



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI IPAM KARANGPILANG
III DENGAN METODE *HAZARD ANALYSIS CRITICAL
CONTROL POINT* (HACCP)**

MERALDA ROSE DEWI
0321154000058

DOSEN PEMBIMBING:
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.Sc.

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI IPAM
KARANGPILANG III DENGAN METODE *HAZARD
ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT (HACCP)***

MERALDA ROSE DEWI
0321154000058

DOSEN PEMBIMBING
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.Sc

Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF DRINKING WATER PRODUCTION IN WATER
TREATMENT PLAN KARANGPILANG III USING HAZARD
ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT (HACCP)
METHOD**

MERALDA ROSE DEWI
0321154000058

ADVISOR
PROF. DR. IR. NIEKE KARNANINGROEM, M.Sc.

Department of Environmental Engineering
Faculty of Civil Environmental and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya, 2019

LEMBAR PENGESAHAN

**KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI IPAM KARANGPILANG
III DENGAN METODE *HAZARD ANALYSIS CRITICAL
CONTROL POINT (HACCP)***

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

MERALDA ROSE DEWI

NRP. 03211540000058

Disetujui Oleh Pembimbing Tugas Akhir



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

NIP. 19550128 198503 2 001

Surabaya,

Juni 2019



KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI IPAM KARANGPILANG III DENGAN METODE *HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT* (HACCP)

Nama Mahasiswa : Meralda Rose Dewi
NRP : 0321154000058
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M,Sc.

ABSTRAK

Kegiatan proses produksi air minum di IPAM Karangpilang III terdiri dari proses *intake*, aerator, prasedimentasi, koagulasi, *clearator*, filter dan *reservoir*. Dalam proses produksi air minum tersebut ditemui kendala seperti penurunan kualitas air baku, kerusakan unit pengolahan, dan juga faktor-faktor resiko lain yang mengancam proses produksi. Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum menyatakan bahwa setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan sesuai baku mutu parameter fisik, kimia dan biologi. Mengacu pada permasalahan tersebut maka manajemen mutu kualitas air sangat penting untuk dilaksanakan.

Penelitian ini menggunakan metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP). Metode ini melihat seluruh proses produksi, dari awal proses produksi hingga produk akhir. Tahapan penerapan metode HACCP yaitu analisa bahaya, penentuan titik kritis, penetapan batas untuk setiap titik kritis, penetapan sistem pemantauan, dan penetapan tindakan koreksi. Pada tahap analisa bahaya digunakan metode *Fishbone* dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk memudahkan penentuan resiko dan bahaya. Penelitian dengan metode HACCP ini ditinjau dari hasil laboratorium kualitas air dan kondisi eksisting proses operasional juga pemeliharannya.

Analisis dan evaluasi kondisi eksisting pada IPAM Karangpilang III menggunakan metode HACPP menghasilkan informasi bahwa sumber risiko terbesar yang mempengaruhi kualitas hasil produksi terdapat pada operasional masing-masing unit pengolahan dan fluktuasi debit yang masuk. Sehingga tindakan perbaikan yang dapat dilakukan untuk mencegah

terjadinya kegagalan pada sistem produksi adalah peningkatan kinerja unit-unit pengolahan air, pengaturan debit yang masuk ke pengolahan harus sesuai kapasitas unit, harus ada perencanaan mengenai modifikasi proses flokulasi dan aerasi untuk uprating agar pengolahan berjalan optimal, dan peningkatan wawasan pekerja mengenai kualitas air dengan pelatihan sesuai SNI 01-4852-1998.

Kata kunci: HACCP, *Hazard Analysis Critical Control Point*, Proses, Produksi Air Minum, dan Instalasi Pengolahan Air Minum.

**STUDY OF DRINKING WATER PRODUCTION IN
KARANGPILANG III WATER TREATMENT PLANT USING
HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT (HACCP)
METHOD**

Student Name : Meralda Rose Dewi
NRP : 0321154000058
Department : Environmental Engineering
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem M,Sc.

ABSTRACT

Drinking water production activities at the Karangpilang III Water Treatment Plant (WTP) consists of intake, aerator, pre-sedimentation, coagulation, clearator, filter and reservoir units. In the process of drinking water production, several problems are encountered such as decrease in the quality of raw water, damage of processing units, and also other risk factors that threaten the production process. These constraints affect the production target in regard to quality, quantity and continuity. Minister of Health Regulation No. 492 of 2010 concerning the Requirements for Quality of Drinking Water has stated that every drinking water provider is obliged to guarantee that the drinking water it produces is safe for human health, meeting the quality standards of physical, chemical and biological parameters. Referring to these problems, the management of water quality is very important to be implemented.

This study used the Hazard Analysis Critical Control Point Method (HACCP). This method reviewed all the entire production process, starting from the beginning of the production process to the yield of the production process. The stages of applying HACCP method are hazard analysis, determination of the critical point, adjustment of each critical point's boundary, determination of the monitoring system and determination of corrective actions. In the hazard analysis stage, Fishbone and FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) methods are used to determine the risks and hazards easier. This research, which used HACCP method, was reviewed based on laboratory results of water quality and the existing conditions of its operational and maintenances.

The analysis and evaluation of IPAM Karangpilang III existing conditions using HACCP method generates information

that the biggest source of risk that affects the quality of production is found in the operations of each processing unit and fluctuations of its debit.

The corrective actions that can be taken to prevent the occurrence of failures in the production system are improving the performance of the water treatment units, discharge settings according to unit capacity, there must be modification of the flocculation and aeration process, also improvement of workers' insights regarding water quality in accordance with SNI 01-4852-1998.

Keywords: HACCP, *Hazard Analysis Critical Control Point*, Process, Drinking Water Production, Water Treatment Plant.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul “Kajian Produksi Air Minum di IPAM Karangpilang III dengan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)”. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi penyelesaian Program Sarjana Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama penyusunan, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan nasihat, arahan, dan bimbingan yang tulus dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Ir. Mas Agus Mardyanto, M.E., Ph.D.; Ibu Ir. Atiek Moesriati, M.Kes; dan Bapak Alfian Purnomo, S.T., M.T. selaku dosen pengarah yang selalu memberi masukan dan saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini,
3. PDAM Kota Surabaya yang telah mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di IPAM Karangpilang III, Bapak Jitu Agus selaku manajer produksi dan Bapak Prayitno selaku supervisor IPAM yang telah membantu dan memberi informasi selama pengumpulan data.
4. Bapak Adhi Yuniarto, ST., MT., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan,
5. Bapak Welly Herumurti, ST., M.Sc. selaku koordinator Tugas Akhir, terima kasih atas segala saran dan masukan yang telah diberikan,
6. Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, M.T. selaku dosen wali yang selalu memberikan masukan dan saran dengan tulus selama masa studi di Teknik Lingkungan.
7. Teman-teman 2015 terutama Anya, Gerry, Ema, Intan, Reta, Ila, Lia, Bima, Poxxy, Dhienna, Iqoh, Govin, Prita, Bagas, Mylla yang memberi dukungan, juga menemani selama masa studi dan penyusunan tugas akhir.
8. Uci, Arif, Fifi, Amel, Dinda, Edo dan Gopang yang selalu memberi semangat dan doa selama penyusunan Tugas Akhir.

Kemudian penulis ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada mama, papa dan Mbak Galuh yang selalu memberi dukungan moral, materi dan doa selama menjalani masa studi hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Namun, Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Hormat,
Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sumber Air Baku	5
2.2 Klasifikasi Mutu Air	6
2.3 Karakteristik Air Minum	6
2.3.1 Pencemaran Air Minum	7
2.3.2 Parameter Kualitas Air Minum	7
2.4 Proses Pengolahan Air Minum	11
2.5 Gambaran Umum IPAM Karangpilang III	13
2.6 <i>Hazard Analysis Critical Control Point</i>	19
2.6.1 Prinsip HACCP	20
2.6.2 Keuntungan HACCP	22
2.6.3 Keunggulan HACCP	23
2.7 Pengertian Metode <i>Pre-requisites</i>	23
2.7.1 Metode <i>Fishbone Analysis</i>	23
2.7.2 Metode FMEA	24
2.8 Penelitian Terdahulu	29
BAB III METODE PENELITIAN	31
3.1 Deskripsi Umum	31
3.2 Kerangka Kajian	31
3.3 Penelitian Pendahuluan	33
3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian	33
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian Pendahuluan	33
3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	35

3.5	Penyusunan Rencana HACCP	38
3.6	Kesimpulan dan Saran.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan ..	41
4.1.1	Kondisi Eksisting IPAM Karangpilang III	41
4.1.2	Karakteristik Air pada IPAM Karangpilang III	45
4.1.3	Analisis Kekeuhan	47
4.1.4	Analisis pH	50
4.1.5	Analisis TDS	51
4.1.6	Analisis TSS.....	51
4.1.7	Analisis <i>E. Coli</i>	52
4.1.8	Analisis Sisa Klor	53
4.1.9	Analisis Zat Organik.....	54
4.1.10	Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	56
4.2	Penentuan Prioritas Kegagalan dengan FMEA	61
4.2.1	Penentuan Bobot Kepentingan Risiko	61
4.2.2	Penentuan Nilai <i>Severity</i>	63
4.2.2.1	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Intake	65
4.2.2.2	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Aerator	70
4.2.2.3	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Prasedimentasi	74
4.2.2.4	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Koagulasi	78
4.2.2.5	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Clearator	83
4.2.2.6	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Filter	87
4.2.2.7	Penentuan <i>Severity</i> pada Unit Reservoir	90
4.2.2.8	Penentuan <i>Severity</i> pada Perilaku Pekerja	92
4.2.2.9	Penentuan <i>Severity</i> pada Wawasan Pekerja ...	94
4.2.2.10	Peringkat <i>Severity</i> pada Tiap Entitas	97
4.2.3	Penentuan Nilai <i>Occurance</i>	99
4.2.4	Penentuan Nilai <i>Detection</i>	107
4.2.5	Perhitungan <i>Risk Priority Number</i>	115
4.3	Penentuan Titik Kendali Kritis	118
4.4	Penentuan Batas Kritis	122
4.5	Sistem Pemantauan dan Tindakan Perbaikan	133
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		159
5.1	Kesimpulan	159
5.2	Saran.....	159

DAFTAR PUSTAKA	161
LAMPIRAN I	171
LAMPIRAN II	175
LAMPIRAN III	179
LAMPIRAN IV	183
LAMPIRAN V	191
LAMPIRAN VI	197
LAMPIRAN VII	199
LAMPIRAN VIII	203
LAMPIRAN IX	207
BIOGRAFI PENULIS	209

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum.....	8
Tabel 2.2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum	9
Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat <i>Severity</i>	25
Tabel 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat <i>Occurance</i> ..	26
Tabel 2.5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkatan <i>Detection</i> .	28
Tabel 2.6 Penelitian sejenis terdahulu	29
Tabel 4.1 Hasil Analisis Parameter Kekerusuhan.....	47
Tabel 4.2 Penyisihan Kekerusuhan pada Prasedimentasi	48
Tabel 4.3 Penyisihan Kekerusuhan pada Clearator	48
Tabel 4.4 Penyisihan Kekerusuhan pada Filter	49
Tabel 4.5 Parameter Kekerusuhan saat Kemarau.....	49
Tabel 4.6 Hasil Analisis Parameter pH.....	50
Tabel 4.7 Parameter pH saat Kemarau.....	50
Tabel 4.8 Hasil Analisis Parameter TDS	51
Tabel 4.9 Hasil Analisis Parameter TSS	51
Tabel 4.10 Penyisihan TSS pada prasedimentasi	52
Tabel 4.11 Penyisihan TSS pada Clearator	52
Tabel 4.12 Penyisihan TSS pada Filter	52
Tabel 4.13 Hasil Analisis Parameter <i>E.Coli</i>	53
Tabel 4.14 Hasil Analisis Parameter Sisa Klor.....	53
Tabel 4.15 Hasil Analisis Parameter Zat Organik	54
Tabel 4.16 Parameter Zat organik saat Kemarau	55
Tabel 4.17 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Aerasi	55
Tabel 4.18 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Prasedimentasi .	55
Tabel 4.19 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Clearator	56
Tabel 4.20 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Filter	56
Tabel 4.21 Pembobotan Kepentingan Risiko	61
Tabel 4.22 Pembobotan Entitas	62
Tabel 4.23 Kategori dan Peringkat <i>Severity</i>	64
Tabel 4.24 Skala Besar Resiko dan Skala Kondisi Lingkungan	64
Tabel 4.25 Nilai <i>Severity</i> Kualitas Air Baku	65
Tabel 4.26 Nilai <i>Severity</i> Level dan Debit Air Baku.....	67
Tabel 4.27 Nilai <i>Severity</i> pompa	68
Tabel 4.28 Nilai <i>Severity</i> Ketersediaan Strainer	69
Tabel 4.29 Nilai <i>Severity</i> Jarak Antar <i>Stage</i>	70

Tabel 4.30 Nilai Severity Tinggi Jatuhan	71
Tabel 4.31 Nilai Severity Pengujian Kualitas Effluen	72
Tabel 4.32 Nilai Severity Kecepatan Transfer Gas	73
Tabel 4.33 Nilai Severity Waktu Tinggal.....	74
Tabel 4.34 Nilai Severity Bilangan Reynold	75
Tabel 4.35 Nilai Severity Bilangan Froude	76
Tabel 4.36 Nilai Severity Pengurusan Prasedimentasi	78
Tabel 4.37 Nilai Severity Gradien Kecepatan	79
Tabel 4.38 Nilai Severity Waktu Tinggal.....	80
Tabel 4.39 Nilai Severity Bilangan Reynold	81
Tabel 4.40 Nilai Severity Kondisi Unit	82
Tabel 4.41 Nilai Severity Uji Jar Test	83
Tabel 4.42 Nilai Severity Gradien Kecepatan	84
Tabel 4.43 Nilai Severity Waktu Tinggal.....	85
Tabel 4.44 Nilai Severity <i>Loading Rate</i>	86
Tabel 4.45 Nilai Severity Waktu Pengurusan	87
Tabel 4.46 Nilai Severity Pencucian Media	88
Tabel 4.47 Nilai Severity Penggantian Media	89
Tabel 4.48 Nilai Severity Pengecekan Reservoir	90
Tabel 4.49 Nilai Severity Pengecekan Kualitas Air Reservoir	91
Tabel 4.50 Nilai Severity Penggunaan APD.....	93
Tabel 4.51 Nilai Severity Analisa Kualitas Air.....	94
Tabel 4.52 Nilai Severity Wawasan Pekerja t.....	96
Tabel 4.53 Nilai Severity Pelatihan Sesuai SNI 01-4852-1998..	97
Tabel 4.54 Peringkat <i>Severity</i>	98
Tabel 4.55 Penilaian <i>Occurance</i>	100
Tabel 4.56 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Intake	100
Tabel 4.57 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Aerator	101
Tabel 4.58 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Prasedimentasi	102
Tabel 4.59 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Koagulasi	103
Tabel 4.60 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Clearator	104
Tabel 4.61 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Filter	105
Tabel 4.62 Penilaian <i>Occurance</i> Unit Reservoir	105
Tabel 4.63 Penilaian <i>Occurance</i> Perilaku Kerja	106
Tabel 4.64 Penilaian <i>Occurance</i> Wawasan Pekerja	107
Tabel 4.65 Penilaian <i>Detection</i>	108

Tabel 4.66 Penilaian <i>Detection</i> Unit Intake	108
Tabel 4.67 Penilaian <i>Detection</i> Unit Aerator	109
Tabel 4.68 Penilaian <i>Detection</i> Unit Prasedimentasi	110
Tabel 4.69 Penilaian <i>Detection</i> Unit Koagulasi	111
Tabel 4.70 Penilaian <i>Detection</i> Unit Clearator	112
Tabel 4.71 Penilaian <i>Detection</i> Unit Filter	113
Tabel 4.72 Penilaian <i>Detection</i> Unit Reservoir.....	113
Tabel 4.73 Penilaian <i>Detection</i> Perilaku Kerja	114
Tabel 4.74 Penilaian <i>Detection</i> Wawasan Pekerja	114
Tabel 4.75 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i>	116
Tabel 4.76 Titik Kendali Kritis.....	119
Tabel 4.77 Batas Kritis untuk Titik Kendali Kritis.....	125
Tabel 4.78 Sistem Pemantauan	134
Tabel 4.79 Tindakan Perbaikan	137

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bangunan <i>Intake</i> di IPAM Karangpilang III	14
Gambar 2.2 Unit Aerator di IPAM Karangpilang III	15
Gambar 2.3 Unit Prasedimentasi di IPAM Karangpilang III	16
Gambar 2.4 Unit Pengaduk Cepat di IPAM Karangpilang III	17
Gambar 2.5 Unit <i>Clearator</i> di IPAM Karangpilang III	18
Gambar 2.6 Unit <i>Filter</i> di IPAM Karangpilang III	19
Gambar 2.7 Contoh <i>Fishbone Diagram</i>	24
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian	33
Gambar 4.8 Fishbone Analysis	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas air sungai yang umumnya digunakan sebagai air baku dipengaruhi oleh aktivitas manusia di sekitarnya. Aktivitas yang dapat memberi dampak antara lain perubahan pola pemanfaatan lahan menjadi lahan pertanian, tegalan dan permukiman serta meningkatnya aktivitas industri dan manusia (Agustiningsih dkk, 2012). Dengan aktivitas manusia yang terus meningkat, maka beban pencemar yang masuk ke badan air akan semakin besar apabila pembuangan limbah terjadi tanpa kendali (Mahyudin dkk, 2015).

Sekitar 96% air baku PDAM Kota Surabaya dipasok dari Kali Surabaya. Saat ini beban pencemar Kali Surabaya telah melebihi baku mutu air kelas II dan tergolong tercemar ringan sehingga tidak mendukung sebagai sumber air baku. Limbah cair yang berasal dari permukiman dan industri merupakan masalah utama bagi Kali Surabaya (Trisnawati dan Masduqi, 2014). Perubahan kualitas air baku dapat mempengaruhi kualitas air minum yang diolah dan didistribusikan kepada masyarakat. (Sasongko dkk, 2014). Sedangkan, berdasarkan ketentuan dalam PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum bahwa setiap penyelenggara air minum wajib menjamin air minum yang diproduksinya aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, biologis dan kimiawi yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan.

Pada tahun 2019, PDAM Kota Surabaya memiliki target untuk meningkatkan pelayanan dan kualitas kejernihan airnya. Dalam upaya meningkatkan kualitas air tentunya seringkali ditemui berbagai kendala. Kendala tersebut seperti kerusakan fasilitas produksi dan faktor resiko yang mengancam keberlangsungan produksi. Untuk mengantisipasi dan meminimalisir resiko kegagalan proses, maka perlu diberlakukan sebuah standar dan strategi agar target produksi dapat tercapai secara kualitas maupun kuantitas (Rahmawati dan Mulia, 2014). Standar kualitas air dibuat untuk memelihara dan melindungi kesehatan masyarakat sebagai konsumen. Untuk mencapai standardisasi tersebut maka diperlukan suatu pengendalian dan pengawasan

secara menyeluruh terhadap proses produksi air minum yaitu menggunakan metode HACCP (Trisnawati, 2008). *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) merupakan suatu metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya yang mungkin timbul dalam mata rantai suatu proses produksi dan menetapkan suatu pengendalian (titik kendali kritis) yang difokuskan pada pencegahan agar meminimalisir adanya bahaya atau resiko. Sistem HACCP tidak hanya merupakan jaminan keamanan tanpa resiko atau *zero-risk*, tetapi juga dibuat untuk mengurangi resiko negatif pada keamanan air minum di masa mendatang (Muhandri dkk, 2008). HACCP merupakan pencegahan preventif sehingga lebih efisien dibandingkan cara tradisional yang menekankan pada hasil produk akhir saja (Sudarmaji, 2015).

Menurut BSN (1998), HACCP dapat diterapkan pada seluruh rantai produksi dimulai dari produk baku hingga didapatkan hasil akhir produksi. Penerapan HACCP harus didukung oleh bukti secara ilmiah terhadap resiko kesehatan manusia (Trisnawati, 2008). Terdapat prinsip dasar dalam penerapan sistem HACCP, yaitu analisa bahaya, penentuan titik kritis, penetapan batas untuk setiap titik kritis, menetapkan sistem pemantauan untuk sistem HACCP, dan penetapan tindakan koreksi untuk setiap titik kritis (Rachmadia dkk, 2018). Keunggulan lain dari sistem ini yaitu merupakan himbauan dari pemerintah Indonesia untuk menerapkan HACCP dalam menjamin kualitas produk. Himbauan penerapan HACCP ini didasarkan pada SNI 01-4852-1998 dan ISO seri 22000. PDAM Kota Surabaya untuk saat ini masih menggunakan manajemen mutu ISO seri 9001 saja, untuk itu perlu dilaksanakannya kajian produksi air minum menggunakan metode HACCP di IPAM Karangpilang III dengan harapan dapat diidentifikasi titik bahaya yang terjadi pada tahapan proses pengolahan sampai menjadi produk yang siap dikonsumsi sehingga target produksi dapat tercapai secara kualitas, kuantitas dan kontinuitas.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi eksisting sistem produksi air minum untuk penentuan rencana HACCP di IPAM Karangpilang III?
2. Bagaimana rencana dan penerapan manajemen mutu pada sistem produksi air minum dengan metode HACCP?

1.3 Tujuan

Tujuan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kondisi eksisting sistem produksi air minum untuk menentukan rencana HACCP di IPAM Karangpilang III beserta potensi titik bahaya pada rantai produksinya.
2. Menentukan rencana manajemen mutu HACCP pada sistem produksi air minum berdasarkan hasil evaluasi kondisi eksisting sistem produksi di IPAM Karangpilang III.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan rekomendasi penerapan HACCP pada sistem produksi air minum untuk menjamin kebaikan mutu air yang dapat meningkatkan kualitas air di IPAM Karangpilang III sehingga kepercayaan konsumen meningkat.
2. Memberikan informasi mengenai resiko dan cara mengurangi bahaya keamanan air minum di masa sekarang maupun di masa mendatang untuk menjamin kesehatan konsumen IPAM Karangpilang III.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang Lingkup dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi difokuskan pada sistem produksi air minum dari pengolahan air baku hingga produk akhir IPAM Karangpilang III tanpa sistem distribusinya.
2. Penentuan rencana HACCP yang dapat diterapkan pada sistem produksi air minum IPAM Karangpilang III berdasarkan hasil evaluasi.
3. Rekomendasi perbaikan dan analisis resiko pada sistem produksi air minum IPAM Karangpilang III.

4. Aspek yang digunakan pada penelitian ini adalah aspek teknis dan sumber daya manusia.
5. Aspek teknis dilakukan pada masing-masing unit bangunan pengolahan air minum IPAM Karangpilang III.
6. Studi akan dilakukan selama enam bulan dimulai pada Januari 2019 hingga Juni 2019.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Air Baku

Sumber air adalah wadah air yang terdapat di atas dan di bawah permukaan tanah, termasuk dalam pengertian ini akuifer, mata air, sungai, rawa, danau, situ, waduk, dan muara (PP No 82 Tahun 2001). Berdasar PerMenPU No 27 Tahun 2016 bahwa air baku untuk air minum rumah tangga adalah air yang berasal dari sumber air permukaan, air tanah, air hujan dan air laut yang memenuhi baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum. Dimana menurut PerMenKes No 492 Tahun 2010 air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum.

Menurut Hartono (2016), sumber air baku yang digunakan untuk keperluan air minum dapat terdiri dari mata air, air permukaan (sungai, danau, waduk), air tanah (sumur gali, sumur bor), maupun air hujan. Masing-masing air baku tersebut memiliki kualitas yang bermacam-macam. Untuk kualitas air yang relatif jernih adalah mata air bila dibandingkan dengan kualitas air permukaan pada umumnya. Namun, air permukaan saat ini masih menjadi pilihan yang digunakan oleh PDAM karena dari segi kuantitas dan kontinuitas, air permukaan masih tersedia dalam jumlah yang cukup dibandingkan dengan sumber air baku lain walaupun dari segi kualitas tidak terlalu bagus (Hartono, 2016).

Sungai merupakan sumber air yang paling sering digunakan sebagai sumber air baku dalam pemenuhan kebutuhan sehari-hari. Sungai adalah perairan terbuka yang mengalir dan mendapat masukan dari buangan hasil kegiatan manusia. Hasil buangan dapat berasal dari daerah permukiman, pertanian dan industri di sekitarnya. Akibat adanya masukan dari buangan akan mengakibatkan perubahan faktor fisika, kimia, dan biologi di dalam perairan (Sahabuddin, *et al.*, 2014).

Sungai dijadikan sebagai pembuangan limbah industri, domestik dan kegiatan lain yang berdampak negatif yaitu beban pencemar di sungai semakin lama akan semakin besar. (Sasongko dkk, 2014). Dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan kota akan berpengaruh pada kualitas air sungai

sebagai air baku (Mahyudin dkk, 2015). Kualitas air menurun apabila pembuangan limbah dari aktivitas masyarakat di sepanjang sungai terjadi tanpa kendali sehingga tidak sesuai dengan daya dukung sungai (Prihartanto dan Budiman, 2007).

2.2 Klasifikasi Mutu Air

Menurut PP No 82 Tahun 2001, mutu air adalah kondisi kualitas air yang diukur dan atau diuji berdasarkan parameter-parameter tertentu dan metoda tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, kelas air adalah peringkat kualitas air yang dinilai masih layak untuk dimanfaatkan bagi peruntukan tertentu. Air memiliki kriteria mutu sebagai tolak ukur masing-masing kelas air. Klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi 4 (empat) kelas:

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

Penetapan kelas air di atas dilakukan oleh Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan/atau Pemerintah Kabupaten/Kota berdasarkan wewenangnya sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

2.3 Karakteristik Air Minum

Menurut PerMenKes No 492 Tahun 2010 bahwa air minum yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika,

mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif. Permasalahan kualitas air timbul akibat beberapa sifat dari air dan kandungan makhluk hidup, zat, energi dan komponen lain yang ada dalam air tersebut. Kualitas air minum akan dipengaruhi oleh kualitas air baku sebab kualitas air baku menentukan proses pengolahan di suatu Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) (Wahyono dkk, 2007).

2.3.1 Pencemaran Air Minum

Keberadaan benda asing yang mengakibatkan air tidak sesuai baku mutu dan tidak dapat digunakan secara normal disebut pencemaran air (Awaludin, 2015). Menurut Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 1990 tentang Pengendalian Pencemaran air bahwa Pencemaran air didefinisikan sebagai masuknya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen yang lain ke dalam air oleh kegiatan manusia sehingga kualitas air turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak lagi berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Sumber pencemaran air dapat terjadi secara alami dan buatan. Pencemaran secara alami dapat disebabkan oleh letusan gunung, bencana banjir, longsor, dan lain-lain. Sedangkan pencemaran buatan disebabkan oleh perilaku manusia dalam membuang limbah sembarangan. Limbah berupa buangan rumah tangga, sarana industri, galian tambang dan aktifitas pertanian maupun peternakan (Awaludin, 2015).

2.3.2 Parameter Kualitas Air Minum

Berdasarkan PerMenKes No 492 Tahun 2010, air minum aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif sesuai dalam parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan persyaratan kualitas air minum yang wajib diikuti dan ditaati oleh seluruh penyelenggara air minum. Sedangkan untuk parameter tambahan, pemerintah daerah dapat menetapkan parameter tambahan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing. Parameter kualitas air minum mengenai standar kualitas air minum terdiri dari parameter wajib dan parameter tambahan yang dicantumkan pada PerMenKes No.492 Tahun 2010 dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum

	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Di Perbolehkan
A	Parameter Mikrobiologi		
	E. Coli	Jumlah Per 100ml Sampel	0
	Total Bakteri Coliform	Jumlah Per 100ml Sampel	0
B	Parameter Fisik		
	Bau		Tidak Berbau
	Warna	TCU	15
	Kekeruhan	Ntu	5
	Total Zat Padat Terlarut (TDS)	Mg/L	500
	Rasa		Tidak Berasa
	Suhu	°C	Suhu udara \pm 3
C	Parameter Kimiawi		
	PH		6.5-8.5
	Aluminium	Mg/L	0.2
	Khlorida	Mg/L	250
	Kesadahan	Mg/L	500
	Mangan	Mg/L	0,4
	Besi	Mg/L	0,3
	Seng	Mg/L	3
	Tembaga	Mg/L	2
	Amonia	Mg/L	1,5
	Sisa Klor	Mg/L	5

Sumber: Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010

Tabel 2.2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum

Jenis Parameter		Satuan	Kadar Maksimum Yang Di Perbolehkan
A	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	Mg/L	0,001
	Timbal	Mg/L	0,01
	Nikel	Mg/L	0,07
B	Bahan Organik		
	Zat Organik	Mg/L	10
	Deterjen	Mg/L	0,05
	Benzene	Mg/L	0,01
C	Desinfektan		
	Chlorine	Mg/L	5

Sumber: Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010

Parameter yang terdapat pada PerMenKes No 492 tahun 2010 terdiri dari parameter mikrobiologi, parameter fisik dan parameter kimiawi. Parameter mikrobiologi adalah parameter yang membatasi jumlah maksimum E.coli dan total bakteri koliform per 100 ml sampel. Parameter fisik adalah parameter yang berhubungan dengan kondisi fisik air seperti bau, warna, total zat padat terlarut (TDS), kekeruhan, rasa dan suhu. Parameter kimiawi adalah parameter yang bersangkutan dengan kandungan unsur atau zat kimia yang berbahaya bagi manusia, yang terdiri dari kimia organik dan anorganik.

Adapun parameter yang diuji pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

➤ Parameter Fisik

Parameter fisik yang digunakan pada tugas akhir ini adalah kekeruhan, TSS dan TDS.

- Kekeruhan

Kekeruhan dalam air berkaitan erat dengan intensitas cahaya. Kekeruhan dapat menunjukkan kondisi adanya endapan dalam air dan kecenderungan air untuk menyebarkan cahaya (Gafur dkk, 2017).

- *Total Suspended Solid (TSS)*

TSS adalah padatan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan pada air seperti lumpur, tanah liat, jamur dan pasir halus. TSS menjadi salah satu faktor penting menurunnya kualitas air. TSS umumnya dapat dihilangkan dengan flokulasi dan penyaringan (Rinawati dkk., 2016).

- *Total Dissolved Solid (TDS)*

TDS adalah benda padat yang terlarut yaitu mineral, garam, logam serta kation-anion yang terlarut di air, termasuk semua yang terlarut diluar molekul air murni (H_2O). Secara umum, konsentrasi benda-benda padat terlarut merupakan jumlah antara kation dan anion di dalam air. Air yang mengandung TDS tinggi, sangat tidak baik untuk kesehatan manusia (Ningrum, 2018).

- Parameter Kimia

Parameter kimia yang digunakan pada tugas akhir ini adalah pH dan sisa klor.

- pH (Derajat keasaman)

pH menunjukkan kadar asam atau basa yang terdapat dalam suatu larutan yang diketahui melalui konsentrasi ion hydrogen (H^+) (Sawyer *et al.*, 1994). Secara umum pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $pH > 7$ menunjukkan sifat basa, nilai $pH < 7$ menunjukkan keasaman (Joko, 2010).

