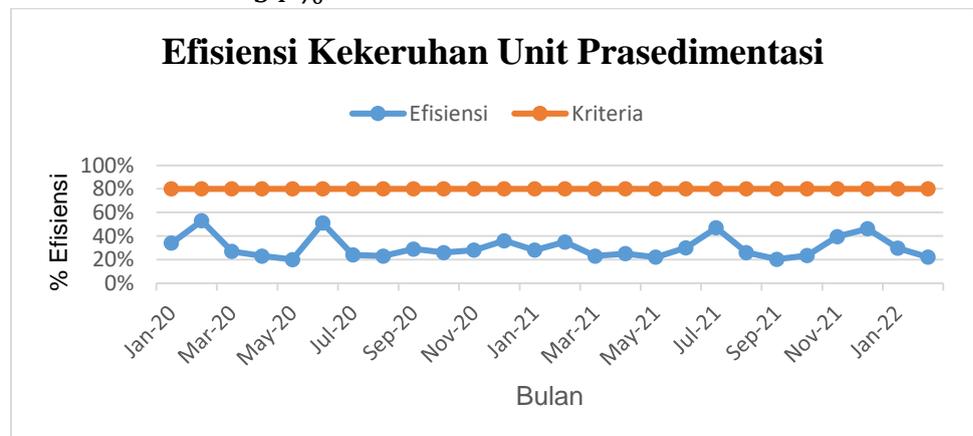
Tabel 4. 4 Persentase Penyisihan Kekерuhan Unit Pengolahan

No	Unit Pengolahan	Persentase Removal (%)	Sumber
1	Prasedimentasi	80	Droste and Gehr. 2019. <i>Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment</i>
2	Sedimentasi	90	Metcalf and Eddy. 2014. <i>Waste Water Engineering Treatment and Reuse</i>
3	Rapid sand filter	90	EPA. 1995. <i>Water TreatmentManuals: Filtration</i>

1. Efisiensi Unit Prasedimentasi

Bangunan prasedimentasi digunakan untuk mengendapkan partikel diskrit atau material kasar sebelum proses koagulasi. Pada penelitian ini dilakukan analisis efisiensi removal kekeruhan pada unit prasedimentasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.5 menunjukkan bahwa persen efisiensi paling rendah terjadi pada bulan Mei 2020 sebesar 20% dan persen efisiensi paling tinggi terjadi pada bulan Februari 2020 sebesar 53%. Menurut Droste dan Gehr (2019), tingkat efisiensi removal untuk parameter kekeruhan di bangunan prasedimentasi adalah sebesar 80%. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi dalam waktu 2 tahun tersebut menunjukkan bahwa bangunan prasedimentasi masih belum memenuhi kriteria untuk menurunkan parameter kekeruhan. Berikut merupakan contoh perhitungan efisiensi penurunan kekeruhan unit prasedimentasi:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \frac{\text{Influen} - \text{Efluen}}{\text{Influen}} \times 100\% \\
 &= \frac{115,43 - 75,25}{115,43} \times 100\% \\
 &= 34 \%
 \end{aligned}$$



Gambar 4. 3 Nilai Kekeruhan Unit Prasedimentasi

Tabel 4. 5 Efisiensi Removal Kekeruhan Unit Prasedimentasi

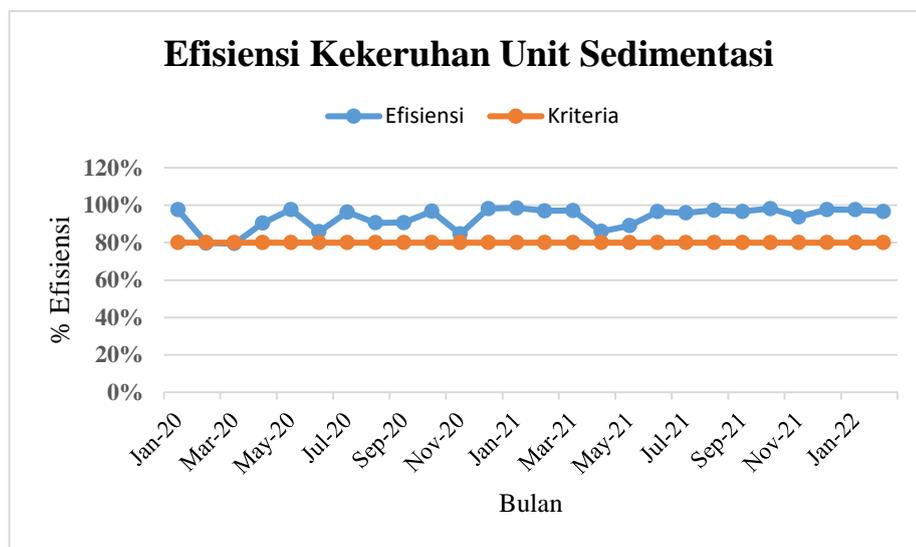
Bulan	Influen	Effluen	Bulan	Efisiensi
Jan-20	115,43	75,25	Jan-20	34%
Feb-20	22,55	15,50	Feb-20	53%
Mar-20	16,74	12,22	Mar-20	27%
Apr-20	16,94	12,96	Apr-20	23%
May-20	56,70	45,28	May-20	20%
Jun-20	25,23	12,35	Jun-20	51%
Jul-20	73,88	55,76	Jul-20	24%
Aug-20	16,56	12,75	Aug-20	23%
Sep-20	21,34	15,12	Sep-20	29%
Oct-20	85,24	62,31	Oct-20	26%
Nov-20	21,42	15,34	Nov-20	28%
Dec-20	195,41	124,31	Dec-20	36%
Jan-21	136,33	97,88	Jan-21	28%
Feb-21	70,56	45,23	Feb-21	35%
Mar-21	60,21	46,21	Mar-21	23%
Apr-21	16,52	12,33	Apr-21	25%
May-21	16,27	12,66	May-21	22%
Jun-21	65,31	45,65	Jun-21	30%
Jul-21	97,50	50,80	Jul-21	47%
Aug-21	98,00	72,34	Aug-21	26%
Sep-21	78,00	62,15	Sep-21	20%
Oct-21	89,30	68,40	Oct-21	23%
Nov-21	56,72	34,26	Nov-21	40%
Dec-21	150,25	80,87	Dec-21	46%
Jan-22	85,10	59,81	Jan-22	30%
Feb-22	65,72	51,25	Feb-22	22%
Rata-rata				30%

2. Efisiensi Unit Clarifier

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi removal kekeruhan pada unit sedimentasi atau clarifier. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.3 dan Tabel 4.6 menunjukkan bahwa persen efisiensi paling rendah terjadi pada bulan Februari – Maret 2020 sebesar 20% dan persen efisiensi paling tinggi terjadi pada bulan Desember 2021 dan Januari 2022 sebesar 46%. Dimana menurut Metcalf dan Eddy (2014), tingkat efisiensi removal parameter kekeruhan pada bangunan sedimentasi atau clarifier sebesar 90%. Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi yang dilakukan menunjukkan bahwa bangunan clarifier pada bulan Februari – Maret 2020 masih belum memenuhi kriteria dalam penurunan parameter kekeruhan. Hal ini menandakan proses koagulasi-flokulasi atau pada bangunan sebelumnya terdapat ketidaksesuaian sehingga mengakibatkan penurunan efisiensi kekeruhan.

Sedangkan pada bulan lainnya menunjukkan besar penyisihan parameter sudah diatas 90% namun perlu dilakukan upaya peningkatan penyisihan mengingat masih terdapat beberapa penyisihan yang belum memenuhi standar. Berikut adalah conoh perhitungan efisiensi penurunan kekeruhan pada unit clarifier:

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi removal} &= \frac{\text{Influen} - \text{Efluen}}{\text{Influen}} \times 100\% \\ &= \frac{75,25 - 1,79}{75,25} \times 100\% \\ &= 98\% \end{aligned}$$



Gambar 4. 4 Nilai Kekeruhan Unit Clarifier

Tabel 4. 6 Efisiensi Removal Kekeruhan Unit Clarifier

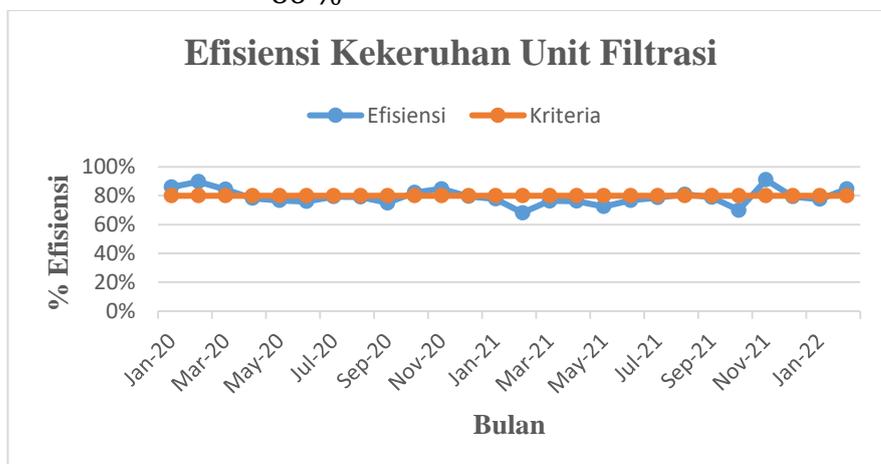
Bulan	Influen	Effluen	Bulan	Efisiensi
Jan-20	75,25	1,79	Jan-20	98%
Feb-20	15,50	3,13	Feb-20	80%
Mar-20	12,22	2,50	Mar-20	80%
Apr-20	12,96	1,24	Apr-20	90%
May-20	45,28	1,03	May-20	98%
Jun-20	12,35	1,75	Jun-20	86%
Jul-20	55,76	2,04	Jul-20	96%
Aug-20	12,75	1,20	Aug-20	91%
Sep-20	15,12	1,40	Sep-20	91%
Oct-20	62,31	2,03	Oct-20	97%
Nov-20	15,34	2,36	Nov-20	85%
Dec-20	124,31	2,20	Dec-20	98%
Jan-21	97,88	1,44	Jan-21	99%
Feb-21	45,23	1,35	Feb-21	97%

Bulan	Influen	Effluen	Bulan	Efisiensi
Mar-21	46,21	1,31	Mar-21	97%
Apr-21	12,33	1,73	Apr-21	86%
May-21	12,66	1,38	May-21	89%
Jun-21	45,65	1,55	Jun-21	97%
Jul-21	50,80	2,07	Jul-21	96%
Aug-21	72,34	1,90	Aug-21	97%
Sep-21	62,15	2,04	Sep-21	97%
Oct-21	68,40	1,23	Oct-21	98%
Nov-21	34,26	2,14	Nov-21	94%
Dec-21	80,87	1,84	Dec-21	98%
Jan-22	59,81	1,43	Jan-22	98%
Feb-22	51,25	1,71	Feb-22	97%
Rata-rata				93%

3. Efisiensi Unit Filter

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis efisiensi removal kekeruhan pada unit filter. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Tabel 4.7 menunjukkan bahwa persen efisiensi bangunan filter pada bulan April – Mei 2020 dan September 2021 belum memenuhi kriteria dalam menurunkan parameter kekeruhan. Dimana menurut EPA (2015), tingkat efisiensi removal parameter kekeruhan pada bangunan filter sebesar 90%. Namun untuk hasil nilai kekeruhan akhir yang didapatkan sudah memenuhi baku mutu PerMenKes No 492 Tahun 2010. Kedepannya tetap diperlukan upaya peningkatan efisiensi penyisihan kekeruhan dikarenakan masih terdapat beberapa hasil yang belum memenuhi standar penyisihan. Berikut merupakan contoh perhitungan efisiensi penurunan kekeruhan unit filter:

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi removal} &= \frac{\text{Influen} - \text{Effluen}}{\text{Influen}} \times 100\% \\
 &= \frac{1,79 - 0,25}{1,79} \times 100\% \\
 &= 86\%
 \end{aligned}$$



Gambar 4.5 Nilai Kekeruhan Unit Filter

Tabel 4. 7 Efisiensi Removal Kekeruhan Unit Filter

Bulan	Influen	Effluen	Bulan	Efisiensi
Jan-20	1,79	0,25	Jan-20	86%
Feb-20	3,13	0,32	Feb-20	90%
Mar-20	2,50	0,39	Mar-20	84%
Apr-20	1,24	0,27	Apr-20	78%
May-20	1,03	0,24	May-20	77%
Jun-20	1,75	0,42	Jun-20	76%
Jul-20	2,04	0,42	Jul-20	79%
Aug-20	1,20	0,25	Aug-20	79%
Sep-20	1,40	0,35	Sep-20	75%
Oct-20	2,03	0,36	Oct-20	82%
Nov-20	2,36	0,36	Nov-20	85%
Dec-20	2,20	0,45	Dec-20	80%
Jan-21	1,44	0,32	Jan-21	78%
Feb-21	1,35	0,43	Feb-21	68%
Mar-21	1,31	0,31	Mar-21	76%
Apr-21	1,73	0,41	Apr-21	76%
May-21	1,38	0,38	May-21	72%
Jun-21	1,55	0,36	Jun-21	77%
Jul-21	2,07	0,36	Jul-21	79%
Aug-21	1,90	0,44	Aug-21	81%
Sep-21	2,04	0,36	Sep-21	79%
Oct-21	1,23	0,43	Oct-21	70%
Nov-21	2,14	0,37	Nov-21	91%
Dec-21	1,84	0,19	Dec-21	79%
Jan-22	1,43	0,38	Jan-22	78%
Feb-22	1,71	0,32	Feb-22	85%
Rata-rata				79%

Dari hasil analisis ketiga unit tersebut dapat disimpulkan bahwa kinerja unit yang belum optimal dalam melakukan penyisihan kekeruhan adalah unit prasedimentasi. Sedangkan unit clarifier dan filter di beberapa bulan sudah optimal dalam melakukan penyisihan kekeruhan namun ada di beberapa bulan masih belum optimal. Sehingga ketiga unit tersebut masih diperlukan upaya peningkatan dalam penyisihan agar hasil kualitas air yang dihasilkan dalam jangka panjang dapat maksimal. Berikut merupakan tabel hasil perhitungan kondisi eksisting spesifikasi teknis pada setiap unit.

Tabel 4. 8 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Prasedimentasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
Waktu Detensi	1 - 2,5 jam	1,90	OK

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
Beban Permukaan	32 - 48 m ³ /m ² .hari	56,7	TM
Bilangan Reynold	< 2000	6673	TM
Bilangan Froude	> 10 ⁻⁵	0,000001	TM
Kedalaman Bak	1 - 3m	4,5	TM

Tabel 4. 9 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Clarifier

Spesifikasi teknis	Kriteria Desain SNI 6774:2008	Kondisi Eksisting	Ket
Waktu Detensi	0,07 jam (4,2 menit)	34,15	TM
Beban Permukaan	3,8-7,5 m ³ /m ² .hari	2,20	TM
Beban Pelimpah	< 11 m ³ /m.hari	3	OK
Nre	<2000	3003	TM
Nfr	>10 ⁻⁵	0,0000004	TM
Kecepatan Pada Settler	<0,15 m/menit	0,002	OK
Kemiringan Tube/Plate	30'/60'	60'	OK

Tabel 4. 10 Kondisi Eksisting Spesifikasi Teknis Filter

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain SNI 6774:2008	Kondisi Eksisting	Ket
Kecepatan Filter	6 - 11 m/jam	7,51	OK
Kecepatan Backwash	36 - 50 m/jam	22,70	TM
Lama Pencucian (menit)	10 - 15 menit	15	OK
Periode 2 pencucian (jam)	18 - 24 jam	24 jam	OK
Ukuran media pasir	0,3 - 0,7 mm	1-2'	TM
Ukuran media antrasit	1,2 - 1,8 mm	1-2'	TM
tebal media pasir	300 - 600 mm	700	TM
tebal media penunjang	80 - 150 mm	200	TM

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi eksisting spesifikasi teknis setiap unit, yang secara teoritis mempengaruhi efektivitas penyisihan kekeruhan dapat dilanjutkan dengan analisis diagram *fishbone*.

4.3 Analisis Diagram *Fisbone*

Dalam diagram *fishbone* dapat mengidentifikasi akibat dari suatu permasalahan yang ada dengan berbagai macam penyebab kegagalan pengolahan air baku pada IPA Waribang. Diagram *fishbone* dibuat berdasarkan data sekunder yang dimiliki unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Tirta Sewadarkma Kota Denpasar. Terdapat dua aspek dalam mengidentifikasi kegagalan dalam diagram *fishbone* antara lain:

1. Aspek teknis

Aspek teknis ini berasal dari hasil perhitungan dari spesifikasi teknis dan evaluasi sistem kinerja pengolahan air dimana yang termasuk didalamnya berupa unit dan teknologi pengolahan air yang dipakai.

2. Aspek non-teknis

Aspek non-teknis ini berada pada dua sirip ikan yaitu sumber daya manusia dan Standar Operasional Prosedur (SOP). Aspek non-teknis ini berasal peraturan atau kebijakan yang berlaku mengenai operasional unit IPAM. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai data yang diinginkan.

Diagram *fishbone* diperoleh dari hasil efisiensi removal kekeruhan pada setiap unit instalasi pengolahan air. Kemudian unit instalasi yang tidak memenuhi kriteria efisiensi removal kekeruhan diletakkan pada bagian sirip ikan sebagai point penyebab potensi kegagalan. Kemudian faktor dari penyebab potensi kegagalan dihitung secara teoritis. Hasil dari faktor penyebab potensi kegagalan unit instalasi diletakkan pada diagram *fishbone* sebagai duri ikan. Kemudian masuk ke dalam metode *Hazard Identification And Risk Assessment* (HIRA) dengan masing-masing kegagalan dilakukan perhitungan nilai *Likelihood* (L) dan *Severity* (S) untuk menentukan *Risk Assessment* (R). Perhitungan teoritis pada setiap unit instalasi pengolahan air dapat dilihat pada lampiran A. Diagram aspek teknis dan aspek non-teknis dapat dilihat pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

4.3.1 Diagram *Fishbone* Teknis Unit Prasedimentasi

Pada diagram *fishbone* untuk unit prasedimentasi didapatkan bahwa hal-hal yang menjadi potensi penyebab masalah efektifitas *removal* kekeruhan yaitu waktu detensi, beban permukaan, bilangan *Reynold*, dan bilangan *Froud*. Hasil analisis ini didapatkan dari hasil perhitungan dan kondisi eksisting pada unit instalasi pengolahan.