- Sisa Klor

Sisa klor memiliki fungsi yaitu untuk membunuh bakteri yang masuk selama proses pengolahan air minum. Jika sisa klor dalam sistem terlalu rendah, maka bakteri dapat berkembang biak dan dapat mengganggu kesehatan masyarakat sebagai konsumen (Soemirat, 2002). Apabila kadar sisa klor terlalu tinggi, maka akan menyebabkan munculnya bau kaporit yang tajam dan juga dapat berbahaya bagi konsumen (Garcia dkk, 1997).

- Parameter Biologi yaitu *E. Coli*.

E.Coli merupakan bakteri kelompok Coliform yang digunakan sebagai indikator adanya kontaminasi feses pada air yang menyebabkan masalah kesehatan manusia. Pemeriksaan mikrobiologi air difokuskan pada pemeriksaan terhadap adanya bakteri Coliform patogen yang berasal dari feses yaitu *E.Coli*. Bakteri *E.Coli* dalam air berasal dari

kontaminasi feses hewan dan manusia (Haribi dan Yusron, 2010). *E.Coli* paling banyak digunakan sebagai indikator sanitasi karena air yang terkontaminasi bakteri fecal tersebut akan menimbulkan penyakit sehingga tidak layak untuk dikonsumsi (Prayitno, 2009).

➤ Parameter Tambahan yaitu Zat Organik

Zat organik dalam air dapat mempengaruhi perubahan sifat fisik air, terutama timbulnya warna, rasa, dan kekeruhan (Sutrisno, 2006). Beberapa kandungan zat organik dalam air adalah seperti minyak, tumbuh-tumbuhan, lemak hewan, selulosa, gula, pati dan lain sebagainya. Oksidator yang digunakan untuk mengoksidasi bahan organik adalah Kalium Permanganat ($KMnO_4$) (Saragi, 2016).

2.4 Proses Pengolahan Air Minum

Selain air baku, kualitas air minum juga dipengaruhi oleh proses pengolahan yang dilakukan di PDAM (Wahyono dkk, 2007). Pada dasarnya metode yang digunakan untuk pengolahan air dari berbagai sumber dan untuk berbagai tujuan dibedakan sebagai pengolahan secara fisik (unit operasi), pengolahan secara kimia (unit proses) dan pengolahan secara biologis (Budiyono dan Sumardiono, 2013).

- Proses pengolahan secara fisik

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

1. Penyaringan (*Screening*)

Penyaringan kasar (*screening*) bertujuan untuk menahan padatan yang terdapat dalam air baku dan menyaring benda-benda kasar terapung atau melayang di air agar tidak terbawa ke unit pengolahan selanjutnya (Masduqi dan Assomadi, 2012). Saringan kasar (*bar screen*) berfungsi untuk mencegah masuknya partikel berukuran besar seperti kayu, daun, dan sampah ke dalam sistem pengolahan (Waterwise, 2011). Peletakan penyaringan menyesuaikan dengan kondisi *intake* yang digunakan. *Intake* merupakan bangunan penadap air yang terletak pada lokasi yang dirancang dan dibangun dekat dengan

sumber air, dapat menyediakan air dengan kualitas dan kuantitas yang harus terpenuhi dalam berbagai kondisi (Qasim *et al.*, 2000).

2. Pengendapan

Berdasarkan jenis partikel yang akan diendapkan, pengendapan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu prasedimentasi dan sedimentasi.

- Prasedimentasi

Pengendapan di prasedimentasi bertujuan untuk mengendapkan partikel diskret atau partikel kasar atau partikel lumpur. Partikel diskret adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk dan ukuran selama proses pengendapan (Masduqi dan Assomadi, 2012). Penggunaan unit prasedimentasi memanfaatkan prinsip gravitasi (Joko, 2010).

- Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Pada proses sedimentasi jenis partikel yang diendapkan adalah partikel flokulen (Reynolds, 1982).

3. Filtrasi

Filtrasi adalah proses pengolahan air minum yang bertujuan untuk memisahkan komponen padat pada air baik yang bersifat suspensi maupun koloid melalui media berpori. Filtrasi juga bertujuan untuk mengurangi kandungan bakteri, warna, rasa, bau, besi, mangan dan alga yang terdapat pada air (Masduqi dan Assomadi, 2012).

• Proses pengolahan secara fisik-kimia

1. Koagulasi – flokulasi

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang saling berkaitan dan tak bisa dipisahkan. Pada proses koagulasi dibutuhkan bahan kimia (koagulan) yaitu aluminium sulfat/tawas, natrium aluminat, ferro sulfat, dan ferri chlorida ke dalam air baku diikuti dengan pengadukan cepat untuk membantu partikel-partikel kecil yang tidak dapat mengendap dengan sendirinya secara gravitasi (Karamah dan Lubis, 2016). Pada proses koagulasi akan terbentuk presipitat atau yang biasa disebut dengan inti flok.

Proses flokulasi secara umum disebut juga pengadukan lambat. Dalam proses ini akan terbentuk flok-flok yang lebih besar (inti flok) dan akibat adanya perbedaan berat jenis terhadap air

maka flok akan mengendap. Kecepatan air dalam bak pengaduk yaitu 15-30 cm/detik agar tidak terjadi kerusakan pada flok yang terbentuk (Joko, 2010).

2. Desinfeksi

Desinfeksi adalah proses untuk membunuh mikroorganisme yang tidak diinginkan ada di air yaitu mikroorganisme yang bersifat patogen. Ada beberapa metode desinfeksi yang dapat digunakan yaitu secara kimiawi dan fisika (Joko, 2010). Metode secara kimiawi menggunakan bahan kimia yang disebut dengan desinfektan. Desinfektan yang umum digunakan adalah klor dan senyawanya, brom, iodin, ozon, dan fenol. Dari bahan kimia diatas, klor yang paling sering digunakan untuk air minum (Masduqi dan Assomadi, 2012). Metode secara fisik adalah desinfeksi yang dilakukan dengan pemberian panas dan cahaya. Metode secara radiasi yaitu dengan pemaparan sinar ultra violet. Radiasi sinar UV mampu menembus dinding sel mikroba dan akan merusak replikasi sel (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.5 Gambaran Umum Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang III

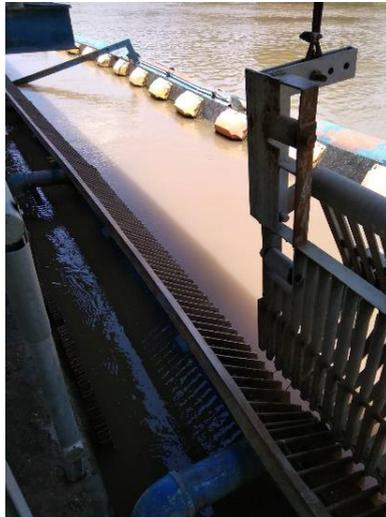
Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang III dibangun pada tahun 2009. Air baku yang diolah oleh IPAM Karangpilang III merupakan air Sungai Kali Surabaya yang dibeli dari Perum Jasa Tirta. Debit pengolahan IPAM Karangpilang III pada tahun 2019 adalah 2200 L/detik. Air dari sungai tersebut kemudian diolah di unit pengolahan. Unit-unit pengolahan yang digunakan oleh IPAM Karangpilang III adalah Intake, Aerator, Prasedimentasi, Koagulasi, Clearator, Filter dan Reservoir.

Skematik proses IPAM Karangpilang III yang dapat dilihat pada Lampiran setelah halaman ini.

Penjelasan mengenai kondisi eksisting unit-unit pengolahan air pada IPAM Karangpilang III adalah sebagai berikut:

1. *Intake*

Terdapat satu bangunan intake pada IPAM Karangpilang. Bangunan ini terletak di bantaran sungai Kali Surabaya berfungsi sebagai pengambilan air baku. Jenis *intake* yang digunakan oleh IPAM Karangpilang adalah *river intake* dilengkapi dengan pipa penyadap, *barscreen* mekanis dan pelampung untuk menahan sampah agar tidak masuk ke instalasi pengolahan. Pompa air baku terdapat 4 buah yang seluruhnya digunakan untuk operasional, tidak didapati pompa cadangan. Bangunan *intake* dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Bangunan *Intake* di IPAM Karangpilang III

2. Sumur penyeimbang

Sumur penyeimbang berguna untuk menampung air yang berasal dari *intake*. Sumur penyeimbang juga bertujuan untuk mengatur keseimbangan air baku yang mengalir ke masing-masing pompa intake (Damayanti dan Firman, 2012).

3. Unit Aerator

Aerator yang digunakan oleh IPAM Karangpilang III menggunakan prinsip seperti air mancur yaitu air baku dipompa keatas yang kemudian dilewatkan pada *stage-stage* yang disusun keatas kemudian pada ketinggian tertentu air jatuh sehingga terdapat proses masuknya oksigen. *Aerator* berbentuk bulat dengan dimensi diameter 12 m, kedalaman 2 m, dan terdapat 3 stage bertingkat dibagian tengah dengan ketinggian masing-masing *stage* 0,75 m. Tujuan pengaliran air dari sumur pengumpul ke bak aerasi adalah untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut (DO) pada air baku. Dengan meningkatnya kadar oksigen terlarut pada air dapat menurunkan kadar besi, mangan, bahan organik, ammonia, dan sebagainya (Narita dkk, 2011). Unit aerator dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Gambar 2.2 Unit Aerator di IPAM Karangpilang III



4. Unit Prasedimentasi

Terdapat 4 bak prasedimentasi di IPAM Karangpilang III. Prasedimentasi yang digunakan pada IPAM Karangpilang III berbentuk persegi panjang dengan dimensi 80 m x 15 m dengan kedalaman 4 m dan waktu detensi 2 jam. Digunakan prinsip *scraper* pada prasedimentasi untuk mengumpulkan lumpur. Bak prasedimentasi berfungsi untuk mengendapkan partikel diskrit yang terlarut dalam air. Partikel diskrit adalah partikel yang tidak mengalami perubahan bentuk, ukuran, dan berat. Contoh partikel diskrit adalah lempung, kerikil, pasir dan zat padat lainnya yang

mengendap secara gravitasi ($S_g = 1,2$ dan $d = 0,05$ mm) dan tanpa penambahan bahan kimia (Damayanti dan Firman, 2012). Dalam pengoperasiannya, prasedimentasi dapat mengurangi zat padat sebesar 50 % - 70% (Narita dkk, 2011). Unit prasedimentasi dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.3 Unit Prasedimentasi di IPAM Karangpilang III

5. Unit Pengaduk Cepat (Koagulasi)

Air yang terdapat pada unit prasedimentasi kemudian dialirkan ke unit koagulasi secara gravitasi untuk ditambahkan koagulan berupa tawas. Jumlah unit koagulasi sebanyak 2 buah dengan bentuk *rectangular* berdimensi panjang 4 m, lebar 3 m dan kedalaman 2,7 m. Koagulasi pada IPAM Karangpilang III Koagulasi menggunakan sistem hidrolis dengan desain perputaran air dengan membubuhkan larutan Aluminium Sulfat Alum (tawas) dengan konsentrasi 8%. Pembubuhan koagulan menggunakan pipa PVC yang dilubangi sehingga koagulan jatuh menetes secara gravitasi, kemudian air akan bergerak melingkar dan menuju clearator. Sistem pengadukan pada unit ini menggunakan metode *hydraulic jumper*, yaitu membuka pintu air setinggi 10-20 cm sehingga tekanan air outlet prasedimentasi yang besar dapat menyebabkan terjadinya pengadukan. Pengadukan cepat berfungsi mencampurkan bahan kimia dengan air secara merata sehingga terbentuk inti flok (Damayanti dan Firman, 2012). Unit pengaduk cepat dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.4 Unit Pengaduk Cepat di IPAM Karangpilang III

6. Unit *Clearator*

Pada IPAM Karangpilang III, unit flokulasi dan sedimentasi digabungkan dalam unit *Clearator*. Berdasarkan Laporan Akhir Pekerjaan Pembangunan IPAM Karangpilang III, terdapat 4 buah unit *Clearator* berbentuk kerucut dengan diameter atas 23 m dan kedalaman total 8,95 m. Pada bagian tengah terdapat ruang flokulator memiliki diameter atas 3 m dan diameter bawah 12 m dilengkapi dengan pipa pembubuh flokulan *polielectrolyte* (polimer) agar terbentuk flok ukuran lebih besar dan mudah mengendap. Pengadukan lambat pada proses flokulasi dilakukan menggunakan pipa *diffuser*. Dalam ruang flokulator terdapat kompartemen dengan pipa difuser jenis PVC 150mm untuk menghasilkan gradien kecepatan secara menurun yaitu 90/detik, 45/detik dan 20/detik. Sedangkan kedalaman efektif untuk proses sedimentasi adalah 5,35 m dengan waktu detensi 1,5 jam. Prinsip kerja *clearator* adalah air baku masuk ke unit clearator melalui pipa *steel* berdiameter 800 mm kemudian melewati pipa vertikal 1,5 m kemudian air jatuh melimpah melewati plat yang dilengkapi pipa difuser (proses flokulasi). Kemudian proses pengendapan berlangsung saat air masuk ke ruang lumpur yang terletak pada bagian dasar clearator. Lalu air bergerak ke atas menuju tube settler berbahan PVC untuk meningkatkan efisiensi pengendapan. IPAM Karangpilang III menetapkan bahwa efluen unit clearator memiliki kekeruhan harus kurang dari 7 NTU agar

kerja filter tidak terlalu berat. Unit *clearator* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.5 Unit *Clearator* di IPAM Karangpilang III

7. Unit *Filter*

Filter IPAM Karangpilang III terdapat 14 buah yang disusun secara paralel menggunakan jenis *rapid sand filter* yaitu dengan media pasir silika dan antrasit. Dimensi filter yaitu 10 m x 6 m x 2 m dengan ketebalan media filter 100 cm dengan susunan lapisan pasir silika 50 cm, antrasit 30 cm, dan kerikil sedang (*gravel*) 20 cm sebagai media penyangga. Pencucian dilakukan dengan cara *air scouring* yaitu mengalirkan udara pada media penyaring sehingga kotoran yang menempel pada butiran media dapat terlepas (Septiana dan Titistiti, 2009) yang kemudian saat itu juga dilakukan proses *backwash*. Pompa *backwash* dan blower terdapat dua buah, dimana satu menjadi cadangan. *Filter* berfungsi untuk menyaring sisa padatan atau flok yang tidak mengendap pada *clearator* yang kemudian terbawa hingga keluar dari unit *clearator*. (Damayanti dan Firman, 2012). Unit *Filter* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.6 Unit *Filter* di IPAM Karangpilang III

8. *Reservoir*

Reservoir pada IPAM Karangpilang III terdapat 2 unit dengan tujuan apabila salah satu unit perlu pemeliharaan maka pompa distribusi masih bisa beroperasi. *Reservoir* berbentuk persegi panjang dengan panjang efektif 51 m, lebar efektif tiap bak 12 m, kedalaman efektif 3 m dan waktu detensi 30 menit. *Reservoir* berfungsi sebagai unit penampung air hasil dari pengolahan. Untuk mempercepat pencampuran klorin di *reservoir* maka dibuat baffle sebanyak 3 sekat dengan lebar baffle 4 meter pada tiap unitnya. Unit *reservoir* pada IPAM Karangpilang III dioperasikan dengan cara mengatur *valve inlet* dan *outlet reservoir* (Damayanti dan Firman, 2012).

2.6 Hazard Analysis Critical Control Point

Hazard Analysis Critical Control Point atau biasa disebut HACCP adalah suatu sistem jaminan mutu yang berdasarkan pada kesadaran bahwa bahaya akan timbul di berbagai titik atau tahap produksi sehingga dapat dilakukan tindakan pengendalian untuk mengontrol dan meminimalisir terjadinya bahaya tersebut. Kunci utama HACCP berada pada antisipasi bahaya dan identifikasi titik pengawasan yang mengutamakan tindakan pencegahan daripada mengandalkan kepada pengujian produk akhir (Cartwright dan Latifah, 2010).

HACCP harus dilaksanakan dengan landasan ilmiah secara sistematis untuk menjamin kualitas suatu produk aman dari bahaya fisik, kimia, dan mikrobiologi (Dewi, 2015). Menurut BSN (1998), HACCP penting untuk diterapkan pada industri pangan karena bahan-bahan yang digunakan selama proses produksi

memiliki peluang terjadinya pencemaran yang dapat membahayakan manusia. Penerapan HACCP dapat dilakukan pada seluruh rantai pangan dari awal produksi hingga didapatkan hasil produk (Surahman dan Ekafitri, 2014).

Menurut BSN (1998), HACCP harus diterapkan terpisah untuk setiap operasi tertentu. Penerapan HACCP harus ditinjau kembali dan dibuat perubahan yang diperlukan jika dilakukan modifikasi dalam produk, proses atau tahapannya. Penerapan HACCP perlu dilaksanakan secara fleksibel, dimana perubahan yang tepat disesuaikan dengan memperhitungkan sifat dan ukuran dari operasi (Trisnawati, 2008).

2.6.1 Prinsip HACCP

Berdasar BSN (1998), Penerapan prinsip-prinsip HACCP terdiri dari tugas-tugas atau tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a) Prinsip 1 : Berkaitan dengan Analisa bahaya
- b) Prinsip 2 : Identifikasi CCP (*Critical Control Point*)
- c) Prinsip 3 : Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP
- d) Prinsip 4 : Menetapkan sistem pemantauan CCP
- e) Prinsip 5 : Menetapkan tindakan koreksi

Prinsip tersebut harus dilakukan secara berkesinambungan, artinya tidak terhenti setelah satu tahap analisis dilakukan dan bahaya harus terselesaikan hingga akhir (Thaheer H, 2005). Menurut Oktaviani (2016), penerapan prinsip adalah sebuah pandangan tentang cara menerapkan masing-masing prinsip yang ada dan juga memperhitungkan poin-poin pokok pada setiap prinsip. Adapun poin-poin pokok pada setiap prinsip adalah sebagai berikut:

- Poin pokok pada prinsip 1: Berkaitan dengan Analisa bahaya
Analisis Bahaya dilakukan saat proses berlangsung yaitu tahapan saat tim HACCP secara sistematis menganalisis bahan baku dan setiap proses pada rantai produksi. Analisis bahaya harus didasarkan pada ilmu pengetahuan. Bahaya akan dinyatakan signifikan apabila dapat membahayakan konsumen. Menurut Sudarmaji (2015), Bahaya merupakan segala aspek mata rantai produksi yang tidak dapat diterima karena menjadi penyebab masalah keamanan produksi yang dapat mempengaruhi kualitas hasil produk. Bahaya tersebut meliputi:

- Adanya pencemar yang tidak dikehendaki pada bahan baku dan proses produksi.
- Adanya pertumbuhan mikroorganisme maupun perubahan kimiawi yang tidak dikehendaki.
- Kontaminasi pada saat proses pengolahan berjalan ataupun pada hasil produk.
- Adanya faktor manusia yang menjalankan proses produksi.
- Poin pokok pada prinsip 2: Identifikasi CCP (*Critical Control Point*)
 - CCP adalah suatu langkah penting untuk mencegah atau memusnahkan bahaya. Sehingga CCP berkaitan dengan tindakan pengendalian bahaya yang dapat diterapkan hingga tercapai titik aman.
 - Untuk mengidentifikasi CCP, seluruh rantai produksi dapat dikaji menggunakan metode pohon keputusan (*decision tree*).
 - Menurut Sudarmaji (2015), titik pengendalian kritis dapat dilakukan dari segi bahan mentah, lokasi, prosedur atau proses pengolahannya.
- Poin pokok pada prinsip 3: Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP
 - Batas kritis adalah batasan keamanan yang harus dipenuhi setiap tindakan pengendalian yang dilaksanakan pada langkah CCP. Batasan kritis adalah kriteria yang membedakan antara aman dan adanya kemungkinan tidak aman.
 - Penetapan batas kritis berdasarkan perundangan, standar keamanan, dan nilai-nilai yang telah diuji secara ilmiah. Batasan harus berupa parameter terukur yang dapat ditentukan dan dipantau melalui pengujian dan observasi.
- Poin pokok pada prinsip 4: Menetapkan sistem pemantauan CCP
 - Pemantauan adalah tindakan yang diperlukan untuk memastikan bahwa proses tersebut terkendali dan berjalan dalam batasan kritis yang ditentukan. Pemantauan dilaksanakan melalui observasi. Seluruh pihak yang memiliki tanggung jawab untuk melakukan

pemantauan harus dilatih dan memiliki pemahaman yang jelas.

- Poin pokok pada prinsip 5: Menetapkan tindakan koreksi
 - Menetapkan tindakan koreksi yang akan dilakukan saat hasil pemantauan menunjukkan CCP berada di luar kendali. Tindakan perbaikan harus didefinisikan dengan benar untuk memastikan CCP yang berada diluar kendali dapat terkendali dan penyimpangan lebih lanjut dapat dicegah.
 - Ada dua prioritas apabila terdapat penyimpangan, yaitu menangani produk yang dihasilkan selama proses penyimpangan terjadi dan mengupayakan modifikasi proses sehingga penyimpangan tidak terjadi kembali.

2.6.2 Keuntungan HACCP

Beberapa keuntungan pokok (manfaat) yang dapat diperoleh oleh pemerintah dan instansi serta konsumen dari adanya penerapan HACCP antara lain (Sudarmaji, 2015):

- a. Dapat diterapkan pada semua aspek pengolahan, termasuk bahaya secara biologi, kimia, dan fisik pada setiap tahapan rantai produksi yaitu dari bahan baku hingga produk akhir.
- b. Dapat memberikan alternatif kegiatan yang dapat dilakukan untuk mencegah terjadinya bahaya sebelum mencapai konsumen.
- c. HACCP sebagai pelengkap sistem pemeriksaan oleh pemerintah sehingga pengawasan menjadi optimal.
- d. Dapat meminimalkan risiko kesehatan yang berkaitan dengan konsumsi.
- e. Dapat meningkatkan kepercayaan akan keamanan hasil pengolahan.
- f. Dapat menghemat biaya produksi dan operasional, meningkatkan mutu produk dan mengurangi adanya cacat pada produk (Hilman dan Ikatrinasari, 2014).

Adapun faktor-faktor penghambat penerapan HACCP di Indonesia antara lain (Oktaviani, 2007):

- a. Kurangnya pedoman dalam pengembangan sumber daya manusia profesional untuk menerapkan HACCP.
- b. Kurangnya komitmen dari pemerintah untuk menerapkan HACCP.
- c. Kurangnya dana untuk menerapkan HACCP.

- d. Kurangnya keahlian dan keterampilan teknis untuk menerapkan HACCP.
- e. Kurangnya sarana dan prasarana untuk menerapkan HACCP.

2.6.3 Keunggulan HACCP

Keunggulan HACCP antara lain sebagai berikut:

- a. Penerapan yang tidak membutuhkan software atau aplikasi sehingga mudah diterapkan.
- b. Fokus pada pencegahan dan antisipasi dini sebuah bahaya sehingga lebih cepat dan menyeluruh (WateReuse Research Foundation, 2014).
- c. Merupakan himbauan dari pemerintah dalam pengawasan industri pangan (SNI 01-4852-1998).
- d. Merupakan pencegahan preventif sehingga lebih efisien dibandingkan cara tradisional yang menekankan pada hasil produk akhir saja (Sudarmaji, 2015).
- e. Pencegahan sebelum adanya kontaminasi dengan melihat resiko yang mungkin terjadi. Karena kontaminasi dapat timbul pada berbagai waktu, tempat, dan proses. (Hilman dan Ikatrinasari, 2014).
- f. Dapat diterapkan pada semua aspek pengolahan, termasuk bahaya secara biologi, kimia, dan fisik pada setiap tahapan rantai produksi yaitu dari bahan baku hingga produk akhir (Sudarmaji, 2015).

2.7 Pengertian Metode *Pre-requisites*

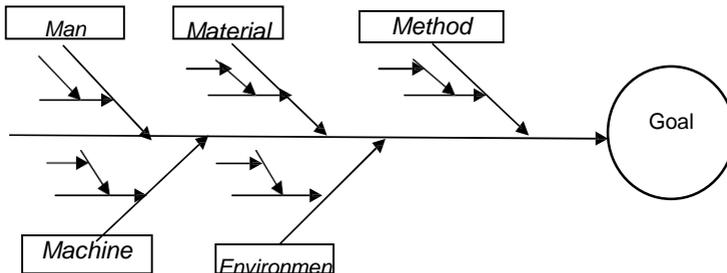
Metode *pre-requisites* adalah prosedur yang berkaitan dengan persyaratan dasar untuk mencegah kontaminasi dalam metode HACCP juga mendukung analisa resiko dan penyusunan titik kritis. Metode *pre-requisites* yang digunakan pada metode HACCP adalah *fishbone analysis* dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

2.7.1 Metode *Fishbone Analysis*

Menurut Hamidy (2016), *fishbone analysis* adalah sebuah metode analisis yang terperinci dalam menemukan penyebab-penyebab suatu masalah. Dalam metode ini masalah yang diamati dianggap sebagai kepala ikan sedangkan penyebab masalah atau faktor berpengaruh digambarkan sebagai tulang-tulang ikan yang kemudian dihubungkan menuju kepala ikan. Faktor-faktor kegagalan dan permasalahan yang mempengaruhi suatu masalah

dapat disusun menggunakan analisis *fishbone* untuk mengidentifikasi efek, dan penyebab permasalahan (Utami dkk., 2016). Berikut adalah prosedur penggunaan *fishbone diagram* :

1. Menepakati masalah yang ada
2. Mengidentifikasi kategori penyebab utama kecelakaan
3. Menemukan sebab-sebab potensial
4. Mengkaji dan menepakati sebab-sebab paling mungkin



Gambar 2.7 Contoh *Fishbone Diagram*

Sumber : Suryani (2018)

2.7.2 Metode FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) merupakan sebuah metode yang akurat untuk mengidentifikasi kegagalan dan penyebabnya yang terjadi dalam sebuah sistem, proses, atau pelayanan (*service*) (Sellapan dan Astuti, 2012). FMEA dapat menjadi prosedur *pre-requisite* sebelum dilakukan penerapan HACCP karena FMEA fokus pada identifikasi *severity* dan kegagalan yang paling kritis (Fitrianti, 2016). Identifikasi kegagalan potensial pada FMEA dilakukan dengan menilai atau memberi skor masing – masing aspek kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) (Sari dkk., 2011).

Langkah-langkah dalam prosedur penyusunan FMEA adalah sebagai berikut (Puspitasari dkk., 2014) :

1. Identifikasi masalah pada masing-masing proses
2. Membuat daftar penyebab dan efek potensial
3. Menentukan tingkat *severity*
4. Menentukan tingkat *occurrence*
5. Menentukan tingkat *detection*

6. Menghitung RPN (*Risk Priority Number*)
 7. Membuat prioritas bahaya potensial untuk ditindaklanjuti
 8. Mengambil tindakan untuk mengurangi atau menghilangkan bahaya potensial
 9. Menghitung hasil RPN yang sudah dianalisa lebih lanjut
- Severity* adalah nilai pada tingkat keseriusan terhadap efek yang ditimbulkan. Semakin kritis efek yang ditimbulkan, maka semakin tinggi nilai *severity* yang dihasilkan (Puspitasari dkk., 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *severity* disajikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat *Severity*

Effect	Severity of efect for FMEA	Rating
Tidak ada	Tidak memberikan pengaruh dan kerugian biaya yang sangat kecil sekali.	1
Sangat kecil	Menyebabkan gangguan pada beberapa hasil produksi dan kerugian biaya yang rendah.	2
Kecil	Menyebabkan gangguan banyak pada hasil produksi dan kerugian waktu serta biaya yang agak rendah.	3
Sangat sedikit	Menyebabkan gangguan banyak sekali pada hasil produksi dan kerugian biaya yang rendah.	4
Sedikit	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi sampingan atau membuat cukup tidak nyaman serta kerugian biaya yang cukup tinggi.	5
Sedang	Menyebabkan hilangnya performa dari fungsi sampingan atau membuat ketidaknyamanan yang menonjol serta konsumsi biaya dan waktu yang besar.	6
Besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama serta konsumsi biaya yang sangat besar menyebabkan kerugian yang besar.	7
Sangat besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama atau <i>breakdown</i> serta konsumsi biaya dan waktu yang mendekati tidak diterima.	8

Effect	Severity of effect for FMEA	Rating
Berbahaya dengan peringatan	Menyebabkan bahaya dan akan melanggar aturan pemerintah dan nasional serta kerugian yang sangat besar.	9
Berbahaya tanpa adanya peringatan	Kegagalan menyebabkan bahaya tanpa peringatan serta kerugian biaya yang tidak dapat diterima.	10

Sumber : Carlson (2004)

Occurance adalah kemungkinan kegagalan yang akan terjadi selama masa pengolahan air. *Occurance* juga dapat diartikan dengan nilai rating yang disesuaikan dengan frekuensi atau angka kumulatif dari kegagalan yang mungkin terjadi (Puspitasari dkk., 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *occurance* disajikan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat *Occurance*

Kemungkinan Kegagalan	Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)	Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)	Rank
Sangat tinggi	Teknologi atau desain baru yang belum ada.	≥ 100 /seribu ≥ 1 dari 10	10
Tinggi	Kegagalan bisa dihindari dengan desain dan aplikasi baru, atau biaya dalam siklus/kondisi pengoperasian.	50/seribu 1 dari 20	9
	Kegagalan mungkin dengan desain baru atau biaya dalam proses pengoperasian.	20/seribu 1 dari 50	8
	Kegagalan belum pasti dengan desain baru atau biaya dalam proses pengoperasian.	10/seribu 1 dari 100	7
Sedang	Kegagalan sering dikaitkan dengan desain yang sama atau	2/seribu 1 dari 500	6

Kemungkinan Kegagalan	Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)	Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)	Rank
	dalam simulasi desain dan pengujian.		
	Kegagalan sesekali dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.5/seribu 1 dari 2000	5
	Kegagalan terisolasi dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.1/seribu 1 dari 10000	4
Rendah	Hanya kegagalan yang terisolasi yang berhubungan dengan desain yang hampir sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.01/seribu 1 dari 100000	3
	Terdapat kegagalan terkait dengan desain yang hampir sama atau simulasi desain dan pengujian.	≤ 0.001 /seribu 1 dari 1000000	2
Sangat rendah	Kegagalan dihilangkan melalui pencegahan.	Kegagalan dihilangkan dengan pencegahan	1

Sumber : Gasperz (2002)

Detection adalah nilai pengukuran terhadap kemampuan dalam mengendalikan kegagalan yang mungkin terjadi (Puspitasari dkk., 2014). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *detection* disajikan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkatan *Detection*

Kemungkinan Mendeteksi	<i>Detection</i>	<i>Ranking</i>
Hampir tidak Mungkin	Kegagalan tidak terdeteksi.	10
Sangat jarang	Alat kontrol sangat sulit mendeteksi kegagalan.	9
Jarang	Alat kontrol sulit mendeteksi bentuk kegagalan.	8
Sangat rendah	Kemampuan alat kontrol dalam mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sangat rendah.	7
Rendah	Kemampuan alat kontrol dalam mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan rendah.	6
Sedang	Kemampuan alat kontrol dalam mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sedang.	5
Agak tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan cukup mudah.	4
Tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah.	3
Sangat tinggi	Alat ukur dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah dan akurat.	2
Hampir pasti	Alat kontrol mendeteksi dengan sangat mudah dan akurat.	1

Sumber : Carlson (2004)

Menurut Puspitasari dkk (2014), *Risk Priority Number (RPN)* adalah nilai dari hasil perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection*. Jadi nilai RPN yang menentukan prioritas kegagalan yang dapat terjadi. Nilai RPN juga dapat digunakan untuk mengurutkan kegagalan yang potensial pada proses. Berikut adalah persamaan nilai RPN :

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

Menurut McDermott dkk (2009), tahap selanjutnya adalah memprioritaskan *Failure Mode* untuk penanganan. Mode kegagalan diprioritaskan berdasarkan ranking dari RPN tertinggi

hingga terendah. Dalam hal ini, 80% dari total RPN dalam FMEA hanya dipengaruhi oleh 20% potensi kegagalan.

2.8 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.6 Penelitian sejenis terdahulu

No	Nama penulis	Tahun terbit	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
1	Nur Oktaviani	2007	Kajian Pustaka Penerapan Sistem Analisis Hazard dan Titik Kendali Kritis (HACCP) terhadap Penyediaan Air Bersih di Indonesia Studi Kasus IPAM Ngagel III PDAM Kota Surabaya	Penerapan prinsip HACCP sangat penting karena dapat membantu menentukan titik bahaya dan kritis serta tindakan kendali yang dapat dilakukan dalam penyediaan air minum untuk menghindari terjadinya penyebab penyakit yang ditimbulkan oleh air. Perlu adanya penyusunan konsep HACCP penyediaan air minum di Indonesia, dengan studi kasus dari beberapa IPAM yang ada.
2	Nadia Fitrianti	2016	Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X dengan Metode <i>Failure Mode And</i>	Sumber kegagalan terbesar pada proses pengolahan IPAM X yaitu pada faktor risiko kecepatan

No	Nama penulis	Tahun terbit	Judul Penelitian	Kesimpulan Penelitian
			<i>Effect Analysis (FMEA)</i>	transfer gas pada proses aerasi. Perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi risiko yaitu penambahan aerator difusi.
3	Fahir Hassan	2016	Kajian Penerapan Sistem <i>Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)</i> di IPAM Porong PDAM Delta Tirta Sidoarjo	Berdasarkan analisa HACCP terhadap proses pengolahan air minum IPAM Porong dapat diketahui potensi bahaya yang timbul yaitu sampah yang lolos pada unit Intake, minimnya pembentukan flok, total padatan terlarut, zat organik pada unit re-klorinasi, mikroba dan patogen.

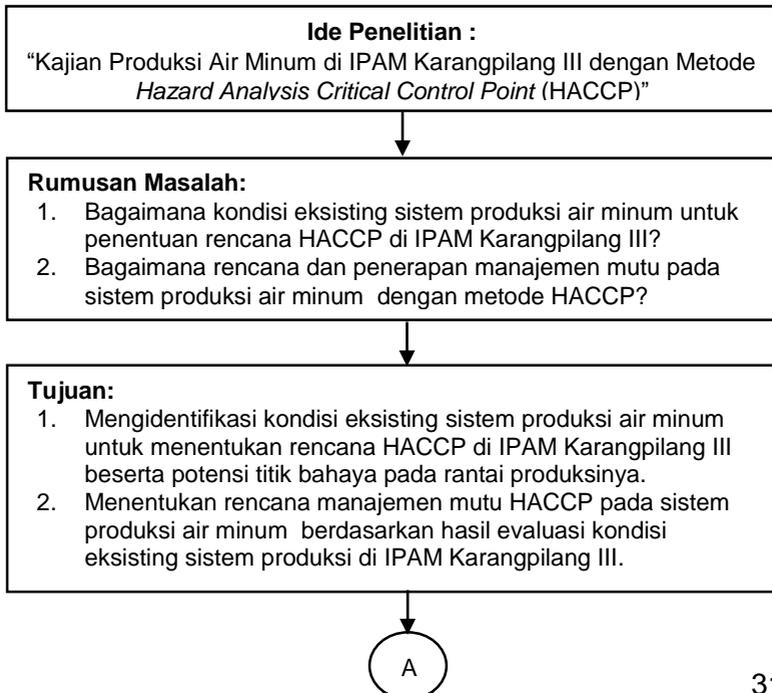
BAB III METODE PENELITIAN

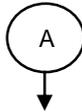
3.1 Deskripsi Umum

Metodologi studi yang dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi potensi titik bahaya dan menentukan rencana manajemen mutu HACCP pada sistem produksi air minum IPAM Karangpilang III. Studi yang dilakukan meliputi studi kepustakaan dari berbagai literatur, jurnal, dan artikel. Selain itu dilakukan pula studi lapangan untuk mengetahui kondisi eksisting. Pada penelitian yang diteliti adalah permasalahan pada proses pengolahan yaitu proses *intake*, aerator, prasedimentasi, koagulasi, *clearator*, filter dan *reservoir*.

3.2 Kerangka Kajian

Kerangka kajian disusun sebagai acuan dalam mencapai tujuan. Penyusunan dilakukan dengan jelas dan sistematis agar mempermudah dalam pelaksanaan. Skema kerangka ditunjukkan pada Gambar 3.1.





Studi Literatur:

1. Sumber Air Baku
2. Klasifikasi Mutu Air
3. Karakteristik Air Minum
4. Parameter Kualitas Air Minum
5. Proses Pengolahan Air Minum
6. *Hazard Analysis Critical Control Point*

Pengumpulan Data

Data Primer:

- Observasi lapangan mengenai kondisi eksisting
- Dokumentasi kondisi eksisting
- Analisis laboratorium kualitas air

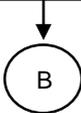
Data Sekunder:

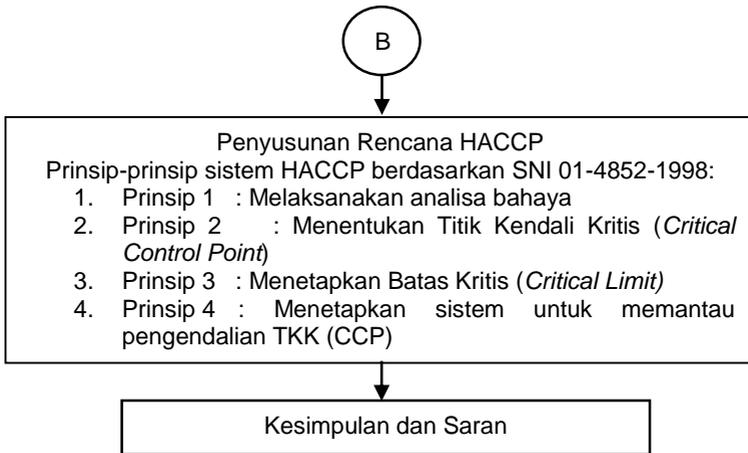
- Data bulanan kualitas air sebelum dan setelah pengolahan
- Diagram alir pengolahan
- Data struktur organisasi, sistem administrasi, dan sistem ketenagakerjaan.

Pengolahan data primer dan data sekunder

Penyusunan Metode *Pre-requisites* HACCP

- Metode *Fishbone Diagram*
- Metode *Failure Mode and Effect Analysis*





Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Penelitian Pendahuluan

3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian

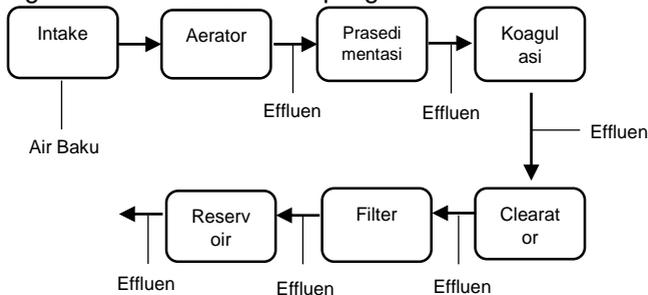
Lokasi penelitian adalah IPAM Karangpilang III.

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan melalui sampling pada *intake* hingga *outlet* unit pengolahan IPAM Karangpilang III. Penelitian kualitas air dilaksanakan selama 5 hari pada jam operasional kantor.

a. Pengambilan Sampel

Titik sampling adalah *intake* dan *outlet* pada masing-masing unit yang terdapat pada IPAM Karangpilang III. Sampel *outlet* diambil dengan menggunakan botol plastik 1,5 L dan botol kaca steril untuk parameter biologis. Jumlah unit yang menjadi sampel penelitian adalah 7 yaitu unit *intake*, aerator, prasedimentasi, koagulasi, *clearator*, filter dan *reservoir*. Berikut adalah gambaran untuk titik sampling:



Parameter yang diuji pada tugas akhir ini adalah kekeruhan, TSS, TDS, pH, sisa klor, zat organik dan *E. Coli*. Jumlah sampel yang akan dianalisis sebanyak 7 sampel untuk satu hari sampling dengan rincian sebagai berikut:

Total Sampel = waktu sampling x jumlah unit = 5 hari x 7 sampel = 35 sampel.

b. Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium dilakukan sebagai penelitian pendahuluan karakteristik awal air pada masing-masing unit yang terdapat pada IPAM. Analisis laboratorium yang dilakukan yaitu pengukuran kualitas air dengan parameter fisik yaitu kekeruhan, TSS dan TDS. Pengukuran kualitas kimia dengan parameter pH, dan sisa klor. Pengukuran kualitas biologi dengan parameter *E.Coli*. Berikut persiapan alat dan bahan yang diperlukan untuk analisis laboratorium:

1. Persiapan Alat

- Peralatan untuk pengambilan sampel yaitu botol plastik 1,5 L dan botol kaca yang telah disterilkan untuk parameter *E.Coli*.
- Peralatan untuk analisis laboratorium.

2. Persiapan Bahan

Berikut penjelasan dari masing-masing parameter yang dianalisis :

➤ **Parameter Kekeruhan**

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

➤ **Parameter TSS**

Analisis TSS dilakukan untuk menentukan total padatan yang tersuspensi dalam air. Analisis dilakukan secara gravimetri berdasarkan SNI-06-6989.3-2004

➤ **Parameter TDS**

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

➤ **Parameter pH**

Analisa parameter pH menggunakan pH meter, dimana penggunaannya adalah dengan mencelupkan pH meter kedalam sampel sehingga didapatkan nilai PH untuk masing-masing sampel yang akan diuji. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H+* (APHA, 2012).

➤ **Parameter Cl_2 (sisa klor)**

Analisis parameter Cl_2 dilakukan untuk menentukan besarnya klor aktif yang diperlukan untuk proses desinfeksi. Metode yang digunakan untuk parameter ini menggunakan klorin meter. Analisis dilakukan berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H+* (APHA, 2012).

➤ **Parameter Zat Organik**

Analisis ini dilakukan untuk mengidentifikasi adanya zat organik pengganggu dalam air yang dapat mempengaruhi sifat fisik air. Adanya zat organik dalam air dapat diketahui dengan menentukan angka permanatnya (Saragi, 2016). Analisis dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.22-2004.

➤ **Parameter *E.Coli***

Analisis *E.Coli* dilakukan untuk mengidentifikasi adanya bakteri patogen dalam air. Analisis dilakukan dengan metode fermentasi multi tabung berdasarkan *Standard Methods 22nd Edition Section 4500-H+* (APHA, 2012).

3.4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dibagi menjadi beberapa tahap yaitu, tahap pemahaman melalui studi literatur, pengumpulan data sekunder dan primer, pengolahan data dan penyusunan rencana HACCP pada setiap proses produksi setelah diketahui titik kritis yang muncul dan mempengaruhi kualitas air, kemudian menentukan kebijakan alternatif proses produksi.

a) Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendukung jalannya penelitian dari awal hingga akhir dan juga sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian tersebut. Sumber literatur yang digunakan berupa jurnal internasional, jurnal nasional, dan *text book* yang berhubungan dengan penelitian. Studi

literatur yang dipelajari adalah sumber yang berhubungan dengan topik yang akan dibahas yaitu Baku Mutu Air Minum, Sumber dan Syarat Air Baku, Proses Pengolahan Air Minum, Gambaran Umum Instalasi Pengolahan Air Minum IPAM Karangpilang III, dan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point*. Hal ini dilakukan dengan cara:

- Konsultasi dengan dosen terkait mengenai proses pengolahan unit produksi air minum.
- Mempelajari artikel, *textbook* dan jurnal yang terkait dengan penelitian mengenai metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP).
- Mempelajari hasil penelitian terbaru yang terkait dengan penelitian ini.

b) Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan sebagai acuan yang akan digunakan dalam penentuan parameter penelitian. Data yang dikumpulkan yaitu data primer dan data sekunder.

- Data primer yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:
 - Observasi Lapangan mengenai kondisi eksisting sistem produksi IPAM Karangpilang III dari pengolahan air baku hingga produk hasil.
 - Dokumentasi kondisi eksisting sistem produksi IPAM Karangpilang III dari proses pengolahan air, hasil produk, hingga kondisi perusahaan secara keseluruhan.
 - Wawancara dengan pihak internal IPAM Karangpilang III mengenai proses produksi, seperti karyawan yang bekerja dalam bidang produksi, operasional di lapangan dan SDM menggunakan kuisioner pada Lampiran I, II dan III.
 - Analisis laboratorium kualitas air pengolahan IPAM Karangpilang III.
- Data sekunder merupakan data mengenai kinerja proses produksi setiap unit pengolahan yang didapatkan dari sumber-sumber terkait yang hasilnya dapat dipertanggung jawabkan, seperti:
 - Deskripsi air baku : Deskripsi mengenai air baku yaitu dengan melihat kualitas sumber air baku. Data

ini didapatkan dari inventaris internal IPAM Karangpilang III bagian produksi.

- Kualitas air sebelum dan setelah pengolahan : Kualitas air sebelum pengolahan dan setelah pengolahan dibutuhkan untuk mengidentifikasi bahaya pada pengolahan air IPAM Karangpilang III yang dapat mempengaruhi kualitas air tersebut baik atau buruk. Hal ini berhubungan dengan kesehatan konsumen. Data ini didapatkan dari data inventaris IPAM Karangpilang III dan hasil laboratorium.
- Diagram alir tahap pengolahan IPAM Karangpilang III : Diagram alir tahap pengolahan diperlukan untuk analisa bahaya yang mungkin muncul pada proses pengolahan. Data diagram alir juga dapat didukung dengan *Standard Operation Procedure* (SOP) yang berlaku di IPAM Karangpilang III. Dari analisis bahaya tersebut maka dapat ditentukan titik kendali kritis dan batas titik kendali kritis. Selanjutnya dapat ditetapkan tindakan pencegahan atau pengendalian bahaya pada sistem produksi. Data ini didapatkan dari inventaris internal bagian produksi.
- Data struktur organisasi : Data tersebut dibutuhkan sebagai data penunjang dalam perencanaan HACCP. Perencanaan HACCP dapat direncanakan dengan baik jika terjadi sinkronisasi antara sistem produksi dengan sistem-sistem lain yang menunjang berlangsungnya proses produksi hingga didapat produk akhir. Data ini didapatkan dari inventaris internal IPAM Karangpilang III.
- SNI 01-4852-1998 : berisi definisi atau penjelasan dari sistem analisa bahaya dan pengendalian titik kendali kritis (HACCP) dan pedoman umum untuk penerapan sistem HACCP pada keamanan industri pangan/minuman. Data ini didapatkan dari Badan Standardisasi Nasional (BSN).

Setelah didapatkan data primer dan sekunder yang menunjang aspek teknis dan lingkungan dari kajian metode ini maka dapat dilakukan pengolahan data. Pengolahan data yang dilakukan pada kajian metode ini adalah sebagai berikut :

1. Verifikasi data antara data sekunder yang disediakan oleh perusahaan dengan hasil observasi kondisi eksisting lapangan. Hal ini perlu dilakukan agar terjamin keakuratan data dan ketepatan dalam penyusunan rencana HACCP.
2. Pengolahan data primer dan sekunder yang didapatkan dari IPAM Karangpilang III. Hasil pengolahan data ini dapat menjadi pertimbangan dalam pengendalian titik kendali kritis pada rencana HACCP.

3.5 Penyusunan Rencana HACCP

Metode *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)* dapat dilakukan dengan mengikuti pedoman SNI 01-4852-1998 mengenai sistem HACCP. Rencana HACCP disusun berdasarkan kondisi eksisting yang terjadi di sistem produksi IPAM Karangpilang III. Penyusunan rencana HACCP dapat dilakukan jika mengikuti 5 prinsip penting, berikut adalah penjelasan masing-masing dari 5 prinsip HACCP tersebut:

1. Analisis Bahaya

Dapat dilakukan analisis resiko bahaya pada sistem produksi air minum IPAM Karangpilang III melalui dokumen diagram alir pengolahan, *Standard Operational Procedures (SOP)*, data kualitas air, dan data sekunder maupun primer lain untuk pendefinisian awal masalah. Pada bagian ini diidentifikasi dan didefinisikan karakteristik produk, macam kontaminan, bahan kimia, maupun benda asing terkait yang mungkin muncul pada proses produksi sehingga kualitas air terpengaruh. Cakupan analisis resiko bahaya adalah pengaruh yang dapat merugikan kesehatan konsumen dan lingkungan, juga evaluasi secara kualitatif atau kuantitatif dari keberadaan bahaya. Menurut Sudarmaji (2015), hal-hal penting yang perlu dipertimbangkan antara lain:

- Formulasi yaitu bahan baku yang dapat mempengaruhi keamanan dan kestabilan produk.
 - Proses adalah proses pengolahan yang dapat memiliki resiko munculnya bahaya.
 - Perlakuan yaitu perlakuan dari sumber daya manusia yang melaksanakan maupun mengawasi jalannya proses produksi.
- #### **2. Identifikasi Titik Kendali Kritis (*Critical Control Point*)**

Setelah resiko bahaya sudah didapat, maka dapat ditentukan titik kendali kritis pada sistem produksi yang berpotensi memiliki

resiko bahaya paling tinggi atau memiliki pengaruh yang cukup fatal pada mutu air minum. Penentuan titik kendali kritis dapat dibantu dengan fish bone maupun FMEA. Penetapan CCP dilakukan pada masing-masing tahap proses untuk bahaya biologis, kimia, fisik maupun teknisnya.

3. Penentuan Batas-Batas Kritis (*Critical Limits*) pada tiap Titik Kendali Kritis

Dari titik-titik kendali kritis yang sudah diidentifikasi, maka perlu ditetapkan batas-batas kritis. Batas kritis adalah kriteria yang membedakan antara aman dan adanya kemungkinan tidak aman pada proses pengolahan. Batas kritis tidak boleh dilanggar atau dilampaui untuk menghindari hilangnya kendali dalam upaya perbaikan. Penetapan batas kritis berdasarkan perundangan, standar keamanan, dan nilai-nilai yang telah diuji secara ilmiah. Batasan harus berupa parameter terukur yang dapat ditentukan dan dipantau melalui pengujian dan observasi.

4. Penyusunan Sistem Pemantauan untuk setiap Titik Kendali Kritis

Sistem pemantauan sangat penting dan berguna untuk memastikan bahwa titik kendali kritis dapat dikendalikan atau diperbaiki sebelum terjadi penyimpangan (bahaya pada titik kendali kritis). Informasi yang dihasilkan dari sistem pemantauan untuk mengendalikan titik kendali kritis harus tepat waktu agar tidak menyebabkan pengaruh yang cukup fatal pada mutu air. Dalam penyusunan sistem pemantauan perlu untuk dicantumkan frekuensi pemantauan. Proses penyusunan akan didukung oleh literatur terkair dan juga berdasarkan *profesional judgement*. Menurut Sudarmaji (2015), jenis-jenis pemantauan yang penting untuk dilaksanakan adalah pengamatan, evaluasi, pengukuran sifat fisik, pengujian kualitas berdasarkan parameter fisik, kimia dan biologi.

5. Penetapan Tindakan Perbaikan

Tindakan perbaikan yang spesifik harus dikembangkan untuk setiap titik kendali kritis agar dapat menangani penyimpangan atau resiko bahaya yang terjadi. Tindakan-tindakan ini harus mencakup sasaran yang tepat dan memastikan bahwa titik kendali kritis sudah dapat ditangani atau dikendalikan setelah ada tindakan perbaikan. Penentuan tindakan perbaikan berdasarkan studi literatur terkait dan juga berdasarkan *profesional judgement*.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Pada hasil analisis dan pembahasan dapat di ambil kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapatkan kemudian dihubungkan dengan literatur yang dijadikan referensi pada penelitian ini. Saran diberikan untuk menyempurnakan hasil penelitian yang bersifat berkelanjutan. Kesimpulan yang diharapkan berupa informasi mengenai alternatif metode HACCP untuk menghindari titik kritis yang dapat timbul pada kinerja unit-unit pengolahan air minum di IPAM Karangpilang III.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan

Prinsip pertama dalam metode HACCP adalah analisis bahaya yang mungkin muncul pada proses produksi. Bahaya tersebut berasal dari aspek teknis maupun sumber daya manusia yang dapat menyebabkan kegagalan proses dan mempengaruhi kualitas hasil produksi. Untuk mengidentifikasi bahaya, maka perlu mengetahui kondisi eksisting kemudian dilakukan penentuan prioritas menggunakan metode FMEA.

4.1.1 Kondisi Eksisting IPAM Karangpilang III

Pada penelitian ini, terdapat 7 titik sampling yaitu *outlet intake*, *aerator*, prasedimentasi, koagulasi, *clearator*, *filter*, dan *reservoir*. Berdasarkan hasil survei, IPAM Karangpilang III diketahui jumlah untuk masing-masing unit pada IPAM Karangpilang III yaitu 1 unit *intake*, 2 unit *aerator*, 4 unit prasedimentasi, 2 unit koagulasi, 4 unit *clearator*, 14 unit filter dan 2 *reservoir* yang terbagi dalam dua *plant*. Debit pengolahan IPAM Karangpilang III pada tahun 2019 adalah 2200 L/detik. Air baku yang digunakan berasal dari Sungai Kali Surabaya. Menurut Andhikaputra (2019) bahwa kondisi kualitas air Sungai Kali Surabaya tercemar ringan. Kondisi eksisting pada masing-masing unit yaitu :

➤ **Intake**

Pembersihan screen intake dari sampah sungai dilakukan setiap hari oleh satgas. Pada unit *intake* dilakukan pengecekan kualitas air baku setiap hari oleh petugas lab IPAM Karangpilang III. Terdapat satu operator yang bertugas untuk mengawasi *intake* beserta pompa air baku. Tidak didapati pompa cadangan untuk mengantisipasi apabila terjadi kerusakan atau *maintenance*. Pengecekan kinerja pompa dilaksanakan setiap hari oleh operator *intake* dan pompa dengan melihat tekanan, ampere, *voltage*, daya dan lain sebagainya. *Level* air di *Intake* berubah-ubah sesuai dengan kondisi sungai dan curah hujan, seperti pada tanggal 1 Maret 2019 dimana pada malam sebelumnya terjadi hujan yang cukup deras dengan durasi yang cukup lama, maka

akibatnya *level* air pada intake meluber. Gambar level air intake dapat dilihat pada Lampiran VII.

➤ *Aerator*

Pengendalian pada *aerator* yang dilakukan oleh operator adalah pengecekan pompa air baku agar air efluen *aerator* yang masuk ke prasedimentasi tidak berlebihan yang dapat mengakibatkan air pada prasedimentasi meluber. Terdapat zat pengotor yang lolos dari intake seperti sampah plastik sehingga dapat mempengaruhi kinerja aerator dan kualitas air efluennya. Kualitas air outlet unit *Aerator* tidak diuji oleh IPAM Karangpilang III secara rutin. Kualitas air *outlet aerator* lebih tinggi kekeruhannya daripada kualitas air baku.

➤ Prasedimentasi

Scraper pada unit prasedimentasi rusak akibat lumpur terlalu banyak sehingga *scraper* tidak mampu untuk mendorong sehingga pengurasan dilaksanakan secara manual. Pengurasan dilaksanakan setiap 1 bulan sekali. Pada prasedimentasi masih didapati sampah plastik dan juga ikan-ikan yang lolos hidup didalam unit. Pengecekan parameter kekeruhan dan pH dilaksanakan oleh operator lab setiap dua jam sekali. Operator juga melakukan pengecekan agar air pada prasedimentasi tidak meluber akibat air dari aerator yang masuk berlebihan.

➤ Koagulasi

Penambahan maupun pengurangan dosis alum dilakukan dengan menyesuaikan pada hasil kekeruhan dan pH pada *outlet clearator* hingga didapat kekeruhan pada efluen *clearator* kurang dari 7 NTU yang di cek setiap dua jam sekali. Dosis pembubuhan akan mempengaruhi kinerja clearator. Berdasarkan survei lapangan pada bulan Februari hingga bulan Maret terdapat kebocoran yaitu terdapat celah antara dinding unit dengan pipa pembubuh koagulan, sehingga air dari dalam unit merembes keluar. Waktu pelaksanaan uji *jar test* dilaksanakan oleh operator selama 8 jam (satu shift) sekali padahal standarnya setiap dua jam sekali.

- *Clearator*

Pengurasan lumpur *clearator* dilaksanakan sebulan sekali secara bergantian. Pengecekan parameter kekeruhan efluen setiap dua jam sekali dilaksanakan oleh operator lab. Waktu detensi unit *clearator* adalah 1,5 jam. Waktu pengurasannya adalah satu unit setiap satu bulan sekali, dilaksanakan bergantian dengan *clearator* lain. IPAM Karangpilang III menetapkan bahwa efluen unit *clearator* memiliki kekeruhan harus kurang dari 7 NTU agar kerja filter tidak terlalu berat. Namun berdasarkan hasil analisis kekeruhan masih ditemukan parameter kekeruhan pada efluen *clearator* melebihi 7 NTU. Hal tersebut dipengaruhi oleh tidak optimumnya dosis koagulan dan flokulan yang digunakan akibat pelaksanaan uji jar test yang tidak teratur..
- *Filter*

Backwash dilaksanakan setiap hari dengan periode yaitu dalam 1 kali shift jaga operator (8 jam) dilaksanakan pencucian 2 filter secara bergantian sehingga dalam sehari seluruh filter mengalami *backwash*. Pada masing-masing filter dipasang sensor debit didekat weir. Pencucian dengan udara menggunakan blower, sedangkan air untuk *backwash* menggunakan sistem aliran balik yaitu air berasal dari efluen filtrasi sebelum proses desinfeksi. Pompa *backwash* dan blower terdapat dua buah, dimana satu menjadi cadangan. Operator bertugas memonitor setiap jam untuk menjaga kestabilan debit dan volume air yang masuk ke filter hingga keluar menuju ke *resevoir* tetap seimbang. IPAM Karangpilang III tidak pernah melaksanakan pergantian media. Menurut *supervisor* IPAM, mereka berasumsi bahwa ketebalan media menipis akibat terbawa oleh aliran air sehingga selama ini melaksanakan penambahan media apabila ketebalan berkurang.
- *Reservoir*

Sebelum menuju *reservoir*, air yang berasal dari filter diinjeksikan gas klor untuk membunuh mikroorganisme patogen. Terdapat 4 tabung gas klor yang masing-masing memiliki kapasitas 1 ton. Uji kekeruhan, pH dan sisa klor dilaksanakan oleh operator setiap 2 jam sekali dan

pengecekan level air reservoir dilaksanakan setiap jam oleh operator filter agar elevasi air tetap stabil.

Sumber daya manusia pada IPAM Karangpilang III yaitu terdapat total pekerja 22 orang, sedangkan perharinya dibutuhkan 5 orang operator dan 1 orang *supervisor* dalam satu kali shift. Operator memiliki tugas yang berbeda yaitu operator *intake*, operator kontrol, operator *clearator*, operator *filter*, dan operator pompa. Jam kerja untuk satu kali shift adalah 8 jam, sehingga dalam satu hari terbagi menjadi tiga shift. Rata-rata pendidikan terakhir tenaga kerja IPAM Karangpilang III adalah SMK dan sederajat. PDAM Kota Surabaya memberikan banyak pelatihan bagi tenaga kerjanya, khususnya tenaga kerja di IPAM Karangpilang III. Pelatihan maupun diklat tersebut dilaksanakan setiap tahun yang diikuti oleh 70% dari total pegawai dengan sistem bergilir yaitu tiap divisi mengirimkan beberapa staffnya secara bergantian di tiap pelatihan. Pelatihan yang pernah diberikan adalah sebagai berikut:

- Pelatihan operasi dan pemeliharaan *monitoring online* yang diadakan oleh PDAM Kota Surabaya
- Praktek pompa dan efisiensi energi yang diadakan oleh PDAM Kota Surabaya
- Pelatihan operator dan pemeliharaan IPAM Karangpilang III yang diadakan oleh Diklat Kepegawaian bekerja sama dengan bidang produksi.
- Pelatihan pengolahan air minum
- OJT perencanaan evaluasi operasi dan pemeliharaan IPAM Karangpilang III
- OJT perencanaan evaluasi pompa dan efisiensi energi yang diadakan oleh PDAM Kota Surabaya
- OJT operator IPAM (praktek) yang diadakan oleh PDAM Kota Surabaya
- Pelatihan SMK3 yang ada mulai tahun 2017.

IPAM Karangpilang III belum pernah melaksanakan pelatihan mengenai manajemen kualitas air minum seperti yang tertulis pada SNI 01-4852-1998 sebagai upaya untuk meningkatkan keamanan produk konsumsi.

Sejak tahun 2014, IPAM Karangpilang III telah tersertifikasi oleh ISO 9001 mengenai manajemen mutu perusahaan sehingga

Standar Operasional Prosedur (SOP), Instruksi kerja dan Petunjuk Pelaksanaan pada IPAM sesuai yang tercantum pada ISO 9001. SOP yaitu yang mengatur jalannya operasi secara keseluruhan, Instruksi kerja yaitu instruksi jalannya sebuah proses, dan Petunjuk Pelaksanaan adalah langkah-langkah detail yang perlu diperhatikan dalam operasi. Seluruh proses produksi maupun unit-unit pengolahan memiliki SOP, Instruksi kerja dan petunjuk pelaksanaan. Namun SOP, Instruksi kerja dan Petunjuk Pelaksanaan tersebut tidak boleh disebar luaskan dan dipegang oleh manajer produksi juga *supervisor* IPAM. Contoh-contoh SOP, Instruksi Kerja dan Petunjuk pelaksanaan adalah sebagai berikut:

- SOP Sistem Pengolahan Air Minum
- Instruksi Kerja Proses Intake Air Baku
- Petunjuk Pelaksanaan mematikan dan menyalakan pompa air baku.

Adapun struktur organisasi pada IPAM Karangpilang III terdapat pada Lampiran IX.

4.1.2 Karakteristik Air pada Proses IPAM Karangpilang III

Penelitian kualitas air dilakukan pada 7 titik sampling yaitu pada *outlet intake*, *aerator*, prasedimentasi, koagulasi, *clearator*, *filter*, dan *reservoir*. Tujuan dari penelitian sampel pada 7 titik sampling tersebut adalah untuk mengetahui kualitas air sepanjang proses pengolahan, selain itu untuk mengetahui efektifitas pengolahan juga kendala-kendala yang muncul dan mempengaruhi jalannya proses produksi IPAM Karangpilang III. Hal tersebut diperlukan untuk mengetahui adanya faktor-faktor penyebab kegagalan atau resiko yang berasal dari unit-unit produksi IPAM Karangpilang III.