1. Waktu Detensi

Menurut Rusdi dkk (2014), persen penurunan kekeruhan cenderung turun dengan besarnya konsentrasi yang ditambahkan konsentrasi koagulan. Hal ini terjadi karena konsentrasi yang optimal, dimana semakin lama waktu detensi maka semakin besar persen penurunan kekeruhan. Namun apabila waktu detensi melebihi waktu optimal atau tidak sesuai dengan kriteria desai yang ada maka kekeruhan akan kembali naik karena koloid menjadi netral sehingga senyawa yang terionisasi tidak dapat berkaitan yang menyebabkan terbentuknya endapan dan menimbulkan kekeruhan. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), waktu detensi pada prasedimentasi adalah 1 – 2,5 jam. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, waktu detensi memenuhi ketentuan kriteria yaitu 1,90 jam dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Beban Permukaan

Menurut Prayuda (2020), pengendapan pada bak prasedimentasi dipengaruhi oleh kecepatan aliran settler dan beban permukaan (kecepatan pengendapan partikel). Jika beban permukaan tidak sesuai dengan kriteria desain, maka menyebabkan partikel tidak mengendap dengan sempurna sehingga menyebabkan kekeruhan. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), beban permukaan di unit prasedimentasi adalah 32 - 48 m³ /m². hari. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai beban permukaan bak prasedimentasi masih

melebihi kriteria desain yaitu sebesar $56,7 \text{ m}^3/\text{m}^2$. hari dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

3. Bilangan *Reynold*

Menurut Yulianti (2012), faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi proses pengendapan unit prasedimentasi adalah bilangan *Reynold*, *overflow rate*, dan $V_{\text{horizontal}}$ (V_h). Jika ketiga faktor tersebut telah memenuhi ketentuan maka dapat tercapai kondisi pengendapan yang sesuai. Bilangan *Reynold* berfungsi untuk menunjukkan kondisi aliran pada unit prasedimentasi apakah laminar atau turbulen. Kondisi aliran yang laminar diharapkan terjadi di unit prasedimentasi karena keadaan aliran yang turbulen dapat menurunkan efisiensi kerja unit prasedimentasi. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), bilangan *Reynold* di unit prasedimentasi nilainya harus kurang dari 2.000. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai bilangan *Reynold* bak prasedimentasi masih melebihi kriteria desain yaitu sebesar 6.673,6 dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4. Bilangan *Froude*

Menurut Yulianti (2012), bilangan *Froude* merupakan faktor terpenting dari proses pengendapan dimana berupa kecepatan horizontal dan kecepatan aliran, sehingga diusahakan jarak tempuh horizontal cukup panjang agar partikel yang mengendap dapat lebih banyak dan unit prasedimentasi dapat bekerja dengan efisiensi lebih baik sehingga mempengaruhi tingkat efisiensi penurunan kekeruhan. Menurut Metcalf dan Eddy (2014), bilangan *Froude* di unit prasedimentasi nilainya harus lebih dari 10^{-5} . Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai bilangan *Froude* bak prasedimentasi masih kurang dari kriteria desain yaitu sebesar 1×10^{-6} dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4.3.2 Diagram *Fishbone* Teknis Unit Clarifier

Pada diagram *fishbone* untuk unit clarifier didapatkan faktor-faktor yang menjadi potensi penyebab masalah efektivitas removal kekeruhan yaitu waktu detensi beban permukaan beban pelimpah, bilangan *Reynold*, dan bilangan *Froude*. Hasil analisis ini didapatkan dari hasil perhitungan dan kondisi eksisting pada unit instalasi pengolahan.

1. Waktu Detensi

Menurut Rusdi dkk (2014), jika waktu detensi melebihi waktu optimal atau tidak sesuai

dengan ketentuan kriteria desain yang ada maka kekeruhan akan naik kembali. Hal ini terjadi karena koloid menjadi netral sehingga senyawa terionisasi tidak dapat berkaitan membentuk endapan dan menyebabkan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang perencanaan unit instalasi pengolahan air, untuk waktu detensi pada unit clarifier memiliki nilai 0,07 jam atau 4,2 menit. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai waktu detensi clarifier masih melebihi dari kriteria desain yaitu sebesar 34,15 menit dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Beban permukaan

Menurut Prayuda (2020), pengendapan partikel pada bak clarifier dipengaruhi oleh kecepatan aliran settler dan beban permukaan (kecepatan pengendapan partikel). Pada saat beban permukaan tidak sesuai dengan kriteria desain, dapat mengakibatkan partikel tidak dapat mengendap secara sempurna dan menimbulkan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang perencanaan unit instalasi pengolahan air, untuk beban permukaan pada unit clarifier memiliki nilai $3,8 - 7,5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{jam}$. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai beban permukaan clarifier kurang dari kriteria desain yaitu sebesar $2,20 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{jam}$ dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

3. Beban Pelimpah

Menurut Yulianti (2012), nilai beban pelimpah diharapkan tidak terlalu besar karena

dapat menyebabkan terjadinya penggerusan pada partikel yang mengendap di sekitar outlet. Nilai beban pelimpah dapat sekecil mungkin agar tidak mengganggu proses pengendapan yang akhirnya mempengaruhi kekeruhan. Jika terjadi aliran ke atas menuju pelimpah dengan kecepatan yang besar dapat mengganggu partikel yang bergerak ke bawah. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, untuk beban pelimpah pada unit clarifier memiliki nilai $11 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{jam}$. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai beban pelimpah clarifier telah sesuai kriteria desain yaitu sebesar $3 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{jam}$ dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4. Bilangan *Reynold*

Bilangan *Reynold* menunjukkan bahwa kondisi aliran pada unit clarifier apakah laminar atau turbulen. Kondisi laminar ini digunakan untuk mencegah terjadinya turbulensi yang menurunkan efisiensi kinerja penurunan removal unit clarifier. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, bilangan *Reynold* di unit clarifier nilainya harus kurang dari 2.000. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai bilangan *Reynold* unit clarifier masih melebihi kriteria desain yaitu sebesar 3.003,4 dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

5. Bilangan *Froude*

Menurut Yulianti (2012), 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 pada unit clarifier dapat bekerja dengan efisiensi lebih baik sehingga mempengaruhi tingkat efisiensi penurunan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 8 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, bilangan *Froude* di unit clarifier nilainya harus lebih dari 10^{-5} .

Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai bilangan *Froude* unit clarifier masih kurang dari kriteria desain yaitu sebesar 4×10^{-7} dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4.3.3 Diagram fishbone teknis Unit Filter

Pada diagram fishbone untuk unit filter didapatkan faktor-faktor yang menjadi potensi penyebab masalah efektivitas *removal* kekeruhan yaitu kecepatan filter, kecepatan *backwash*, lama pencucian, tebal media pasir, dan tebal media antarsit. Hasil analisis ini didapatkan dari hasil perhitungan dan kondisi eksisting pada unit instalasi pengolahan.

1. Kecepatan Filter

Menurut Abuzar dan Pranomo (2014), kecepatan filtrasi akan mempengaruhi proses penahanan mekanis terhadap bahan-bahan tersuspensi. Apabila kecepatan filtrasi meningkat efektivitas filtrasi akan menurun dan mempengaruhi efisiensi penurunan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, kecepatan filter di unit filter nilainya adalah 6-11 m/jam. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai kecepatan filter unit filter sesuai kriteria desain yaitu sebesar 7,51 m/jam dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

2. Kecepatan *Backwash*

Pencucian media filter ini berfungsi untuk membersihkan sisa kotoran dan polutan yang mengendap pada dasar unit filtrasi, yang dapat membuat kondisi saat proses filtrasi menjadi jenuh. Hal ini menyebabkan air pada unit filtrasi meluap karena media filter sulit bekerja dengan maksimal akibat banyaknya sisa zat pengotor yang mengendap dan mengakibatkan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, kecepatan *backwash* di unit filter nilainya

adalah 36 – 50 m/jam. Berdasarkan perhitungan unit eksisting, nilai kecepatan *backwash* unit filter sesuai kriteria desain yaitu sebesar 22,7 m/jam dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

3. Lama Pencucian

Proses pencucian terhadap media pasir dilakukan sebelum proses filtrasi. Pencucian ini

berfungsi agar mendapatkan kualitas media pasir sama seperti yang digunakan sebelum penyaringan filter dapat bekerja sesuai dalam pengolahannya. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, lama pencucian di unit filter nilainya adalah 10 – 15 menit. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai lama pencucian unit filter sesuai kriteria desain yaitu sebesar 15 menit dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4. Tebal media pasir

Menurut Wijaya dan Izaak (2020), semakin tebal lapisan media pasir maka hasil dari proses filter akan lebih baik. Hal ini disebabkan luas permukaan penahan partikel-partikel semakin besar serta jarak yang ditempuh oleh air semakin panjang. Jika semakin tinggi media maka semakin baik penyisihan kekeruhan namun semakin semakin besar headloss yang dihasilkan. Semakin tebal media yang digunakan maka waktu operasi akan semakin lama. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, tebal media pasir di unit filter nilainya adalah 300 – 600 mm. Berdasarkan data skunder IPA Waribang, nilai tebal media pasir unit filter tidak sesuai kriteria desain yaitu sebesar 700 mm dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

5. Tebal media gravel

Sama dengan media pasir, jika media terlalu tebal dan tidak memenuhi kriteria desain dapat mempengaruhi penyisihan kekeruhan. Menurut ketentuan SNI 6774 Tahun 2008 tentang cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air, tebal media pasir di unit filter nilainya adalah 80 – 150 mm. Berdasarkan data skunder IPA Waribang, nilai tebal media gravel unit filter tidak sesuai kriteria desain yaitu sebesar 200 mm dimana dapat dilihat pada Lampiran A.

4.3.4 Diagram *Fishbone* Non-Teknis

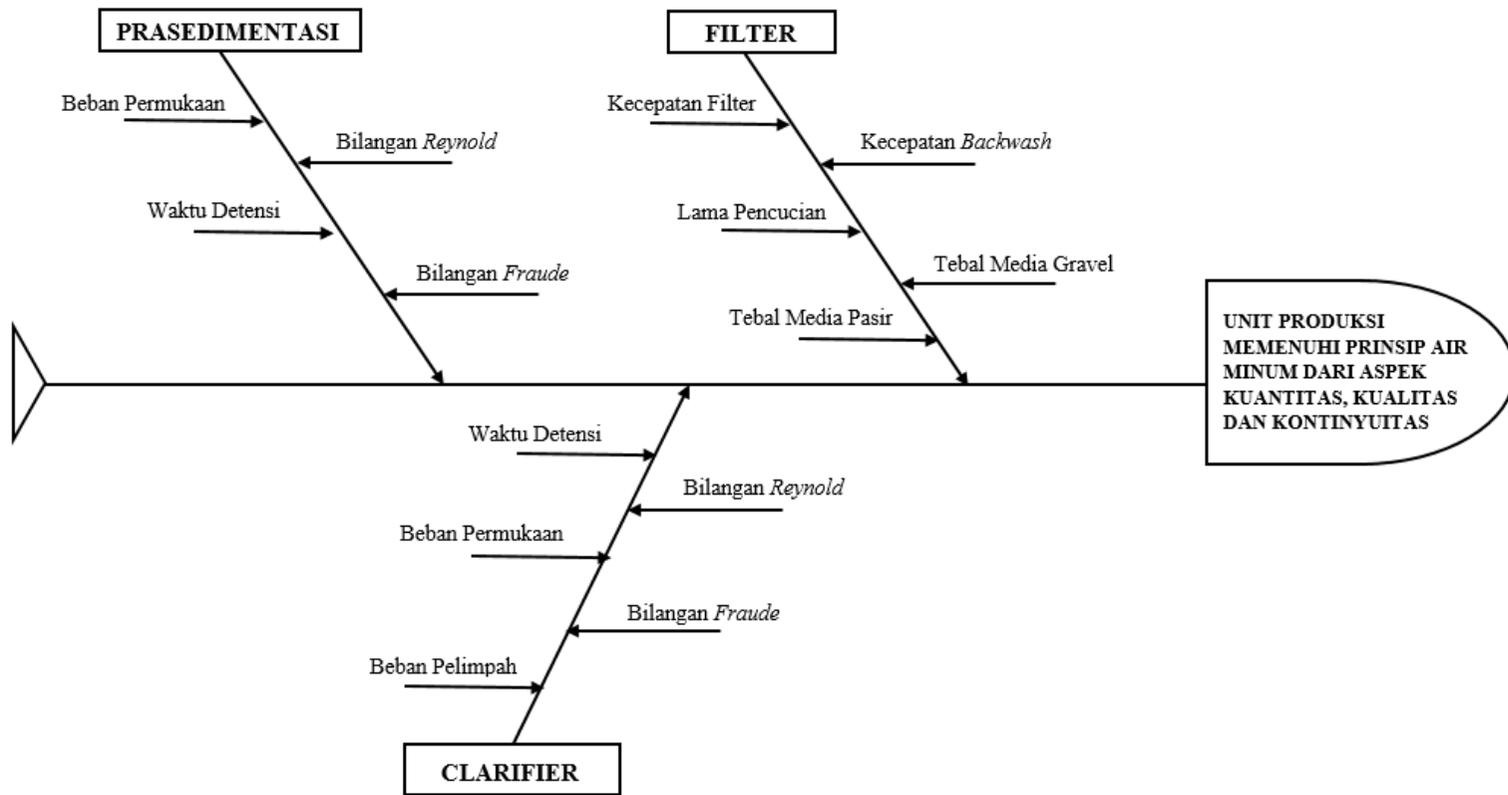
Pada diagram fishbone aspek non-teknis diperoleh dari kondisi eksisting dan hasil wawancara dengan pihak IPA Waribang mengenai sumber daya manusia dan data skunder Standar Operasional Prosedur (SOP). Berikut adalah penjelasan mengenai diagram fishbone aspek non-teknis yang menimbulkan potensi risiko kegagalan dan ketidaksesuaian terhadap peraturan yang ada.

1. Sumber Daya Manusia:

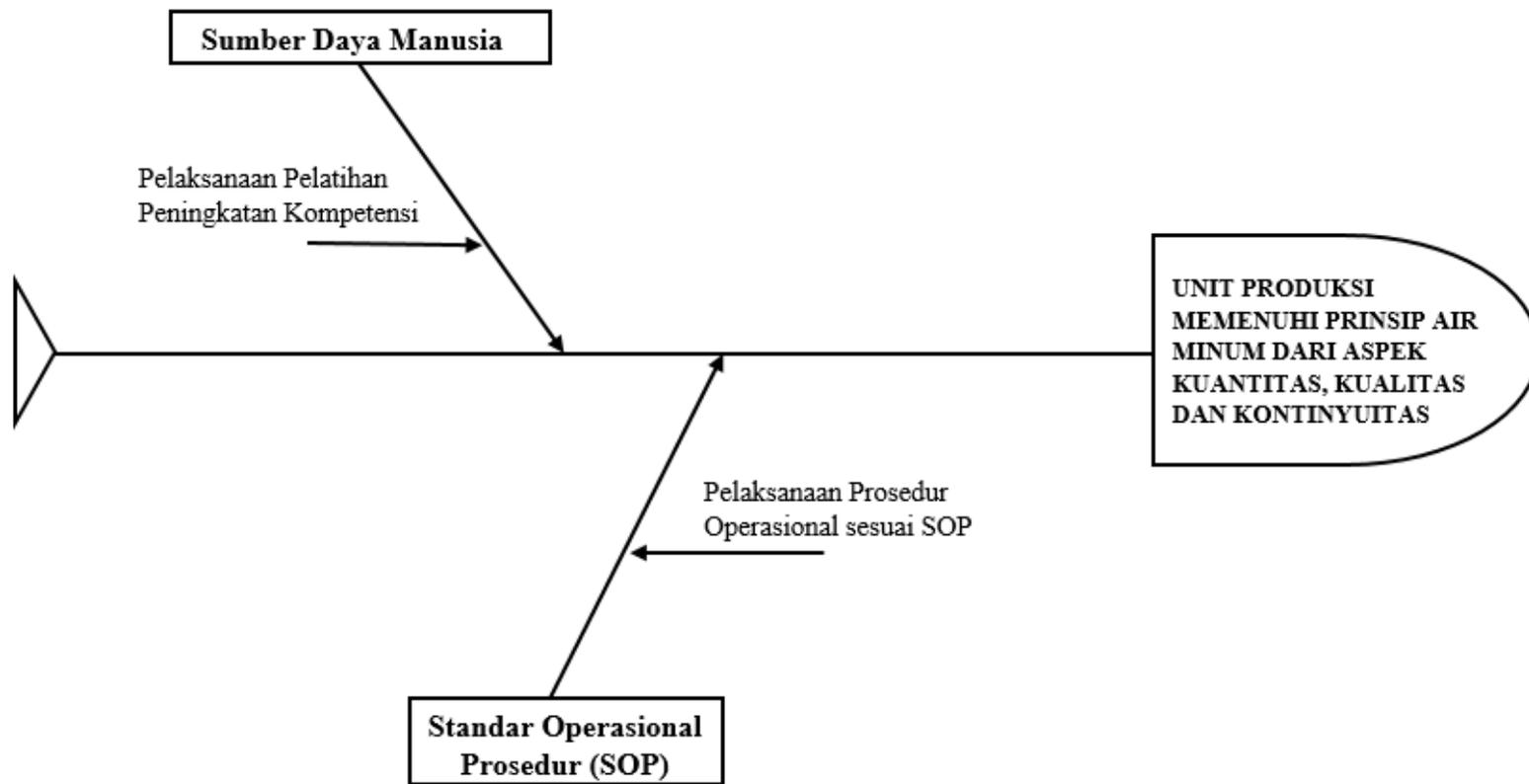
Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 20 Tahun 2016 tentang organisasi dan tata kerja unit pelaksana teknis di kementerian pekerjaan umum dan perumahan rakyat mengenai pelaksanaan pelatihan peningkatan kompetensi. Mengacu pada hasil wawancara, para tenaga kerja IPA Waribang telah mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi yang diadakan oleh Kementerian PUPR mengenai proses produksi. Pelatihan tersebut diselenggarakan satu kali dalam satu tahun. Pelatihan ini penting adanya untuk peningkatan kompetensi dalam memastikan kualitas air produksi sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010.

2. Standar Operasional Prosedur (SOP)

Berdasarkan hasil wawancara dan data skunder, pelaksanaan operasional IPA Waribang masih terdapat beberapa yang belum sesuai dengan SOP.



Gambar 4. 6 Diagram Fishbone Aspek Teknis



Gambar 4. 7 Diagram Fishbone Aspek Non-Teknis

4.4 Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)

Berdasarkan hasil data yang diperoleh dari diagram fishbone selanjutnya dilakukan analisis risiko penyebab kegagalan dengan menggunakan metode *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)*. Kegagalan yang dididentifikasi dengan cara pemberian nilai atau bobot pada masing-masing kegagalan berdasarkan atas tingkat keparahan (*severity*) dan tingkat kejadian (*likelihood*) selanjutnya menghasilkan nilai nilai risiko berupa risk assessment (R). HIRA ini dapat mengidentifikasi semua potensi kegagalan dari berbagai bagian dari suatu sistem. Dimana dari berbagai kegagalan berupa apa yang diamati untuk gagal atau bekerja semestinya.

4.4.1 Penentuan Nilai Severity

Nilai *Severity* adalah nilai tingkat keseriusan suatu masalah yang disebabkan dari kegagalan. Nilai tersebut didapatkan dari perbandingan kondisi ideal dengan kondisi eksisting sebenarnya di lapangan.

Tabel 4. 11 Kategori dan Peringkat Severity

Range Nilai	Severity of Effect for HIRA	Penilaian
<20%	Kegagalan tidak memiliki pengaruh	1
21-40%	Bentuk kegagalan berpengaruh pada hasil produksi	2
41-60%	Menyebabkan hilangnya performa dari fungsi dan berpengaruh terhadap hasil produksi	3
61-80%	Menyebabkan bahaya yang akan melampaui standar aturan pemerintah nasional dan pengurangan hasil kualitas produksi yang signifikan	4
>81%	Kegagalan menyebabkan hasil produksi tidak dapat diterima oleh konsumen	5

Tabel 4. 12 Deskripsi Skala Besar Risiko

Deskripsi Skala Besar Risiko				
Skala Besaran Risiko yang Ditimbulkan				
0	1	2	3	4
Sangat Kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Risiko yang ditimbulkan tidak berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko ditimbulkan berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko ditimbulkan menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu dan berpengaruh kepada hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan air produksi melampaui standar baku mutu

Deskripsi Skala Besar Risiko				
Skala Kondisi Eksisting				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Kondisi ideal yang diinginkan untuk dicapai, tidak menimbulkan pengaruh pada proses selanjutnya	Kondisi membuat timbulnya risiko dapat berpengaruh ke proses selanjutnya, masih batasan standar baku mutu	Kondisi membuat timbulnya risiko menyebabkan fungsi unit selanjutnya terganggu, masih standar baku mutu	Kondisi dibawah batasan baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi yang akan melampaui standar baku mutu	Kondisi telah jauh dibawah baku mutu sehingga menyebabkan hasil produksi melampaui standar baku mutu

Sumber: Carlson, 2014

➤ Aspek Teknis

A. Penentuan *Severity* pada Unit Prasedimentasi

1. Waktu Detensi

Pada Tabel 4.13, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal waktu detensi yang sesuai kriteria desain yaitu sebesar 1 – 2,5 jam. Berdasarkan perhitungan nilai waktu detensi prasedimentasi sebesar 1,90 jam.