Setelah penentuan titik sampling, maka selanjutnya adalah melakukan sampling dengan prosedur pemilihan wadah, pencucian wadah sampel, hingga teknik *sampling* sesuai dengan SNI 6989.57:2008. Selain itu juga terdapat petunjuk pengambilan sampel air minum dari instalasi pengolahan air yang diatur dalam SNI 7828:2012 dan SNI 3554:2015.

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

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

Pengambilan sampel pada penelitian ini dilakukan menggunakan botol plastik 600 mL untuk analisis fisik-kimia dan botol kaca 140 mL yang telah disterilisasi untuk analisis mikrobiologis. Proses sterilisasi dilakukan dengan perlakuan autoclave selama 2 jam. Tujuan sterilisasi adalah agar botol menjadi steril sehingga sampel tidak terkontaminasi oleh zat-zat pengganggu.

Pengambilan sampel dilakukan satu kali pada 7 titik selama 5 hari yaitu dimulai pada hari Senin hingga hari Jumat. Dilakukan pengambilan sampel setiap hari guna didapatkan sekumpulan data yang bersifat *time series*. Data *time series* adalah sekumpulan data berupa angka yang dikumpulkan secara berurutan dari waktu ke waktu yang didapat dalam suatu periode waktu tertentu untuk menggambarkan suatu kegiatan. Data tersebut biasanya berupa data tahunan, triwulan, bulanan, mingguan, harian dan seterusnya. (Sidik, 2010). Data *time series* tersebut dapat pula sebuah deskripsi masa lalu yang digunakan untuk memprediksi suatu kondisi masa depan sehingga dapat diketahui resiko-resiko di masa depan beserta penyelesaiannya (Ashari, 2012). Sehingga penggunaan data *time series* dapat memudahkan analisa resiko pada sistem produksi karena data runtut dan representatif.

Jika sampling telah dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan uji sampel di laboratorium untuk mengetahui kualitas airnya. Parameter yang dianalisa pada penelitian ini adalah kekeruhan, pH, *Total Dissolved Solid* (TDS), *Total Suspended Solid* (TSS), sisa klor, zat organik dan *Escherichia Coli*. Parameter yang diuji sesuai dengan parameter wajib dalam Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum yang merupakan baku mutu digunakan oleh PDAM Kota Surabaya. Analisis kualitas ini bertujuan untuk mengetahui kualitas air hasil olahan dari tiap unit-unit produksi pada IPAM Karangpilang III, sehingga dapat

dilakukan analisis terhadap resiko-resiko penyebab kegagalan pada proses produksi.

4.1.3 Analisis Kekeruhan

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, kekeruhan merupakan parameter fisik kualitas air minum dengan batas maksimum yaitu 5 NTU. Kekeruhan air dapat ditimbulkan oleh adanya zat organik maupun anorganik seperti lumpur dan limbah lainnya. Kekeruhan air dapat dihilangkan dengan proses pengendapan secara gravitasi pada prasedimentasi, pembubuhan alum dan pengendapan flok pada *clearator* (Fitrianti, 2016). Analisis kekeruhan dilakukan menggunakan turbidimeter. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Analisis Parameter Kekeruhan

Tanggal	Intake (NTU)	Aerator (NTU)	Prasedimentasi (NTU)	Koagulasi (NTU)	Clearator (NTU)	Filter (NTU)	Reservoir (NTU)	Baku Mutu (NTU)
25-Feb-19	110	140	60	80	6,9	1,2	1,2	5
26-Feb-19	140	150	100	110	7,4	2,9	2,5	5
27-Feb-19	171	201	145	226	10,4	3,2	3	5
28-Feb-19	82	133	84,9	104	6,4	2,19	1,9	5
01-Mar-19	395	477	339	405	4,89	1,32	1,1	5

Sumber: hasil penelitian

Berdasarkan hasil sampling, kekeruhan air baku pada intake berfluktuasi dengan kekeruhan terendah sebesar 82 NTU dan tertinggi 395 NTU. Kekeruhan air baku pada intake cukup tinggi karena turunnya hujan yang berakibat debit air sungai menjadi besar sehingga terdapat endapan yang ikut terlarut. Kekeruhan pada aerator pun berfluktuasi dengan hasil yaitu kekeruhan lebih tinggi daripada air baku akibat adanya proses aerasi. Menurut Utami (2019), bahwa kekeruhan pada unit aerasi tidak mengalami penurunan dikarenakan aerasi tidak berfungsi sebagai untuk menurunkan kekeruhan melainkan untuk meningkatkan oksigen terlarut dalam air.

Kekeruhan pada prasedimentasi hingga reservoir pun berfluktuasi hingga didapat hasil produksi akhir air minum selama lima hari telah **memenuhi baku mutu** dengan nilai tertinggi outlet adalah 2,09 NTU dan nilai terendahnya adalah 0,88 NTU.

Berikut adalah hasil perhitungan efisiensi untuk parameter kekeruhan dengan rumus:

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

Tabel 4.2 Penyisihan Kekeruhan pada Prasedimentasi

Tanggal	Aerator (NTU)	Prasedimentasi (NTU)	Efisiensi (%)
25-Feb-19	140	60	57,1
26-Feb-19	150	100	33,3
27-Feb-19	201	145	27,9
28-Feb-19	133	84,9	36,2
01-Mar-19	477	339	28,9

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel diatas diketahui penyisihan kekeruhan unit prasedimentasi cenderung fluktuatif dalam rentang 27% hingga 57%. Menurut Metcalf Eddy bahwa kriteria desain untuk efisiensi kekeruhan pada pengolahan prasedimentasi adalah 65-70%. Hal tersebut menunjukkan bahwa prasedimentasi belum berjalan optimal.

Tabel 4.3 Penyisihan Kekeruhan pada Clearator

Tanggal	Prasedimentasi (NTU)	Clearator (NTU)	Efisiensi (%)
25-Feb-19	60	6,9	88,5
26-Feb-19	100	7,4	92,6
27-Feb-19	145	10,4	92,8
28-Feb-19	84,9	6,4	92,5
01-Mar-19	339	4,89	98,6

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa penyisihan kekeruhan pada clearator telah berjalan cukup baik. Hal tersebut ditunjukkan oleh efisiensi sebesar 88%-98%. Menurut Fitrianti (2016), bahwa penyisihan kekeruhan berjalan cukup stabil menandakan penambahan koagulan pada unit koagulasi telah sesuai. Walaupun masih ditemukan hasil lebih dari 7 NTU, yang mana IPAM Karangpilang III memiliki peraturan bahwa efluen

yang keluar dari Clearator kurang dari 7 NTU agar kinerja filter tidak berat.

Tabel 4.4 Penyisihan Kekeruhan pada Filter

Tanggal	Clearator (NTU)	Filter (NTU)	Efisiensi (%)
25-Feb-19	6,9	1,2	82,6
26-Feb-19	7,4	2,9	60,8
27-Feb-19	10,4	3,2	69,2
28-Feb-19	6,4	2,19	65,8
01-Mar-19	4,89	1,32	73,0

Sumber: Hasil perhitungan

Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), bahwa kriteria desain untuk efisiensi filter dengan jenis Rapid Sand Filter sebesar 90-98%. Dilihat dari hasil perhitungan diatas, maka kinerja filter belum optimal walaupun efluen yang keluar telah memenuhi baku mutu. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pencucian media ataupun media yang belum pernah diganti.

Untuk kekeruhan air produksi di reservoir telah dibawah 5 NTU sesuai dengan baku mutu PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010.

Berikut pada Tabel 4.5 adalah data parameter kekeruhan yang berasal dari inventaris laboratorium PDAM Kota Surabaya pada musim kemarau.

Tabel 4.5 Parameter Kekeruhan saat Kemarau

Tanggal	Air Baku (NTU)	Outlet Prased (NTU)	Outlet Clearator (NTU)	Outlet Filter (NTU)	Air produksi (NTU)
21-Mei-18	32,2	30	4,08	0,61	0,68
22-Mei-18	20,8	20,9	5,23	0,7	0,7
23-Mei-18	15,8	17,5	4,32	0,54	0,86
24-Mei-18	19,2	13,4	5,86	0,67	0,73
25-Mei-18	34,1	23,9	7,2	0,68	0,7

Sumber: Inventaris PDAM Kota Surabaya

Kualitas air pada saat musim kemarau hanya untuk menunjukkan adanya perbedaan rentang parameter kekeruhan pada saat musim hujan dengan saat musim kemarau. Berdasarkan data yang didapat dari laboratorium PDAM Kota Surabaya tersebut diketahui rentang kekeruhan pada musim kemarau jauh lebih rendah daripada musim hujan. Namun pada musim kemarau, sistem pengolahan akan lebih sulit karena

dengan kekeruhan rendah maka akan sulitnya terbentuk flok, untuk itu perlu dilakukan penambahan dosis koagulan maupun.

4.1.4 Analisis pH

Analisis pH dilakukan menggunakan pH meter. Menurut Sawyer (1994), pH menunjukkan kadar asam atau basa yang terdapat dalam suatu larutan yang diketahui melalui konsentrasi ion hydrogen (H^+) dalam air. Beberapa parameter yang mempengaruhi nilai pH antara lain aktivitas biologi, suhu, kandungan oksigen, dan ion-ion. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Analisis Parameter pH

Tgl	Intake	Aerator	Prasedimentasi	Koagulasi	Clearator	Filter	Reservoir	Baku Mutu
25-Feb-19	7,1	6,67	6,56	6,43	6,53	6,52	6,47	6,5-8,5
26-Feb-19	7,01	7,01	6,81	6,59	6,61	6,49	6,54	6,5-8,6
27-Feb-19	7,12	7,16	7,2	5,38	6,26	6,56	6,6	6,5-8,7
28-Feb-19	7,19	7,35	7,43	6,36	7,06	7,08	6,99	6,5-8,8
01-Mar-19	6,99	7,03	7,18	5,15	6,39	6,46	6,49	6,5-8,9

Sumber: hasil penelitian

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan diperoleh pH tertinggi pada efluen reservoir adalah 6,99 dengan pH terendah 6,47 dimana pH terendah sedikit berada dibawah baku mutu PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 namun masih sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan yaitu 6.5-8.5 sehingga tidak perlu dilakukan analisis risiko. Untuk pH pada proses koagulasi menurut Rachmawati dkk (2009) bahwa pH yang efektif untuk koagulasi dengan alum berada pada rentang 5,5 – 8.

Berikut pada Tabel 4.7 adalah data parameter pH yang berasal dari inventaris laboratorium PDAM Kota Surabaya pada musim kemarau. Dimana pada musim kemarau pH terlihat lebih tinggi daripada saat musim hujan.

Tabel 4.7 Parameter pH saat Kemarau

Tanggal	Air Baku	Outlet Prased	Outlet Clearator	Outlet Filter	Air produksi
21-Mei-18	7,79	7,98	7,75	7,61	7,53
22-Mei-18	7,74	7,92	7,87	7,82	7,6
23-Mei-18	7,82	7,99	7,81	7,79	7,63
24-Mei-18	7,71	8	7,83	7,71	7,57
25-Mei-18	7,76	8	7,8	7,67	7,56

Sumber: Inventaris PDAM Kota Surabaya

4.1.5 Analisis TDS

Analisis TDS dilakukan menggunakan TDS meter. Analisis ini dilakukan untuk memperkirakan kualitas air minum karena mewakili jumlah ion dalam air. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Analisis Parameter TDS

Tgl	Intake (mg/l)	Aerator (mg/l)	Prasedimentasi (mg/l)	Koagulasi (mg/l)	Clearator (mg/l)	Filter (mg/l)	Reservoir (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
25-Feb-19	208	192,2	204	197,4	197	197,2	196,6	500
26-Feb-19	191	188,1	190,3	193,1	195,5	192,7	203	500
27-Feb-19	208	204	213	285	221	214	226	500
28-Feb-19	267	240	244	256	241	236	241	500
01-Mar-19	191	186	187,5	268	191,2	190	196,7	500

Sumber: hasil penelitian

Analisis laboratorium yang telah dilakukan menunjukkan bahwa air hasil olahan masih memenuhi baku mutu PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 sehingga tidak perlu dilakukan analisis lanjutan pada sub bab analisis bahaya.

4.1.6 Analisis TSS

Analisis TSS dilakukan dengan metode Gravimetri berdasarkan SNI-06-6989.3-2004. Analisis TSS dilakukan untuk menentukan total padatan yang tersuspensi dalam air. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hasil Analisis Parameter TSS

Tanggal	Intake	Aerator	Prasedimentasi	Koagulasi	Clearator	Filter	Reservoir
25-Feb-19	166	184	100	114	18	14	14
26-Feb-19	192	216	146	146	18	14	14
27-Feb-19	208	232	178	176	20	14	12
28-Feb-19	118	236	114	124	18	14	12
01-Mar-19	408	490	356	454	18	14	12

Sumber: hasil penelitian

Analisis laboratorium yang telah dilakukan menunjukkan bahwa parameter TSS mengalami fluktuasi seperti fluktuasi parameter kekeruhan yaitu tertinggi pada tanggal 1 Maret 2019. Hipotesa dari kejadian tersebut adalah akibat adanya turun hujan

maupun efektifitas unit yang menurun sehingga perlu dilakukan perhitungan efisiensinya sebagai berikut dengan rumus:

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

Tabel 4.10 Penyisihan TSS pada prasedimentasi

Tanggal	Aerator	Prasedimentasi	Efisiensi (%)
25-Feb-19	184	100	45,7
26-Feb-19	216	146	32,4
27-Feb-19	232	178	23,3
28-Feb-19	236	114	51,7
01-Mar-19	490	356	27,3

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.11 Penyisihan TSS pada Clearator

Tanggal	Prasedimentasi	Clearator	Efisiensi (%)
25-Feb-19	100	18	82,0
26-Feb-19	146	18	87,7
27-Feb-19	178	20	88,8
28-Feb-19	114	18	84,2
01-Mar-19	356	18	94,9

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.12 Penyisihan TSS pada Filter

Tanggal	Clearator	Filter	Efisiensi (%)
25-Feb-19	18	14	22,2
26-Feb-19	18	14	22,2
27-Feb-19	20	14	30,0
28-Feb-19	18	14	22,2
01-Mar-19	18	14	22,2

Sumber: Hasil perhitungan

Menurut Metcalf and Eddy (1991), bahwa efisiensi removal TSS pada unit pengendap adalah sebesar 50-70% maka efisiensi removal pada unit prasedimentasi dan clearator cukup baik. Walaupun di unit prasedimentasi masih mengalami fluktuasi dan tidak optimal.

4.1.7 Analisis *E. Coli*

Proses desinfeksi yang digunakan oleh IPAM Karangpilang III adalah klorinasi. Klorinasi merupakan pembubuhan gas klor pada air. Analisis *E.Coli* dilakukan dengan

metode fermentasi multi tabung berdasarkan *Standard Methods*. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil Analisis Parameter *E.Coli*

Tanggal	Intake	Aerator	Prasedimentasi	Koagulasi	Clearator	Filter	Reservoir	Baku Mutu
25-Feb-19	6000	17000	4000	6000	0	170	0	0
26-Feb-19	2000	2000	4000	4000	40	14	0	0
27-Feb-19	14000	2000	9000	17000	0	4000	7000	0
28-Feb-19	17000	4000	140000	4000	4000	4000	0	0
01-Mar-19	9000	0	17000	2000	90	2	0	0

Sumber: Hasil penelitian

Analisis *Escherichia Coli* dilakukan dengan metode fermentasi Multi Tabung. Hasil yang diperoleh dari uji tersebut adalah air hasil olahan telah memenuhi baku mutu PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010. yaitu 0. Walaupun diketahui terdapat fluktuasi cukup tinggi pada unit prasedimentasi namun unit filtrasi dan desinfeksi dapat menurunkan bakteri tersebut.

4.1.8 Analisis Sisa Klor

Analisis sisa klor dilakukan untuk mengetahui kandungan hasil sisa proses desinfeksi dalam air yang berguna untuk menghilangkan bakteri-bakteri patogen (Fitrianti, 2016). Analisis sisa klor dilakukan menggunakan alat Kolorimeter dengan menggunakan tablet DPD No. 1 yang mana saat tablet dimasukkan ke dalam air, air akan berubah warna menjadi ungu yang kemudian dibaca menggunakan kolorimeter. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Analisis Parameter Sisa Klor

Tanggal	Reservoir (mg/l)	Baku Mutu (mg/l)
25-Feb-19	0,81	1
26-Feb-19	0,75	1
27-Feb-19	0,91	1
28-Feb-19	0,80	1
01-Mar-19	0,80	1

Sumber: Hasil penelitian

Parameter sisa klor hanya dapat dilihat pada air reservoir karena sisa klor hanya dapat dilihat setelah adanya pembubuhan desinfektan pada air. Menurut PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010, baku mutu sisa klor pada titik pelanggan terjauh adalah 0,2 mg/L sehingga PDAM Kota Surabaya menetapkan peraturan yaitu sisa klor pada air reservoir IPAM Karangpilang adalah 0,5-0,8 mg/L agar sisa klor dapat sampai hingga pelanggan terjauh. Peraturan yang ditetapkan oleh PDAM tersebut sesuai dengan peraturan pada PerMenKes Nomo 736 Tahun 2010 yaitu keberadaan sisa klor pada outlet reservoir diperbolehkan dengan jumlah terbatas yakni sebesar 1 mg/L. Maka berdasar peraturan yang ditetapkan tersebut, parameter sisa klor memenuhi baku mutu tersebut.

4.1.9 Analisis Zat Organik

Penyisihan zat organik dalam proses pengolahan IPAM terjadi pada proses aerasi, koagulasi dan desinfeksi (Fitrianti, 2016). Analisis ini dilakukan menggunakan prinsip titrasi untuk mendapatkan nilai permanganat. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Hasil Analisis Parameter Zat Organik

Tanggal	Intake	Aerat or	Prasedi mentasi	Koagulasi	Clear ator	Filter	Reser voir	Baku Mutu
25-Feb-19	29,2	28,1	25,6	16,2	11,4	10,5	9,1	10
26-Feb-19	30,3	29,2	24,6	17,5	12,3	11,1	9,5	10
27-Feb-19	31,6	30,3	21,5	19,0	11,4	10,7	8,5	10
28-Feb-19	32,9	31,6	29,1	12,6	15,0	13,9	11,4	10
01-Mar-19	43,0	41,7	31,6	22,8	23,1	15,2	12,0	10

Sumber: Hasil penelitian

Menurut PerMenKes Nomor 492 Tahun 2010 bahwa baku mutu parameter zat organik adalah 10 mg/L. Berdasarkan hasil analisis diatas, diketahui hasil produksi akhir air minum pada tanggal 28 Februari 2019 dan 1 Maret 2019 melebihi baku mutu yaitu 11,4 mg/L dan 12 mg/L. Hal tersebut didukung pula dengan adanya peningkatan kekeruhan pada hari dan tanggal yang sama, walaupun parameter kekeruhan tersebut masih memenuhi baku mutu. Maka, hipotesa dari kejadian tersebut adalah akibat adanya turun hujan pada tanggal 27 hingga 1 Maret 2019 dengan durasi

cukup lama yaitu dari malam hingga dini hari sehingga perlu dilakukan analisis lanjutan pada sub bab analisis bahaya.

Parameter zat organik diuji setiap hari oleh PDAM namun tidak dilaksanakan di setiap titik outlet unit, hanya diuji di air baku dan air hasil produksi. Data parameter zat organik yang berasal dari inventaris laboratorium PDAM Kota Surabaya pada musim kemarau disajikan pada Tabel 4.16. Dari data diatas dapat diketahui bahwa zat organik yang terkandung dalam air lebih rendah pada saat musim kemarau daripada musim hujan.

Tabel 4.16 Parameter Zat organik saat Kemarau

Tanggal	Air Baku	Air produksi
21-Mei-18	14,12	4,89
22-Mei-18	12,45	5,69
23-Mei-18	10,945	4,906
24-Mei-18	12,09	6,65
25-Mei-18	13,77	5,93

Sumber: Inventaris PDAM Kota Surabaya

Dari hasil sampling, dapat dicari efisiensi removal zat organik dengan rumus

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

Berikut adalah tabel hasil perhitungannya:

Tabel 4.17 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Aerasi

Tanggal	Intake	Aerator	Efisiensi (%)
25-Feb-19	29,2	28,13	3,7
26-Feb-19	30,32	29,15	3,9
27-Feb-19	31,6	30,34	4,0
28-Feb-19	32,864	31,6	3,8
01-Mar-19	42,976	41,712	2,9

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.18 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Prasedimentasi

Tanggal	Aerator	Prasedimentasi	Efisiensi (%)
25-Feb-19	28,13	25,56	9,1
26-Feb-19	29,15	24,6	15,6
27-Feb-19	30,34	21,48	29,2
28-Feb-19	31,6	29,072	8,0
01-Mar-19	41,712	31,6	24,2

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.19 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Clearator

Tanggal	Prasedimentasi	Clearator	Efisiensi (%)
25-Feb-19	25,56	11,4	55,4
26-Feb-19	24,6	12,3	50,0
27-Feb-19	21,48	11,38	47,0
28-Feb-19	29,072	14,952	48,6
01-Mar-19	31,6	23,1	26,9

Sumber: Hasil perhitungan

Tabel 4.20 Penyisihan Zat Organik Pada Unit Filter

Tanggal	Clearator	Filter	Efisiensi (%)
25-Feb-19	11,4	10,5	7,9
26-Feb-19	12,3	11,1	9,8
27-Feb-19	11,38	10,74	5,6
28-Feb-19	14,952	13,904	7,0
01-Mar-19	23,1	15,2	34,2

Sumber: Hasil perhitungan

4.1.10 Analisis Diagram *Fishbone*

Untuk mempermudah identifikasi penyebab kegagalan dan dampak yang diberikan pada produksi air maka digunakan *fishbone analysis*. Dengan menggunakan *fishbone analysis* maka akan diperoleh nilai RPN untuk pengambilan kesimpulan sehingga upaya pencegahan kegagalan dapat dirumuskan. Dalam pembuatan *fishbone analysis* didasarkan pada kuisioner yang telah diisi oleh pekerja dan juga survei kondisi eksisting IPAM Karangpilang III yang kemudian dijadikan sebagai sebuah permasalahan untuk dianalisis. Aspek yang diidentifikasi dalam *fishbone* analisis penelitian ini adalah:

- a. Sumber daya manusia :
 - Perilaku pekerja : Perilaku pekerja bagian produksi dalam menjalankan operasional IPAM.
 - Wawasan pekerja : Pemahaman pekerja bagian produksi mengenai operasional IPAM sesuai peraturan yang berlaku.
- b. Teknis : Mengenai kondisi kualitas dan *level* air baku yang akan diolah, teknologi pengolahan air yang digunakan, dan kondisi eksisting unit pengolahan air.

Lembar kuisioner bagian teknis dan bagian Sumber Daya Manusia dapat dilihat pada Lampiran I, II dan III. Berikut adalah

analisa kegagalan menggunakan *Fishbone* dapat dilihat pada Gambar 4.8.

Diagram *fishbone* pada gambar 4.8 disusun berdasarkan hasil analisis laboratorium dan hasil kuisioner dengan wawancara kepada *profesional judgement* yaitu manajer produksi IPAM Karangpilang, supervisor IPAM Karangpilang III, staff senior *quality control* IPAM Karangpilang, Operator pompa Intake dan staff (operator) umum. Kemudian dilakukan juga kuisioner dan wawancara tambahan dengan dua staff bagian sumber daya manusia untuk lebih memahami mengenai pelatihan-pelatihan dan kondisi eksisting pekerja IPAM Karangpilang III.

Berikut merupakan penjelasan secara umum mengenai masing-masing faktor yang menyebabkan unit proses tidak berjalan dengan optimal sehingga air olahan memiliki resiko tidak memenuhi Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 tahun 2010 tentang Kualitas Air Minum. Analisa ini diharapkan mempermudah dalam penilaian RPN dan pengambilan kesimpulan penyebab dan upaya pencegahannya.

a. Aspek Teknis:

1. Unit *Intake*

Pada unit *intake* dilihat kualitas air baku setiap hari yang akan diolah oleh IPAM. Dari hasil kualitas air dapat diketahui proses pengolahan dan sistem produksi air tersebut telah berjalan secara optimal atau tidak. Debit air baku akan mempengaruhi kinerja unit. Kemudian dengan tidak terdapatnya pompa cadangan pada sistem produksi akan mempengaruhi proses produksi akibat adanya risiko terjadi kerusakan maupun *maintenance* pompa. Keberadaan strainer pada pipa intake akan mempengaruhi pengolahan yaitu adanya partikel-partikel masih dapat masuk melewati barscreen menuju ke pengolahan.

2. Unit *Aerator*

Unit *Aerator* pada IPAM berfungsi untuk menurunkan zat organik dalam air. Komponen yang mempengaruhi kinerja unit adalah jarak antar stage, tinggi stage dan kecepatan transfer gas. Jarak antar stage dan tinggi jatuhnya mempengaruhi lamanya kontak air dengan udara (Fitrianti, 2016). Kecepatan transfer gas harus ideal

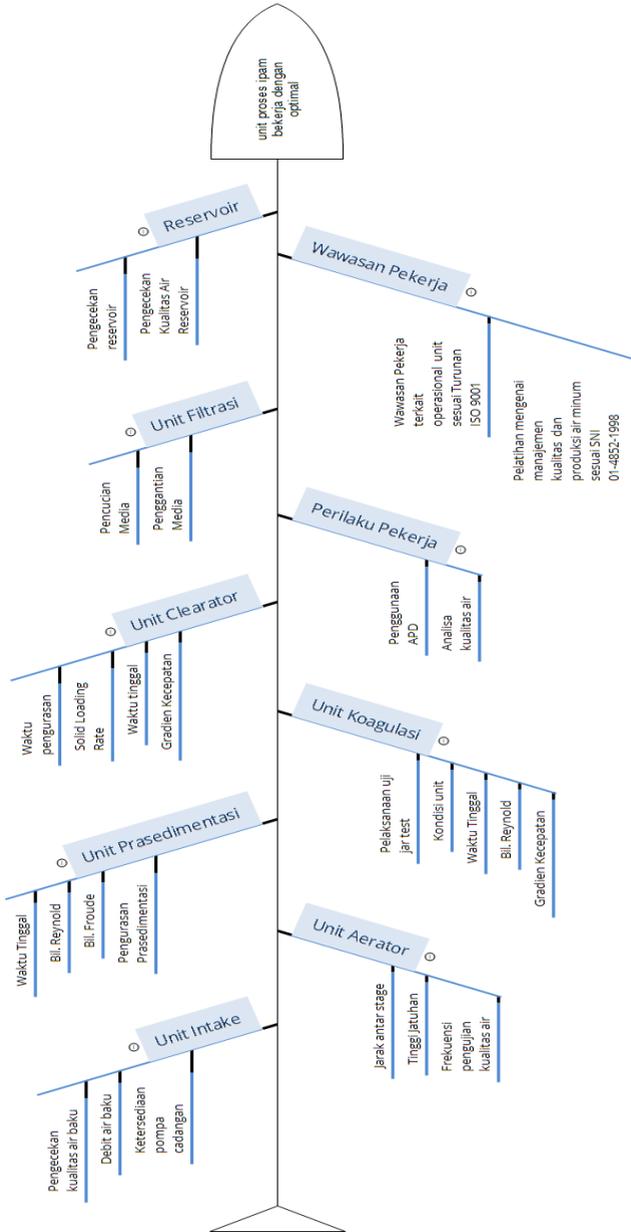
agar memaksimalkan area paparan air dengan udara untuk menurunkan zat organik (Qasim, 2000). Juga adanya zat pengotor pada unit aerator akan mempengaruhi keberadaan dari jumlah oksigen untuk proses aerasi. Kualitas air inlet dan outlet harus diuji untuk mengetahui kandungan zat organik sebelum dan setelah proses aerasi.

3. Unit Clearator

Sistem pengolahan unit clearator dipengaruhi oleh gradien kecepatan untuk proses flokulasi dan waktu tinggal untuk proses pengendapannya. Selain itu solid loading rate menunjukkan masa padatan yang digunakan per satuan luas per satuan waktu dan berkaitan dengan debit influen juga luas permukaan unit (Fitrianti, 2016). Waktu pengurasan pada clearator juga akan mempengaruhi proses pengendapan apabila pembuangan lumpur tidak optimal dan bila pengurasan tidak dilaksanakan secara rutin. IPAM Karangpilang III memiliki ketetapan bahwa kekeruhan pada efluen unit clearator kurang dari 7 NTU agar kerja filter tidak terlalu berat.

4. Unit Filtrasi

Unit filtrasi berfungsi untuk menghilangkan padatan-padatan atau partikel yang terlarut dalam air. Jenis unit filtrasi yang digunakan adalah *Rapid Sand Filter* dengan media pasir antrasit, silika dan kerikil sedang. Pencucian dan penggantian media berpengaruh pada kinerja pengolahan unit filter. Pencucian atau backwash harus dilaksanakan sesuai dengan kriteria menurut SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air yaitu pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian antara 18-24 jam. Kemudian untuk media filter harus diganti sesuai periode penggunaannya agar media tidak jenuh dan dapat menyaring partikel dengan optimal.



Gambar 4.8 Fishbone Analysis

5. Unit Reservoir

Pengecekan reservoir untuk level air dan pompa sangat penting dilakukan agar level air tetap stabil dan dapat memenuhi kebutuhan distribusi. Pengecekan kualitas outlet reservoir sangat penting dilakukan untuk mengontrol kualitas air sebelum didistribusikan dalam keadaan atau kualitas yang baik yaitu kualitas air memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010.

b. Aspek Sumber Daya Manusia:

1. Perilaku Pekerja

Pekerja IPAM Karangpilang III adalah satgas, operator/staff, operator/staff senior, *supervisor*, dan *manager*. Perilaku pekerja disini difokuskan pada penggunaan APD dan analisa kualitas air. Pada kenyataannya menurut hasil survei lapangan, masih didapati pekerja dan satgas yang tidak menggunakan APD lengkap pada saat pembersihan maupun analisa kualitas air sehingga beresiko bagi pekerja dan jalannya proses produksi.

2. Wawasan Pekerja

Wawasan pekerja disini membahas mengenai wawasan operator mengenai operasional unit yang sesuai dengan SOP pada IPAM Karangpilang III yang mana merupakan turunan dari ISO 9001 dan juga peraturan-peraturan penunjang lain yang digunakan oleh PDAM. Wawasan pekerja sangat penting karena merupakan penunjang bekerjanya unit-unit IPAM secara optimal. PDAM Surya Sembada telah melaksanakan beberapa pelatihan mengenai air minum, namun belum melaksanakan pelatihan mengenai kualitas air minum dan produksi yang sesuai dengan SNI 01-4852-1998.

Fishbone analysis diatas akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) sehingga didapat nilai akhir berupa *Risk Priority Number* (RPN) yang kemudian dijadikan pertimbangan untuk menentukan masalah-masalah atau risiko bahaya yang terjadi dalam sistem produksi air minum.

4.2 Penentuan Prioritas Kegagalan dengan FMEA

Menurut Fitrianti (2016), FMEA dapat digunakan untuk mencari risiko terbesar yang menjadi penyebab penurunan kualitas air produksi. Seluruh penilaian *severity*, *occurrence*, dan *detection* menggunakan skala lima untuk menjamin konsistensi analisis resiko.