Tabel 4. 13 Nilai *Severity* Waktu Detensi Prasedimentasi

Skala Besaran Risiko Waktu Detensi				
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
Waktu detensi 1 - 2,5 jam	Waktu detensi 2,5 jam	Waktu detensi 1 jam	Waktu detensi >2,5 jam	Waktu detensi <1 jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Waktu detensi unit prasedimentasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-5}{5} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* waktu detansi unit prasedimentasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 0%

2. Beban Permukaan

Pada Tabel 4.14, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal waktu detensi yang sesuai kriteria desain yaitu sebesar $32 - 48 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$. kemudian untuk skala 2 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan nilai beban permukaan prasedimentasi sebesar $56,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$.

Tabel 4. 14 Nilai Severity Beban Permukaan Prasedimentasi

Skala Besaran 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 - 48 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$	Beban permukaan 48 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$	Beban permukaan 32 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$	Beban permukaan > 48 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$	Beban permukaan < 32 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari beban permukaan unit clarifier dengan rumus sebagai berikut:

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

Nilai *Severity* beban permukaan unit prasedimentasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

3. Bilangan Reynold

Pada Tabel 4.15, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal Bilangan *Reynold* yang sesuai dengan kriteria desain yaitu < 2000 . Kemudian untuk skala 1 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan *Reynold* prasedimentasi sebesar 6.673,6.

Tabel 4. 15 Nilai Severity Bilangan Reynold Prasedimentasi

Skala Besaran Risiko Bilangan Reynold				
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

Skala Kondisi Eksisting				
5	4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Bilangan Reynold <2000	Bilangan Reynold 2000 - 2500	Bilangan Reynold 2501 - 3000	Bilangan Reynold 3001 - 3500	Bilangan Reynold >3501

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Bilangan *Reynold* unit prasedimentasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-1}{5} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* Bilangan *Reynold* unit prasedimentasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 80%

4. Bilangan Froude

Pada Tabel 4.16, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal Bilangan *Froude* yang sesuai kriteria desain yaitu sebesar $> 10^{-5}$. kemudian untuk skala 3 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan nilai beban permukaan prasedimentasi sebesar 1×10^{-6} .

Tabel 4. 16 Nilai Severity Bilangan Froude Prasedimentasi

Skala Besaran Risiko Bilangan Froude				
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
Bilangan Froude $>10^{-5}$	Bilangan Froude 10^{-5}	Bilangan Froude 10^{-6}	Bilangan Froude 10^{-7}	Bilangan Froude $<10^{-8}$

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Bilangan *Froude* unit prasedimentasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 Severity &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-3}{5} \times 100\% \\
 &= 40\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* Bilangan *Froude* unit prasedimentasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 40%

B. Penentuan *Severity* pada Unit Clarifier

1. Waktu Detensi

Pada Tabel 4.17, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal waktu detensi yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar 0,07 jam atau 4,2 menit. Kemudian untuk skala 3 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko sedang karena berdasarkan perhitungan nilai waktu detensi clarifier sebesar 0,56 jam atau 34,15menit.

Tabel 4. 17 Nilai *Severity* Waktu Detensi Unit Clarifier

Skala Besaran Risiko Waktu Detensi				
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
Waktu detensi 0,07 jam	Waktu detensi 0,08 - 0,29 jam	Waktu detensi 0,30 - 0,51 jam	Waktu detensi 0,52 - 0,73 jam	Waktu detensi >0,74 jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Waktu detensi unit clarifier dengan rumus sebagai berikut:

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

Nilai *Severity* waktu detensi unit clarifier berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

2. Beban Permukaan

Pada Tabel 4.18, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal beban permukaan yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar 3,8 – 7,5 m³/m².jam. Berdasarkan perhitungan nilai beban permukaan clarifier sebesar 2,20 m³/m².jam.

Tabel 4. 18 Nilai *Severity* Beban Permukaan Clarifier

Skala Besaran 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 3,8 - 7,5 m ³ /m ² .jam	Beban permukaan 7,5 m ³ /m ² .jam	Beban permukaan 3,8 m ³ /m ² .jam	Beban permukaan >7,5 m ³ /m ² .jam	Beban permukaan <3,8 m ³ /m ² .jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari beban permukaan unit clarifier dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-1}{5} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* beban permukaan unit clarifier berdasarkan hasil hitungan sebesar 80%

3. Beban Pelimpah

Pada Tabel 4.19, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal beban pelimpah yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar <11 m³/m².jam. Berdasarkan perhitungan nilai beban pelimpah clarifier sebesar 3 m³/m.jam.

Tabel 4. 19 Nilai *Severity* Beban Permukaan Clarifier

Skala Besaran 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 Pellimpah <11 m ³ /m.jam	Beban Pellimpah 12 - 14 m ³ /m.jam	Beban Pellimpah 15 - 17 m ³ /m.jam	Beban Pellimpah 18 - 20 m ³ /m.jam	Beban Pellimpah >21 m ³ /m.jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari beban pelimpah unit clarifier dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-5}{5} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* beban pelimpah unit clarifier berdasarkan hasil hitungan sebesar 0%

4. Bilangan *Reynold*

Pada Tabel 4.20, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal Bilangan *Reynold* yang sesuai dengan kriteria desain yaitu < 2000. Kemudian untuk skala 1 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan perhitungan nilai bilangan *Reynold* prasedimentasi sebesar 3.003,4.

Tabel 4. 20 Nilai Severity Bilangan Reynold Clarifier

Skala Besaran Risiko Bilangan <i>Reynold</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
Bilangan <i>Reynold</i> <2000	Bilangan <i>Reynold</i> 2000 - 2500	Bilangan <i>Reynold</i> 2501 - 3000	Bilangan <i>Reynold</i> 3001 - 3500	Bilangan <i>Reynold</i> >3501

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Bilangan *Reynold* unit prasedimentasi dengan rumus sebagai berikut:

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

Nilai *Severity* Bilangan *Reynold* unit prasedimentasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

5. Bilangan *Froude*

Pada Tabel 4.21, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal Bilangan *Froude* yang sesuai kriteria desain yaitu sebesar $> 10^{-5}$. kemudian untuk skala 3 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan nilai beban permukaan prasedimentasi sebesar 4×10^{-7} .

Tabel 4. 21 Nilai Severity Bilangan Froude Clarifier

Skala Besaran Risiko Bilangan <i>Froude</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
Bilangan <i>Froude</i> $>10^{-5}$	Bilangan <i>Froude</i> 10^{-5}	Bilangan <i>Froude</i> 10^{-6}	Bilangan <i>Froude</i> 10^{-7}	Bilangan <i>Froude</i> $<10^{-8}$

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari Bilangan *Froude* unit clarifier dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Severity} = \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\%$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\%$$

$$= 60\%$$

Nilai *Severity* Bilangan *Froude* unit clarifier berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

C. Penentuan *Severity* pada Unit Filter

1. Kecepatan Filter

Pada Tabel 4.22, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal kecepatan filter yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar 6-11 m/jam. Berdasarkan perhitungan nilai kecepatan filter filter sebesar 7,51 m/jam.

Tabel 4. 22 Nilai Severity Kecepatan Filter Unit Filter

Skala Besaran Risiko Kecepatan Filter				
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
Kecepatan Filter 6-11 m/jam	Kecepatan Filter 11 m/jam	Kecepatan Filter 6 m/jam	Kecepatan Filter >11 m/jam	Kecepatan Filter <6 m/jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari kecepatan filter unit filtrasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\ &= \frac{5-5}{5} \times 100\% \\ &= 0\% \end{aligned}$$

Nilai *Severity* kecepatan filter unit filtrasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 0%

2. Kecepatan Backwash

Pada Tabel 4.23, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal kecepatan *backwash* yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar 36-50 m/jam. Kemudian untuk skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko sangat buruk karena berdasarkan perhitungan nilai kecepatan *backwash* filter sebesar 22,7 m/jam.

Tabel 4. 23 Nilai Severity Kecepatan Backwash Unit Filter

Skala Besaran Risiko Kecepatan <i>Backwash</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
Kecepatan Backwash 36-50 m/jam	Kecepatan Backwash 50 m/jam	Kecepatan Backwash 36 m/jam	Kecepatan Backwash >50 m/jam	Kecepatan Backwash <36 m/jam

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari kecepatan Backwash unit filtrasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-1}{5} \times 100\% \\
 &= 80\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* kecepatan *backwash* unit filtrasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 80%

3. Lama Pencucian

Pada Tabel 4.24, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal lama pencucian yang sesuai dengan kriteira desain yaitu sebesar 10-15 menit. Kemudian untuk skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko baik karena berdasarkan perhitungan nilai lama pencucian filter sebesar 15 menit.

Tabel 4. 24 Nilai Severity Lama Pencucian Unit Filter

Skala Besaran Risiko Kecepatan <i>Backwash</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
Lama Pencucian 10-15 menit	Lama Pencucian 15 menit	Lama Pencucian 10 menit	Lama Pencucian >15 menit	Lama Pencucian <10 menit

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari lama pencucian unit filtrasi dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Severity} = \frac{\text{Nilai Skala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\%$$

$$= \frac{5-4}{5} \times 100\%$$

$$= 20\%$$

Nilai *Severity* lama pencucian unit filtrasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 20%

4. Tebal Media Pasir

Pada Tabel 4.25, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal tebal media pasir yang sesuai dengan kriteira desain yaitu sebesar 300-600 mm. Kemudian untuk skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan perhitungan nilai tebal media pasir filter sebesar 700 mm.

Tabel 4. 25 Nilai Severity Tebal Media Pasir Unit Filter

Skala Besaran Risiko Tebal Media Pasir				
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
Tebal Media Pasir 300- 600 mm	Tebal Media Pasir 600 mm	Tebal Media Pasir 300 mm	Tebal Media Pasir >600 mm	Tebal Media Pasir <300 mm

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari tebal media pasir unit filtrasi dengan rumus sebagai berikut:

$$Severity = \frac{Nilai\ Skala\ ideal - nilai\ skala\ eksisting}{nilai\ skala\ ideal} \times 100\%$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\%$$

$$= 60\%$$

Nilai *Severity* tebal media pasir unit filtrasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

5. Tebal Media Gravel

Pada Tabel 4.26, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal tebal media gravel yang sesuai dengan kriteria desain yaitu sebesar 80-150 mm. Kemudian untuk skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko buruk karena berdasarkan perhitungan nilai tebal media gravel filter sebesar 600 mm.

Tabel 4. 26 Nilai Severity Tebal Media Gravel Unit Filter

Skala Besaran Risiko Tebal Media Gravel				
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
Tebal Gravel 80-150 mm	Tebal Media Pasir 150 mm	Tebal Media Pasir 80 mm	Tebal Media Pasir >150 mm	Tebal Media Pasir <80 mm

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari tebal media gravel unit filtrasi dengan rumus sebagai berikut:

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

Nilai *Severity* tebal media gravel unit filtrasi berdasarkan hasil hitungan sebesar 60%

➤ **Aspek Non-Teknis**

B. Penentuan Severity pada Sumber Daya Manusia

1. Pelatihan Peningkatan Kompetensi

Pada Tabel 4.27, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal pelatihan peningkatan kompetensi. Berdasarkan hasil wawancara, para tenaga kerja IPA Waribang telah mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi yang berasal dari Kementerian PUPR mengenai proses produksi. Pelatihan tersebut diikuti satu kali dalam satu tahun.

Tabel 4. 27 Nilai Severity Pelatihan Peningkatan Kompetensi Sumber Daya Manusia

Skala Besaran Risiko Severity Pelatihan Peningkatan Kompetensi				
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
Tahu dan mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi	Tahu namun baru mulai mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi	Tahu dan berencana mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi	Tidak tahu dan berencana mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi	Tidak tahu, tidak mengikuti pelatihan peningkatan kompetensi apapun

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari pelatihan peningkatan kompetensi sumber daya manusia dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai SKala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-5}{5} \times 100\% \\
 &= 0\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* pelatihan peningkatan kompetensi sumber daya manusia berdasarkan hasil hitungan sebesar 0%.

B. Standar Operasional Prosedur (SOP)

1. SOP Pengoperasian dan Pemeliharaan

Pada Tabel 4.28, kolom berwarna biru merupakan kolom yang menggambarkan kondisi ideal penerapan SOP pengoperasian dan pemeliharaan IPA Waribang. Kemudian untuk skala 3 pada kolom berwarna merah merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko sedang karena berdasarkan hasil wawancara, penerapan SOP ada beberapa yang tidak dilaksanakan dengan baik.

Tabel 4. 28 Nilai Severity SOP Pengoperasian dan Pemeliharaan

Skala Besaran Risiko Severity Pelatihan Peningkatan Kompetensi				
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
Tahu, menggunakan, dan mengikuti prosedur	Tidak tahu, menggunakan, dan mengikuti prosedur sesuai	Tahu, menggunakan, namun melanggar beberapa ketentuan	Tidak tahu, menggunakan, namun melanggar beberapa ketentuan	Tidak tahu dan tidak menggunakan

Berdasarkan hasil perkiraan kondisi eksisting tersebut, maka dapat dihitung nilai *Severity* dari SOP pengoperasian dan pemeliharaan dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Severity} &= \frac{\text{Nilai SKala ideal} - \text{nilai skala eksisting}}{\text{nilai skala ideal}} \times 100\% \\
 &= \frac{5-3}{5} \times 100\% \\
 &= 40\%
 \end{aligned}$$

Nilai *Severity* SOP pengoperasian dan pemeliharaan berdasarkan hasil hitungan sebesar 40%.

Penentuan hasil perhitungan persentase nilai *Severity* (S) pada metode HIRA telah dilakukan pada setiap faktor risiko yang berasal dari diagram *fishbone*. Selanjutnya dapat ditentukan peringkat dari *Severity* (S) yang dapat dilihat pada Tabel 4.29 dan Tabel 4.30.

Tabel 4. 29 Peringkat *Severity* (S) Aspek Teknis

Faktor Risiko	Nilai Severity	Peringkat
Prasedimentasi		
Waktu Detensi	0%	1
Beban Permukaan	60%	3
Bilangan Reynold	80%	4
Bilangan Froude	40%	2
Clarifier		
Waktu Detensi	60%	3
Beban Permukaan	80%	4
Beban Pelimpah	0%	1
Bilangan Reynold	60%	3
Bilangan Froude	60%	3
Filter		
Kecepatan Filter	0%	1
Kecepatan Backwash	80%	4
Lama Pencucian	20%	1
Tebal Media Pasir	60%	3
Tebal Media Gravel	60%	3

Tabel 4. 30 Peringkat *Severity* (S) pada Aspek Non-Teknis

Faktor Risiko	Nilai Severity	Peringkat
Sumber Daya Manusia		
Pelaksanaan Pelatihan Peningkatan Kompetensi	0%	1
Standar Operasional Prosedur (SOP)		
Pelaksanaan Prosedur Operasional sesuai SOP	40%	2

4.4.1 Penentuan Nilai *Likelihood* (L)

Likelihood merupakan penentuan nilai peringkat sesuai dengan jumlah frekuensi atau jumlah kumulatif kegagalan yang terjadi yang disebabkan oleh penyebab tertentu. Menurut AS/NZS 4360:2004, peluang kemungkinan dari suatu kegagalan yang terjadi dapat

dikategorikan menjadi skala 1-5. Dimana nilai atau peringkat 5 merupakan tingkat frekuensi kejadian sangat sering dengan keterangan kegagalan tidak dapat dihindari. Sedangkan nilai atau peringkat 1 merupakan tingkat frekuensi kejadian sangat rendah atau tidak pernah terjadi dengan keterangan kegagalan mustahil atau terkecil yang diharapkan.

Tabel 4. 31 Penilaian Likelihood (L)

<i>Likelihood</i>	Probability of Failure	Penilaian
Tidak pernah	Kegagalan terkecil yang diharapkan	1
Jarang	Kegagalan dapat diatasi dan tidak mempengaruhi proses selanjutnya	2
Cukup sering	Kegagalan mempengaruhi proses selanjutnya namun tidak dalam jumlah besar atau berdampak signifikan	3
Sering	Kegagalan mempengaruhi proses selanjutnya dan memiliki dampak besar	4
Sangat sering	Kegagalan tidak dapat dihindari	5

Penentuan nilai *Likelihood* dalam kajian penelitian ini mempertimbangkan banyaknya kegagalan yang terjadi pada unit pengolahan yang ada di IPA Waribang Kota Denpasar yang dapat dilihat perhitungan unit setiap bulannya pada Lampiran A. Penentuan batasan penilaian *Likelihood* (L) dapat dilihat mulai pada Tabel 4.32.

Tabel 4. 32 Batasan Penilaian Likelihood

<i>Likelihood</i>	Kriteria Frekuensi	Peringkat
Tidak pernah	≤ 1 kejadian dalam 2 tahun	1
Jarang	2-7 kejadian dalam 2 tahun	2
Cukup sering	8-13 kejadian dalam 2 tahun	3
Sering	14-18 kejadian dalam 2 tahun	4
Sangat sering	≥ 19 kejadian dalam 2 tahun	5

➤ **Aspek Teknis**

A. Penilaian Likelihood (L) Unit Prasedimentasi

Pada Tabel 4.33 merupakan tabel penilaian Likelihood (L) pada unit prasedimentasi.

Tabel 4. 33 Penilaian Likelihood (L) Unit Prasedimentasi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2-7	8-13	14-18	≥ 19

		dalam 2 tahun	dalam 2 tahun	dalam 2 tahun	Dalam 2 tahun	dalam 2 tahun
1	Waktu Detensi					
2	Beban Permukaan					
3	Bilangan Reynold					
4	Bilangan Froude					

Berdasarkan perhitungan unit eksisting dalam 2 tahun beban permukaan, bilangan Reynold, dan bilangan Froude prasedimentasi melebihi ketentuan atau tidak sesuai kriteria yang ditetapkan. Berdasarkan ketidaksesuaian yang setiap hari nilainya tetap (tidak berubah), maka penyebab potensial yang tidak sesuai dilakukan setiap hari akan mempengaruhi pengendapan pada prasedimentasi. Hal tersebut dapat menyebabkan efisiensi penurunan kekeruhan pada prasedimentasi tidak optimal. Dapat disimpulkan bahwa kegagalan penyebab potensial tersebut tidak dapat dihindari atau sangat sering sehingga mendapatkan skala 3, 4 dan 5. Kemudian untuk penyebab potensial waktu detensi mendapatkan skala 1 karena berdasarkan perhitungan unit eksisting telah sesuai kriteria desain dan kejadian kurang dari sama dengan satu dalam 2 tahun. Perhitungan nilai *Likelihood* (L) unit prasedimentasi dapat dilihat pada Lampiran A.