4.2.1 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko

Menurut Wahyuningsih (2018), bobot adalah nilai yang diberikan kepada risiko yang terjadi sehingga memudahkan pengambilan keputusan untuk prioritas bahaya dan tindakan penyelesaiannya. Pemberian bobot ini ditentukan berdasarkan hasil diskusi dengan manager operasional IPAM Karangpilang sebagai *profesional judgment* dalam pengambilan keputusan.

Berdasarkan penelitian Wahyuningsih (2018) tersebut bahwa pembobotan disesuaikan dengan fishbone analysis yang telah dibuat. Pembobotan setiap entitas tersebut bertujuan untuk mempermudah dalam penentuan prioritas titik kritis pada metode HACCP apabila nantinya didapat hasil perhitungan nilai RPN yang sama. Pembobotan kepentingan risiko dapat dilihat pada Tabel 4.21. Untuk pembobotan setiap entitas dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.21 Pembobotan Kepentingan Risiko

Faktor	Bobot
Unit Intake	0,10
Unit Aerator	0,08
Unit Prasedimentasi	0,13
Unit Koagulasi	0,11
Unit Clearator	0,09
Unit Filtrasi	0,12
Unit Reservoir	0,07
Perilaku Pekerja	0,14
Wawasan Pekerja	0,16
	1

Sumber: *Profesional Judgment*

Nilai dari bobot tersebut berdasarkan kondisi di lapangan dan besaran dampak yang dihasilkan yaitu semakin besar dampak yang dapat dihasilkan maka semakin besar pula nilai yang diberikan. Selain itu juga berdasarkan tingkat urgensitas pengendalian yang dapat dilaksanakan terlebih dahulu sesuai

kemampuan IPAM. Menurut hasil diskusi dengan manager operasional IPAM Karangpilang, bobot terbesar berada pada sumber daya manusianya yaitu wawasan dan perilaku pekerja sebagai pelaksana sistem produksi. Apabila pekerja tidak melaksanakan pekerjaan sesuai aturan maupun SOP yang berlaku maka sistem produksi tidak dapat berjalan dengan baik.

Tabel 4.22 Pembobotan Entitas

Unit Intake	Bobot
Kualitas Air Baku	0,40
Debit Air Baku	0,20
Ketersediaan Pompa Cadangan	0,15
Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	0,25
	1
Unit Aerator	Bobot
Jarak Antar Stage	0,10
Tinggi jatuhan	0,15
Pengujian kualitas effluen	0,25
Kecepatan Transfer Gas	0,5
	1
Unit Prasedimentasi	Bobot
Waktu Tenggat	0,10
Bilangan Reynold (Nre)	0,40
Bilangan Froude (Nfr)	0,20
Pengurasan Prasedimentasi	0,30
	1
Unit Koagulasi	Bobot
Gradien Kecepatan	0,10
Waktu Tenggat	0,05
Bilangan Froude (Nfr)	0,15
Kondisi Unit	0,30
Pelaksanaan Uji Jar Test	0,40
	1
Unit Clearator	Bobot
Gradien Kecepatan	0,40
Waktu Tenggat	0,30
Solid Loading Rate	0,20
Waktu Pengurasan	0,10
	1

Unit Filtrasi	Bobot
Pencucian Media	0,4
Penggantian Media	0,6
	1
Unit Reservoir	Bobot
Pengecekan reservoir	0,45
Pengecekan Kualitas Air Reservoir	0,55
	1
Perilaku Pekerja	Bobot
Penggunaan Alat Pelindung Diri	0,60
Analisa Kualitas Air	0,40
	1
Wawasan Pekerja	Bobot
Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	0,45
Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	0,55
	1

Sumber: *Profesional Judgment*

4.2.2 Penentuan Nilai Severity

Severity merupakan nilai tingkat keseriusan sebuah kondisi terhadap dampak yang ditimbulkan. Semakin parah dampak yang ditimbulkan, maka semakin tinggi nilai *severity* yang dihasilkan (Fitrianti, 2016). *Severity* adalah langkah pertama untuk menganalisis risiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian yang dapat mempengaruhi *output* proses. Nilai *severity* pada sistem produksi IPAM ditentukan berdasarkan hasil pengamatan tiap-tiap jenis gangguan yang dilakukan langsung di lapangan dan juga hasil analisis laboratorium kualitas air. Batasan nilai *severity* dalam analisis ini adalah 1 – 5. Menurut wahyuningsih (2018), pembuatan tabel *severity* dapat disesuaikan dengan kondisi penilaian, pembobotan kuisioner, proses produksi dan jenis pengolahan air pada IPAM. Rentang penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Kategori dan Peringkat Severity

Range Nilai	Severity of effect for FMEA	Rating
≤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

Sumber : Wahyuningsih (2018)

Sebelum penilaian severity, terlebih dahulu dibuat skala besaran risiko untuk memudahkan penilaian (Fitrianti, 2016). Selanjutnya dideskripsikan masing-masing skala kondisi lingkungannya untuk menjamin konsistensi dalam analisa resiko. Skala besaran risiko dan skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Deskripsi Tingkatan Skala Besar Resiko dan Skala Kondisi Lingkungan

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

Sumber : Wahyuningsih (2018)

4.2.2.1 Penentuan *Severity* pada Unit Intake

A. Kualitas Air Baku

Kualitas air baku yang digunakan oleh IPAM Karangpilang cenderung memiliki kekeruhan, TSS dan zat organik yang tinggi terutama pada musim hujan. Peraturan yang digunakan sebagai standar baku mutu air baku oleh PDAM Kota Surabaya adalah PP No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air dengan baku mutu tss adalah 50 mg/L, zat organik 25 mg/L dan E.Coli <2000 jml/100 ml untuk air kelas II. Yang menurut PerGub JaTim No 61 Tahun 2010 bahwa Kali Surabaya digolongkan sebagai air kelas II. Pada tabel 4.25 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil sehingga merupakan kondisi terbaik yaitu apabila air baku memenuhi seluruh baku mutu. Sedangkan skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting hasil dari wawancara dengan manajer produksi, pihak lab IPAM dan hasil dari analisis laboratorium dengan skala besaran resiko dampak yang parah yaitu air baku tidak memenuhi baku mutu air kelas II parameter TSS, zat organik dan kekeruhan. Dampak yang ditimbulkan akibat kondisi kualitas air baku yang melebihi baku mutu air kelas II adalah pengolahan IPAM menjadi lebih berat dan dapat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila tidak diolah dengan baik.

Tabel 4.25 Nilai *Severity* Kualitas Air Baku

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Air baku memenuhi seluruh baku mutu	Air baku memenuhi baku mutu zat organik	Air baku tidak memenuhi baku mutu TSS dan zat organik	Air baku tidak memenuhi baku mutu E.Coli, zat organik dan TSS	Air baku tidak memenuhi seluruh baku mutu

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari kualitas air baku adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

$$\text{Severity} = \frac{\text{Nilai skala ideal} - \text{Nilai skala eksisting}}{\text{Nilai Skala Ideal}} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$
$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada kualitas air baku adalah 60%.

B. Debit Air Baku

Permasalahan debit dan level air baku dipengaruhi oleh musim. Pada musim hujan level air cukup hingga berlebih(banjir) apabila terjadi hujan deras dengan frekuensi yang lama. Pada musim kemarau level air menjadi rendah. Berdasarkan wawancara dengan operator Intake, batas terendah dari level air adalah 4,7 m. Apabila air menyentuh batas terendah atau lebih rendah dari batas tersebut, maka manajer produksi akan lapor ke PJT. Level air tersebut akan mempengaruhi debit air yang masuk menuju pengolahan, sehingga berakibat adanya fluktuasi debit. Unit-unit IPAM Karangpilang III di desain untuk debit pengolahan 2200 L/detik. Namun menurut data inventaris debit harian yang masuk pada Bulan Februari 2019 ditemukan fluktuasi yang melebihi debit 2200 L/detik. Fluktuasi tertinggi hingga mencapai 2396,79 L/detik. Sedangkan debit rata-rata harian maksimum adalah 2229,46 L/detik.

Pada Tabel 4.26 dijelaskan bahwa skala 5 merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko terkecil (sangat baik) dari debit yang masuk yaitu 2200 liter/detik. Sehingga skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sedang. Debit yang berfluktuasi ini berpengaruh pada waktu tinggal yang akan mempengaruhi proses produksi air menjadi kurang optimal. Data inventarisasi debit harian IPAM Karangpilang III dapat dilihat pada Lampiran VI.

Tabel 4.26 Nilai *Severity* Level dan Debit Air Baku

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Debit influen 2200 l/detik	Debit influen 2201 – 2300 l/detik	Debit influen 2301 – 2400 l/detik	Debit influen 2401 – 2500 l/detik	Debit influen >2500 l/detik

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari debit air baku adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada debit air baku adalah 40%.

C. Ketersediaan Pompa Cadangan

Menurut Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum bahwa untuk mengalirkan air menuju unit produksi diperlukan pompa sesuai jumlah dan kapasitasnya yang dilengkapi dengan genset. Berdasarkan hasil wawancara dengan *Supervisor* IPAM, terdapat 4 buah pompa air baku yang seluruhnya digunakan untuk operasional, sehingga tidak didapati pompa cadangan apabila terjadi kerusakan atau *maintenance*. Selain itu, IPAM Karangpilang tidak memiliki genset, sehingga memiliki resiko apabila listrik mati. Sehingga dapat menimbulkan dampak yaitu

terhambatnya proses produksi apabila terjadi kerusakan dan listrik mati.

Pada Tabel 4.27 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) dari kondisi pompa yang memiliki 1 cadangan sehingga tidak pompa tidak pernah mati beroperasi apabila terjadi kerusakan. Sedangkan skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sangat parah (buruk) yaitu pompa air baku tidak memiliki pompa cadangan. Sehingga apabila terjadi *maintenance* atau kerusakan pada salah satu pompa dapat mempengaruhi jalannya sistem produksi.

Tabel 4.27 Nilai *Severity* pompa

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pompa memiliki cadangan dan tidak pernah rusak	Pompa memiliki 1 cadangan mengalami kerusakan setiap 1 kali/tahun	Pompa memiliki 1 cadangan mengalami kerusakan setiap 1 kali/ 6 bulan	Pompa memiliki 1 cadangan mengalami kerusakan setiap 1 kali/ 3 bulan	Pompa tidak memiliki cadangan mengalami kerusakan setiap 1 kali/ 3 bulan

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pompa air baku adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pompa air baku adalah 80%.

D. Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan air

Menurut Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum, pada ujung pipa pengambilan air yang berhubungan dengan pompa perlu untuk diberi saringan atau *strainer*. *Strainer* tersebut untuk menyaring partikel-partikel pada air baku yang masih lolos dari penyaringan kasar atau *bar screen*. Letak *strainer* berada pada ujung pipa suction sebelum pompa intake. Berdasarkan hasil wawancara dengan *Supervisor* IPAM dan melihat pada *as-built drawing*, tidak ada *strainer* pada pipa intake. Sehingga sesuai dengan kondisi eksisting unit aerator dan prasedimentasi yang masih didapati adanya partikel-partikel sampah. Selain mengganggu proses pengolahan pada unit tersebut, partikel-partikel yang masih lolos dapat merusak dan menyumbat pompa.

Pada Tabel 4.28 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) dari kondisi terdapat strainer pada pipa. Sedangkan skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sangat parah (buruk).

Tabel 4.28 Nilai *Severity* Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Terdapat strainer pada pipa	Terdapat penyaring berdiameter besar pada pipa sehingga partikel masih bisa lolos	Terdapat penyaring berdiameter besar pada pipa sehingga partikel masih bisa lolos	Terdapat penyaring berdiameter lebih kecil pada pipa namun partikel masih bisa lolos	Tidak terdapat strainer pada pipa

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari ketersediaan strainer pada pipa adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada ketersediaan strainer pada pipa adalah 80%.

4.2.2.2 Penentuan *Severity* pada Unit Aerator

A. Jarak antar stage

Pada Tabel 4.29 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) jarak antar stage yaitu 30-75 cm (Qasim dkk, 2000). Sedangkan dari data milik IPAM Karangpilang III, jarak antar stage adalah 75 cm. Jarak antar stage ini mempengaruhi transfer oksigen yang terjadi pada unit aerator. Pemasangan stage dilakukan untuk memperlama waktu kontak antara air baku dengan oksigen.

Tabel 4.29 Nilai *Severity* Jarak Antar Stage

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Jarak antar stage 30-75 cm	Jarak antar stage 22-29 cm	Jarak antar stage 15-21 cm	Jarak antar stage 8-14 cm	Jarak antar stage 1-7 cm

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari jarak antar stage adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada jarak antar *stage* adalah 0%.

B. Tinggi jatuhan

Pada Tabel 4.30 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) jarak antar *stage* yaitu 1-3 m (Qasim dkk, 2000). Sedangkan dari data milik IPAM Karangpilang III, tinggi jatuhan adalah 2,25 m. Tinggi jatuhan tersebut berkaitan dengan waktu kontak pada proses aerasi. Waktu kontak merupakan durasi kontak antara air baku dengan oksigen yang berfungsi untuk menguraikan zat organik. Apabila keberadaan oksigen terbatas maka zat organik tidak dapat terurai secara sempurna. Selain itu, akibat adanya zat-zat pengganggu seperti sampah plastik yang masih terdapat pada unit aerator berakibat oksigen dapat terperangkap pada sampah-sampah tersebut sehingga zat organik tidak dapat terurai dengan sempurna.

Tabel 4.30 Nilai Severity Tinggi Jatuhan

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tinggi jatuhan 1-3 m	Tinggi jatuhan 0,76-0,9 m	Tinggi jatuhan 0,51-0,75 m	Tinggi jatuhan 0,26-0,5 m	Tinggi jatuhan <25 m

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari tinggi jatuhan adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (Carlson, 2004)$$

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada tinggi jatuhan adalah 0%.

C. Pengujian Kualitas Effluen

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner, tidak dilaksanakan pengujian untuk effluen aerator. Pengujian effluen langsung dilaksanakan pada effluen prasedimentasi. Dampak yang dapat timbul adalah tidak diketahui perubahan kualitas air baku setelah proses aerasi dan tidak diketahui efisiensi removal pada prasedimentasi akibat tidak menguji kualitas effluen aerator yang mana menjadi influen prasedimentasi.

Pada Tabel 4.31 skala 5 pada kolom biru dengan skala besaran risiko sangat kecil merupakan kondisi ideal pelaksanaan pengujian kualitas air yaitu setiap hari dan setiap dua jam sekali. Pada skala 1 kolom berwarna kuning dengan skala besaran risiko sangat parah merupakan kondisi eksisting pengujian kualitas air yaitu tidak dilaksanakan pengujian kualitas effluen aerator.

Tabel 4.31 Nilai Severity Pengujian Kualitas Effluen

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengujian kualitas effluen aerator dilaksanakan setiap hari setiap 2 jam sekali	Pengujian kualitas effluen aerator dilaksanakan setiap hari, satu kali dalam sehari	Pengujian kualitas effluen aerator dilaksanakan 3 hari sekali	Pengujian kualitas effluen aerator dilaksanakan seminggu sekali	Tidak dilaksanakan an pengujian kualitas effluen aerator

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengujian kualitas effluen adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengujian kualitas effluen adalah 80%.

D. Kecepatan Transfer Gas

Pada Tabel 4.32 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom biru merupakan kondisi ideal transfer gas dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) yaitu menurut Qasim dkk (2000), kriteria desain untuk kecepatan transfer gas pada unit aerator gravitasi jenis cascade adalah $0,8 - 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$. Berdasarkan hasil hitungan pada Lampiran IV, didapatkan hasil perhitungan untuk kecepatan transfer gas adalah $0,53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$. Kecepatan transfer gas berada dibawah kriteria desain sehingga menggambarkan proses transfer gas yang berjalan pada unit aerator kurang optimal dan menyebabkan zat organik tidak terurai seluruhnya. Sehingga skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang parah.

Tabel 4.32 Nilai *Severity* Kecepatan Transfer Gas

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Kecepatan transfer gas $0,8 - 1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$	Kecepatan transfer gas $0,71 - 0,79 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$	Kecepatan transfer gas $0,61 - 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$	Kecepatan transfer gas $0,51 - 0,6 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$	Kecepatan transfer gas $0,4 - 0,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari kecepatan transfer gas adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada kecepatan transfer gas adalah 60%.

4.2.2.3 Penentuan *Severity* pada Unit Prasedimentasi

A. Waktu Tinggal

Pada Tabel 4.33 dijelaskan bahwa kolom berwarna kuning merupakan kondisi ideal waktu tinggal untuk debit 2200 L/detik adalah 2,4 jam. Berdasarkan hasil hitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, menggunakan debit rata-rata harian maksimum maka didapat waktu tinggal yaitu 2,4 jam. Namun kondisi eksisting di lapangan adalah waktu tinggal prasedimentasi hanyalah 2 jam walau ada fluktuasi debit yang masuk setiap harinya. Sehingga waktu tinggal pada unit prasedimentasi IPAM Karangpilang III tidak sesuai dengan waktu idealnya. Walaupun waktu tinggal unit prasedimentasi yang digunakan oleh IPAM Karangpilang III tersebut masih berada pada kriteria desain yaitu 1-3 jam (Schulz, 1984). Sehingga skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang kecil.

Tabel 4.33 Nilai Severity Waktu Tinggal

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Waktu tinggal 2,4 jam	Waktu tinggal 2,3 - 2 jam	Waktu tinggal 1,9 -1,5 jam	Waktu tinggal 1,4 - 1 jam	Waktu tinggal > 1 jam

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari waktu tinggal adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

$$= \frac{5-4}{5} \times 100\% = 20\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada waktu tinggal adalah 20%

B. Bilangan Reynold (Nre)

Pada Tabel 4.34 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal bilangan reynold yaitu sesuai dengan kriteria desain <2000 (Ambat dan Prasetyo, 2015). Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, didapatkan nilai bilangan reynold untuk debit 2200 L/detik adalah 28501,84. Sedangkan nilai bilangan reynold untuk debit rata-rata harian maksimum adalah 28883,46. Sehingga, bilangan reynold yang belum memenuhi kriteria tersebut menunjukkan kondisi pengendapan dalam prasedimentasi turbulen yang akan menyebabkan pengendapan sulit berlangsung (Fitrianti, 2016). Dengan adanya pengendapan yang sulit dapat menyebabkan penyisihan kekeruhan pada prasedimentasi menjadi rendah. Sehingga skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sangat parah.

Tabel 4.34 Nilai Severity Bilangan Reynold

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

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan reynold adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada bilangan reynold adalah 80%.

C. Bilangan Froude (Nfr)

Pada Tabel 4.35 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal bilangan Froude sesuai dengan kriteria desain yaitu $>10^{-5}$. Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, didapatkan nilai bilangan reynold untuk debit 2200 L/detik adalah $3,28 \times 10^{-6}$. Sedangkan nilai bilangan reynold untuk debit rata-rata harian maksimum adalah $3,37 \times 10^{-6}$. Sehingga, bilangan froude yang belum memenuhi kriteria tersebut menunjukkan kondisi pengendapan dalam prasedimentasi adalah subkritis. Kondisi subkritis akan mempengaruhi pengendapan sehingga penyisihan kekeruhan rendah (Fitrianti, 2016). Sehingga skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang parah.

Tabel 4.35 Nilai Severity Bilangan Froude

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Bilangan froude $>10^{-5}$	Bilangan froude $7,6 \times 10^{-6}$ $9,9 \times 10^{-6}$	Bilangan froude $5,1 \times 10^{-6}$ $7,5 \times 10^{-6}$	Bilangan froude $2,6 \times 10^{-6}$ 5×10^{-6}	Bilangan froude 1×10^{-6} $2,5 \times 10^{-6}$

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan froude adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada bilangan froude adalah 60%.

D. Pengurasan Prasedimentasi

Berdasarkan wawancara dan hasil kuisioner, kondisi ideal untuk menguras lumpur adalah menggunakan *scrapper* setiap satu bulan sekali. Namun pada kondisi eksisting didapati *scrapper* telah lama rusak dan tidak berfungsi. Sehingga pengurasan prasedimentasi di IPAM Karangpilang III menggunakan cara manual, yaitu mengandalkan tenaga 3-4 orang satgas untuk menyemprot lumpur dan membersihkan menggunakan cangkul maupun alat lainnya. Dengan menggunakan tenaga manual, maka berakibat pengurasan membutuhkan waktu lebih lama yaitu 2-3 hari untuk membersihkan lumpur satu unit, sehingga dalam sebulan seringkali dilaksanakan pengurusan dua unit. Dampak yang ditimbulkan adalah dapat mempengaruhi waktu detensi unit prasedimentasi dan efisiensi penyisihan kekeruhan.

Pada tabel 4.36 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal yaitu pengurasan dengan *scrapper* setiap satu bulan sekali. Sedangkan skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting hasil dari wawancara dan kuisioner dengan skala besaran resiko dampak yang sedang.

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengurasan prasedimentasi adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengurasan prasedimentasi adalah 40%.

Tabel 4.36 Nilai Severity Pengurasan Prasedimentasi

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengurasan dengan <i>scraper</i> setiap satu bulan sekali dan mampu membersihkan semua unit	Pengurasan secara manual satu bulan sekali mampu membersihkan semua unit	Pengurasan secara manual satu bulan sekali hanya mampu membersihkan dua unit	Pengurasan secara manual dua bulan sekali mampu membersihkan semua unit	Pengurasan secara manual tiga bulan sekali mampu membersihkan semua unit

4.2.2.4 Penentuan *Severity* pada Unit Koagulasi

A. Gradien Kecepatan

Pada Tabel 4.37 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal gradien kecepatan yaitu 300-1000/detik (Reynolds, 1982). Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, dengan debit 2200L/detik, gradien kecepatan sebesar 1090,44/detik. Gradien kecepatan tersebut berada diatas kriteria desain. Begitu pula hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum yaitu 2229,46 L/detik, didapatkan gradien kecepatan 1002,85/detik. Gradien kecepatan yang terlalu besar menyebabkan flok yang terbentuk dari pencampuran air baku dan koagulan menjadi terpecah. Flok yang terpecah tersebut dapat menjadi salah satu faktor kegagalan dalam proses koagulasi. Sehingga skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan debit rata-rata harian maksimum dengan skala besaran resiko dampak yang kecil.

Tabel 4.37 Nilai Severity Gradien Kecepatan

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Gradien kecepatan 300-1000/detik	Gradien kecepatan 1001-1050/detik	Gradien kecepatan 1051-1100/detik	Gradien kecepatan 1101-1150/detik	Gradien kecepatan 1151-1200/detik

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari gradien kecepatan adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada gradien kecepatan adalah 20%.

B. Waktu Tinggal

Pada Tabel 4.38 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal waktu tinggal yaitu 20 – 60 detik (Reynolds, 1982). Dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, dengan debit 2200 L/detik, waktu tinggal adalah 29,5 detik. Untuk hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan waktu tinggal 29,1 detik. Waktu tinggal yang berfluktuasi dapat mempengaruhi pembentukan flok sehingga mempengaruhi hasil koagulasi.

Tabel 4.38 Nilai Severity Waktu Tinggal

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Waktu tinggal 10-60 detik	Waktu tinggal 61-80 detik	Waktu tinggal 81-100 detik	Waktu tinggal 101-120 detik	Waktu tinggal >120 detik

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari waktu tinggal adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada waktu tinggal adalah 0%.

C. Bilangan Reynold (Nre)

Pada Tabel 4.39 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal bilangan reynold yaitu sesuai dengan kriteria desain >10000 (Masduqi dan Assomadi, 2012). Dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, didapatkan nilai bilangan reynold untuk debit rata-rata harian maksimum adalah 158171,3523. Bilangan reynold yang besar menunjukkan proses yang berlangsung pada koagulasi merupakan turbulen. Kondisi turbulen dibutuhkan agar proses pencampuran koagulasi dapat berjalan rata sehingga proses koagulasi berjalan optimal.

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan reynold adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada bilangan Reynold adalah 0%.

Tabel 4.39 Nilai Severity Bilangan Reynold

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Bilangan Reynold >10000	Bilangan Reynold 9999-9000	Bilangan Reynold 8999-8000	Bilangan Reynold 7999-7000	Bilangan Reynold >7000

D. Kondisi Unit

Berdasarkan hasil survei lapangan dan wawancara, didapati unit koagulasi mengalami kebocoran yaitu terdapat celah yang cukup besar antara pipa pembubuh koagulan dengan dinding unit yang berakibat air pada unit koagulasi merembes keluar. Adanya kebocoran unit dapat mempengaruhi proses produksi dan menjadi salah satu faktor kegagalan atau tidak optimalnya proses koagulasi.

Pada Tabel 4.40 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala besaran resiko dampak terkecil (sangat baik) dari kondisi unit tanpa adanya kebocoran. Sedangkan skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sedang yaitu terdapat satu celah sehingga terdapat rembesan.

Tabel 4.40 Nilai Severity Kondisi Unit

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tidak terdapat celah disegala sisi unit	Tidak terdapat celah kecil dan rembesan	Terdapat satu celah dan terdapat rembesan	Terdapat banyak celah dan banyak rembesan	Unit mengalami kebocoran total

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari bilangan reynold adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada kondisi unit adalah 40%.

E. Pelaksanaan Uji Jar Test

Menurut hasil wawancara dan aturan pada dokumen ISO 9001 yang digunakan oleh PDAM Kota Surabaya, bahwa kondisi ideal pengukuran uji jar test adalah setiap dua jam sekali. Namun, menurut *supervisor* IPAM Karangpilang III melakukan uji jar test 8 jam sekali atau dalam satu kali shift operator. Dampak yang dapat ditimbulkan adalah dosis untuk pembubuhan koagulasi tidak optimum sehingga dapat mempengaruhi proses koagulasi menjadi tidak optimal. Apabila dosis yang dibubuhkan tidak sesuai maka dapat berdampak pada pembentukan flok.

Pada Tabel 4.41 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal deangan skala besaran resiko dampak terkecil dari uji jar test yaitu 2 jam sekali. Sedangkan skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan

kondisi eksisting dengan skala bersaran resiko dampak yang parah yaitu jar test dilaksanakan selama 8 jam sekali.

Tabel 4.41 Nilai Severity Uji Jar Test

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Jar test dilaksanakan tiap 2 jam sekali	Jar test dilaksanakan tiap 4 jam sekali	Jar test dilaksanakan tiap 6 jam sekali	Jar test dilaksanakan tiap 8 jam sekali	Jar test dilaksanakan tiap >8 jam sekali

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari uji jar test adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada uji jar test adalah 60%.

4.2.2.5 Penentuan *Severity* pada Unit Clearator

A. Gradien Kecepatan Flokulasi

Pada Tabel 4.42 dijelaskan bahwa kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal gradien kecepatan pada proses flokulasi yaitu 10-100/detik (Droste,1997). Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, dengan debit debit rata-rata harian maksimum yaitu 2229,46 L/detik, didapatkan gradien kecepatan sebesar 616,4/detik. Gradien kecepatan tersebut tidak memenuhi kriteria desain gradien kecepatan untuk flokulasi.

Gradien kecepatan yang terlalu besar menyebabkan pembentukan inti flok tidak terjadi dengan sempurna sehingga pengendapan tidak dapat berjalan dengan optimal. Flok yang

tidak dapat terbentuk tersebut menjadi salah satu faktor kegagalan dalam proses flokulasi. Sehingga skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan debit rata-rata harian maksimum dengan skala besaran resiko dampak yang sangat parah.

Tabel 4.42 Nilai Severity Gradien Kecepatan

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Gradien kecepatan 10-100/detik	Gradien kecepatan 101-300/detik	Gradien kecepatan 301-500/detik	Gradien kecepatan 501-600/detik	Gradien kecepatan 601-700/detik

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari gradien kecepatan adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada gradien kecepatan untuk proses flokulasi adalah 80%.

B. Waktu Tinggal

Pada Tabel 4.43 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal waktu tinggal menurut droste (1997) yaitu 15-45 menit. Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, waktu tinggal dengan debit rata-rata harian maksimal yang masuk ke unit clearator adalah 69 menit atau 1,09 jam. Waktu tinggal pada unit clearator tidak memenuhi kriteria desain. Waktu tinggal yang besar menggambarkan nilai luas permukaan tube settler kecil (Fitrianti, 2016). Luas permukaan tube settler yang kecil dapat disebabkan oleh lumpur yang mengendap sehingga mempengaruhi proses pengendapan yang berlangsung di

clearator. Sehingga skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala bersaran resiko dampak yang parah.

Tabel 4.43 Nilai Severity Waktu Tinggal

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Waktu tinggal 15-45 menit	Waktu tinggal 46-55 menit	Waktu tinggal 56-65 menit	Waktu tinggal 66-70 menit	Waktu tinggal >70 menit

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari waktu tinggal adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada waktu tinggal adalah 60%.

C. Loading Rate

Pada Tabel 4.44 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal *loading rate* menurut Droste (1997) yaitu 1,25-3,7 m/jam. Namun dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Lampiran IV, waktu tinggal dengan debit rata-rata harian maksimal yang masuk ke unit clearator adalah 5,82 m/jam. *Loading rate* pada unit clearator tidak memenuhi kriteria desain. Menurut Fitrianti (2016), Loading Rate berkaitan dengan kecepatan pengendapan, luas permukaan dan debit. Kecepatan pengendapan yang terlalu kecil menyebabkan nilai loading rate besar sehingga mempengaruhi proses pengendapan yang berlangsung di clearator sehingga mempengaruhi efisiensi kekeruhan dan hasil effluennya. Sesuai dengan hasil sampling parameter

kekeruhan, bahwa masih ada kekeruhan yang berada di atas 7 NTU pada saat keluar dari unit clearator. Padahal seharusnya berada dibawah 7 NTU agar kerja filter tidak berat. Pada skala 1 kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala bersaran resiko dampak yang sangat parah.

Tabel 4.44 Nilai Severity *Loading Rate*

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
<i>loading rate</i> 1,25-3,7 m/jam	<i>loading rate</i> 3,8-4,2 m/jam	<i>loading rate</i> 4,3-4,7 m/jam	<i>loading rate</i> 4,8-5,2 m/jam	<i>loading rate</i> 5,2-5,7 m/jam

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari *loading rate* adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

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

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada *loading rate* adalah 80%.

D. Waktu Pengurasan

Berdasarkan wawancara dan hasil kuisioner, pengurasan ideal untuk unit clearator adalah satu bulan sekali. Pengurasan untuk membersihkan lumpur dilakukan secara manual. Lumpur clearator sangat penting untuk dikuras secara berkala agar tidak mengganggu proses pengolahan pada unit yaitu lumpur tidak menghalangi lubang-lubang flokulasi dan pengendapan air dapat terjadi dengan sempurna.

Pada Tabel 4.45 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pengurasan

clearator yaitu satu bulan sekali. IPAM Karangpilang III telah melaksanakan pengurasan sesuai dengan kondisi ideal.

Tabel 4.45 Nilai Severity Waktu Pengurasan

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Waktu pengurasan sebulan sekali	Waktu pengurasan dua bulan sekali	Waktu pengurasan 3 bulan sekali	Waktu pengurasan 4 bulan sekali	Waktu pengurasan 5 bulan sekali

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari waktu pengurasan adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada waktu pengurasan adalah 0%.