B. Penilaian *Likelihood* (L) Unit Clarifier

Pada Tabel 4.34 merupakan tabel penilaian *Likelihood* (L) pada unit clarifier.

Tabel 4. 34 Penilaian Likelihood (L) Unit Clarifier

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian				
		1	2	3	4	5
		≤ 1 dalam 2 tahun	2-7 dalam 2 tahun	8-13 dalam 2 tahun	14-18 Dalam 2 tahun	≥ 19 dalam 2 tahun
1	Waktu Detensi					
2	Beban Permukaan					
3	Beban Pelimpah					
4	Bilangan Reynold					
5	Bilangan Froude					

Berdasarkan perhitungan unit eksisting dalam 2 tahun waktu detensi, beban permukaan, bilangan *Reynold* dan bilangan *Froude* clarifier melebihi ketentuan atau tidak sesuai kriteria yang ditetapkan. Berdasarkan ketidaksesuaian yang setiap hari nilainya tetap (tidak berubah), maka penyebab potensial yang tidak sesuai dilakukan setiap hari akan mempengaruhi pengendapan pada clarifier. Hal tersebut dapat menyebabkan efisiensi penurunan kekeruhan pada clarifier tidak optimal. Dapat disimpulkan bahwa kegagalan penyebab potensial tersebut tidak dapat dihindari atau sangat sering sehingga mendapatkan skala 4 dan 5.

Kemudian untuk penyebab potensial beban permukaan dan beban pelimpah mendapatkan skala 1 karena berdasarkan perhitungan unit eksisting telah sesuai kriteria desain dan kejadian kurang dari sama dengan satu dalam 2 tahun. Perhitungan nilai *Likelihood* (L) unit clarifier dapat dilihat pada Lampiran A.

C. Penilaian *Likelihood* (L) Unit Filter

Pada Tabel 4.35 merupakan tabel penilaian *Likelihood* (L) pada unit filter.

Tabel 4. 35 Penilaian Likelihood (L) Unit Filter

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian				
		1	2	3	4	5
		≤ 1 dalam 2 tahun	2-7 dalam 2 tahun	8-13 dalam 2 tahun	14-18 Dalam 2 tahun	≥ 19 dalam 2 tahun
1	Kecepatan Filter					
2	Kecepatan Backwash					
3	Lama Pencucian					
4	Tebal Media Pasir					
5	Tebal Media Gravel					

Berdasarkan perhitungan unit eksisting dalam 2 tahun kecepatan Backwash, tebal media pasir, dan tebal media antrasit filter melebihi ketentuan atau tidak sesuai kriteria yang ditetapkan. Berdasarkan ketidaksesuaian yang setiap hari nilainya tetap (tidak berubah), maka penyebab potensial yang tidak sesuai dilakukan setiap hari akan mempengaruhi kinerja filter. Hal tersebut dapat menyebabkan efisiensi penurunan kekeruhan pada filter tidak optimal. Dapat disimpulkan bahwa kegagalan penyebab potensial tersebut tidak dapat dihindari atau sangat sering sehingga mendapatkan skala 4 dan 5. Kemudian untuk penyebab potensial kecepatan filter dan lama pencucian mendapatkan skala 1 karena berdasarkan perhitungan unit eksisting telah sesuai kriteria desain dan kejadian kurang dari sama dengan satu dalam 2 tahun. Perhitungan nilai *Likelihood* (L) unit filter dapat dilihat pada Lampiran A.

➤ Aspek Non-Teknis

A. Penilaian *Likelihood* (L) Sumber Daya Manusia

Pada Tabel 4.36 merupakan tabel penilaian *Likelihood* (L) pada sumber daya manusia

Tabel 4. 36 Penilaian Likelihood (L) Sumber Daya Manusia

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian				
		1	2	3	4	5
		≤ 1 dalam 2 tahun	2-7 dalam 2 tahun	8-13 dalam 2 tahun	14-18 Dalam 2 tahun	≥ 19 dalam 2 tahun
1	Pelaksanaan Pelatihan Peningkatan Kompetensi					

Berdasarkan hasil wawancara, untuk penyebab potensial pelatihan peningkatan kompetensi yang berasal dari Kementerian PUPR mendapatkan skala 1 karena berdasarkan perhitungan unit eksisting telah sesuai dan kejadian yaitu satu dalam 2 tahun. Perhitungan nilai *Likelihood* (L) sumber daya manusia dapat dilihat pada Lampiran A.

B. Penilaian *Likelihood* (L) Standar Operasional Prosedur (SOP)

Pada Tabel 4.37 merupakan tabel penilaian *Likelihood* (L) pada sumber daya manusia.

Tabel 4. 37 Penilaian *Likelihood* (L) Standar Operasional Prosedur (SOP)

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian				
		1	2	3	4	5
		≤ 1 dalam 2 tahun	2-7 dalam 2 tahun	8-13 dalam 2 tahun	14-18 Dalam 2 tahun	≥ 19 dalam 2 tahun
1	Pelaksanaan Prosedur Operasional sesuai SOP					

Berdasarkan kondisi eksisting dan hasil wawancara, pelaksanaan prosedur operasional masih belum dilaksanakan dengan baik. Masih terdapat beberapa aspek yang dilanggar dalam hitungan 2 tahun sehingga mendapatkan skala 3. Perhitungan nilai *Likelihood* (L) Standar Operasional Prosedur (SOP) dapat dilihat pada Lampiran A.

4.4.2 Penentuan *Risk Assessment* (R)

Setelah melakukan penentuan masing-masing nilai *Severity* dan *Likelihood* maka didapatkan nilai R. Nilai R merupakan hasil perkalian dari *Severity* dan *Likelihood* (Trisna, et.al,2019). Berikut merupakan persamaan matematis R:

$$R = (S) \times (L)$$

Berikut merupakan Tabel 4.47 dan Tabel 4.48 yaitu hasil perhitungan persamaan matematis *Risk Assessment* (R) aspek teknis dan aspek non-teknis.

Tabel 4. 38 Hasil Perhitungan Risk Assessment (R) Aspek Teknis

Unit	Kegagalan Potensial	Dampak Kegagalan	S	L	R
Prasedimentasi	Waktu Detensi	Pengendapan tidak optimal berakibat pada tidak menurunnya kadar kekeruhan	1	1	1 <i>(Low)</i>
	Beban Permukaan	Tidak menurunkan nilai kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	3	4	12 <i>(Medium)</i>
	Bilangan Reynold	Penurunan kekeruhan tidak optimal akibat aliran turbulen	4	5	20 <i>(High)</i>
	Bilangan Froude	Pengendapan tidak optimal berakibat pada tidak menurunnya kadar kekeruhan	2	3	6 <i>(Medium)</i>
Clarifier	Waktu Detensi	Partikel koloid tidak dapat berikatan membentuk endapan dan menyebabkan kekeruhan	3	4	12 <i>(Medium)</i>
	Beban Permukaan	Tidak menurunkan nilai kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	4	5	20 <i>(High)</i>
	Beban Pelimpah	Adanya penggerusan partikel sehingga mengganggu proses pengendapan dan mempengaruhi kekeruhan	1	1	1 <i>(Low)</i>
	Bilangan Reynold	Penurunan kekeruhan tidak optimal akibat aliran turbulen	3	4	12 <i>(Medium)</i>
	Bilangan Froude	Pengendapan tidak optimal berakibat pada tidak menurunnya kadar kekeruhan	3	4	12 <i>(Medium)</i>

Unit	Kegagalan Potensial	Dampak Kegagalan	S	L	R
Filter	Kecepatan Filter	Kecepatan filtrasi meningkat mengakibatkan efektivitas filtrasi dan berpengaruh pada penurunan kekeruhan	1	1	1 (Low)
	Kecepatan Backwash	Penguraian media tidak optimal mengakibatkan kotoran tidak terangkat dan mempengaruhi kekeruhan	4	5	20 (High)
	Lama Pencucian	Pengendapan tidak optimal berakibat pada tidak menurunnya kadar kekeruhan	1	2	2 (Low)
	Tebal Media Pasir	Luas permukaan penahan partikel tidak sesuai sehingga mempengaruhi kekeruhan	3	4	12 (Medium)
	Tebal Media Antrasit	Luas permukaan penahan partikel tidak sesuai sehingga mempengaruhi kekeruhan	3	4	12 (Medium)

Tabel 4. 39 Hasil Perhitungan Risk Assessment (R) Aspek Non-Teknis

Unit	Kegagalan Potensial	Dampak Kegagalan	S	O	R
Sumber Daya Manusia	Pelaksanaan Pelatihan Peningkatan Kompetensi	Adanya kegagalan pada sistem produksi	1	1	1 (Low)
Standar Operasional Prosedur (SOP)	Pelaksanaan Prosedur Operasional sesuai SOP	Kualitas air hasil produksi menurun tidak sesuai dengan baku mutu	2	3	6 (Medium)

Tabel 4. 40 Kategori Risiko

Nilai	Kategori	Deskripsi
1 – 4	<i>Low Risk</i>	Risiko yang terjadi dianggap sebagai suatu hal yang wajar dan mungkin tidak perlu dilakukannya suatu tindakan. Namun jika risiko dapat diselesaikan secara cepat dan efisien, pengendalian dapat dilakukan.
5 – 12	<i>Medium Risk</i>	Risiko yang dihasilkan membutuhkan suatu pengendalian terencana dan menerapkan penilaian sementara jika diperlukan. Tindakan pengendalian harus tercatat pada dokumen penilaian risiko termasuk hari atau tanggal kejadian penyelesaian.
13 – 25	<i>High Risk</i>	Risiko yang dihasilkan memerlukan tindakan pengendalian segera sesuai dengan hirarki control. Tindakan pengendalian harus tercatat pada dokumen penilaian risiko termasuk hari atau tanggal kejadian penyelesaian.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Kualitas air baku Sungai Ayung yang diolah oleh IPA Waribang dengan klasifikasi beberapa parameter kualitas air, termasuk dalam baku mutu air minum kelas III sesuai Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021. Hasil uji kualitas air produksi pada IPA Waribang telah memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010. Rata-rata efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi sebesar 30% (tidak memenuhi persentase removal), unit filter sebesar 79% (tidak memenuhi persentase removal) dan unit clarifer sebesar 93% (memenuhi persentase removal). Maka dapat disimpulkan bahwa efisiensi penyisihan kekeruhan pada ketiga unit pengolahan, belum sesuai dengan persentase removal yang seharusnya. kemudian dalam aspek pelaksanaan prosedur operasional masih belum sesuai dengan SOP yang ada.
2. Didapatkan nilai *Risk Assessment* (R) tertinggi pada aspek teknis yaitu bilangan *reynold* unit prasedimentasi, beban permukaan unit clarifier dan kecepatan *backwash* unit filter dengan masing-masing nilai 20. Sedangkan nilai *Risk Assessment* (R) tertinggi pada aspek non-teknis yaitu pelaksanaan prosedur operasional sesuai SOP dengan nilai 6.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan data lebih baik dilakukan secara primer atau hasil analisis pribadi, sehingga data yang didapatkan lebih optimal.
2. Diperlukan tambahan analisis lanjutan dengan mengevaluasi efektifitas dalam mengurangi setiap penyebab risiko kegagalan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, T. 2018. Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan Dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka. Tesis. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Abuzar. S.S, dan Pramono, R. 2014. Efektivitas Penurunan Kekeruhan Dengan Direct Filtration Menggunakan Saringan Pasir Cepat (SPC). Prosiding SNSTL I
- Amanda, B.A., Moesriati, A., dan Karnaningroem, N. 2016. “Penilaian Risiko Adanya Total Koliform Pada Air Produksi IPA X Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis”. Jurnal Teknik ITS. Vol. 5 No. 2
- Andiyani, F., Mariawati, A.S., dan Umyati, A. 2017. “Analisis Penerapan Keselamatan Kerja Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assessment (HIRA) Dengan Pendekatan Fault Tree Anlysis (FTA).” Journal Industrial Servicess Vol. 3c, No. 1
- Aulia, N. 2016. Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto dan Fishbone Diagram. Skripsi. Universitas Brawijaya
- Astari, R dan Iqbal, T. 2009. “Kualitas Air dan Kinerja Unit Pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Minum Institut Teknologi Bandung. Laporan Penelitian
- Bhaskoro G.R dan Ramadhan T. 2018. “Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Secara Kuantitatif” Jurnal Presipitasi Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan Vol. 15 No.2
- Carlson, C. S. 2014. “Understanding and Applying the Fundamentals of FMEAs”. Annual Reliability and Maintainability Symposium (RAMS)
- Claxton, K., & Campbell-Allen, N. M. 2017. “Failure modes effects analysis 202 (FMEA) for review of a diagnostic genetic laboratory process”. International Journal of Quality & Reliability Management, 34(2), 265–277.
- Davison, A., Howard G., Stevens, M., Callan, P., Fewtrell, L., Deere, D., & Bartram, J. 2005. “Water Safety Plans Managing Drinking-Water Quality from Catchment to Customer” US: World Health Organisation
- Droste, R. dan Gehr, R. 2019. Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment : John Wiley & Sons, Inc
- Egerton A.J. 1996. “Achieving reliable and cost effective water treatment” Water Science and Technology Vol. 33, No. 2 143-149
- EPA. 1995. Water Treatment Manuals: Filtration. Ireland : The Environmental Protection Agency.
- Fitrianti, N. 2016. Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Skripsi. Insitut Teknologi Sepuluh Nopember
- Hasbullah, H., Kholil, M., dan Santowo, D.A. 2017. “Analisis Kegagalan Proses Insulasi Pada Produksi Automotive Wires (AW) Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Pada PT JLC.” SINERGI Vol. 21, No. 3

- Hermanto, J., Yusuf, W., dan Jati, D.R. 2013. “Evaluasi dan Optimalisasi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPA I) Sungai Sengkuang PDAM Tirta Pancur Aji Kota Sanggau.” *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*.
- Hidayat, I. dan Pratiwi, S. E. 2013. “Analisa Faktor Penyebab Kegagalan Mesin Grinder Pada Proses Produksi Plastic Film Di PT. Mutiara Hexagon”. *Sinergi Engineering Online Journal*. 17 (3): 255-261.
- Kholil, M. dan Rimawan, E. 2004. “Analisis Kegagalan Desain Komponen Element Cover (ELCO) Oil Filter dengan Metode FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) di PT. Selamat Sempurna Tbk” *Jurnal Ilmiah Industri*
- Kurniawan, B., Herni, E., dan Suroto. 2018. “Analisis HIRA (*Hazard Identification And Risk Assessment*) Pada Instansi X Di Semarang.” *Jurnal kesehatan masyarakat (e-Journal)* Vol. 6, No. 5
- Marsono, B. D. 2016. Evaluasi Kinerja Filter Cepat Di PDAM Sidoarjo Dengan Metoda Filter Coring. *Jurnal Purifikasi*, Vol 16 No 2
- Metcalf, dan Eddy. 2014. *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery 5th*. New York : Mc. Graw Hill Education
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengoperasian dan Pemeliharaan Minum
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2001 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Pratama, H., Handayani, Y.L., dan Sujatmoko, B. 2017. “Efektifitas Backwashing untuk Menjaga Kinerja Rapid Sand Filter Di Daerah Gambut”. *Jurnal Fakultas Teknik. Universitas Riau, Pekanbaru*
- Puspitasari, N.B. dan Martanto, A. 2014. “Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) Studi Kasus PT. Asuputex Jaya Tegal”. *J@TI Undip Jurnal Teknik Industri* 9 (2): 93-98.
- Risdianto, D. 2007. Optimasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu (Studi Kasus PT. Sido Muncul). Tesis. Univeristas Diponegoro
- Rusdi, Purnomo, T.B., dan Pratama, R. 2014. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Terhadap Ph, Kekeruhan dan Warna Air Waduk Krenceng”. *Jurnal Integrasi Prses* Vol. 5 No. 1
- Saputra, D.G.T.B. 2016. “Analisis Kualitas Fisika Perairan Berdasarkan Nilai Padatan Tersuspensi dan Kekeruhan Perairan di Bendungan Telaga Tunjung Desa Timpag, Kecamatan Kerambitan, Kabupaten Tabanan – Bali”. *ECOTROPHIC*. Vol 10 No 2
- Standar Standar Australia / New Zealand 4360. 2004. Manajemen Risiko – Teknik Penilaian Risiko.
- Standar Nasional Indonesia 6774. 2008. Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air.
- Sunaya, M.U.L. 2019. Kajian Sistem Produksi Air Minum Dalam Kemasan Produk Perusahaan X

- dengan Menggunakan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP). Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Suryani, F. 2018. “Penerapan Metode Diagram Sebab Akibat (*Fish Bone* Diagram) dan FMEA (*Failure Mode and Effect*) dalam Menganalisa Resiko Kecelakaan Kerja di PT. Pertamina Talisman Jambi Merang”. *Journal Industrial Services* 3, 2:63-69.
- Widyaningrum, C.R. 2016. Analisis Penurunan Kinerja Unit Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karang Pilang I Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Yudo, S., dan Said, N.I. 2019. “Kondisi Kualitas Air Sungai Surabaya Studi Kasus: Peningkatan Kualitas Air Baku PDAM Surabaya”. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. Vol. 20, No. 1.
- Yulianti, P.C. 2012. “Studi Literatur Desain Unit Prasedimentasi Instalasi Pengolahan Air Minum”. *Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Zhao, X., & Bai, X. 2010. “The application of FMEA method in the risk management of medical device during the lifecycle” 2nd International Conference on E-Business and Information System Security, EBISS2010, 455– 458

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN UNIT PRASEDIMENTASI

Debit total (Q total)	=	165,52 L/detik
	=	0,1655 m ³ /detik
Jumlah bak	=	2 bak
Q tiap bak	=	0,083 m ³ /detik
	=	298 m ³ /jam
Panjang	=	28 m
Lebar	=	4,5 m
Kedalaman	=	4,5 m
Luas permukaan (As)	=	P x L
	=	28 m x 4,5 m
	=	126 m ²
Volume tiap bak	=	P x L x H
	=	567 m ³
Td	=	$\frac{vol}{Q}$
	=	$\frac{298 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,083 \text{ m}^3/\text{detik}}$
	=	6851 detik
	=	114 menit
	=	1,9 jam
Beban permukaan	=	$\frac{Q \text{ bak}}{As}$
	=	$\frac{298 \text{ m}^3/\text{jam}}{126 \text{ m}^2}$
	=	2,365 m ³ /m ² .hari
	=	56,7 m ³ /m ² .hari

$$\begin{aligned}
\text{Beban pelimpah} &= \frac{Q}{As} \\
&= \frac{0,083 \text{ m}^3/\text{detik}}{(4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m})} \\
&= 0,0041 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{detik} \\
&= 7,4667 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \\
\text{Kecepatan horizontal} &= \frac{Qbak}{L \times H} \\
&= \frac{0,083 \text{ m}^3/\text{detik}}{4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}} \\
&= 0,0041 \text{ m/detik} \\
\text{Suhu rata-rata} &= 25 \text{ }^\circ\text{C} \\
\text{Viskositas Kinematis (v)} &= 0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik} \\
\text{R (jari-jari hidrolis)} &= \frac{L \times H}{L + 2H} \\
&= \frac{4,5 \text{ m} \times 4,5 \text{ m}}{4,5 \text{ m} + 2(4,5 \text{ m})} \\
\text{Bilangan Reynold} &= \frac{Vh \times R}{v} \\
&= \frac{0,0011 \text{ m/detik} \times 1,5 \text{ m}}{0,9186 \times 10^{-6}} \\
&= 6.673,6 \text{ m} \\
\text{Bilangan Froude} &= \frac{Vh^2}{G \times H} \\
&= \frac{0,0041^2 \times 1,5 \text{ m}}{0,9186 \times 10^{-6} \times 1,5 \text{ m}} \\
&= 1 \times 10^{-6} \text{ m} \\
\text{Periode antar pengurasan lumpur} &= 1 \text{ tahun sekali}
\end{aligned}$$

Tabel Kondisi Eksisting dan Kriteria Desain Prasedimentasi

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
Waktu Detensi	1 - 2,5 jam	1,90	OK
Beban Permukaan	32 - 48 m ³ /m ² .hari	56,7	TM

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
Bilangan Reynold	< 2000	6.673	TM
Bilangan Froude	> 10 ⁻⁵	0,000001	TM
Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain Metcalf & Eddy	Kondisi Eksisting	Ket
Kedalaman Bak	1 - 3m	4,5	TM

Keterangan:

- TM = Tidak memenuhi
- OK = Telah memenuhi kriteria desain

PERHITUNGAN UNIT CLARIFIER

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah bak} &= 6 \text{ bak} \\
 \text{Panjaang} &= 9 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 5 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 2,5 \text{ m} \\
 \text{Diameter Lubang} &= 0,3 \text{ m} \\
 \text{Debit rata-rata V-notch} &= 0,1 \text{ L/detik} \\
 &= 0,0001 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 K &= 0,04 \\
 f &= 0,02 \\
 \text{Lebar weir} &= 0,5 \text{ m} \\
 Q &= 0,1655 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Q tiap bak} &= \frac{Q}{\text{bak}} \\
 &= \frac{0,1655 \text{ m}^3/\text{detik}}{6 \text{ bak}} \\
 &= 0,028 \text{ m}^3/\text{detik} \\
 \text{Volume} &= P \times L \times H \\
 &= 9 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m} \\
 &= 112,50 \text{ m}^3 \\
 \text{Td} &= \frac{112,50 \text{ m}^3}{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}} \\
 &= 4.078 \text{ detik} \\
 &= 34,15 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2,365 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\
&= 56,7 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\
\text{Beban permukaan} &= \frac{Q_{bak}}{A_s} \\
&= \frac{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}}{(9 \text{ m} \times 5 \text{ m})} \\
&= 0,0006 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{detik} \\
&= 2,20 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{jam} \\
\text{Beban pelimpah} &= \frac{Q_{v - notch}}{A_s} \\
&= \frac{0,0001 \text{ m}^3/\text{detik}}{5 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}} \\
&= 3 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari} \\
\text{Kecepatan horizontal (Vh)} &= \frac{Q_{bak}}{L \times H} \\
&= \frac{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}}{2,5 \text{ m} \times 5 \text{ m}} \\
&= 0,002 \text{ m/detik} \\
\text{Kecepatan settling (Vs)} &= \frac{H}{t} \\
&= \frac{2,5 \text{ m}}{4.078 \text{ detik}} \\
&= 0,0006 \text{ m/s} \\
\text{Kecepatan settler:} &= \frac{V_h^2}{G \times H} \\
\text{A lubang} &= \frac{3}{2} \times R^2 \times \sqrt{3} \\
&= \frac{3}{2} \times (0,3\text{m})^2 \times \sqrt{3} \\
&= 0,23 \text{ m}^2 \\
\text{V settler} &= \frac{Q \text{ tiap bak}}{A} \\
&= \frac{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,23} \\
&= 0,12 \text{ m/s} \\
&= 0,002 \text{ m/menit} \\
\text{Diameter pertikel (D)} &= \frac{(18 \times V_s \times s)^{1/2}}{(g(Sg - 1))^{1/2}}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{(18 \times 1,3 \times 10^{-3} - 3 \times 0,9186 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{detik})^{1/2}}{(9,81 \text{ m/s} (1,02 - 1))^{1/2}} \\
&= 3 \times 10^{-3} \text{ m} \\
\text{Kontrol penggerusan (Vsc)} &= \left(\frac{(8 \times k \times (sg - 1) \times g) \times D}{f} \right)^{0,5} \\
&= \left(\frac{(8 \times 0,04 \times (1,02 - 1) \times 9,81) \times 3 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,02} \right)^{0,5} \\
&= 0,032 \text{ m/s} \\
\text{R (jari-jari hirolis)} &= \frac{L \times H}{L + 2H} \\
&= 1,25 \text{ m} \\
\text{Bilangan Reynold} &= \frac{V_h \times R}{\nu} \\
&= \frac{0,02 \text{ m/detik} \times 1,25 \text{ m}}{0,9186 \times 10^{-6}} \\
&= 3.003 \text{ m} \\
\text{Bilangan Froude} &= \frac{V_h^2}{G \times H} \\
&= \frac{0,002^2}{0,9186 \times 10^{-6} \times 1,25 \text{ m}} \\
&= 4 \times 10^{-7}
\end{aligned}$$

Tabel Kondisi Eksisting dan Kriteria Desain Clarifier

Spesifikasi teknis	Kriteria Desain SNI 6774:2008	Kondisi Eksisting	Ket
Waktu Detensi	0,07 jam (4,2 menit)	34,15	TM
Beban Permukaan	3,8-7,5 m ³ /m ² .hari	2,20	TM
Beban Pelimpah	< 11 m ³ /m.hari	3	OK
Nre	<2000	3003	TM
Nfr	>10-5	0,0000004	TM
Kecepatan Pada Settler	<0,15 m/menit	0,002	OK
Kemiringan Tube/Plate	30'/60'	60'	OK

Keterangan:

- TM = Tidak memenuhi
- OK = Telah memenuhi kriteria desain

PERHITUNGAN UNIT FILTER

Media Filter

a. Media pasir silika

- Ketebalan pasir silika = 700 mm
- Specific gravity (Ss) = 2,6 g/cm³
- Shape factor (ψ) = 0,83
- Porositas (f) = 0,4
- Diameter media = 1,4 – 3 mm

Media Filter

b. Media pasir silika =

- Ketebalan gravel = 200 mm
- Porositas (f) = 0,20
- Diameter media = 10 – 20 mm

Jumlah filter = 6 bak

Panjang = 6,75 m

Lebar = 2,35 m

Kedalaman = 3,5 m

Volume bak = P x L x H
= 6,75 m x 2,35 m x 3,5 m
= 55,52 m³

Q total = 0,1655 m³/detik

Q tiap bak = $\frac{Q}{bak}$
= $\frac{0,1655 \text{ m}^3/\text{detik}}{6 \text{ bak}}$

= 0,028 m³/detik

Td = $\frac{vol}{Q}$

= $\frac{55,52 \text{ m}^3}{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}}$

= 2012,5 detik

= 0,56 jam

$$\begin{aligned}
\text{Luas permukaan (As)} &= P \times L \\
&= 6,75 \text{ m} \times 2,35 \text{ m} \\
&= 15,86 \text{ m}^2 \\
\text{Kecepatan filter (Vf)} &= \frac{Q}{As} \\
&= \frac{0,1655 \text{ m}^3/\text{detik}}{15,86 \text{ m}^2} \\
&= 7,51 \text{ m/jam} \\
\text{Periode backwash} &= 24 \text{ jam (1 kali sehari/ bak)} \\
\text{Q pompa backwash} &= 100 \text{ L/detik} \\
\text{Jumlah bak (backwash)} &= 6 \text{ bak/hari} \\
\text{Volume surface} &= \frac{Q \text{ tiap bak}}{A} \\
&= \frac{0,028 \text{ m}^3/\text{detik}}{15,86 \text{ m}^2} \\
&= 0,002 \text{ m/s} \\
\text{Kecepatan backwash} &= \frac{Q_{\text{backwash}}}{As} \\
&= \frac{100 \text{ L/detik}}{15,86 \text{ m}^2} \\
&= 0,01 \text{ m/hari} \\
&= 22,70 \text{ m/jam}
\end{aligned}$$

Tabel Kondisi Eksisting dan Kriteria Desain Filter

Spesifikasi Teknis	Kriteria Desain SNI 6774:2008	Kondisi Eksisting	Ket
Kecepatan Filter	6 - 11 m/jam	7,51	OK
Kecepatan Backwash	36 - 50 m/jam	22,7	TM
Lama Pencucian (Menit)	10 - 15 menit	15	OK
Periode 2 Pencucian (Jam)	18 - 24 jam	24 jam	OK
Tebal Media Pasir	300 - 600 mm	700	TM
Tebal Media Gravel	80 - 150 mm	200	TM

Keterangan:

- TM = Tidak memenuhi
- OK = Telah memenuhi kriteria desain

➤ Perhitungan nilai *likelihood* Aspek Teknis

Perhitungan nilai *likelihood* unit prasedimentasi sebagai berikut:

1. Waktu detensi

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 0\% \times 24 \\ &= 0 \end{aligned}$$

2. Beban Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60\% \times 24 \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

3. Bilangan Reynold

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 80\% \times 24 \\ &= 19,2 \end{aligned}$$

4. Bilangan Fraude

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 40\% \times 24 \\ &= 9,6 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *likelihood* unit clarifier sebagai berikut:

1. Waktu detensi

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60\% \times 24 \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

2. Beban Permukaan

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 80\% \times 24 \\ &= 19,2 \end{aligned}$$

3. Beban Pelimpah

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 0\% \times 24 \\ &= 0 \end{aligned}$$

4. Bilangan *Reynold*

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60 \% \times 24 \text{ bulan} \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

5. Bilangan *Fraude*

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60 \% \times 24 \text{ bulan} \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *likelihood* unit filter sebagai berikut:

1. Kecepatan Filter

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 0\% \times 24 \\ &= 0 \end{aligned}$$

2. Kecepatan *Backwash*

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 80 \% \times 24 \\ &= 19,2 \end{aligned}$$

3. Lama Pencucian

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 20\% \times 24 \\ &= 4,8 \end{aligned}$$

4. Tebal Media Pasir

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60 \% \times 24 \text{ bulan} \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

5. Tebal Media Gravel

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 60 \% \times 24 \text{ bulan} \\ &= 14,4 \end{aligned}$$

➤ Perhitungan Aspek Non- Teknis

Perhitungan nilai *likelihood* Sumber Daya Manusia sebagai berikut:

1. Pelaksanaan Pelatihan Peningkatan Kompetensi

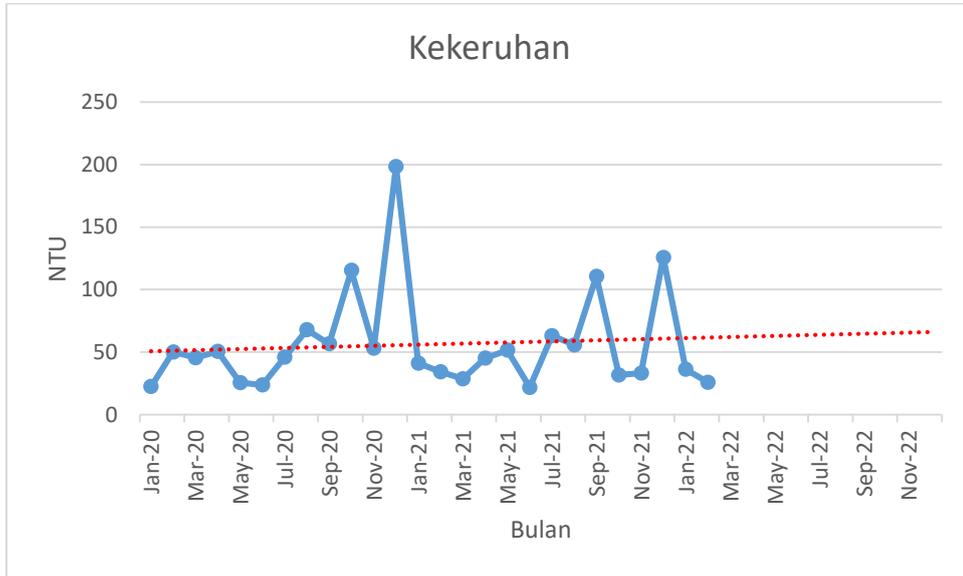
$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 0\% \times 24 \\ &= 0 \end{aligned}$$

Perhitungan nilai *likelihood* Standar Operasional Prosedur (SOP):

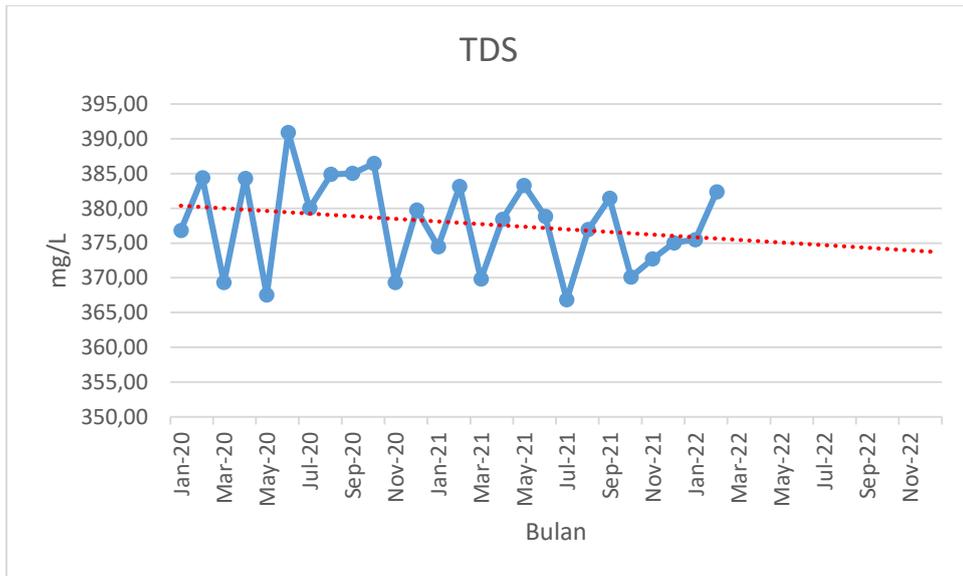
1. Pelaksanaan Prosedur Operasional sesuai SOP

$$\begin{aligned} \text{Likelihood} &= \text{Nilai Severity} \times 24 \text{ bulan} \\ &= 40\% \times 24 \\ &= 9,6 \end{aligned}$$

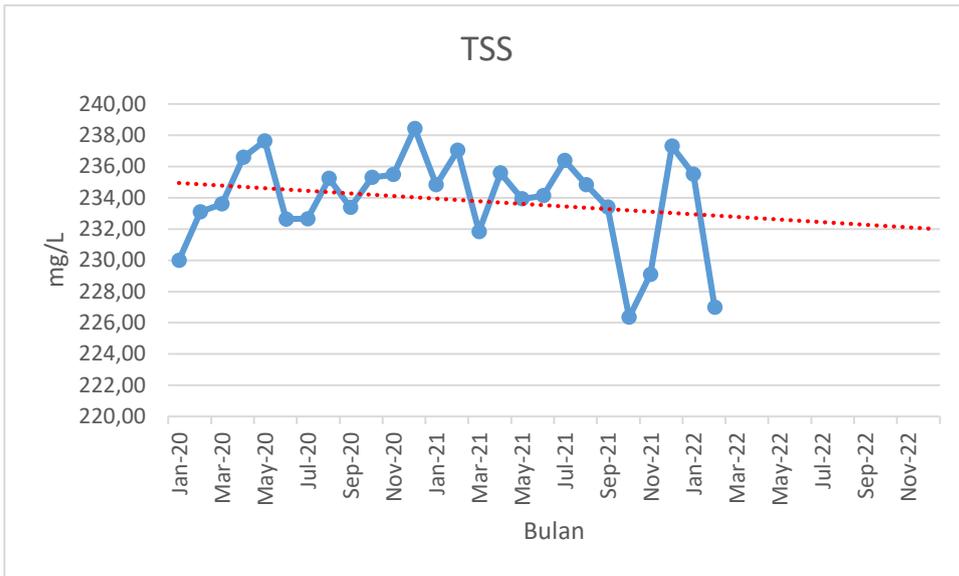
A. Gambar Grafik Kualitas Air Baku IPA Waribang



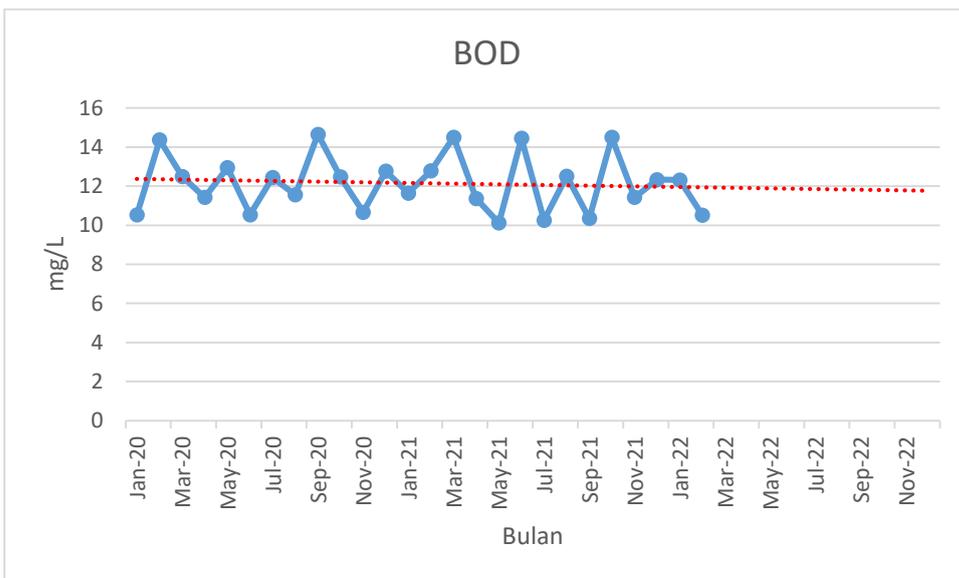
Garfik Kualitas Air Baku Parameter Kekeruhan