4.2.2.6 Penentuan *Severity* pada Unit Filter

A. Pencucian Media

Pencucian media filter berdasarkan wawancara dan kuisioner pada IPAM Karangpilang III adalah setiap hari. Pelaksanaan pencucian media untuk masing-masing unit secara bergantian dilaksanakan oleh satgas dan diawasi operator. Sehingga dalam satu hari, seluruh 14 unit filter telah mengalami pencucian. Menurut SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air, pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian yaitu 18-24 jam. Sehingga IPAM Karangpilang III telah melaksanakan sesuai dengan kriteria.

Pada Tabel 4.46 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pencucian media yaitu 18-24 jam. IPAM Karangpilang III telah melaksanakan pencucian sesuai dengan kondisi ideal.

Tabel 4.46 Nilai Severity Pencucian Media

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

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pencucian media adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pencucian media adalah 0%.

B. Penggantian Media

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner, unit filtrasi pada IPAM Karangpilang III tidak pernah mengalami penggantian media. Pihak IPAM berasumsi bahwa ketebalan media berkurang karena tergerus pada saat pencucian, sehingga pihak IPAM menambahkan media baru hingga didapat ketebalan sesuai perencanaan. Padahal idealnya menurut Peraturan *Environmental Protection Agency* tahun 1995 tentang *Water Treatment Manual for Filtration* adalah media filter diganti setiap 3 tahun sekali. Dampak dari tidak dilaksanakannya pergantian media dan hanya penambahan

media adalah resiko clogging menjadi lebih besar akibat media telah jenuh dan ukuran media yang tidak seragam sehingga menyebabkan penyaringan tidak optimal dan mempengaruhi kualitas hasil produksi. Hal tersebut dibuktikan dengan menurut hasil sampling, efisiensi kekeruhan tidak mencapai kriteria desain 90-98% (Masduqi dan Assomadi, 2012).

Pada Tabel 4.47 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pergantian media yaitu 1 bulan sekali. Sedangkan skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang parah.

Tabel 4.47 Nilai Severity Penggantian Media

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

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari penggantian media adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-3}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada penggantian media adalah 60%.

4.2.2.7 Penentuan *Severity* pada Unit Reservoir

A. Pengecekan Reservoir

Berdasarkan wawancara dan kuisisioner, pengecekan level air reservoir dan pompa distribusi IPAM Karangpilang III adalah setiap satu jam sekali. Pengecekan dilakukan oleh operator filter agar level air tetap stabil dan pompa dapat mendistribusikan air dengan lancar. Pelaksanaan tersebut sudah mereka lakukan secara rutin.

Pada Tabel 4.48 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pengecekan level air dan pompa distribusi yaitu setiap satu jam sekali. IPAM Karangpilang III telah melaksanakan pengecekan sesuai dengan kondisi ideal.

Tabel 4.48 Nilai *Severity* Pengecekan Reservoir

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengecekan level air dan pompa setiap satu jam sekali	Pengecekan level air dan pompa setiap 2 jam sekali	Pengecekan level air dan pompa setiap 3 jam sekali	Pengecekan level air dan pompa setiap 4 jam sekali	Pengecekan level air dan pompa setiap >4 jam sekali

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengecekan reservoir adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengecekan reservoir adalah 0%.

B. Pengecekan Kualitas Air Reservoir

Berdasarkan wawancara dan kuisioner, kondisi ideal yang sesuai dengan SOP mereka adalah pengecekan kualitas air outlet reservoir Karangpilang III dilaksanakan setiap satu jam sekali. Namun, pengecekan yang dilakukan oleh operator IPAM di lapangan dilaksanakan setiap dua jam sekali. Parameter yang diuji adalah pH, kekeruhan dan sisa klor.

Pada Tabel 4.49 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari pengecekan kualitas air yaitu setiap satu dua jam sekali. Sedangkan skala 4 pada kolom berwarna kuning dengan skala besaran resiko yang kecil merupakan kondisi eksisting pengecekan kualitas air reservoir IPAM Karangpilang III yaitu setiap dua jam sekali.

Tabel 4.49 Nilai Severity Pengecekan Kualitas Air Reservoir

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Pengecekan kualitas air setiap 1 jam sekali	Pengecekan kualitas air setiap 2 jam sekali	Pengecekan kualitas air setiap 3 jam sekali	Pengecekan kualitas air setiap 4 jam sekali	Pengecekan kualitas air setiap >4 jam sekali

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengecekan kualitas air reservoir adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai\ skala\ ideal - Nilai\ skala\ eksisting}{Nilai\ Skala\ Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-4}{5} \times 100\% = 20\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada pengecekan kualitas air reservoir adalah 20%.

4.2.2.8 Penentuan *Severity* pada Perilaku Pekerja

A. Penggunaan Alat Pelindung Diri

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri, bahwa Alat Pelindung diri yang disingkat APD wajib digunakan di tempat kerja di mana dipergunakan mesin, pembangunan, perbaikan, perawatan, pembersihan peralatan atau instalasi yang dapat menimbulkan kecelakaan dan terdapat risiko terpapar debu, kotoran, asap, gas, suara dan lain sebagainya yang dapat mempengaruhi kesehatan pekerja. Pekerja dan orang lain yang memasuki tempat kerja wajib memakai APD sesuai dengan potensi bahaya dan risiko. APD sebagaimana dimaksud pada peraturan tersebut adalah pelindung kepala, mata dan muka, telinga, pernapasan, tangan, dan kaki. Selama proses produksi, para pekerja sebagian besar telah mengikuti prosedur standar penggunaan APD sebagaimana prosedur tersebut juga telah tercantumkan pada dinding-dinding ruang produksi seperti penggunaan helm keselamatan, baju pelindung, dan sepatu keselamatan. Namun penggunaan APD pada saat pencucian unit filter belum dilaksanakan dengan baik, yaitu pekerja tidak menggunakan sepatu keselamatan, baju pelindung, penutup hidung yang standar dan tidak menggunakan sarung tangan. Dampak yang ditimbulkan adalah menurunnya daya higienis dan kebersihan pegawai juga unit produksi.

Pada Tabel 4.50 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari penggunaan APD yaitu seluruh prosedur APD dilaksanakan sesuai Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri dan SOP yang berlaku pada IPAM Karangpilang III. Sedangkan skala 2 pada kolom berwarna kuning merupakan hasil survei kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang parah yaitu melanggar 3 dari prosedur APD yang tercantum pada peraturan menteri. Prosedur yang dilanggar adalah tidak menggunakan sepatu keselamatan, penutup hidung yang standar dan sarung tangan.

Tabel 4.50 Nilai Severity Penggunaan APD

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Penggunaan APD semua sesuai Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010	Penggunaan APD melanggar 1 prosedur Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010	Penggunaan APD melanggar 2 prosedur Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010	Penggunaan APD melanggar 3 prosedur Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010	Penggunaan APD melanggar semua Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor 8 Tahun 2010

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari penggunaan APD adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-2}{5} \times 100\% = 60\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada penggunaan APD adalah 60%.

B. Analisa Kualitas Air

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum, bahwa parameter yang wajib diuji untuk internal adalah parameter fisik, mikrobiologi, sisa klor, kimia wajib dan kimia tambahan. Parameter fisik, mikrobiologi dan sisa klor tersebut dilaksanakan maksimal sebulan sekali. Parameter kimia wajib dan tambahan dilaksanakan maksimal tiga bulan sekali.

Pada air baku dan air hasil produksi, IPAM Karangpilang III telah melaksanakan metode pengujian kualitas air dengan parameter pH, *e.coli*, kekeruhan, zat organik, dan sisa klor setiap hari. Untuk air pada proses pengolahan, dilaksanakan pengujian kualitas air dengan parameter pH dan kekeruhan

setiap hari. Untuk parameter TDS pada air hasil produksi dilaksanakan setiap 1 minggu sekali dan TSS dilaksanakan 1 bulan sekali.

Pada Tabel 4.51 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dari analisa kualitas air yaitu telah sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum. Pelaksanaan analisa kualitas air minum di IPAM Karangpilang III telah rutin dan dalam frekuensi harian, mingguan dan bulanan.

Tabel 4.51 Nilai Severity Analisa Kualitas Air

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

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari analisa kualitas air adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$Severity = \frac{Nilai skala ideal - Nilai skala eksisting}{Nilai Skala Ideal} \times 100\% \quad (\text{Carlson, 2004})$$

$$= \frac{5-5}{5} \times 100\% = 0\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada analisa kualitas air adalah 0%.

4.2.2.9 Penentuan *Severity* pada Wawasan Pekerja

A. Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001

Berdasarkan hasil wawancara dan kuisioner, ISO 9001 memiliki 3 turunan yang digunakan IPAM untuk menjalankan

proses produksi. Tiga turunan itu adalah Standar Operasional Prosedur, Instruksi Kerja dan Petunjuk Pelaksanaan. Namun dokumen-dokumen tersebut tidak boleh digandakan, sehingga dokumen tersebut di buat atau di tulis ulang dalam bentuk poster berisi peraturan oleh manager produksi bersama dengan supervisor agar para pekerja dapat menerapkannya. Namun dalam pelaksanaan proses produksi, masih ada pekerja tidak mengikuti beberapa ketentuan teknis yang tertempel pada dinding ruang pekerja, seperti tidak ada fasilitas mencuci tangan atau diri di dekat pengolahan, merokok di area unit pengolahan, masih bermain handphone di area kerja, tidak menggunakan APD standar yaitu baju pelindung, helm keselamatan dan sepatu keselamatan. Dampak yang dapat timbul adalah mengganggu kinerja unit dan kualitas dapat menurun.

Pada Tabel 4.52 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala resiko dampak sangat kecil dari para pekerja mengetahui prosedur operasional unit sesuai SOP yang berlaku, mengikuti dan menggunakan semua prosedur tersebut. Sedangkan skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan hasil survei kondisi eksisting dengan skala besar resiko dampak yang sedang yaitu para pekerja mengetahui prosedur operasional unit sesuai SOP yang berlaku, menggunakan sebagai prosedur operasional, namun melanggar beberapa prosedur tersebut.

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari wawasan pekerja terkait operasional unit sesuai turunan ISO9001 adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada wawasan pekerja terkait operasional unit sesuai turunan ISO9001 adalah 40%.

Tabel 4.52 Nilai Severity Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit Sesuai Turunan ISO9001

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur dalam SOP yang berlaku	Tidak tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur dalam SOP yang berlaku	Tahu, menggunakan dan melanggar beberapa prosedur dalam SOP yang berlaku	Tahu, tidak menggunakan dan melanggar seluruh prosedur dalam SOP yang berlaku	Tidak tahu, tidak menggunakan dan melanggar seluruh prosedur dalam SOP yang berlaku

B. Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998

Upaya untuk meningkatkan keamanan produk konsumsi berdasarkan SNI 01-4852-1998 adalah setiap produsen harus memiliki pedoman penerapan HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) dalam manajemen kualitas produknya agar keamanan dan kualitas produk tersebut dapat terjamin. Dari hasil wawancara dan kuisioner dengan manajer produksi dan bagian sumber daya manusia, PDAM Kota Surabaya khususnya IPAM Karangpilang III belum memiliki pelatihan manajemen kualitas HACCP untuk kualitas produknya. Dampak yang dapat ditimbulkan adalah keamanan dan kualitas air produksi IPAM masih belum stabil.

Pada Tabel 4.53 dijelaskan bahwa skala 5 kolom berwarna biru merupakan kondisi ideal dengan skala resiko dampak sangat kecil dari para pekerja mengetahui dan mengikuti pelatihan manajemen kualitas HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) sesuai SNI 01-4852-1998. Sedangkan skala 1 pada kolom berwarna kuning merupakan hasil survei kondisi eksisting dengan skala besaran resiko dampak yang sangat parah yaitu para pekerja tidak mengetahui soal pelatihan manajemen kualitas HACCP sesuai SNI 01-4852-

1998 dan tidak mengikuti pelatihan manajemen kualitas apapun.

Tabel 4.53 Nilai Severity Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tahu dan mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tahu, tetapi baru mulai mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tahu dan berencana untuk mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tidak tahu, berencana untuk mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tidak tahu, tidak mengikuti pelatihan manajemen kualitas apapun

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari dari pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

(Carlson, 2004)

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *severity* pada dari pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 adalah 80%.

4.2.2.10 Pemberian Peringkat *Severity* pada Tiap Entitas

Setelah penentuan persentase nilai *severity* dilakukan pada tiap entitas dari *fishbone analysis*, maka dapat ditentukan

peringkat *severity* sesuai rentang nilai. Peringkat *severity* tiap entitas dapat dilihat pada Tabel 4.54.

Tabel 4.54 Peringkat *Severity*

Unit Intake		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Kualitas Air Baku	60%	3
Debit Air Baku	40%	2
Ketersediaan Pompa Cadangan	80%	4
Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	80%	4
Unit Aerator		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Jarak Antar Stage	0%	1
Tinggi jatuhan	0%	1
Pengujian kualitas effluen	80%	4
Kecepatan Transfer Gas	60%	3
Unit Prasedimentasi		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Waktu Tinggal	20%	1
Bilangan Reynold (Nre)	80%	4
Bilangan Froude (Nfr)	60%	3
Pengurusan Prasedimentasi	40%	2
Unit Koagulasi		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Gradien Kecepatan	20%	1
Waktu Tinggal	0%	1
Bilangan Froude (Nfr)	0%	1
Kondisi Unit	40%	2
Pelaksanaan Uji Jar Test	60%	3
Unit Clearator		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Gradien Kecepatan	80%	4
Waktu Tinggal	60%	3
Solid Loading Rate	80%	4
Waktu Pengurusan	0%	1
Unit Filter		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat

Pencucian Media	0%	1
Penggantian Media	60%	3
Unit Reservoir		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Pengecekan Reservoir	0%	1
Pengecekan Kualitas Air Reservoir	20%	2
Perilaku Pekerja		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Penggunaan Alat Pelindung Diri	60%	3
Analisa Kualitas Air	0%	1
Wawasan Pekerja		
Entitas	Nilai Severity	Peringkat
Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	40%	2
Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	80%	4

4.2.3 Penentuan Nilai *Occurance*

Occurance adalah tingkat kemungkinan terjadi kegagalan selama masa pengolahan (Fitrianti, 2016). Occurrence digambarkan dengan berapa kali kejadian terjadi dalam satuan waktu. Penilaian *occurrence* didapatkan dari hasil kuisioner dimana penentuan peluang muncul kegagalan berdasarkan skala 1-5. Nilai 5 artinya tingkat frekuensi dampak sangat tinggi atau jumlah kejadian sering terjadi dan nilai 1 artinya tingkat frekuensi dampak sangat rendah atau jumlah kejadian jarang terjadi (Wahyuningsih, 2018). Apabila telah didapatkan range nilai selanjutnya adalah menentukan rating terhadap occurrence dari masing-masing faktor. Tabel *occurrence* dapat dilihat pada Tabel 4.55. Penentuan nilai *occurrence* untuk masing-masing entitas berdasarkan pada hasil analisa laboratorium, wawancara dan diskusi dengan pihak perusahaan IPAM Karangpilang III, kuisioner, dan pengamatan yang dilakukan langsung di lapangan. Sedangkan penentuan frekuensi atau seringnya kegagalan terjadi

mempertimbangkan banyaknya kegagalan yang terjadi pada sistem produksi IPAM Karangpilang III selama 1 tahun.

Tabel 4.55 Penilaian *Occurance*

Occurrence	Probability of Failure	Range Nilai	Rating
Tidak pernah	Kegagalan mustahil/terkecil yang diharapkan	≤20%	1
Jarang	Kegagalan dapat diatasi dan tidak mempengaruhi proses lanjutan	21-40%	2
Cukup sering	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan tetapi tidak dalam jumlah besar atau berdampak signifikan	41-60%	3
Sering	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan dan memiliki dampak besar	61-80%	4
Sangat sering	Kegagalan tidak dapat dihindari	≥81%	5

Sumber : Wahyuningsih (2018)

Berikut pada Tabel 4.56 adalah tabel penilaian *occurrence* pada tiap faktor resiko.

Tabel 4.56 Penilaian *Occurance* Unit Intake

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Kualitas air baku					
2	Debit air baku					
3	Ketersediaan pompa cadangan					
4	Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air					

Dari data sekunder satu tahun dan data primer analisa laboratorium pada sumber air baku, parameter TSS, kekeruhan dan zat organik melebihi baku mutu air kelas II. Yang mana menurut PerGub JaTim No 61 Tahun 2010 bahwa air Kali Surabaya digolongkan sebagai air kelas II sebagai air baku PDAM. Baku mutu TSS yang digunakan PDAM Kota Surabaya adalah Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air adalah 50 mg/L, zat

organik adalah 25 mg/L dan E.Coli <2000 jml/100 ml. Maka kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

Dari data inventarisasi debit harian maksimum IPAM Karangpilang III selama tiga bulan terakhir yaitu Desember, Januari dan Februari terjadi fluktuasi debit yang melebihi debit ideal yang masuk ke pengolahan. Maka risiko kegagalan sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil wawancara dan kuisisioner diketahui pada IPAM Karangpilang III tidak terdapat pompa air baku cadangan dan berdasarkan logsheet IPAM mengalami kerusakan dan *maintenance* pompa setidaknya setiap 3 bulan sekali, maka dalam setahun kemungkinan terjadi kegagalan sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil wawancara diketahui pada intake IPAM Karangpilang III dan melihat pada as-built drawing, tidak didapati adanya strainer pada pipa intake. Sehingga sesuai dengan kondisi eksisting pada unit aerator dan prasedimentasi didapati adanya partikel-partikel sampah makrodebris, maka dalam setahun kemungkinan terjadi kegagalan tersebut adalah sangat sering terjadi (Skala 5).

Tabel 4.57 Penilaian Occurance Unit Aerator

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Jarak Antar Stage					
2	Tinggi Jatuhan					
3	Pengujian Kualitas Effluen					
4	Kecepatan Transfer Gas					

Dari kondisi eksisting, jarak antar stage adalah 75 cm telah sesuai dengan kriteria desain yaitu 30-75 cm sehingga tidak pernah terjadi kegagalan dalam satu tahun (Skala 1).

Dari kondisi eksisting, terdapat 3 stage dengan jarak 0,75 m sehingga total tinggi jatuhan adalah 2,25 m telah sesuai dengan kriteria desain yaitu 1-3 m. Maka tidak pernah terjadi kegagalan dalam satu tahun (skala 1).

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, tidak pernah dilakukan analisa atau pengujian kualitas effluen aerator. Maka kegagalan sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil perhitungan diketahui pada unit aerator IPAM, kecepatan transfer gas secara terus-menerus tidak memenuhi kriteria desain. Sesuai dengan kondisi eksisting pada unit aerator tersebut, maka dalam setahun kemungkinan terjadi kegagalan adalah sangat sering terjadi (Skala 5).

Tabel 4.58 Penilaian *Occurance* Unit Prasedimentasi

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Waktu Tinggal					
2	Bilangan Rreynold (Nre)					
3	Bilangan Froude (Nfr)					
4	Pengurasan Prasedimentasi					

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum maka didapat waktu tinggal 2,4 jam sesuai dengan kondisi ideal waktu tinggal untuk debit 2200 L/detik. Namun penerapan dilapangan waktu tinggal dilaksanakan selama 2 jam untuk seluruh fluktuasi debit yang masuk. Akibat dari waktu detensi yang selalu dilaksanakan secara tidak sesuai adalah dapat mempengaruhi proses pengendapan lumpur tidak berjalan dengan baik sehingga efisiensi removal menjadi kecil. Maka kegagalan dapat terjadi sangat sering (Skala 5). Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan bilangan reynold melebihi kriteria <2000 yang menandakan aliran dalam kondisi turbulen sehingga menyebabkan pendapan berjalan lebih sulit dan penyisihan kekeruhan menjadi rendah. Maka kegagalan sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan bilangan reynold $3,37 \times 10^{-6}$ yang melebihi kriteria desain yaitu $>10^{-5}$. Bilangan reynold yang besar menandakan proses pengendapan dan penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi menjadi rendah. Maka kegagalan cukup sering terjadi (skala 3).

Dari hasil wawancara dan kuisioner, pengurasan prasedimentasi dilaksanakan dengan cara manual setiap satu bulan sekali untuk dua unit. Sedangkan kondisi ideal untuk pengurasan adalah setiap satu bulan sekali menggunakan

scraper untuk semua unit. Akibat dari pengurasan yang tidak optimal (tidak bersih) maka menyisakan lumpur yang akan mempengaruhi proses pengendapan, waktu pengendapan dan efisiensi kekeruhan menjadi rendah dapat dilihat pada logsheet IPAM untuk parameter kekeruhan. Maka kegagalan dalam satu tahun adalah sering terjadi (Skala 4).

Tabel 4.59 Penilaian *Occurance* Unit Koagulasi

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Gradien Kecepatan					
2	Waktu Tinggal					
3	Bilangan Reynold (Nre)					
4	Kondisi Unit					
5	Pelaksanaan Uji Jar Test					

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan gradien kecepatan 1002,85/detik yang melebihi kriteria desain 300-1000/detik (Reynolds, 1982). Gradien kecepatan yang terlalu besar menyebabkan flok-flok sulit untuk terbentuk. Maka kegagalan tidak pernah terjadi karena gradien kecepatan tidak memiliki beda yang terlalu jauh (Skala 1).

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan waktu tinggal 29,1 detik. Sehingga masih berada pada rentang kriteria desain yaitu 20 – 60 detik (Reynolds, 1982). Maka kegagalan tidak pernah terjadi (skala 1).

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum, didapat hasil bilangan reynold adalah 158171,3523. Sehingga memenuhi kriteria desain dari bilangan reynold untuk unit koagulasi adalah >10000. Maka kegagalan tidak pernah terjadi (Skala 1).

Dari hasil wawancara dan survei lapangan, pada unit koagulasi terdapat celah antara pipa pembubuh koagulan dengan dinding unit sehingga air merembes keluar, namun kegagalan tersebut masih dapat diatasi sehingga kegagalan jarang terjadi (Skala 2).

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, menurut IPAM Karangpilang III pengujian uji jar test dilaksanakan setiap 2 jam sekali sesuai dengan Dokumen Intruksi Kerja. Namun di lapangan,

berdasarkan logsheet kegiatan uji jar test hanya dilaksanakan setiap 8 jam sekali. Padahal uji jar test berperan penting dalam penentuan dosis optimum agar proses koagulasi-flokulasi-pengendapan berjalan optimum dan kekeruhan dapat turun. Sehingga berdasarkan logsheet parameter kekeruhan effluen clearator, kegagalan sering terjadi (Skala 4).

Tabel 4.60 Penilaian *Occurance* Unit Clearator

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Gradien Kecepatan Flokulasi					
2	Waktu Tenggat					
3	Loading Rate					
4	Waktu Pengurasan					

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimum didapatkan gradien kecepatan 616,4/detik yang secara terus menerus melebihi kriteria desain proses flokulasi yaitu 10-100/detik (Droste,1997). Gradien kecepatan yang terlalu besar menyebabkan pembentukan inti flok tidak terjadi dengan sempurna sehingga pengendapan tidak dapat berjalan dengan optimal. Sesuai dengan kondisi eksisting pada unit aerator tersebut, Maka dalam setahun kemungkinan terjadi kegagalan adalah sangat sering terjadi (Skala 5).

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimal didapat waktu tinggal unit clearator adalah 69 menit, sedangkan kriteria desainnya adalah 15-45 menit. Waktu tinggal sangat berpengaruh pada proses pengendapan yang berlangsung. Hal tersebut dibuktikan dengan kejadian bahwa kekeruhan pada effluen clearator masih melebihi 7 NTU sehingga kepada Sehingga kegagalan dapat terjadi dengan sering (Skala 4).

Dari hasil perhitungan dengan debit rata-rata harian maksimal didapat Loading Rate unit clearator adalah 5,82 m/jam, sedangkan kriteria desainnya adalah 1,25-3,7 m/jam. Kecepatan pengendapan yang terlalu kecil menyebabkan nilai loading rate besar sehingga mempengaruhi proses pengendapan yang berlangsung di clearator sehingga mempengaruhi efisiensi kekeruhan dan hasil effluennya. Maka kegagalan dapat sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengurasan ideal untuk unit clearator adalah satu bulan sekali untuk membersihkan lumpur yang telah mengendap tidak menghalangi lubang flokulasi. IPAM Karangpilang III telah melaksanakan pengurasan sebulan sekali secara rutin, sehingga kegagalan tidak pernah terjadi (Skala 1).

Tabel 4.61 Penilaian *Occurance* Unit Filter

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Pencucian Media					
2	Penggantian Media					

Pencucian media yang dilaksanakan oleh IPAM Karangpilang III berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner dilaksanakan setiap hari. Sehingga telah sesuai dengan periode pencucian rapid sand filter 18-24 jam pada SNI 6774-2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air. Maka tidak pernah terjadi kegagalan (Skala 1). Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner, media pada unit filter IPAM Karangpilang III tidak pernah diganti, hanya dilakukan penambahan media apabila ketebalan berkurang akibat media tergerus dan mengecil. Hal tersebut berdampak pada efisiensi kekeruhan pada unit filter menjadi tidak memenuhi atau tidak sesuai dengan kriteria desainnya yaitu 90-98%. Maka kegagalan dapat sangat sering terjadi (Skala 5).

Tabel 4.62 Penilaian *Occurance* Unit Reservoir

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Pengecekan Reservoir					
2	Pengecekan Kualitas Air Reservoir					

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengecekan level air reservoir dan pompa distribusi IPAM Karangpilang III telah dilaksanakan setiap satu jam sekali secara rutin oleh operator intake sesuai dengan kondisi ideal menurut instruksi kerja IPAM. Sehingga kegagalan tidak pernah terjadi (Skala 1). Dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengecekan kualitas air outlet reservoir

dilaksanakan setiap dua jam sekali. Padahal berdasarkan instruksi kerja adalah melaksanakan pengecekan idealnya dilaksanakan setiap satu jam sekali. Namun perbedaan jam tersebut tidak memperlihatkan perbedaan kualitas yang cukup signifikan pada air outlet reservoir, sehingga kegagalan tidak pernah (Skala 1).

Tabel 4.63 Penilaian *Occurance* Perilaku Kerja

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Penggunaan Alat Pelindung Diri					
2	Analisa Kualitas Air					

Berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri bahwa pekerja dan orang lain yang memasuki tempat kerja wajib memakai APD sesuai dengan potensi bahaya dan risiko. APD sebagaimana dimaksud pada peraturan tersebut adalah pelindung kepala, mata dan muka, telinga, pernapasan, tangan, dan kaki. Namun penggunaan APD pada saat pencucian unit selalu tidak lengkap sesuai prosedur yaitu pekerja tidak menggunakan sepatu keselamatan, baju pelindung, penutup hidung yang standar dan tidak menggunakan sarung tangan. Sehingga kegagalan sering terjadi (Skala 4). Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum bahwa parameter fisik, mikrobiologi dan sisa klor tersebut dilaksanakan maksimal sebulan sekali. Parameter kimia wajib dan tambahan dilaksanakan maksimal tiga bulan sekali. IPAM Karangpilang III telah melaksanakan analisa kualitas air produksi dan air pengolahan secara rutin dalam frekuensi harian, mingguan dan bulanan. Sehingga kegagalan tidak pernah terjadi (Skala 1).

Tabel 4.64 Penilaian *Occurance* Wawasan Pekerja

No	Penyebab Potensial	Frekuensi Terjadi Kegagalan dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001					
2	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998					

Dari hasil wawancara dan survei, masih banyak pekerja yang kurangawasannya mengenai operasional unit. Mereka cenderung menunggu perintah dari supervisor dan manager bila terjadi permasalahan unit. Selain itu, masih didapati pelanggaran prosedur yang tidak sesuai dengan SOP walaupun SOP tersebut telah ditempel di dinding-dinding ruang pengolahan dan tidak ada upaya nyata untuk mengurangi hal tersebut, sehingga kegagalan cukup sering terjadi (Skala 4).

Dari hasil wawancara dan survei, IPAM Karanagpilang III tidak memiliki pelatihan mengenai kualitas air minum yang sesuai SNI 01-4852-1998 yaitu metode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*), hal itu didukung dengan data sekunder parameter zat organik masih ada yang melebihi baku mutu pada air produksi, maka kegagalan sangat sering terjadi (Skala 5).

4.2.4 Penentuan Nilai *Detection*

Detection adalah nilai kemampuan dalam mengendalikan kegagalan yang terjadi (Fitrianti, 2016). Nilai *detection* berhubungan dengan pengendalian saat ini. Nilai *detection* diambil sesuai dengan hasil kuisioner untuk *occurrence*. Hal ini dikarenakan apabila nilai peluang kegagalan semakin besar maka kemampuan mendeteksi kegagalan semakin kecil (Wahyuningsih, 2018).

Penentuan nilai *detection* didasarkan pada seringnya kegagalan terjadi atau nilai *occurance*. Hal tersebut dilakukan karena jumlah kegagalan semakin sering terjadi apabila metode pencegahan yang dilakukan kurang efektif. Penilaian *detection* memiliki rentang skala 1 hingga skala 5. Skala 5 menjelaskan bahwa kemampuan alat kontrol dalam mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sangat rendah (tidak terdeteksi) dan skala 1

menjelaskan bahwa alat kontrol dapat mendeteksi kegagalan dengan mudah dan akurat (pasti terdeteksi). Tabel penilaian detection dapat dilihat pada tabel 4.65.

Tabel 4.65 Penilaian *Detection*

Detection	Failure Detection Ability	Rating
Sangat Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sangat rendah	5
Rendah	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan rendah	4
Sedang	Kemampuan alat kontrol untuk mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan sedang	3
Tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan dengan mudah	2
Sangat Tinggi	Alat kontrol dapat mendeteksi bentuk atau penyebab kegagalan dengan mudah dan akurat	1

Sumber : Wahyuningsih (2018)

Berikut adalah tabel penilaian *detection* pada tiap faktor resiko.

Tabel 4.66 Penilaian *Detection* Unit Intake

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Kualitas air baku					
2	Debit air baku					
3	Ketersediaan pompa cadangan					
4	Strainer pada Pipa Pengambilan air					

Berdasarkan penilaian *occurrence* pada kualitas air baku bahwa kegagalan sangat sering terjadi karena hasil dari laboratorium dan data sekunder milik IPAM Karangpilang III menunjukkan bahwa parameter TSS, E.Coli, dan zat organik melebihi baku mutu kelas II, dan kemampuan IPAM untuk

melakukan deteksi dalam upaya pencegahan masih sangat rendah (skala 5).

Begitupula dengan kegagalan pada debit masih sering terjadi, hal itu ditunjukkan dengan debit harian maksimum IPAM Karangpilang III selama tiga bulan terakhir yaitu Desember, Januari dan Februari terjadi fluktuasi debit yang melebihi debit ideal yang masuk ke pengolahan, belum adanya upaya pencegahan dan pendeteksi kegagalan akibat dari fluktuasi debit tersebut sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi dan mencegah masih rendah (Skala 4).

Nilai *occurance* pada pompa air baku tanpa cadangan kemudian mengalami kerusakan dan *maintenance* setiap 3 bulan sekali terdapat pada skala 4 karena dinilai sering mengalami kegagalan dalam satu tahun sehingga nilai *detection* dan upaya pencegahan kegagalan yang masih rendah terdapat pada skala 4.

Nilai *occurance* untuk ketiadaan *strainer* pada pipa pengambilan air adalah sangat sering terjadi, sehingga kemampuan IPAM dalam mendeteksi dan mencegah kegagalan tersebut masih sangat rendah (skala 5).

Tabel 4.67 Penilaian *Detection* Unit Aerator

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Jarak Antar Stage					
2	Tinggi Jatuhan					
3	Pengujian Kualitas Effluen					
4	Kecepatan Transfer Gas					

Berdasarkan nilai *occurance*, jarak antar stage adalah 75 cm telah sesuai dengan kriteria desain yaitu 30-75 cm dan tidak berubah menunjukkan tidak pernah terjadi kegagalan, maka pendeteksian kegagalan akan mudah untuk dilakukan (skala 1). Begitu pula dengan tinggi jatuhan, yang terdapat 3 stage dengan jarak 0,75 m sehingga total tinggi jatuhan adalah 2,25 m telah sesuai dengan kriteria desain yaitu 1-3 m maka sehingga tidak pernah terjadi kegagalan dan pendeteksian kegagalan akan mudah untuk dilakukan (skala 1). Untuk kegagalan pengujian kualitas effluen aerator masih sering terjadi akibat tidak pernah dilakukan pengujian. Padahal menurut kondisi ideal, effluen aerator diuji setiap dua jam sekali untuk mengetahui karakteristik

air yang keluar dari aerator kemudian masuk ke prasedimentasi. Sehingga upaya pendeteksi dan pencegahan kegagalan pada kualitas air effluen aerator masih rendah (Skala 4). Nilai *occurance* untuk kecepatan transfer gas adalah terus-menerus terjadi, sehingga menunjukkan kemampuan IPAM dalam mendeteksi dan mencegah kegagalan tersebut masih sangat rendah (skala 5).

Tabel 4.68 Penilaian *Detection* Unit Prasedimentasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Waktu Tinggal					
2	Bilangan Rreynold (Nre)					
3	Bilangan Froude (Nfr)					
4	Pengurusan Prasedimentasi					

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan pada waktu tinggal unit prasedimentasi adalah cukup sering terjadi. Karena waktu tinggal pada debit rata-rata harian maksimum adalah 2,4 jam sesuai dengan kondisi ideal waktu tinggal untuk debit design 2200 L/detik. Namun penerapan dilapangan waktu tinggal selalu dilaksanakan selama 2 jam untuk seluruh fluktuasi debit yang masuk. Hal tersebut akan mempengaruhi proses pengendapan lumpur tidak berjalan dengan baik sehingga efisiensi removal menjadi kecil. Sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan bilangan reynold sering terjadi karena melebihi kriteria <2000 menandakan aliran dalam kondisi turbulen sehingga menyebabkan pendapan berjalan lebih sulit dan penyisihan kekeruhan menjadi rendah. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya pendeteksian dan pencegahan kegagalan tersebut masih rendah (Skala 4).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan bilangan reynold cukup sering terjadi karena nilai bilangan reynold yang didapat adalah $3,37 \times 10^{-6}$ melebihi kriteria desain $>10^{-5}$. Bilangan reynold yang besar menandakan proses pengendapan dan penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi menjadi rendah. Sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sedang (Skala 3).

Begitu pula dengan kegagalan pengurusan prasedimentasi cukup sering terjadi, karena pengurusan dilaksanakan dengan cara manual setiap satu bulan sekali untuk dua unit. Sedangkan kondisi ideal untuk pengurusan adalah setiap satu bulan sekali menggunakan *scrapper* untuk semua unit. Hal tersebut akan mempengaruhi proses pengendapan akibat pengurusan yang tidak optimal, seperti efisiensi kekeruhan menjadi rendah dapat dilihat pada logsheet IPAM untuk parameter kekeruhan. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya pendeteksian dan pencegahan kegagalan tersebut masih rendah (Skala 4).

Tabel 4.69 Penilaian *Detection* Unit Koagulasi

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Gradien Kecepatan					
2	Waktu Tinggal					
3	Bilangan Reynold (Nre)					
4	Kondisi Unit					
5	Pelaksanaan Uji Jar Test					

Berdasarkan nilai *occurance*, gradien kecepatan 1002,85/detik melebihi kriteria desain 300-1000/detik (Reynolds, 1982) akan menyebabkan flok-flok sulit untuk terbentuk. Kegagalan dinilai tidak pernah terjadi karena gradien kecepatan tidak memiliki beda yang signifikan sehingga kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan dapat dilakukan dengan mudah (Skala 1). Untuk kegagalan waktu tinggal tidak pernah terjadi karena didapatkan waktu tinggal 29,1 detik yang masih berada pada rentang kriteria desain yaitu 20 – 60 detik (Reynolds, 1982) sehingga kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan dapat dilakukan dengan mudah (skala 1). Begitu pula dengan kegagalan nilai bilangan reynold tidak pernah terjadi, karena nilai bilangan reynold yang didapat adalah 158171,3523 telah memenuhi kriteria desain dari bilangan reynold untuk unit koagulasi >10000. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan dapat dilakukan dengan baik (skala 1).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan kondisi unit koagulasi jarang terjadi karena celah antara pipa pembubuh koagulan dengan dinding unit sehingga air merembes keluar

hanya berada di satu unit. Maka kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan tersebut dapat dilakukan dengan mudah (Skala 2).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan pengujian uji jar test cukup sering terjadi karena seharusnya uji jar test dilaksanakan setiap 2 jam sekali sesuai dengan Dokumen Intruksi Kerja IPAM Karangpilang III. Namun pelaksanaan di lapangan adalah setiap 8 jam sekali. Padahal uji jar test berperan penting dalam penentuan dosis optimum agar proses koagulasi-flokulasi-pengendapan berjalan optimum dan kekeruhan dapat turun. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya pendeteksian dan pencegahan kegagalan tersebut masih rendah (Skala 4).

Tabel 4.70 Penilaian *Detection* Unit Clearator

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Gradien Kecepatan Flokulasi					
2	Waktu Tenggat					
3	Loading Rate					
4	Waktu Pengurasan					

Nilai *occurance* untuk gradien kecepatan flokulasi yang melebihi kriteria desain 10-100/detik (Droste,1997) adalah terjadi secara terus-menerus (kontinyu), sehingga menunjukkan kemampuan IPAM dalam mendeteksi dan mencegah kegagalan tersebut masih sangat rendah (skala 5).

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan pada waktu tenggat sering terjadi karena waktu tenggat pada debit rata-rata harian maksimum adalah 69 menit, melebihi kriteria desain yaitu 15-45 menit. Waktu tenggat sangat berpengaruh pada proses pengendapan yang berlangsung. Sehingga kemampuan IPAM upaya pencegahan dan pendeteksi kegagalan masih rendah (skala 4).

Untuk kegagalan Loading Rate unit clearator sering terjadi karena didapat solid loading rate sebesar 5,82 m/jam, melebihi kriteria desain yaitu 1,25-3,7 m/jam. Kecepatan pengendapan yang terlalu kecil menyebabkan nilai loading rate besar sehingga mempengaruhi proses pengendapan yang berlangsung di clearator dan mempengaruhi efisiensi kekeruhan juga hasil

effluennya, terbukti bahwa kekeruhan pada effluen masih sering melebihi baku mutu 7 NTU. Sehingga kemampuan IPAM dalam mendeteksi penyebab kegagalan masih rendah (Skala 4).

Untuk kegagalan pengurusan unit clearator tidak pernah terjadi karena pengurusan dilaksanakan satu bulan sekali secara rutin untuk membersihkan lumpur yang telah mengendap tidak menghalangi lubang flokulasi sesuai dengan kondisi ideal pengurusan. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan telah dilaksanakan dengan baik (Skala 1).

Tabel 4.71 Penilaian *Detection* Unit Filter

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

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan pencucian media tidak pernah terjadi karena pencucian telah dilaksanakan setiap hari sesuai dengan periode pencucian *rapid sand filter* 18-24 jam. Sehingga kemampuan IPAM dalam upaya deteksi dan pencegahan kegagalan telah dilaksanakan dengan baik (Skala 1).

Berdasarkan nilai *occurance* kegagalan penggantian media pada unit filter IPAM Karangpilang III sangat sering terjadi karena tidak pernah dilaksanakan penggantian media hanya dilakukan penambahan media. Sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah sangat rendah (Skala 5).

Tabel 4.72 Penilaian *Detection* Unit Reservoir

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Pengecekan Reservoir					
2	Pengecekan Kualitas Air Reservoir					

Berdasarkan nilai *occurance*, tidak pernah terjadi kegagalan pada pengecekan level air reservoir dan pompa distribusi IPAM Karangpilang III karena telah dilaksanakan secara rutin di setiap satu jam sekali sehingga IPAM dapat mendeteksi

kegagalan dengan sangat mudah dan akurat (Skala 1). Begitu pula dengan pengecekan kualitas air outlet reservoir secara rutin dilaksanakan setiap dua jam sekali sehingga kegagalan tidak pernah terjadi dan IPAM dapat mendeteksi kegagalan dengan sangat mudah dan akurat (Skala 1).

Tabel 4.73 Penilaian *Detection* Perilaku Kerja

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Penggunaan Alat Pelindung Diri					
2	Analisa Kualitas Air					

Berdasarkan nilai *occurrence*, penggunaan alat pelindung diri yang sesuai dengan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri yaitu pelindung kepala, mata dan muka, telinga, pernapasan, tangan, dan kaki para pekerja IPAM masih sering mengalami kegagalan karena para pekerja saat melakukan pencucian unit tidak menggunakan APD secara lengkap sesuai prosedur. Sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi kegagalan maupun upaya pencegahan pada kejadian tersebut masih rendah (Skala 4).

Berdasarkan nilai *occurrence*, pelaksanaan analisa kualitas air pada IPAM Karangpilang III telah sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum sehingga kegagalan tidak pernah terjadi dan IPAM dapat mendeteksi kegagalan dengan sangat mudah dan akurat (Skala 1).

Tabel 4.74 Penilaian *Detection* Wawasan Pekerja

No	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001					
2	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998					

Berdasarkan nilai *occurance*, wawasan pekerja terkait operasional unit sesuai turunan ISO9001 atau SOPnya masih sering mengalami kegagalan karena masih melanggar beberapa ketentuan teknis, seperti ketentuan APD, ketentuan pergantian media, ketentuan analisis kualitas. Sehingga kemampuan IPAM untuk mendeteksi kegagalan dan mencegah kegagalan tersebut masih rendah (skala 4).

Berdasarkan nilai *occurance*, IPAM Karangpilang III tidak memiliki pelatihan mengenai kualitas air minum yang sesuai SNI 01-4852-1998 yaitu metode HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*), sehingga kemampuan IPAM Karangpilang III masih sangat rendah dalam upaya mendeteksi dan mencegah kegagalan pada sistem produksinya (Skala 5).

4.2.5 Perhitungan Risk Priority Number

Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil perkalian dari penilaian *severity*, *occurance* dan *detection* (Fitrianti, 2016). Penilaian RPN ini digunakan untuk menentukan potensial kegagalan yang dapat terjadi dan juga titik kritis untuk metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP). Berikut adalah persamaan nilai RPN :

$$\text{RPN} = \text{severity} \times \text{occurance} \times \text{detection}$$

Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) dapat dilihat pada Tabel 4.75.

Tabel 4.75 Perhitungan Risk Priority Number

Sumber	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas Penanganan
Unit Intake	Kualitas Air Baku	Kualitas air baku melebihi baku mutu air kelas II dan Sampah lolos ke tahap pengolahan	3	5	5	75	5
	Debit Air Baku	Waktu tinggal tidak optimal	2	4	4	32	16
	Ketersediaan Pompa Cadangan	Gangguan pada kualitas, kuantitas dan kontinuitas air baku dan air produksi	4	4	4	64	8
	Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	Sampah lolos ke tahap pengolahan	4	5	5	100	2
Unit Aerator	Jarak Antar Stage	Meningkatnya zat organik	1	1	1	1	27
	Tinggi jatuhan	Waktu kontak air dengan gas terganggu	1	1	1	1	26
	Pengujian kualitas effluen	Tidak dapat mengetahui efisiensi removal zat organik dan kualitas air terganggu akibat tidak ada pengujian secara rutin	4	4	4	64	10
	Kecepatan Transfer Gas	Zat organik tidak terurai dengan optimal	3	5	5	75	6
Unit Prasedimentasi	Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	1	5	5	25	18
	Bilangan Reynold (Nre)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal akibat kondisi pengendapan turbulen	4	4	4	64	7
	Bilangan Froude (Nfr)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal	3	3	3	27	17
	Pengurasan Prasedimentasi	Luas permukaan berkurang akibat lumpur tersisa pada unit prasedimentasi	2	4	4	32	15
	Gradien Kecepatan	Flok tidak terbentuk dengan optimal sehingga tidak dapat mengendap	1	1	1	1	24
	Waktu Tinggal	Flok tidak terbentuk dengan baik	1	1	1	1	25
	Bilangan Froude (Nfr)	Kondisi tidak turbulen sehingga pencampuran koagulasi tidak optimal	1	1	1	1	23
Unit Koagulasi	Kondisi Unit	Debit air berkurang dan koagulasi tidak optimal akibat kebocoran	2	2	2	8	19
	Pelaksanaan Uji Jar Test	Dosis membutuhkan bahan kimia tidak optimum (tidak sesuai)	3	4	4	48	12
	Gradien Kecepatan Flokulasi	Inti Flok tidak terbentuk dengan optimal	4	5	5	100	3
	Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	3	4	4	48	13
Unit Clearator	Solid Loading Rate	Tidak menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik akibat pengendapan tidak optimal	4	4	4	64	9
	Waktu Pengurasan	Waktu tinggal tidak optimal	1	1	1	1	28

Sumber	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas Penanganan
Unit Filter	Pencucian Media	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	1	1	1	1	22
	Penggantian Media	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	3	5	5	75	4
Unit Reservoir	Pengecekan Reservoir	Level air tidak stabil dan pompa tidak dapat mendistribusikan air dengan optimal	1	1	1	1	29
	Pengecekan Kualitas Air Reservoir	Adanya kontaminasi ulang bakteri atau zat organik	2	1	1	2	20
Perilaku Pekerja	Penggunaan Alat Pelindung Diri	Terpapar bahan kimia dan menghambat proses produksi	3	4	4	48	11
	Analisa Kualitas Air	Zat organik melebihi baku mutu	1	1	1	1	21
Wawasan Pekerja	Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	Kualitas hasil produksi menurun	2	4	4	32	14
	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	Kegagalan pada sistem produksi	4	5	5	100	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan: S = Severity, O = Occurrence, D = Detection, RPN = Risk Priority Number

4.3 Penentuan Titik Kendali Kritis

Setelah menganalisis risiko dan bahaya yang dapat terjadi pada rantai proses produksi menggunakan metode FMEA, maka didapat analisis bahaya sesuai skor RPN untuk prioritas pengendalian. Kemudian dapat ditentukan Titik Kendali Kritisnya. Titik kendali kritis atau juga disebut *Critical Control Point* (CCP) merupakan sebuah titik, prosedur atau tahapan yang terlewat dari pengendalian sehingga mengakibatkan munculnya risiko terhadap keamanan air minum (Hassan, 2016).

Dari analisis bahaya berdasarkan FMEA, didapatkan peringkat 1 hingga 27 bahaya yang teridentifikasi. Bahaya merupakan segala aspek mata rantai produksi yang tidak dapat diterima karena menjadi penyebab masalah keamanan produksi yang dapat mempengaruhi kualitas hasil produk (Sudarmaji, 2015). Namun tidak semua jenis kegagalan dan bahaya diatas dapat dijadikan sebagai titik kendali kritis.

Jenis kegagalan yang memiliki pengaruh signifikan dan berisiko tinggi saja yang termasuk sebagai titik kendali kritis. Pengaruh signifikan dan berisiko tinggi disini ditunjukkan dengan perolehan skor RPN di atas 20. Nilai diatas 20 menandakan kegagalan dapat mengganggu proses produksi sehingga mempengaruhi karakteristik atau kualitas air produksi secara langsung, seperti kandungan zat organik dan kekeruhan yang melebihi baku mutu. Sedangkan nilai 1 tidak digunakan karena menandakan kegagalan tidak pernah terjadi sehingga risiko bahaya tidak berpotensi untuk muncul.

Jenis-jenis kegagalan jika tidak dikendalikan dapat mengakibatkan resiko tinggi bagi kesehatan (Daulay, 2014). Maka dari perolehan tersebut dapat diidentifikasi titik kendali kritis untuk masing-masing bahaya. Titik kendali kritis yang dapat diidentifikasi dari bahaya disajikan pada Tabel 4.76.

Tabel 4.76 Titik Kendali Kritis

No	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis
1	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas
2	Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	Sampah lolos ke tahap pengolahan	Sampah lolos
3	Gradien Kecepatan Flokulasi	Flok tidak terbentuk dengan optimal sehingga tidak dapat mengendap	Kekeruhan pada effluen clearator
4	Penggantian Media	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	Kekeruhan
			zat organik
			Periode penggunaan media
5	Kualitas Air Baku	Kualitas air baku melebihi baku mutu air kelas II dan Sampah lolos ke tahap pengolahan	Parameter TSS, E.Coli dan zat organik
			Sampah lolos

No	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis
6	Kecepatan Transfer Gas	Zat organik tidak terurai dengan optimal	zat organik
7	Bilangan Reynold (Nre)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal akibat kondisi pengendapan turbulen	Efisiensi removal kekeruhan
8	Ketersediaan Pompa Cadangan	Gangguan pada kualitas, kuantitas dan kontinuitas air baku dan air produksi	Debit pengolahan
9	Solid Loading Rate	Tidak menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik akibat pengendapan tidak optimal	Kekeruhan
10	Pengujian kualitas effluen	Tidak dapat mengetahui efisiensi removal zat organik dan kualitas air terganggu akibat tidak ada pengujian secara rutin	efisiensi penyisihan zat organik
			Pengujian kualitas
11	Penggunaan Alat Pelindung Diri	Terpapar bahan kimia dan menghambat proses produksi	Prosedur pakaian dan alat pelindung diri yang wajib diikuti pekerja

No	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis
12	Pelaksanaan Uji Jar Test	Dosis pembubuhan bahan kimia tidak optimum (tidak sesuai)	Jar test
13	Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Kekeruhan
14	Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	Kualitas hasil produksi menurun	Jumlah pelatihan terkait operasional
15	Pengurasan Prasedimentasi	Luas permukaan berkurang akibat lumpur tersisa pada unit prasedimentasi	Pengurasan dengan scrapper sesuai jadwal
16	Debit Air Baku	Waktu tinggal tidak optimal	Waktu tinggal
17	Bilangan Froude (Nfr)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal	Kekeruhan
18	Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Efisiensi removal kekeruhan

Sumber: Hasil analisis

4.4 Penentuan Batas Kritis

Batas kritis merupakan suatu nilai atau kriteria yang memisahkan antara kondisi dapat diterima dengan yang tidak dapat diterima untuk masing-masing titik kendali kritis. Batas kritis ditetapkan untuk menjamin bahwa titik kendali kritis dapat dikendalikan dengan baik. Dalam penentuan batas kritis, digunakan parameter yang mampu diuji dengan cepat dan tidak membutuhkan waktu lama dengan acuan suatu peraturan (Hassan, 2016). Batas kritis tidak boleh dilanggar atau dilampaui untuk menghindari hilangnya kendali dalam upaya perbaikan. Penetapan batas kritis berdasarkan perundangan, standar keamanan, dan nilai-nilai yang telah diuji secara ilmiah. Batasan harus berupa parameter terukur yang dapat ditentukan dan dipantau melalui pengujian dan observasi (Sudarmaji, 2015).

Berdasarkan bahaya yang ada dan aturan yang berlaku, maka dihasilkan batas kritis yang disajikan pada Tabel 4.77. Berikut adalah pembahasan dari titik kendali kritis dan batas kritis pada Tabel 4.76 dan Tabel 4.77:

1. Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998

Bahaya yang dapat muncul dari gagalnya atau tidak pernah dilaksanakannya pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 adalah kegagalan pada sistem produksi akibat sumber daya manusia sebagai pelaksana pengolahan tersebut tidak memahami dengan baik manajemen kualitas air minum. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah jumlah pelatihan manajemen kualitas air yang seharusnya dilaksanakan. Sehingga batasan agar titik kritis tersebut terkendali adalah pelatihan minimal dilaksanakan satu kali dalam satu tahun sesuai pada ISO 22000 dan SNI 01-4852-1998 tentang Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta pedoman penerapannya.

2. Ketersediaan *Strainer* pada Pipa Pengambilan Air

Dengan tidak adanya *strainer* pada pipa pengambilan air dari intake menuju pompa air baku, maka partikel-partikel sampah yang lolos dari penyaringan kasar atau *barscreen* dapat masuk hingga ke unit pengolahan. Selain mengganggu proses pengolahan pada

unit tersebut, partikel-partikel yang masih lolos dapat merusak dan menyumbat pompa. Maka, titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah partikel-partikel atau sampah yang lolos. Kemudian ditentukan batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah pemantauan, pembersihan screen dan pemasangan strainer pada pipa intake menuju sumur penyeimbang, sesuai dengan Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum.

3. Gradien Kecepatan Flokulasi

Kondisi eksisting gradien kecepatan proses flokulasi pada unit clearator tidak sesuai dengan kriteria desain. Kriteria desain gradien kecepatan flokulasi menurut Droste (1997) adalah 10-100/detik. Sedangkan pada kondisi eksisting diketahui dari hasil perhitungan adalah 616,4 /detik. Sehingga gradien kecepatan yang terlalu besar tersebut menyebabkan tidak terbentuknya inti flok setelah proses pencampuran air dan flokulan yang kemudian menyebabkan pengendapan tidak berjalan dengan optimal. Walaupun dosis flokulan telah optimal, namun apabila gradien kecepatan tidak sesuai dengan kriteria desain maka inti flok tidak akan terbentuk. Hal tersebut dibuktikan dari hasil sampling didapatkan bahwa kekeruhan pada effluen clearator berada diatas 7 NTU. Padahal menurut peraturan IPAM Karangpilang III, kekeruhan pada effluen clearator berada dibawah 7 NTU agar kerja filter tidak berat. Sehingga titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah kekeruhan pada effluen clearator. Batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah kekeruhan pada effluen clearator adalah 7 NTU atau berada dibawah 7 NTU sesuai dengan Peraturan IPAM Karangpilang III (IK-5.4.1-2).

4. Penggantian Media Filter

Penggantian media filter sangat penting dilakukan agar kerja filter optimal dalam menyaring partikel-partikel dalam air. Namun, bila penggantian media tidak dilaksanakan akan menimbulkan bahaya yaitu kekeruhan dan zat organik tidak akan turun. Maka titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah kekeruhan, zat

organik dan periode penggunaan media silika. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini sesuai dengan baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010 yaitu Kekeruhan maksimal 5 NTU dan zat organik maksimal 10 mg/L. Untuk batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari periode penggunaan media adalah 3 tahun sesuai pada Peraturan United States Environmental Protection Agency tahun 1995 tentang Water Treatment Manual for Filtration, sehingga setelah 3 tahun media harus diganti.

5. Kualitas Air Baku

Kualitas air baku IPAM Karangpilang III memiliki permasalahan yaitu kualitas melebihi baku mutu air kelas II (Andhika, 2019) dan makrodebris yang lolos ke tahap pengolahan. Sampah makrodebris adalah sampah dengan ukuran >2,5 cm hingga <1 m yang pada umumnya ditemukan di dasar maupun permukaan perairan (Zulkarnaen, 2017). Menurut Assuyuti dkk (2018), bahwa jenis sampah makrodebris adalah kantong plastik, kantong plastik makanan dan minuman, tutup botol plastik, tali rafia dan lain sebagainya. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter TSS, E.Coli dan Zat Organik juga makrodebris yang lolos. Sehingga batasan agar titik kritis tersebut terkendali adalah baku mutu dari masing-masing parameter sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu TSS 50 mg/l, E..Coli <2000 jml/100 ml, dan zat organik 25 mg/l. Untuk permasalahan sampah makrodebris yang lolos, jarak antar barscreen memiliki kriteria 25 mm – 75 mm (Qasim, 2000). Jika jarak antar barscreen eksisting telah memenuhi kriteria tersebut, maka batas kritis untuk sampah makrodebris tersebut adalah pemantauan berkala dan pembersihan screen yang dilaksanakan setiap dua jam sekali sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA. Kondisi barscreen dan pipa pengambilan air harus dalam keadaan optimal yaitu tidak rusak, tidak terdapat sampah yang menyangkut dan sesuai dengan kriteria desain. Kembali lagi hal tersebut mengenai sumber daya manusia untuk melakukan pengecekan dan pemantauan rutin, termasuk pembersihan barscreen.

Tabel 4.77 Batas Kritis untuk Titik Kendali Kritis

Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Acuan
Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal satu kali dalam satu tahun	ISO 22000 dan SNI 01-4852-1998 tentang Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta pedoman penerapannya
Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	Sampah lolos ke tahap pengolahan	Makrodebris lolos	Pembersihan screen dan pemasangan strainer	Permen PUJPR No 28 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum
Gradien Kecepatan Flokulasi	Flok tidak terbentuk dengan optimal sehingga tidak dapat mengendap	kekeruhan pada effluen clarator	7 NTU	Peraturan IPAM Karangpilang III (IK-5.4.1-2)
Penggantian Media	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	Kekeruhan	≤5 NTU	Permenkes No 492 Tahun 2010
		zat organik	≤10 mg/L	Permenkes No 492 Tahun 2010
Kualitas Air Baku	Kualitas air baku melebihi baku mutu air kelas II dan Sampah lolos ke tahap pengolahan	Periode penggunaan media	3 tahun	EPA Water Treatment Manual for Filtration
		Parameter TSS, E.Coli dan zat organik	TSS 50 mg/l, E..Coli <2000 jml/100 ml, Zat organik 25 mg/l	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
Kecepatan Transfer Gas	Zat organik tidak terurai dengan optimal	Makrodebris lolos	Pemantauan dan pembersihan screen setiap dua jam sekali	SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA
		zat organik	penyisihan zat organik pada aerator cascade 20-45%	Casim dkk. 2000. Water Works Engineering. Planning, Design and Operation

Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Acuan
Bilangan Reynold (Nre)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal akibat kondisi pengendapan turbulen	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Metcalf and Eddie
Ketersediaan Pompa Cadangan	Gangguan pada kualitas, kuantitas dan kontinuitas air baku dan air produksi	Debit pengalihan	2200 L/detik dan pemasangan pompa cadangan	Kapasitas IPAM Karangpilang III dan Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum
Solid Loading Rate	Tidak menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik akibat pengendapan tidak optimal	Kekurangan	7 NTU	Peraturan IPAM Karangpilang III (IK-5.4.1-2)
Pengujian kualitas effluen	Tidak dapat mengetahui efisiensi removal zat organik dan kualitas air terganggu akibat tidak ada pengujian secara rutin	efisiensi penyisihan zat organik	penyisihan zat organik pada aerator cascade 20-45%	Qasim dkk. 2000. Water Works Engineering: Planning, Design and Operation
Penggunaan Alat Pelindung Diri	Terpapar bahan kimia dan menghambat proses produksi	Pengujian kualitas	Pengujian setiap dua jam sekali	SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA
Pelaksanaan Uji Jar Test	Dosis pembubuhan bahan kimia tidak optimum (tidak sesuai)	Prosedur pakaian dan alat pelindung diri yang wajib diikuti pekerja	APD standar pekerja IPAM yaitu: Baju pelindung, sepatu keselamatan, helm keselamatan, sarung tangan, penutup hidung dan mulut, pelindung mata	Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri dan SOP IPAM
Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Jar test	pembentukan flok terbaik dalam 30 menit, pelaksanaan jar test setiap dua jam sekali	SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA, EPA Water Treatment Manuals for Coagulation, Flocculation, and Clarification
		Kekurangan	7 NTU	Peraturan IPAM Karangpilang III (IK-5.4.1-2)

Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Acuan
Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	Kualitas hasil produksi menurun	Jumlah pelatihan terkait operasional	Pelatihan tiga bulan sekali untuk operator	ISO 9001 dan Peraturan Direksi PDAM Kota Surabaya
Pengurasan Prasedimentasi	Luas permukaan berkurang akibat lumpur tersisa pada unit prasedimentasi	Pengurasan dengan scraper sesuai jadwal	12-24 jam	SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA
Debit Air Baku	Waktu tinggal tidak optimal	Waktu tinggal	Sesuai kriteria unit	DED IPAM yang disesuaikan dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA dan data laboratorium
Bilangan Froude (Nfr)	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal	Kekeruhan	65-70%	Metcalf and Eddle
Waktu Tinggal	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Metcalf and Eddle

Sumber: Hasil Analisis

6. Kecepatan Transfer gas

Kecepatan transfer gas pada kondisi eksisting unit aerator tidak mencukupi dan tidak sesuai dengan kriteria desain. Jumlah oksigen yang terlalu kecil menggambarkan keberadaan oksigen yang minim dan masih adanya zat organik dalam air (Fitrianti, 2016). Bahaya yang dapat timbul dari kegagalan tersebut adalah zat organik dalam air tidak dapat terurai dengan sempurna dan dapat memicu munculnya Trihalometan pada proses desinfeksi. Hal tersebut dibuktikan dari hasil sampling selama lima hari bahwa zat organik pada efluen reservoir melebihi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010. Maka titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah parameter zat organik yang harus dicek pada titik inlet aerator dan outlet aerator secara berkala, sehingga dapat diketahui efisiensi removal zat organik pada unit aerator tersebut telah berjalan dengan efektif atau tidak. Dengan batas kritis yaitu penyisihan zat organik pada aerator cascade menurut Qasim, dkk (2000) adalah 20-45%.

7. Bilangan Reynold (Nre) dan Bilangan Froude (Nfr) Prasedimentasi

Bilangan reynold dan bilangan froude unit prasedimentasi kondisi eksisting tidak sesuai dengan kriteria desain yang ada. Sehingga aliran pada unit prasedimentasi adalah dalam keadaan turbulen sehingga timbul bahaya yaitu efisiensi removal kekeruhan yang tidak optimal. Hal tersebut dibuktikan dari hasil sampling didapatkan efisiensi removal kekeruhan tidak mencapai kriteria tersebut yaitu hanya 36,7%. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah efisiensi removal kekeruhannya. Kriteria efisiensi removal menurut Metcalf and Eddie (1991) adalah 65-70% sebagai batas kritis dari kegagalan ini. Batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini dapat dilaksanakan dengan pemantauan efisiensi kekeruhan dengan melakukan sampling pada inlet prasedimentasi dan outlet prasedimentasi dengan memperhatikan waktu detensi unit juga periode pengurasan.

8. Ketersediaan Pompa Cadangan

Dengan tidak adanya pompa cadangan pada IPAM akan mempengaruhi kualitas, kuantitas dan kontinuitas air apabila terjadi kerusakan maupun *maintenance*. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah debit yang masuk ke pengolahan yang

akan dipengaruhi oleh kinerja pompa. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah debit air yang optimal untuk masuk ke pengolahan adalah 2200 L/detik sesuai dengan kapasitas IPAM yang dibangun. Apabila kurang maupun berlebihan dari debit tersebut akan memberikan dampak pada pengolahan dan hasil kualitas airnya, seperti waktu detensi tidak optimal, adanya air yang meluber dan lain sebagainya.