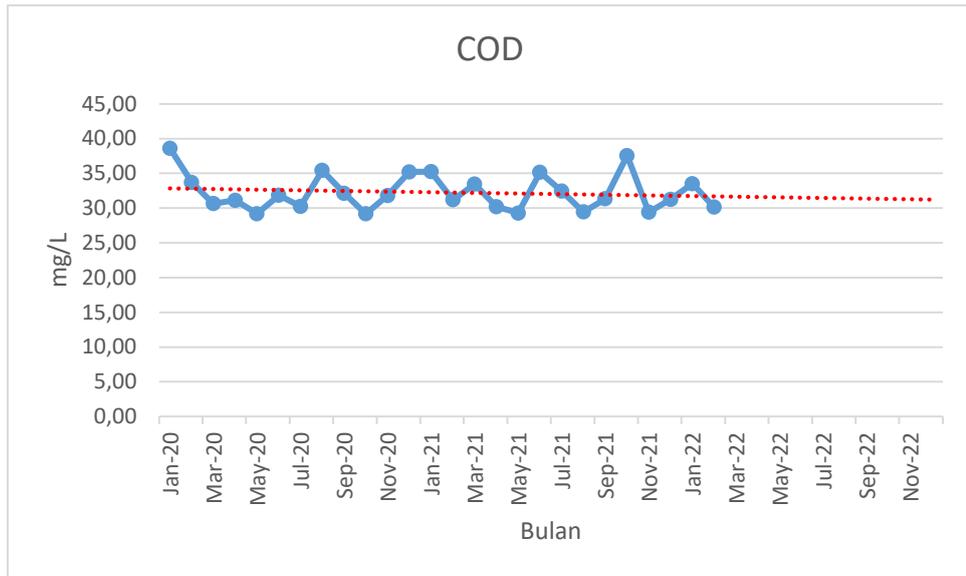
Garfik Kualitas Air Baku Parameter TDS



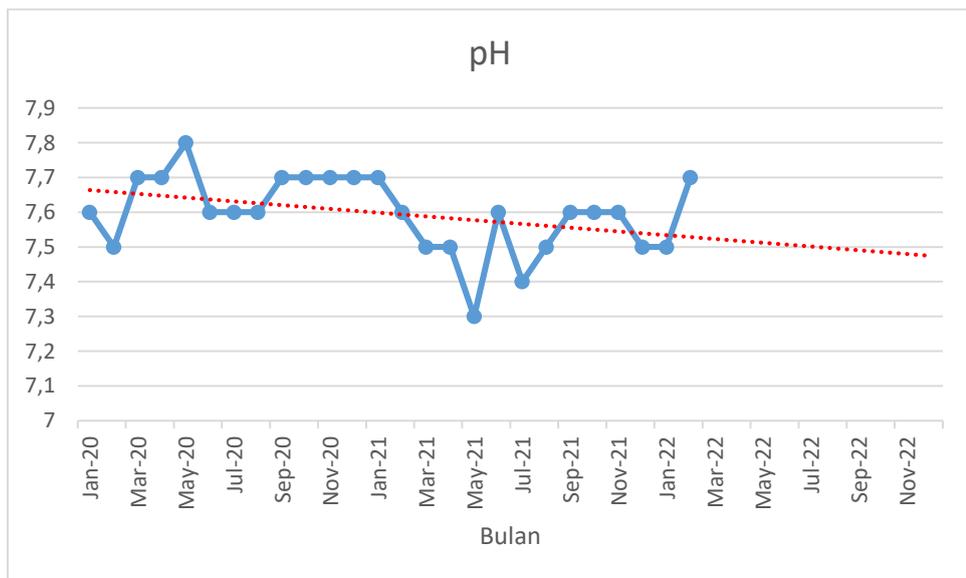
Garfik Kualitas Air Baku Parameter TSS



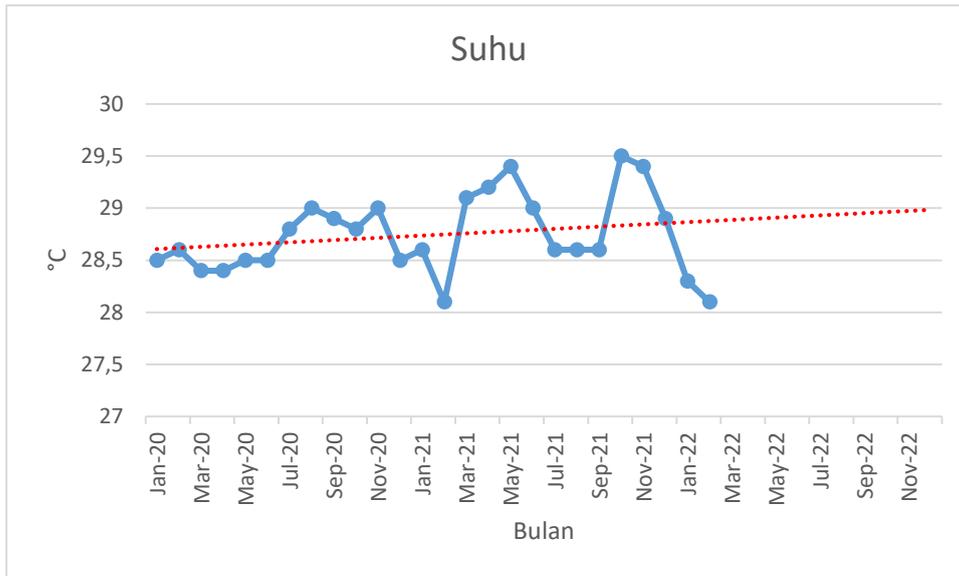
Garfik Kualitas Air Baku Parameter BOD



Garfik Kualitas Air Baku Parameter COD

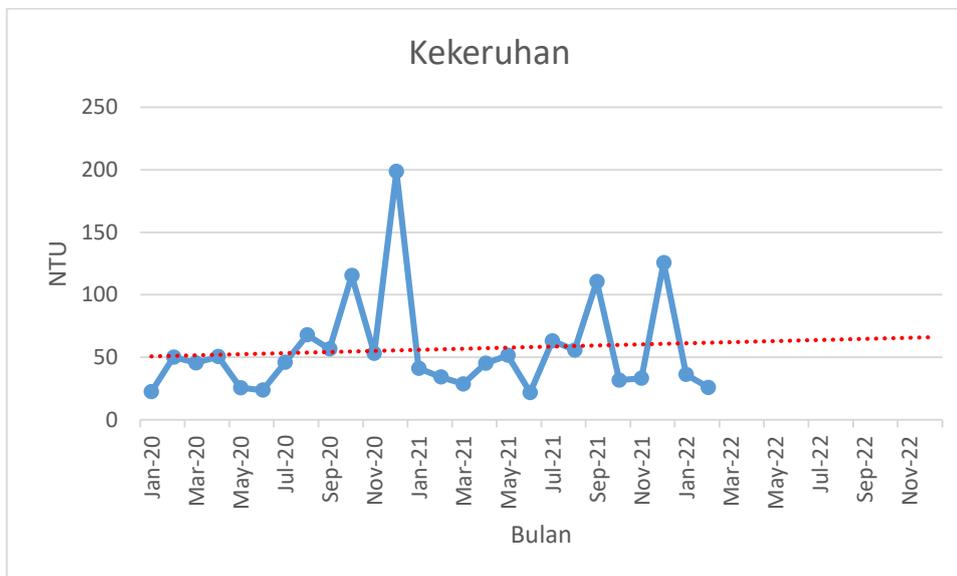


Garfik Kualitas Air Baku Parameter pH

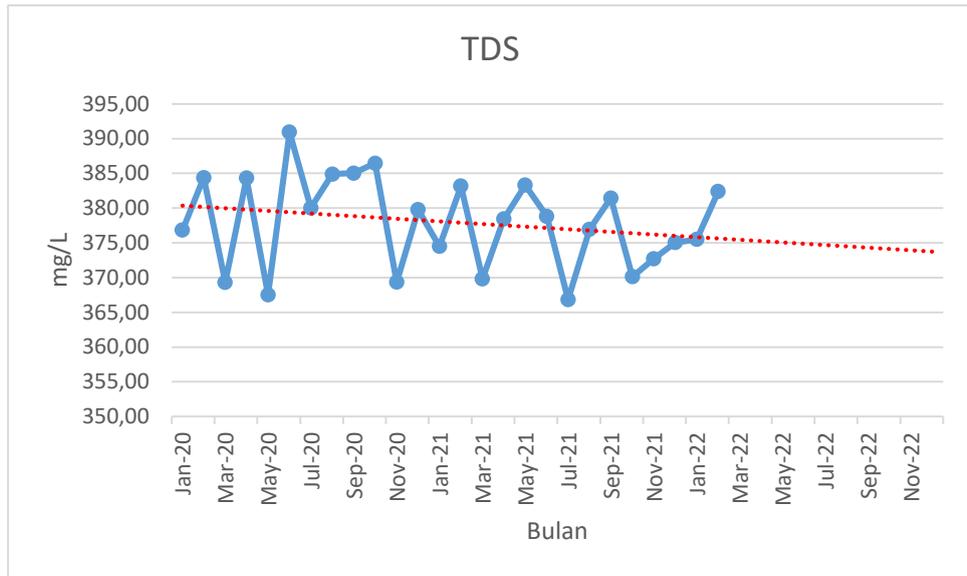


Garfik Kualitas Air Baku Parameter Suhu

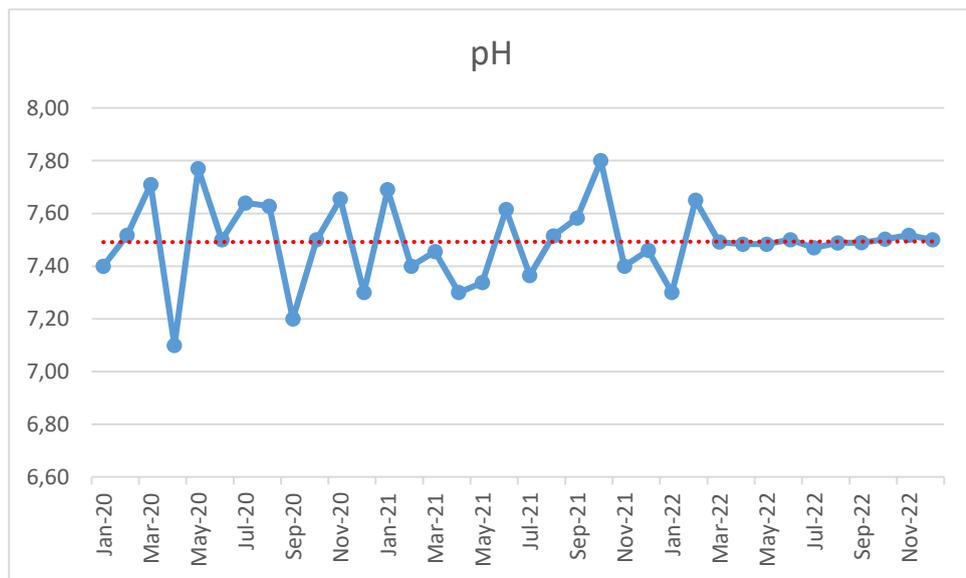
B. Gambar Grafik Kualitas Air Produksi IPA Waribang



Garfik Kualitas Air Produksi Parameter Kekeruhan



Garfik Kualitas Air Produksi Parameter TDS



Garfik Kualitas Air Produksi Parameter pH

LAMPIRAN B

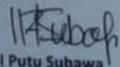
	PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADA	BAB : _____
	INSTRUKSI KERJA	SUB.Bab : _____
Bagian : PRODUKSI		HALAMAN : _____
Nama Proses : INSTRUKSI KERJA PENGOPERASIAN IPA WARIBANG		

INSTRUKSI KERJA PENGOPERASIAN IPA WARIBANG

```
graph TD;
  MULAI[MULAI] --> A[CEK KETERSEDIAAN LARUTAN COAGULANT DI BAK PENCAMPUR];
  A --> B[PASTIKAN POMPA DOSING BEROPERASI DENGAN NORMAL];
  B --> C[OPERASIKAN POMPA AIR BAKU INTAKE];
  C --> D[CEK KEKERUHAN AIR BAKU];
  D --> E[CEK DAN PANTAU OPERASIONAL SCM];
  E --> F[APABILA IPA SUDAH BEROPERASI NORMAL CEK KUALITAS AIR SEDIMENTASI, AIR HASIL FILTRASI DAN RESERVOIR];
  F --> G[MELAKUKAN PENCATATAN STAND METER DAN OPERASIONAL IPA SETIAP 2 JAM];
  G --> SELESAI[SELESAI];
```

Disetujui
Kepala Bagian Produksi

I Kadek Sukariyasa, ST
NIK : 170195

Dibuat oleh
Ka.Sub Bag. Unit IPA Belusung

I Putu Subawa
NIK : 170178

Mengetahui
Direktur Teknik

I Putu Yasa, ST



PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III

SUB.Bab : A.1

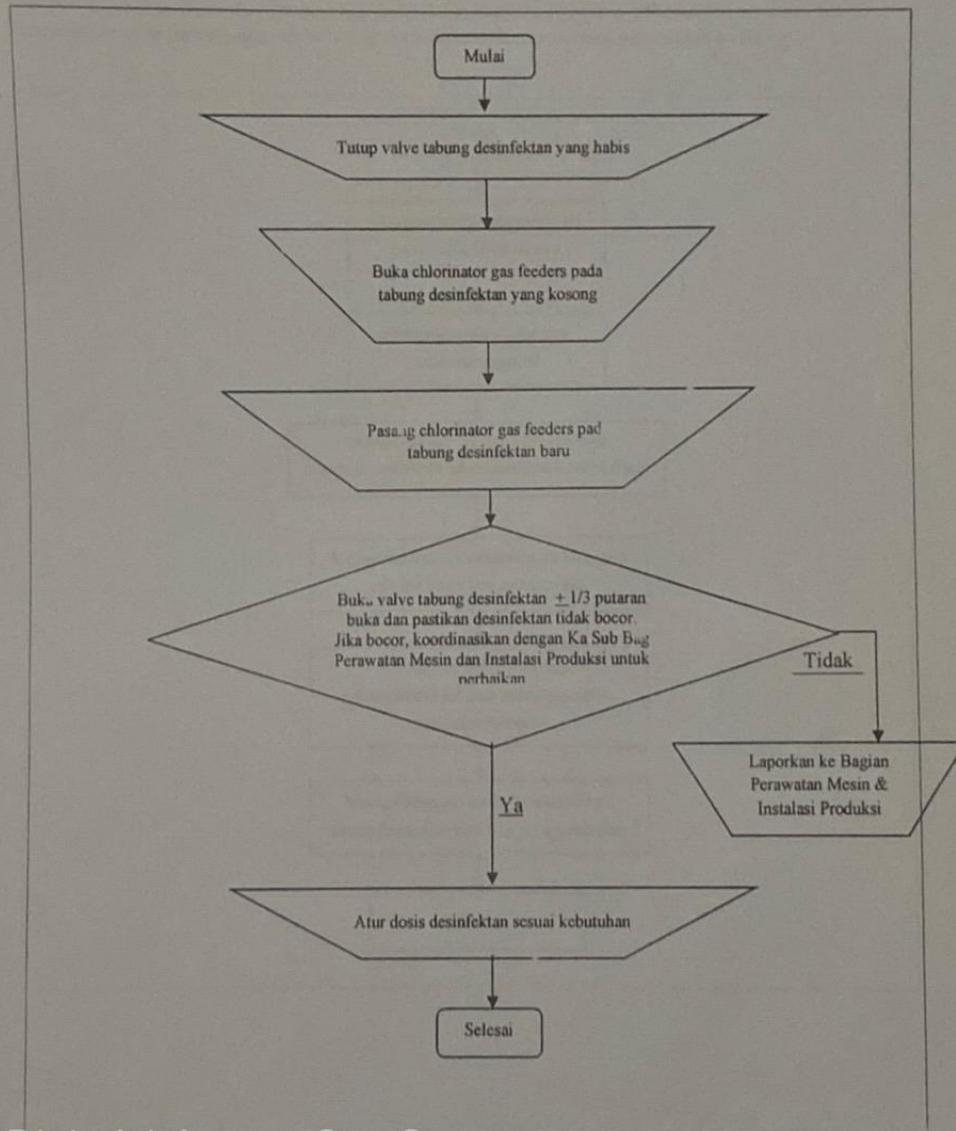
INSTRUKSI KERJA

HALAMAN : 14 / 33

Bagian : PRODUKSI

Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IP.A. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA PENGANTIAN TABUNG DESINFEKTAN

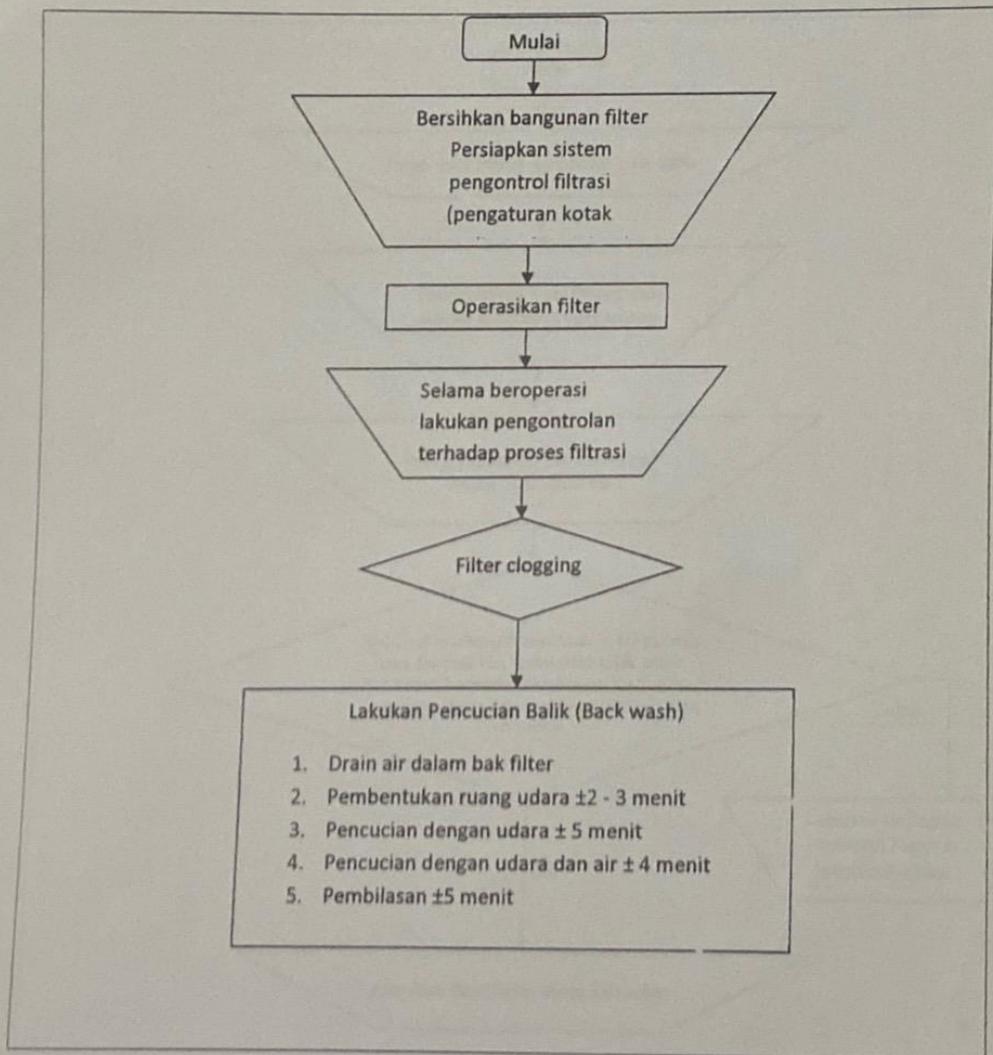




Bagian : PRODUKSI

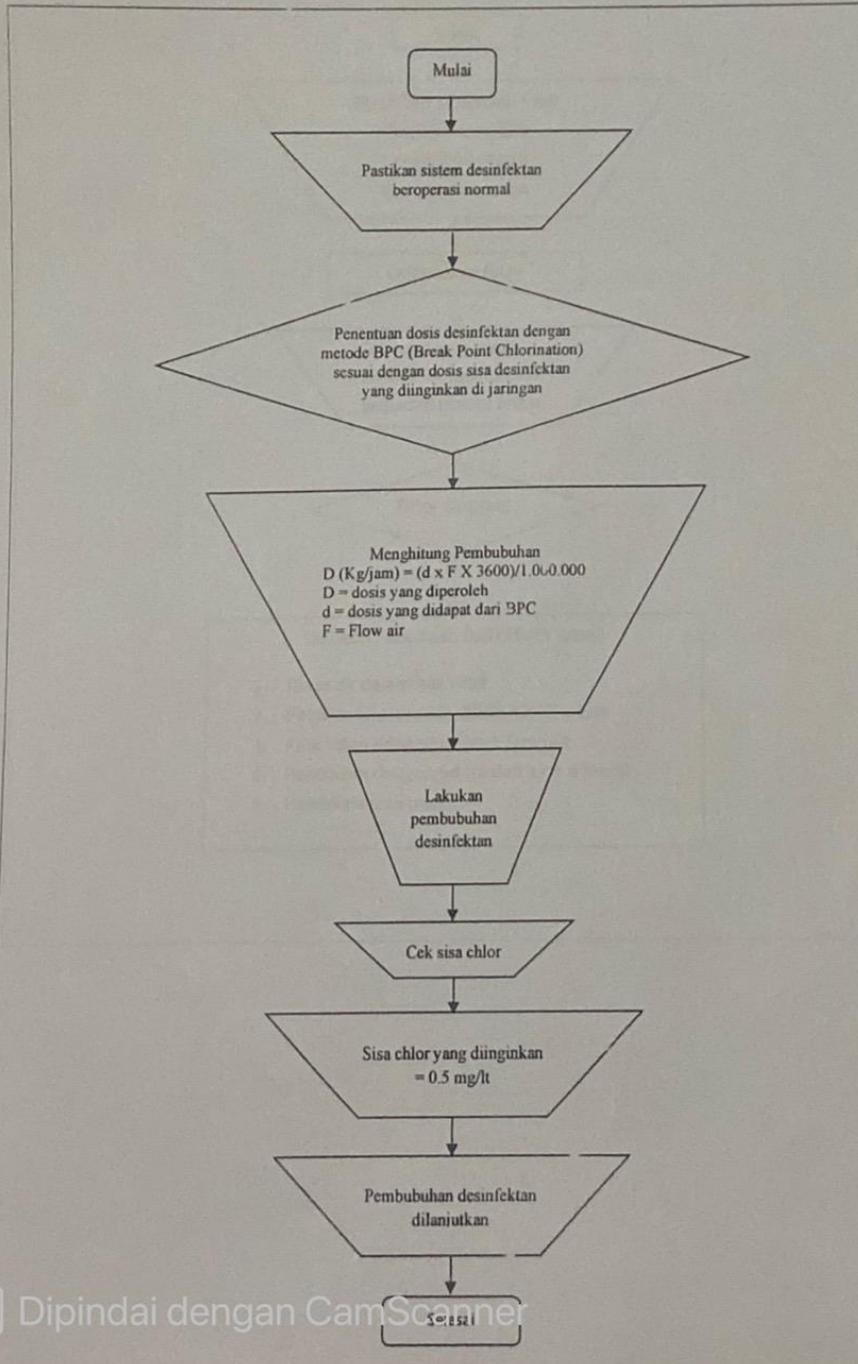
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA
PENGOPERASIAN FILTER



	PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA	BAB : III
	INSTRUKSI KERJA	SUB.Bab : A.1
Bagian : PRODUKSI Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG BELUSUNG/WARIBANG		HALAMAN : 12 / 33

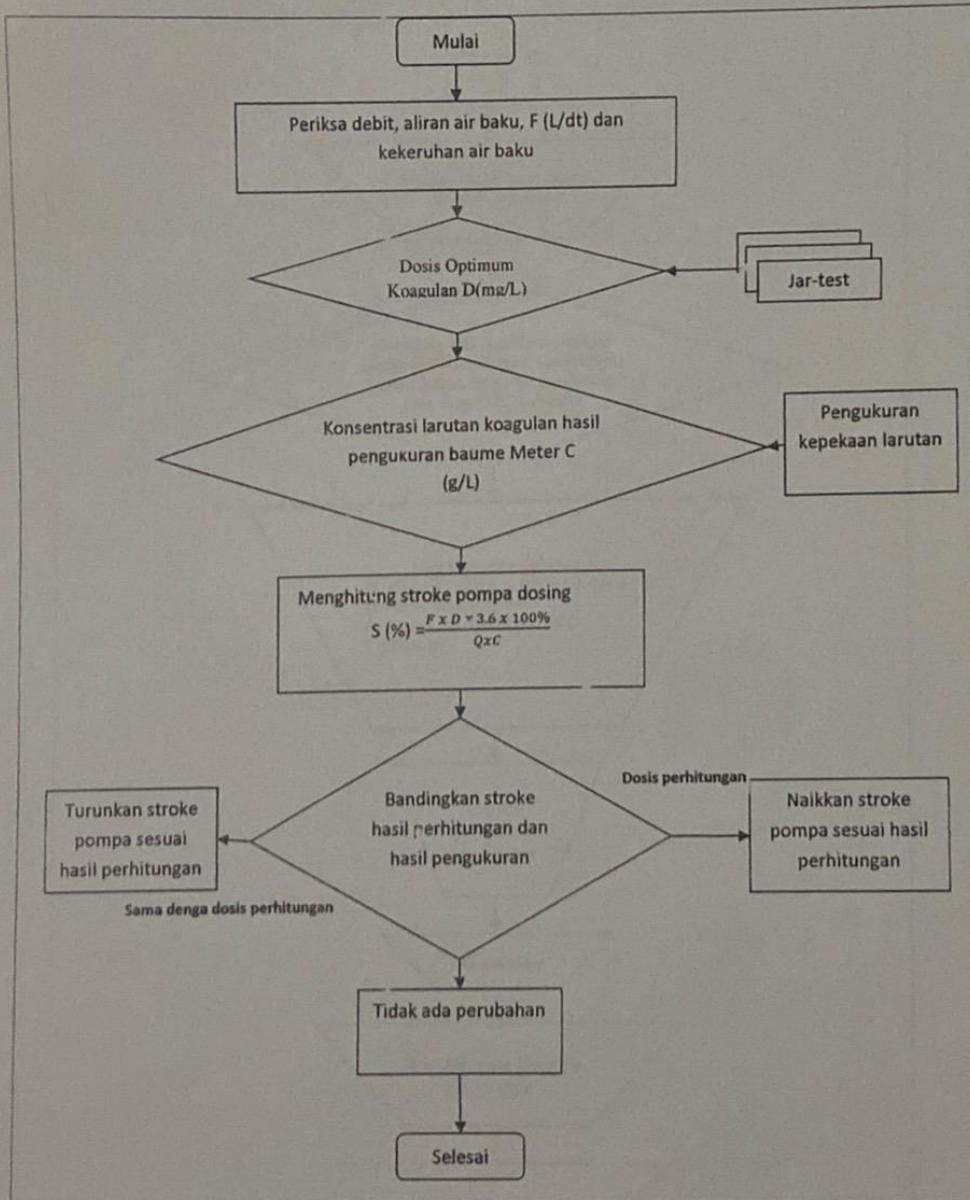
INSTRUKSI KERJA
PEMBUBUHAN DESINFEKTAN



CS Dipindai dengan CamScanner

	PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA	BAB : III
	INSTRUKSI KERJA	SUB.Bab : A.1
		HALAMAN : 11 / 33
Bagian :	PRODUKSI	
Nama Proses :	PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG BELUSUNG/WARIBANG	

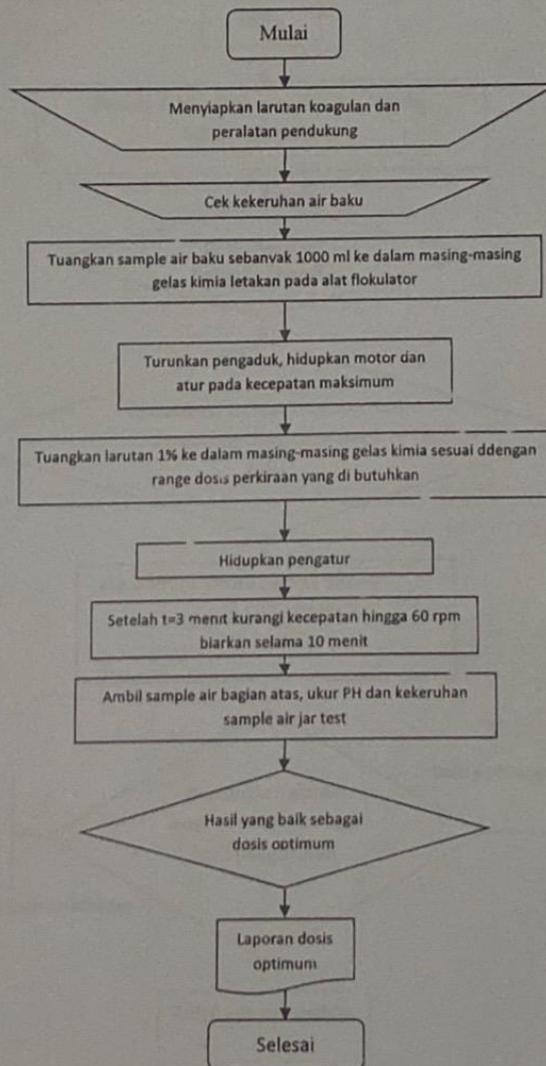
**INSTRUKSI KERJA
DOSIS PEMBUBUHAN KOAGULAN**



	PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA	BAB : III
	INSTRUKSI KERJA	SUB.Bab : A.1 HALAMAN : 10 / 33
Bagian : PRODUKSI		
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG BELUSUNG/WARIBANG		

INSTRUKSI KERJA

PENENTUAN DOSIS KOAGULAN (JAR TEST)





PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

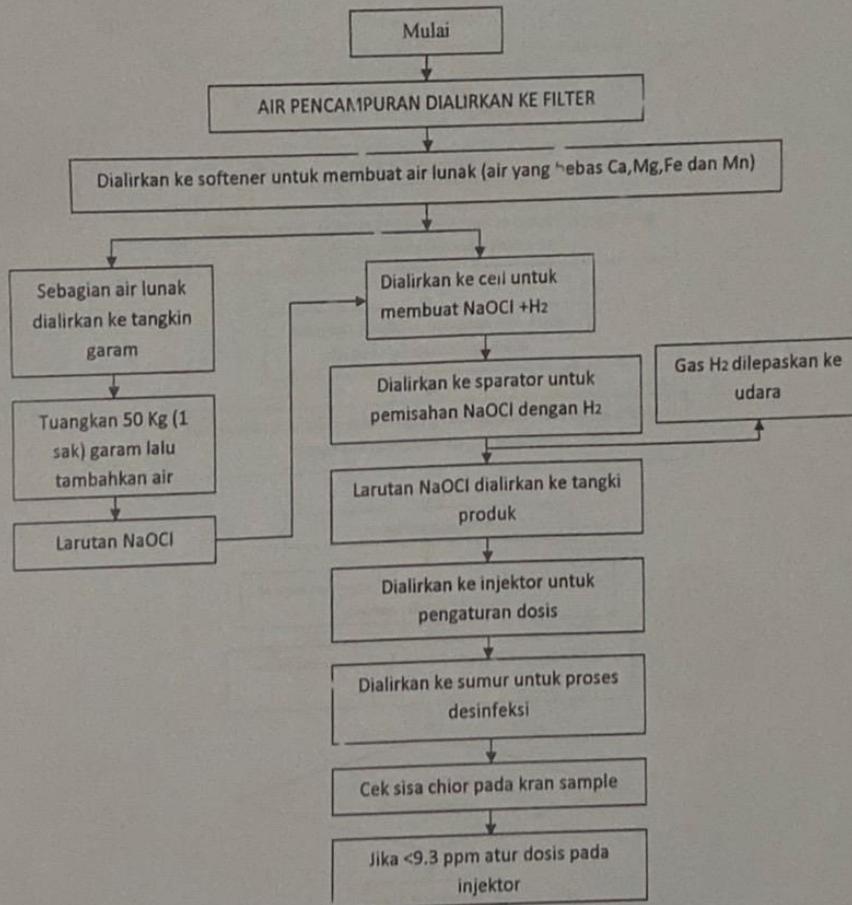
BAB : III
SUB.Bab : A.1
HALAMAN : 9 / 33

INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA

PEMBUATAN LARUTAN NaOCl DENGAN SISTEM ELECTRO CHLORINASI (EC) DAN SISTEM PEMBUBUHANNYA





PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III

SUB.Bab : A.1

INSTRUKSI KERJA

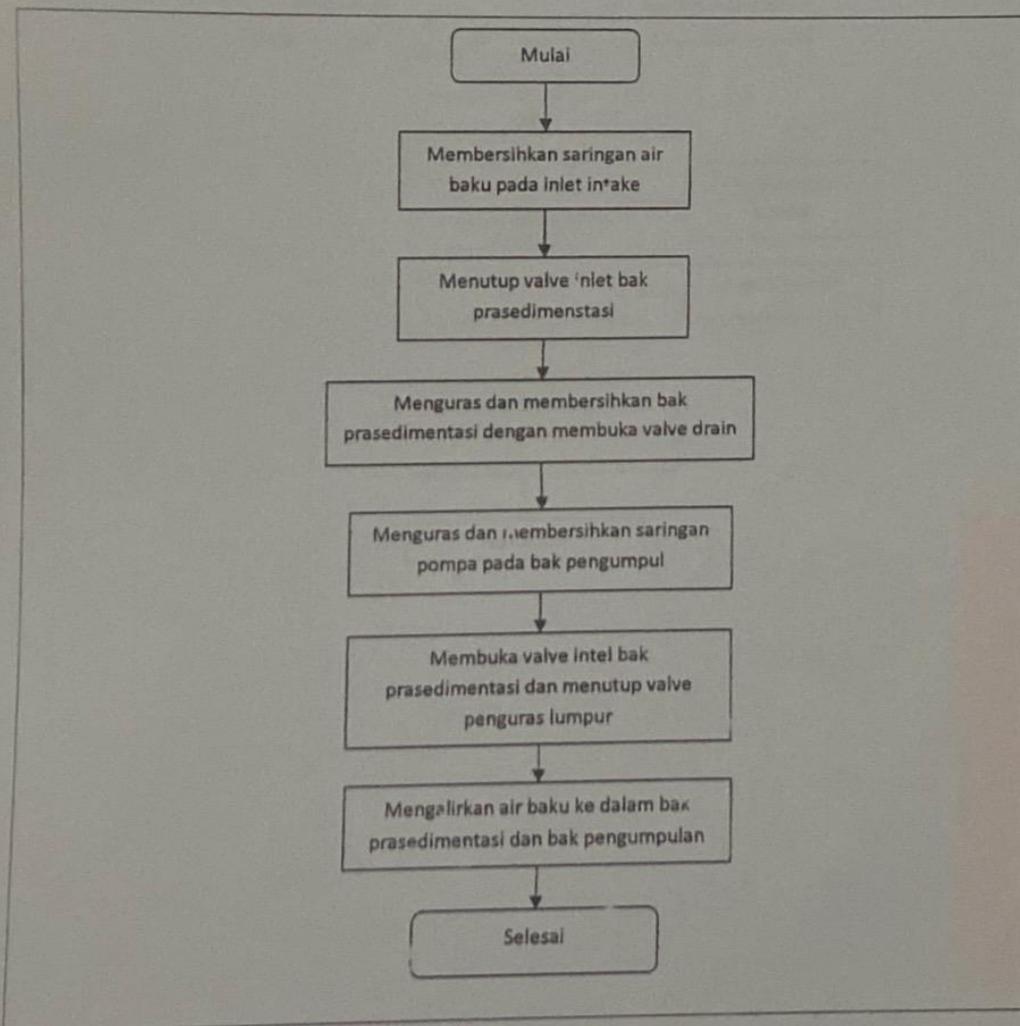
HALAMAN : 15 / 33

Bagian : PRODUKSI

Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA PENGURASAN BAK PRASEDIMENTASI

Pengurasan bak prasedimentasi bertujuan agar kualitas dan kuantitas air baku di bak prasedimentsai dan bak pengumpul tetap terjaga sehingga air baku siap untuk dipompakan ke instalasi pengelolaan air (IPA).





PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III

SUB.Bab : A.1

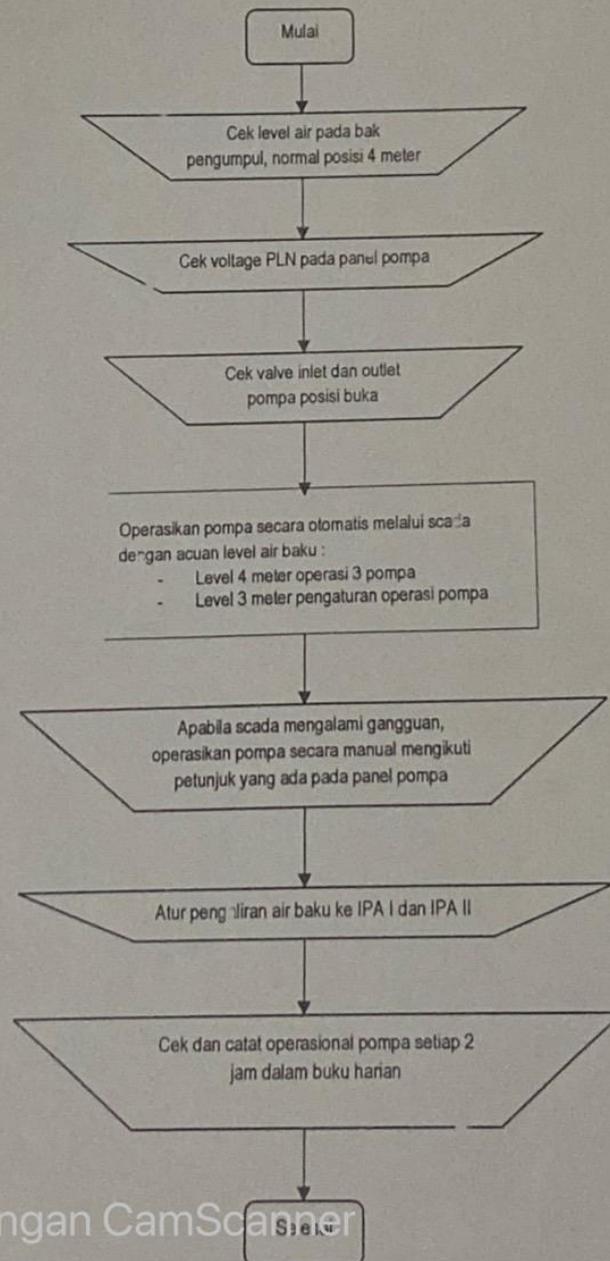
HALAMAN : 33 / 33

INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI

Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA PENGOPERASIAN POMPA PRASEDIMENTASI IPA WARIBANG

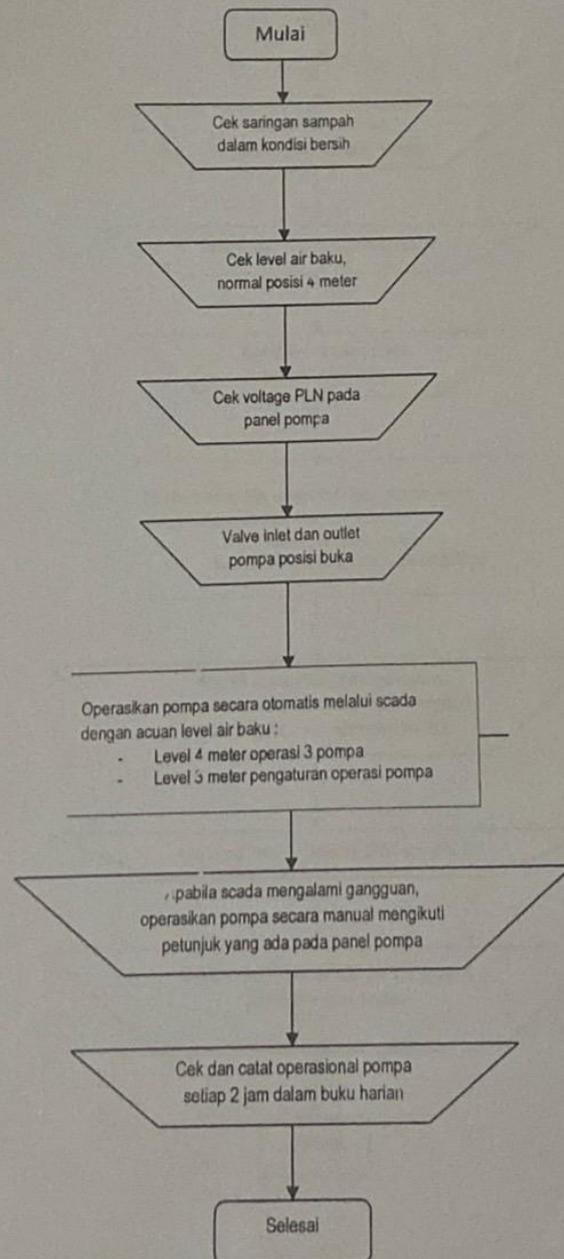




INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA PENGOPERASIAN POMPA AIR BAKU INTAKE IPA WARIBANG





PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III

SUB Bab : A.1

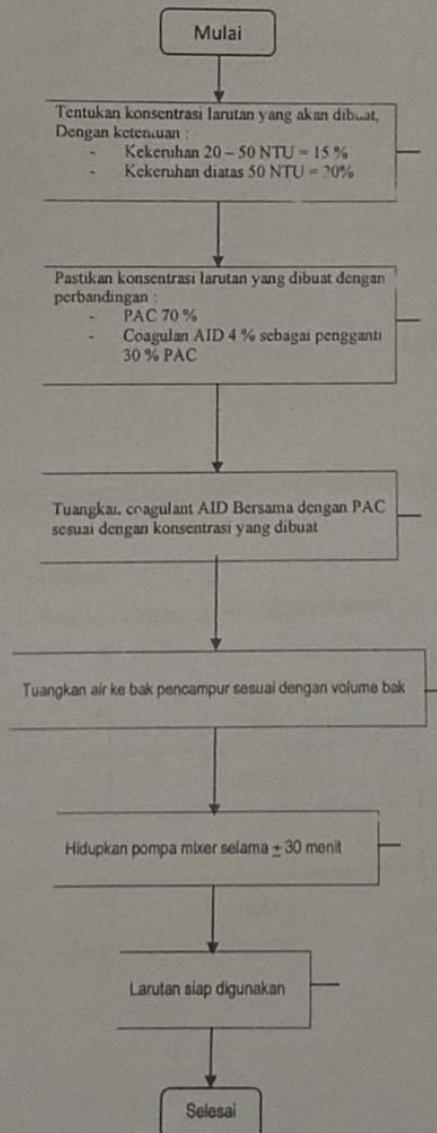
HALAMAN : 30 / 33

INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI

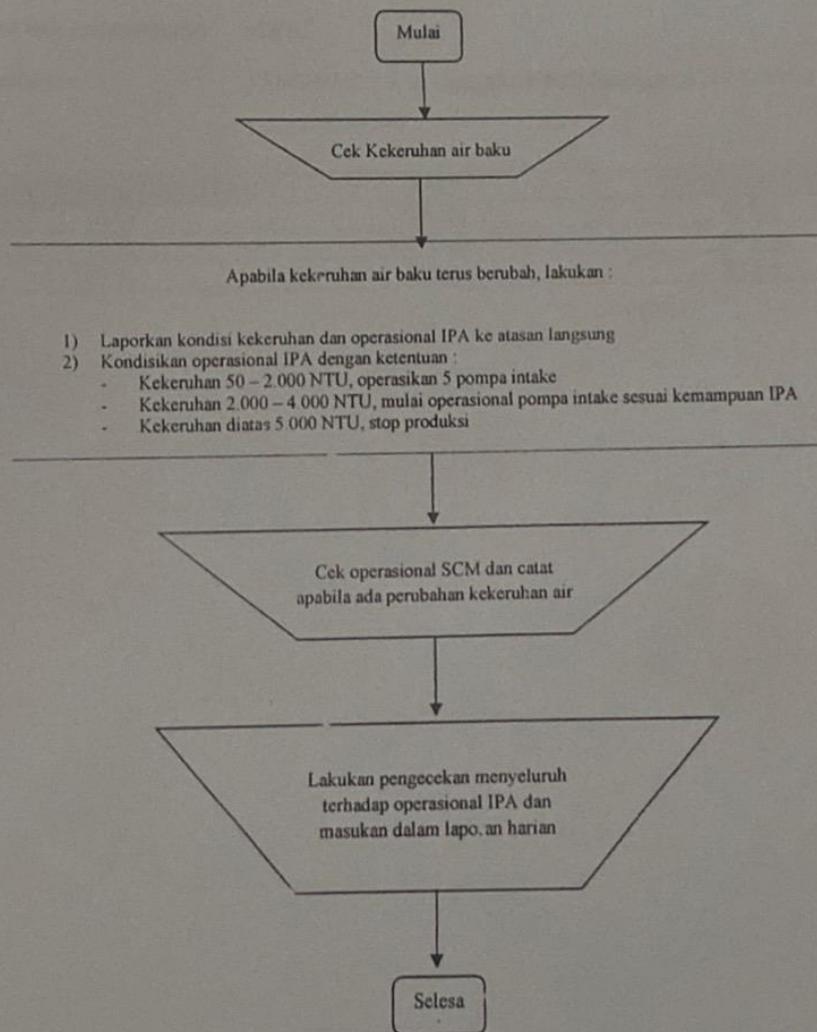
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA PENCAMPURAN PAC DENGAN COAGULANT AID IPA WARIBANG



	PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA	BAB : III
	INSTRUKSI KERJA	SUB.Bab : A.1
Bagian : PRODUKSI	Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG BELUSUNG/WARIBANG	HALAMAN : 25 / 33

**INSTRUKSI KERJA
 OPERASIONAL IPA SAAT TERJADI KEKERUHAN
 AIR BAKU TINGGI**



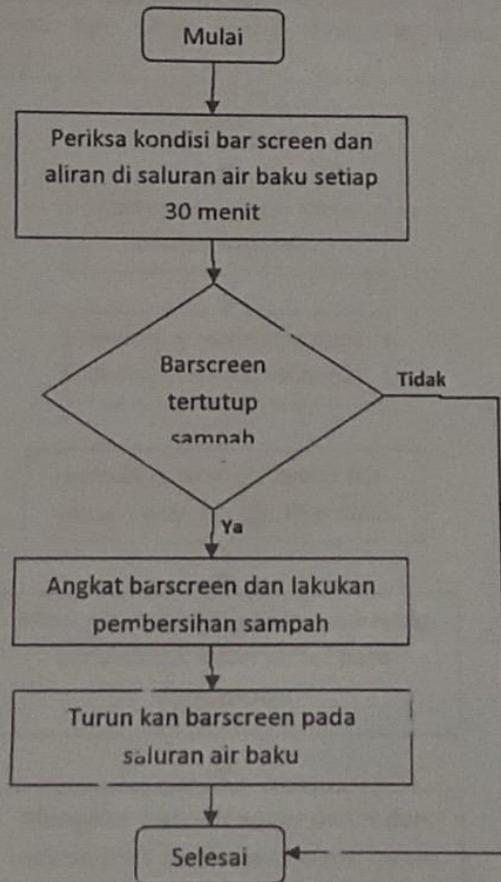


INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI

Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

INSTRUKSI KERJA
OPERASIONAL BAR SCREEN





PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III

SUB.Bab : A.1

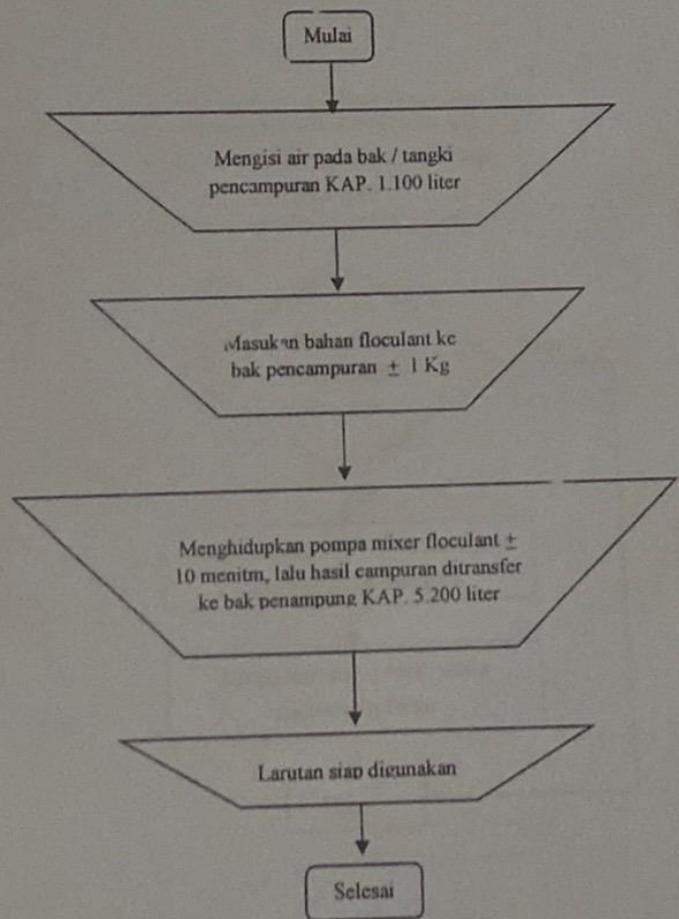
INSTRUKSI KERJA

HALAMAN : 22 / 33

Bagian : PRODUKSI

Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG
BELUSUNG/WARIBANG

**INSTRUKSI KERJA
PENCAMPURAN FLOKULANT**





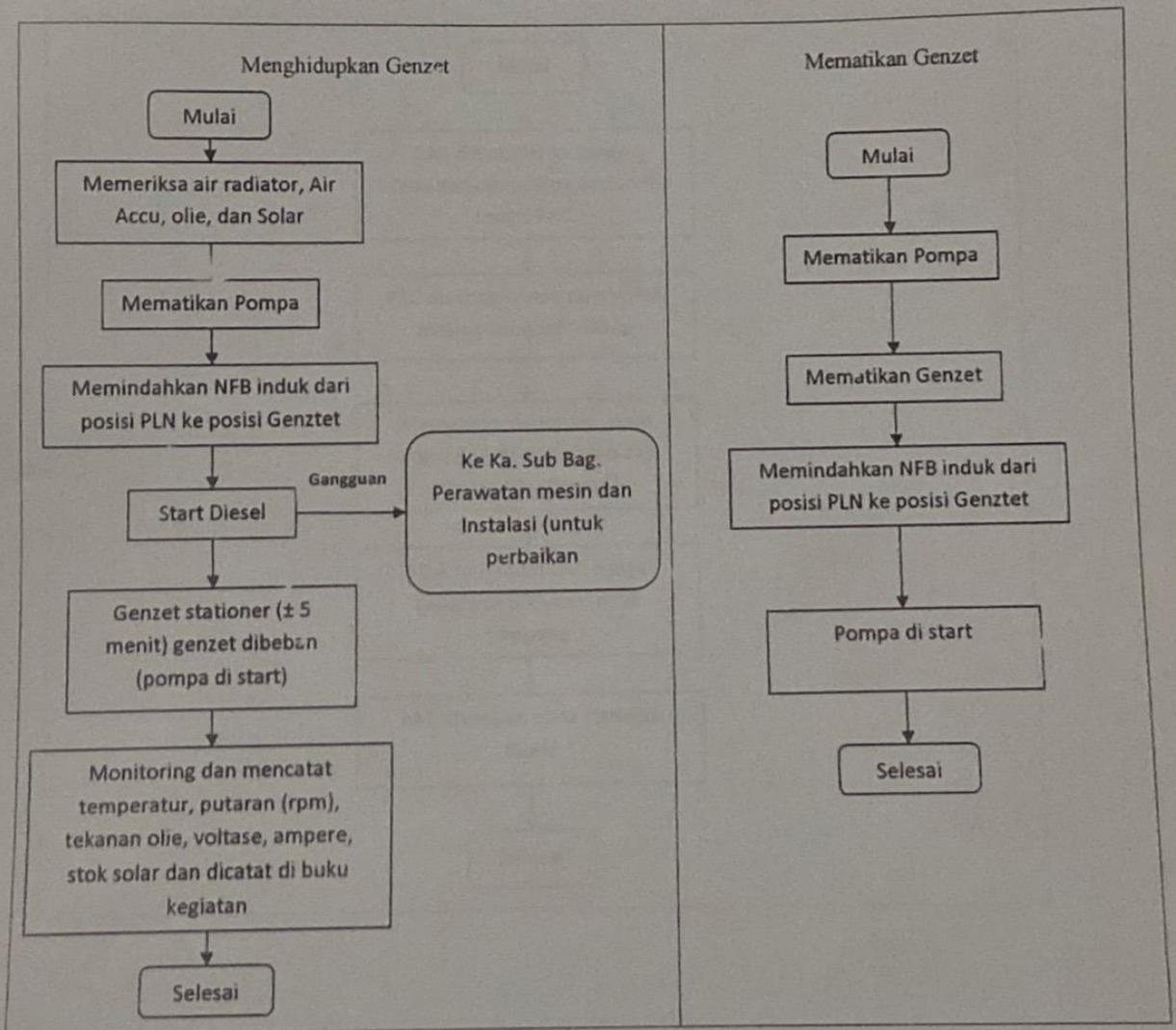
PERUMDA AIR MINUM TIRTA SEWAKADARMA

BAB : III
SUB.Bab : A.1
HALAMAN : 19 / 33

INSTRUKSI KERJA

Bagian : PRODUKSI
Nama Proses : PROSES KERJA DAN ALUR DOKUMEN IPA. AYUNG BELUSUNG/W'ARIBANG

INSTRUKSI KERJA MENGHIDUPKAN DAN MEMATIKAN GENZET



LAMPIRAN C

NO	GAMBAR DAN KETERANGAN
1	 <p data-bbox="699 958 916 994">Bangunan Intake</p>
2	 <p data-bbox="639 1608 970 1644">Bangunan Prasedimentasi</p>

NO	GAMBAR DAN KETERANGAN
3	 <p data-bbox="715 875 1050 909">Bak Pembubuh Koagulan</p>
4	 <p data-bbox="783 1487 979 1520">Pompa Dosing</p>

NO	GAMBAR DAN KETERANGAN
5	 <p data-bbox="632 869 979 902">Koagulasi Injeksi Terjun</p>
6	 <p data-bbox="676 1480 935 1514">Bangunan Flokulasi</p>

NO	GAMBAR DAN KETERANGAN
7	 <p data-bbox="730 875 1032 913">Bangunan Sedimentasi</p>
8	 <p data-bbox="762 1500 1000 1538">Bangunan Filtrasi</p>

NO	GAMBAR DAN KETERANGAN
9	 <p data-bbox="671 936 940 969">Bangunan Reservoir</p>

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Vika Harmelina dan akrab dipanggil Vika. Penulis lahir di Tabanan, 14 Agustus 2000 dan merupakan anak tunggal. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SD Negeri 3 Dauh Peken Tabanan (2006-2012), SMP Negeri 1 Tabanan (2012-2015), dan SMA Negeri 1 Tabanan (2015-2018). Penulis resmi menjadi mahasiswi Teknik Lingkungan ITS tahun 2018 melalui Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Semasa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS yaitu sebagai staff Divisi Dalam Negeri tahun 2019-2020 dan sebagai Sekeretaris Bendahara Divisi Dalama Negeri tahun 2020-2021 . Selain itu, penulis aktif dalam kegiatan pelatihan pengembangan diri, seperti LKMM Pra Tingkat Dasar (Pra TD) dan LKMM Tingkat Dasar (TD). Penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT Air Bersih Unit SPAM Mojolagres, Mojokerto. Penulis berharap segala bentuk komunikasi yang ingin disampaikan kepada penulis, baik mengenai tugas akhir maupun saran untuk pengembangan penelitian dapat dikomunikasikan langsung kepada penulis melalui *e-mail* vikaharmelina14@gmail.com.



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

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Genap 2021/2022

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

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

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022

Nilai TOEFL ERP 72

Pukul : 09.15 - 10.30 WIB

Lokasi : TL-102

Judul : Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode *Hazard Identification and Risk Assessment* (HIRA)

Nama : Vika Harmelina

NRP. : 0321184000072

Topik : Studi Literatur

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Pak. Ali : <ul style="list-style-type: none">• Kualitas blm memenuhi slag air baku (Klas III).• Kinerja IPA bg. dinilai sr apa saja.
2.	Bu. Atiek : <ul style="list-style-type: none">• pengelasan air baku.
3.	Pengelasan pak Irwan perlu diperhatikan.

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

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

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

Dosen Pembimbing

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



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

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

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

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

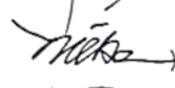
Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022
Pukul : 09.15 - 10.30 WIB
Lokasi : TL-102
Judul : Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)
Nama : Vika Harmelina
NRP. : 0321184000072
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
	<p>- Kesimpulan di jelaskan ! (no 1) - Kesimpulan ke 2 berdasarkan di hasil akhir.</p>

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

Dosen Penguji Ir. Atiek Moesriati, M.Kes

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

()
()



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

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

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

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

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022
Pukul : 09.15 - 10.30 WIB
Lokasi : TL-102
Judul : Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)
Nama : Vika Harmelina
NRP. : 0321184000072
Topik : Studi Literatur

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
①	Resto. Air Baku → Hrd. Sebagi figu pertm.
②	Pahami secara - tikehu. Mlu Resto
③	Sebuah data Resto penguji buku di rest rest

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

Dosen Penguji Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.

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



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

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

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

Hari, tanggal : Kamis, 7 Juli 2022
Pukul : 09.15 - 10.30 WIB
Lokasi : TL-102
Judul : Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)
Nama : Vika Harmelina
NRP. : 03211840000072
Topik : Studi Literatur

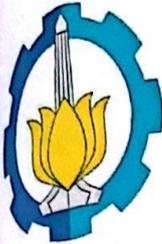
No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1	Hasil perhitungan L & R pada tabel-tabel harus dijelaskan.
2	Kalimat pada kesimpulan diperbaiki agar mudah dimengerti.

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

Dosen Penguji : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T

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

(Upahaly)
(Nieke)



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

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama
NRP
Judul

: Vika Harmelina
: 03211840000072
: Kajian Risiko Air Baku Dan Air Produksi PDAM Tirta
Sewakadarma Kota Denpasar Menggunakan Metode
Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	13-Jan-22	Bimbingan terkait penjelasan metode HIRA untuk kajian risiko penggunaan air baku	
2	22-Jan-22	Bimbingan terkait penggunaan metode <i>fishbone</i> analysis untuk mengidentifikasi risiko	
3	24-Jan-22	Bimbingan terkait data skunder yang digunakan pada laporan seminar proposal beserta metode yang digunakan	
4	11-Feb-22	Bimbingan terkait revisi data skunder untuk IPA yang digunakan	
5	18-Feb-22	Bimbingan terkait revisi data skunder untuk IPA yang digunakan untuk mengetahui hasil produksi	
6	24-Mar-22	Bimbingan mengenai hasil revisi seminar proposal	
7	18-Mei-22	Bimbingan mengenai persiapan presentasi seminar kemajuan	
8	21-Jun-22	Bimbingan mengenai BAB 4 tentang metode <i>fishbone analysis</i> dan HIRA untuk menentukan besaran risiko pada IPA	

Surabaya, 26 Juli 2022

Dosen Pembimbing