9. Loading Rate pada Clearator

Loading rate pada clearator akan mempengaruhi kinerja clearator dalam menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik. Apabila loading rate tidak sesuai kriteria, maka pengendapan tidak akan terjadi dengan optimal. Titik kendali kritis yang muncul adalah kekeruhan dari effluen clearator. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah parameter kekeruhan yang keluar dari clearator berdasarkan peraturan IPAM Karangpilang III ((IK-5.4.1-2) maksimal 7 NTU agar kinerja filter tidak berat. Sehingga perlu pemantauan kualitas secara rutin untuk effluen clearator dan pemantauan dosis flokulan.

10. Pengujian Kualitas Effluen Aerator

Bahaya yang timbul akibat tidak dilakukannya pengujian kualitas effluen aerator adalah efisiensi removal zat organik setelah proses aerasi tidak dapat diketahui dan kualitas dapat terganggu. Efisiensi penyisihan zat organik dijadikan sebagai titik kendali kritis karena merupakan cara paling efisien untuk mengontrol proses aerasi telah berjalan dengan efektif dan efisien atau belum. Dengan batas kritis yaitu penyisihan zat organik pada aerator cascade menurut Qasim, dkk (2000) adalah 20-45% yang dapat dikontrol dengan cara memeriksa kualitas air inlet dan outlet secara berkala, dan juga pembersihan unit dari zat-zat pengotor seperti sampah mikrodebris maupun algae yang dapat tumbuh.

Kemudian batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan pengujian kualitas adalah pengujian dilaksanakan setiap dua jam sekali sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA untuk mengontrol parameter zat organik yang akan diolah di unit-unit selanjutnya. Pengujian parameter zat organik pada IPAM

Karangpilang III telah dilakukan setiap hari namun tidak dilaksanakan disetiap titik outlet unit, hanya diuji pada air baku dan air hasil produksi. Dengan adanya zat organik yang melebihi baku mutu pada air hasil produksi dapat berisiko untuk bereaksi dengan klorin yang dibubuhkan sehingga membentuk trihalometan (THM) yang merupakan salah satu pemicu terjadinya kanker (Hassan, 2016).

11. Penggunaan Alat Pelindung Diri

Para pekerja IPAM Karangpilang III masih banyak yang melanggar penggunaan alat pelindung diri. Bahaya yang dapat timbul dari kegagalan tersebut adalah dapat membahayakan keselamatan para pekerja yang akan mengganggu jalannya sistem produksi. Salah satunya adalah terpapar bahan kimia saat penambahan bahan kimia maupun saat pencucian filter yang menggunakan bahan kimia. Titik kendali kritis dari kegagalan adalah prosedur pakaian dan alat pelindung diri yang wajib untuk diikuti oleh pekerja. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan tersebut merupakan APD standar sesuai SOP IPAM dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri yaitu mengenakan baju pelindung, sepatu keselamatan, helm keselamatan, sarung tangan, dan penutup hidung dan mulut juga pelindung mata.

12. Pelaksanaan Uji Jar Test

Dosis pembubuhan bahan kimia yang tidak optimum merupakan bahaya yang muncul akibat tidak dilaksanakannya uji jar test secara rutin dan sesuai jadwal. Akibatnya flok tidak akan terbentuk secara optimal, sehingga kekeruhan, TDS, TSS dan zat organik tidak dapat menurun. Titik kendali dari kegagalan ini adalah pelaksanaan jar test. Pembentukan flok terbaik pada jar test berada setelah 30 menit pengendapan menurut SNI 6775:2008. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah pelaksanaan ideal untuk uji jar test pada pengolahan air IPAM menurut buku EPA *Water Treatment Manuals for Coagulation, Flocculation, and Clarification* yaitu setiap dua jam sekali agar diperoleh dosis optimum untuk mengantisipasi perubahan kualitas dan debit yang masuk ke pengolahan.

13. Waktu Tinggal Clearator

Waktu tinggal yang tidak sesuai pada clearator akan menimbulkan bahaya yaitu pengendapan yang tidak optimal sehingga penurunan kadar kekeruhan pun tidak optimal, selain itu proses pembentukan flok setelah proses flokulasi akan terganggu. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah parameter kekeruhan efluen clearator. Batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah kekeruhan pada effluen clearator maksimal 7 NTU sesuai dengan peraturan IPAM Karangpilang III (IK-5.4.1-2). Sehingga perlu pemantauan kualitas secara rutin untuk effluen clearator dan pemantauan dosis flokulan.

14. Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001

Ketidakhahaman pekerja mengenai operasional unit sesuai turunan ISO9001 akan berdampak besar pada proses pengolahan sehingga mempengaruhi kualitas air baku. Turunan ISO9001 disini adalah SOP, Instruksi Kerja dan petunjuk pelaksanaan yang mengatur jalannya seluruh proses produksi. Kualitas hasil produksi dapat menurun apabila terdapat suatu prosedur atau proses yang telah ditetapkan tersebut tidak dilaksanakan dengan benar oleh para pekerja. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah jumlah pelatihan terkait operasional yang diadakan untuk pekerja, khususnya operator IPAM. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini, menurut ISO9001 yang digunakan PDAM Kota Surabaya sebagai acuan manajemen mutu dan juga peraturan direksi, menyatakan bahwa pelatihan mengenai operasional unit wajib diikuti oleh operator. Pelatihan dilaksanakan setiap 3 bulan sekali dengan mengirimkan perwakilan/delegasi dari operator, operator dari satu IPAM mengikuti pelatihan secara bergantian.

15. Pengurasan Prasedimentasi

Pengurasan prasedimentasi yang tidak sesuai dengan jenis unit dan jadwal/periode pengurasan akan membuat penumpukan lumpur pada unit prasedimentasi sehingga luas permukaan untuk air akan berkurang. Pengurasan prasedimentasi yang seharusnya menggunakan *scrapper*, tetapi menggunakan cara manual akibat

kondisi *scrapper* yang rusak dan dilaksanakan setiap satu bulan sekali akan menyebabkan lumpur tidak terbuang dari unit prasedimentasi dengan optimal. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah pengurasan dengan *scrapper* yang sesuai jadwal. *Scrapper* harus dibenahi karena jenis unit yang didesain tanpa kemiringan membuat pengurasan dengan cara manual cukup sulit dan membutuhkan waktu yang lama. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah waktu pengurasan prasedimentasi menurut SNI 6774:2008 tentang tata cara perencanaan unit IPA yaitu setiap 12-24 jam sekali agar lumpur yang menumpuk tidak terlalu banyak dan menjadi sulit untuk dibersihkan.

16. Debit Air Baku

Debit air baku IPAM Karangpilang III mengalami fluktuasi yang sebagian besar dipengaruhi oleh musim. Akibat dari adanya debit air baku yang fluktuatif dapat mempengaruhi tidak optimalnya waktu tinggal suatu unit. Tidak optimalnya waktu tinggal tersebut akan mempengaruhi efektifitas pengolahan dan kualitas air hasil produksi. Seperti pada unit prasedimentasi bila debit masuk adalah debit kapasitas unit yaitu 2200 L/detik yang masuk maka waktu detensi yang diperoleh adalah 2,4 jam. Sedangkan pada saat debit fluktuasi tertinggi yaitu 2396,79 L/detik, waktu detensi adalah 2,2 jam. Kondisi waktu detensi harus tetap berada pada kriteria desain masing-masing unit, untuk unit prasedimentasi memiliki kriteria 1-3 jam (Schulz, 1984) dan disesuaikan dengan kondisi debit yang masuk, tidak disama ratakan waktu detensi unit untuk seluruh fluktuasi debit masuk. Maka batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah waktu detensi kriteria unit dengan acuan DED IPAM yang disesuaikan dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA dan Data Laboratorium agar pengolahan berjalan dengan optimal.

Proses pengolahan air akan selalu dipengaruhi oleh debit, seperti loading rate, overflow rate, Nre, Nfr, waktu tinggal dan lain sebagainya. Apabila debit yang masuk melebihi kapasitas desain unit, maka proses pengolahan tidak akan berjalan dengan optimal. Sehingga apabila akan dilaksanakan uprating, sebelumnya harus dilaksanakan penambahan unit baru agar pengolahan dapat berjalan dengan optimal.

17. Waktu Tinggal Prasedimentasi

Waktu tinggal prasedimentasi yang tidak sesuai dengan kondisi debit yang masuk ke pengolahan akan menyebabkan tidak optimalnya pengendapan pada unit prasedimentasi sehingga tidak menurunkan kadar kekeruhan. Titik kendali kritis kegagalan tersebut adalah efisiensi kekeruhan, karena efisiensi kekeruhan dapat menjadi kecil apabila waktu detensi tidak sesuai. Sehingga batas kritis atau batas optimal yang dapat diterima dari permasalahan ini adalah efisiensi removal kekeruhan 65-70% sesuai pada Mettcalfe and Eddy. Apabila efisiensi kekeruhan tidak memenuhi kriteria tersebut, maka waktu tinggal dapat ditambah namun tetap pada kriteria desain nya yaitu 2-4 jam. Waktu tinggal sangat berkaitan dengan debit maksimal yang masuk perharinya.

4.5 Penentuan Sistem Pemantauan dan Tindakan Perbaikan

Pada tahap akhir metode HACCP terdapat prinsip 4 dan prinsip 5. Prinsip 4 adalah penentuan sistem pemantauan. Berdasarkan SNI 01-14852-1998, pemantauan adalah kegiatan pengamatan terjadwal dari tiap titik kendali kritis yang dibandingkan terhadap batas kritisnya. Prosedur pemantauan berfungsi untuk memastikan titik kendali kritis dalam keadaan yang terkendali dan mencegah kegagalan terjadi. Apabila hasil pemantauan TKK menunjukkan kecenderungan hilang kendali (gagal) maka dengan adanya pemantauan dapat dilakukan penyesuaian proses. Pemantauan harus dilaksanakan oleh orang yang berpengetahuan dan berwenang untuk melaksanakan tindakan perbaikan yang diperlukan. Setelah menentukan sistem pemantauan untuk masing-masing titik kendali kritis, maka dapat ditentukan prinsip 5. Prinsip 5 adalah penentuan tindakan perbaikan untuk masing-masing bahaya yang teridentifikasi dari kegagalan. Tindakan perbaikan dilaksanakan untuk menangani bahaya atau kegagalan yang ada sehingga tidak sampai pada konsumen dan menjadi kondisi yang berbahaya bagi kesehatan konsumen (Hassan, 2016).

Penentuan sistem pemantauan dan tindakan perbaikan tersebut didukung oleh literatur maupun peraturan-peraturan terkait dan juga berdasarkan hasil diskusi dengan pihak IPAM Karangpilang III. Untuk penentuan sistem pemantauan dapat dilihat pada Tabel 4.78 dan tindakan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.79.

Tabel 4.78 Sistem Pemantauan

				Pemantauan			Tanggung Jawab
Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Bagian	Prosedur	Frekuensi	
Pelatihan Mengenal Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal satu kali dalam satu tahun	Bagian Produksi IPAM Karangpilang III	Pemantauan/evaluasi pekerja dan hasil produksi berdasarkan kondisi lapangan, dokumen laporan manajemen kualitas dan pencapaian mutu	Setiap bulan	Manajer Produksi Karangpilang
Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air	Partikel sampah lolos ke tahap pengolahan	Sampah lolos	Pembersihan screen dan pemasangan strainer	Pipa pengambilan air dan sumur penyeimbang	Pengamatan kondisi air, screen dan sumur penyeimbang	Setiap jam	Operator Intake dan supervisor Karangpilang III
Gradjen Kecepatan Floklulasi	Flok tidak terbentuk dengan optimal sehingga tidak dapat mengendap	Kekurangan pada effluen clearator	7 NTU	Effluen Unit Clearator	Pengecekan parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter, Pengecekan pipa pembubuh flokulan dan dosis flokulan dengan jar test.	setiap jam	Operator Clearator
Penggantian Media Filter	Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	Kekurangan zat organik	≤5 NTU	Unit Filtrasi	Pengecekan kekeruhan dengan turbidimeter pada effluen	setiap jam	Operator filter
		Periode penggunaan media	≤10 mg/L		Pengecekan zat organik dengan titrasi permanganat pada effluen	setiap dua jam	Personil Laboratorium
Kualitas Air Baku	Kualitas air baku melebihi baku mutu air kelas II dan	Parameter TSS, E.Coli dan zat organik	3 tahun	Unit Intake	Pengamatan visual dan warna, volume, dan tebal media. Pencucian media.	setiap hari	Supervisor Karangpilang III
			TSS 50 mg/l, E.Coli <2000 jml/100 ml, Zat organik 25 mg/l		Pemantauan tata cara sampling dan prosedur pengujian kualitas air	setiap dua belas jam sekali	Operator Intake, Personil Laborat

Jenis Kegiatan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan			
				Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab
	Sampah lolos ke tahap pengolahan						
Kecepatan Transfer Gas Unit Aerator	Zat organik tidak terurai dengan optimal	zat organik	penyisihan zat organik pada aerator cascade 20-45%	Influen dan effluen Unit Aerator	Pengecekan zat organik pada air permangamat	setiap dua jam	Personil Laborat
Bilangan Reynold (Nre) Unit Prasedimentasi	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal akibat kondisi pengendapan turbulen	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Influen dan effluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol
Ketersediaan Pompa Cadangan	Gangguan pada kualitas, kuantitas dan kontinuitas air baku dan air produksi	Debit pengolahan	2200 L/detik dan pemasangan pompa cadangan	Setelah unit intake, menuju ke unit pengolahan	Pemantauan level air, pemantauan tekanan, ampere, voltage, daya dbt dari pompa.	setiap jam	Operator pompa
Loading Rate Unit Clearator	Tidak menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik akibat pengendapan tidak optimal	Kekeruhan	7 NTU	Effluen Unit Clearator	Pengecekan parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter, Pengecekan dosis flokulan dengan jar test	setiap jam	Operator Clearator
Pengujian kualitas effluen unit aerator	Tidak dapat mengetahui efisiensi removal zat organik dan kualitas air terganggu akibat tidak ada pengujian secara rutin	efisiensi penyisihan zat organik	penyisihan zat organik pada aerator cascade 20-45%	Influen dan effluen Unit Aerator	Pengecekan zat organik pada air dengan metode tirasi permangamat	setiap dua jam	Personil Laborat
Penggunaan Alat Pelindung Diri	Terpapar bahan kimia dan menghambat proses produksi	Prosedur pakaiannya dan alat pelindung diri yang wajib diikuti pekerja	APD standar pekerja IPAM yaitu: Baju pelindung, sepatu keselamatan, helm	pekerja bagian produksi air minum IPAM Karangpilang III	Pengamatan menggunakan logsheet mengenai kelengkapan APD	setiap pergantian shift	Supervisor Karangpilang III

Jenis Kegiatan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan			
				Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab
			keselamatan, sanung tangan, penutup hidung dan mulut, pelindung mata				
Pelaksanaan Uji Jar Test	Dosis pembubuhan bahan kimia tidak optimum (tidak sesuai)	Pelaksanaan uji Jar Test	pembentukan flok terbaik dalam 30 menit, pelaksanaan jar test setiap dua jam sekali	Unit Koagulasi	Pengamatan visual pembentukan flok	setiap jam	Operator Clearator
Waktu Tinggal Unit Clearator	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Kekeruhan	7 NTU	Effluen Unit Clearator	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Clearator
Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001	Kualitas hasil produksi menurun	Jumlah pelatihan terkait operasional	Pelatihan tiga bulan sekali untuk operator	Unit produksi air minum IP-AM Karangpilang III	Pemantauan kondisi operasional lapangan beserta dokumennya	Setiap bulan	Manajer Produksi Karangpilang
Pengurusan Prasedimentasi	Luas permukaan berkurang akibat lumpur tersisa pada unit prasedimentasi	Pengurusan dengan scraper sesuai jadwal	12-24 jam	Unit Prasedimentasi	Pemantauan luas permukaan secara visual	setiap dua belas jam sekali	Operator kontrol
Debit Air Baku	Waktu tinggal tidak optimal	Waktu tinggal	Sesuai kriteria unit	Effluen seluruh unit	Pengecekan pompa dan kualitas air dari effluen masing-masing unit	setiap jam	Operator Kontrol, Personil Laborat
Bilangan Froude (Nfr) Unit Prasedimentasi	Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal	Kekeruhan	65-70%	Kualitas influen dan effluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol
Waktu Tinggal Unit Prasedimentasi	Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Kualitas influen dan effluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol

Tabel 4.79 Tindakan Perbaikan

Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan				Tindakan Perbaikan
			Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab	
Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal satu kali dalam satu tahun	Bagian Produksi IPAM Karangpilang III	Pemantauan/evaluasi pekerja dan hasil produksi berdasarkan kondisi lapangan, dokumen laporan manajemen kualitas dan pencapaian mutu	Setiap bulan	Manager Produksi Karangpilang	Diadakannya pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum yang sesuai SNI 01-4852-1:698 setiap 1 tahun sekali yang diikuti oleh seluruh staff IPAM Karangpilang III
Partikel makrodebris lolos pengolahan	Makrodebris lolos	Pembersihan screen dan pemasangan strainer	Pipa pengambilan air dan sumur penyeimbang	Pengamatan kondisi air, sween dan sumur penyeimbang	Setiap jam	Operator Intake dan supervisor Karangpilang III	Pemasangan strainer pada pipa pengambilan air agar sampah tidak masuk pada unit pengolahan. Pembersihan screen dan sumur penyeimbang setiap dua jam sekali.
Flok tidak terbentuk dengan optimal sehingga tidak dapat mengendap	kekeruhan pada effluen clarator	7 NTU	Effluen Unit Clarator	Pengecekan parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter. Pengecekan pipa pembubuh flokulan dan dosis flokulan dengan jar test.	setiap jam	Operator Clarator	Pengurangan kecepatan air dengan menyesuaikan debit atau memperbanyak lubang difus} pengaturan pipa pembubuhan flokulan dan dosis harus optimum melalui jar test
Tidak dapat menurunkan kekeruhan dan zat organik	Kekeruhan	s5 NTU		Pengecekan kekeruhan dengan turbidimeter pada effluen	setiap jam	Operator filter	Penggantian media filter setiap 3 tahun sekali atau saat media telah jenuh yang ditandai dengan kualitas air melebihi baku mutu.
	zat organik	s10 mg/L	Unit Filtrasi	Pengecekan zat organik dengan titrasi permanganat pada effluen	setiap dua jam	Personil Laboratorium	
	Periode penggunaan media	3 tahun		Pengamatan visual dari warna, volume, dan tebal media. Pencucian media.	setiap hari	Supervisor Karangpilang III	

Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan				Tindakan Perbaikan
			Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab	
Kualitas air baku melebihi baku mutu air kelas II dan makrodebris lolos ke tahap pengolahan	Parameter TSS, E.Coli dan zat organik	TSS 50 mg/l, E.Coli <2000 jml/100 ml, Zat organik 25 mg/l	Unit Intake	Pemantauan tata cara sampling dan prosedur pengujian kualitas air	setiap dua belas jam sekali	Operator Intake, Personil Laborat	Pengujian kualitas air baku sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI no. 82 Tahun 2001 dan pembersihan barscreen setiap dua jam sekali
Zat organik tidak terurai dengan optimal	zat organik	penyisihan zat aerator cascade 20-45%	Influen dan efluen Unit Aerator	Pengecekan zat organik pada air permanganat	setiap dua jam	Personil Laborat	Penambahan aerator difusi
Efisiensi removal optimal akibat kondisi pengendapan turbulen	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Influen dan efluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol	Waktu tinggal harus sesuai debit masuk dan kriteria desain, Pengurusan unit prasedimentasi secara rutin dan optimal.
Gangguan pada kualitas, kuantitas dan kontinuitas air baku dan air produksi	Debit pengolahan	2200 L/detik dan pemasangan pompa cadangan	Setelah unit intake, menuju ke unit pengolahan	Pemantauan level air, pemantauan tekanan, ampere, voltage, daya dsb dari pompa.	setiap jam	Operator pompa	Menambah pompa cadangan
Tidak menurunkan kadar kekeruhan dan zat organik akibat pengendapan tidak optimal	Kekekuhan	7 NTU	Efluen Unit Clearator	Pengecekan parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter. Pengecekan dosis flokulan dengan jar test.	setiap jam	Operator Clearator	Pengurusan unit clearator secara rutin dan optimal. Dosis flokulan harus optimalum melalui hasil jarstest.
Tidak dapat mengetahui efisiensi removal zat organik dan kualitas air terganggu akibat tidak ada pengujian secara rutin	efisiensi penyisihan zat organik	penyisihan zat aerator cascade 20-45%	Influen dan efluen Unit Aerator	Pengecekan zat organik pada air permanganat	setiap dua jam	Personil Laborat	Pelaksanaan pengujian zat organik pada efluen aerator secara rutin setiap dua jam sekali.

Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan				Tindakan Perbaikan
			Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab	
Terpapar bahan kimia dan menghambat proses produksi	Prosedur pakaian dan alat pelindung wajib diikuti pekerja	APD standar pekerja IPAM yaitu: Baju pelindung, sepatu keselamatan, helm keselamatan, sarung tangan, penutup hidung dan mulut, pelindung mata	pekerja bagian produksi air minum IPAM Karangpilang III	Pengamatan menggunakan logsheet mengenai kelengkapan APD	setiap pergantian shift	Supervisor Karangpilang III	Menerbitkan para pekerja dalam menggunakan APD dengan adanya inspeksi secara langsung saar proses produksi, kemudian evaluasi pada awal dan akhir pergantian shift.
Dosis penurunan bahan kimia tidak optimal (tidak sesuai)	Pelaksanaan uji Jar Test	flok terbaik dalam 30 menit, pelaksanaan jar test setiap dua jam sekali	Unit Koagulasi	Pengamatan visual pembentukan flok	setiap jam	Operator Clearator	Pelaksanaan uji jar test dilaksanakan setiap dua jam sekali
Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Kekeruhan	7 NTU	Efluen Unit Clearator	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Clearator	Waktu tinggal sesuai dengan kriteria desain dan debit pengolahan. Pengurasan unit clearator secara rutin dan optimal.
Kualitas hasil produksi menurun	Jumlah pelatihan terkait operasional	Pelatihan tiga bulan sekali untuk operator	Unit produksi air minum IPAM Karangpilang III	Pemantauan kondisi operasional lapangan beserta dokumennya	Setiap bulan	Manager Produksi Karangpilang	Menambah pelatihan untuk staff/pekerja beserta uji kompetensi mengenai operasional unit dan kualitas air.
Luas permukaan berkurang akibat lumpur tersisa pada unit prasedimentasi	Pengurasan dengan scraper sesuai jadwal	12-24 jam	Unit Prasedimentasi	Pemantauan luas permukaan secara visual	setiap dua belas jam sekali	Operator kontrol	Perbaikan scraper sehingga pengurasan prasedimentasi menjadi optimal.

Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan				Tindakan Perbaikan
			Bagian	Prosedur	Frekuensi	Tanggung Jawab	
Waktu linggal tidak optimal	Waktu tinggal	Sesuai kriteria unit	Efluen seluruh unit	Pengecekan pompa dan kualitas air dari efluen masing-masing unit	setiap jam	Operator Kontrol, Personil Laborat	Pengaturan pompa dan valve
Efisiensi removal kekeruhan tidak optimal	Kekeruhan	65-70%	Kualitas influen dan efluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol	Waktu linggal harus sesuai debit masuk dan kriteria desain. Pengurusan unit prasedimentasi secara rutin dan optimal.
Tidak menurunkan kadar kekeruhan akibat pengendapan tidak optimal	Efisiensi removal kekeruhan	65-70%	Kualitas influen dan efluen Unit Prasedimentasi	Pengecekan kualitas air untuk parameter kekeruhan dengan metode turbidimeter	setiap jam	Operator Kontrol	Waktu linggal sesuai dengan debit pengolahan dan masih berada pada kriteria desain yaitu 1-3 jam. Pengurusan dilakukan dengan optimal.

Berikut adalah penjelasan dari sistem pemantauan dan tindakan perbaikan untuk masing-masing jenis kegagalan dan titik kendali kritisnya.

1. Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah jumlah pelatihan manajemen kualitas air yang seharusnya dilaksanakan. Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah evaluasi maupun pemantauan pekerja bagian produksi IPAM Karangpilang III dan hasil produksinya berdasarkan kondisi di lapangan, dokumen laporan kualitas dan mutu hasil produksi. Seperti yang dikatakan pada SNI 01-14852-1998 bahwa pemantauan adalah kegiatan pengamatan terjadwal dari tiap titik kendali kritis yang dibandingkan terhadap batas kritisnya. Maka frekuensi pemantauan dokumen dan evaluasi pekerja sebaiknya dilaksanakan setiap bulan agar dapat memantau perkembangan pekerja dan hasil produksi. Dengan pemantauan setiap bulan, diharapkan apabila terjadi kejanggalaan pada sistem manajemen kualitas air minum dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti. Pihak yang memiliki tanggung jawab untuk melaksanakan pemantauan ini adalah Manager Produksi Karangpilang selaku pemegang jabatan tertinggi di IPAM Karangpilang dan berhak mengambil keputusan.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk meminimalisir adanya kegagalan pada sistem manajemen kualitas air minum akibat sumber daya manusia sebagai pelaksana pengolahan tersebut tidak memahami manajemen kualitas air minum dengan baik adalah diadakannya pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum yang sesuai dengan SNI 01-4852-1998. Karena berdasarkan SNI 01-4852-1998, pemerintah Indonesia menghimbau perusahaan-perusahaan yang produknya dikonsumsi masyarakat harus menjamin kualitas produk dengan menerapkan HACCP beserta pelatihannya. Pelatihan tersebut minimal dilaksanakan setiap satu tahun sekali yang diikuti oleh seluruh staff produksi IPAM Karangpilang III. Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TTK ini juga mengacu pada ISO 22000 dan hasil wawancara dengan manajer produksi IPAM juga staff bagian sumber daya manusia.

2. Ketersediaan Strainer pada Pipa Pengambilan Air

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah partikel-partikel dan makrodebris yang lolos pada unit pengolahan. Menurut hasil wawancara dengan operator intake dan supervisor IPAM, makrodebris dapat lolos dari penyaringan kasar atau barscreen menuju unit pengolahan akibat tidak adanya strainer pada pipa pengambilan air intake menuju pompa air baku. Selain mengganggu proses pengolahan pada unit tersebut, partikel-partikel yang masih lolos dapat merusak dan menyumbat pompa.

Mengacu pada hasil diskusi dengan supervisor IPAM dan Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum, sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah pengamatan pada kondisi air sumur penyeimbang, pembersihan barscreen intake dan sumur penyeimbang. Frekuensi pemantauan dilaksanakan setiap jam agar dapat mengetahui kondisi air secara konsisten dan jika terlihat adanya partikel-partikel yang lolos dapat segera dibersihkan. Pihak yang memiliki tanggung jawab untuk melaksanakan pemantauan ini adalah operator intake bersama dengan supervisor karangpilang III.

Dikarenakan tidak adanya strainer pada pipa pengambilan air di intake karangpilang III, maka tindakan perbaikan yang paling utama adalah pemasangan strainer pada pipa agar sampah-sampah atau partikel-partikel pengganggu tidak masuk ke unit pengolahan. Hal tersebut sesuai dengan Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum bahwa pada ujung pipa pengambilan air yang berhubungan dengan pompa perlu untuk diberi saringan atau strainer. Peletakan strainer berada di ujung pipa suction sebelum pompa intake. Selain itu, pembersihan screen dan sumur penyeimbang dilaksanakan secara rutin setiap dua jam sekali atau dapat dilaksanakan secara kondisional bergantung pada kondisi air.

3. Gradien Kecepatan Flokulasi

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter kekeruhan dari efluen unit clearator. IPAM Karangpilang III memiliki peraturan (IK-5.4.1-2) bahwa kekeruhan efluen unit

clearator adalah maksimal 7 NTU agar kinerja filter tidak berat. Apabila gradien kecepatan flokulasi tidak sesuai kriteria, maka inti flok tidak dapat terbentuk sehingga pengendapan tidak akan terjadi dengan optimal.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengecekan parameter kekeruhan air pada efluen clearator dan pengecekan dosis flokulan dengan jar test secara rutin. Berdasarkan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pelaksanaan uji jar test dan pengecekan kualitas air idealnya dilaksanakan setiap dua jam sekali. Namun agar upaya pencegahan dan deteksi dapat dilaksanakan lebih awal, maka pengecekan dosis dan parameter kekeruhan dilaksanakan setiap jam. Pelaksana pengecekan tersebut adalah operator clearator.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi gradien kecepatan flokulasi yang tidak optimal adalah pelaksanaan pengurangan kecepatan air dengan memperbanyak pipa difusi atau pengaturan debit agar tidak melebihi kapasitas desain, selain itu dapat pula dilakukan pengaturan pipa pembubuhan dan dosis yang optimum dari hasil jar test. Pengurusan unit clearator pun dilaksanakan secara rutin dan optimal sehingga lumpur sisa pengolahan tidak mengganggu proses pengendapan. Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TKK ini mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA, SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

4. Penggantian Media Filter

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter kekeruhan dan zat organik pada air, juga periode penggunaan medianya. Karena bahaya yang dapat timbul apabila titik kritis ini tidak dikendalikan adalah kualitas air akan melebihi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK kekeruhan dan zat organik adalah pengecekan kualitas efluen filter parameter kekeruhan menggunakan turbidimeter dan zat organik menggunakan metode titrasi permanganat. Untuk memantau TKK penggunaan media

dapat dilakukan dengan pengamatan visual dari warna dan tebal media. Selain itu pencucian media juga dapat dilaksanakan. Menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pengujian kualitas air dilaksanakan setiap dua jam sekali. Maka frekuensi pemantauan kekeruhan dapat dilaksanakan setiap jam agar perubahan kekeruhan air dapat teridentifikasi dengan lebih baik dan dapat mencegah terjadinya kegagalan secara dini, pengecekan kekeruhan dengan turbidimeter pun mudah dan cepat untuk dilaksanakan sehingga pengecekan setiap jam tidak akan menjadi masalah bagi pelaksana. Pelaksana pengecekan kekeruhan adalah operator kontrol. Untuk pemantauan zat organik dalam air dilaksanakan setiap dua jam, karena setelah berdiskusi dengan pihak laboratorium IPAM bahwa tingkat pengujian zat organik lebih sulit dan memerlukan waktu lebih bila dibandingkan dengan pengujian kekeruhan. Pelaksana pengecekan zat organik adalah personil laboratorium IPAM. Untuk pengamatan visual dari warna dan volume media dilaksanakan setiap hari, begitu pula dengan pencucian media filter. Hal tersebut sesuai dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air bahwa pencucian *rapid sand filter* memiliki periode antar pencucian yaitu 18-24 jam. Pelaksanaan pemantauan media filter dilaksanakan oleh supervisor karangpilang III.

IPAM Karangpilang III tidak pernah melaksanakan penggantian media. Penggantian media filter sangat penting dilakukan agar kerja filter optimal dalam menyaring partikel-partikel dalam air (Indrawanto dan Setyawan, 2012). Maka tindakan perbaikan yang dapat dilaksanakan adalah penggantian media pada unit filter. Menurut Peraturan United States Environmental Protection Agency tahun 1995 tentang Water Treatment Manual for Filtration, periode penggunaan media adalah 3 tahun, sehingga setelah 3 tahun media harus diganti atau dapat pula dilaksanakan apabila media telah jenuh. Media jenuh dapat ditandai dengan kualitas air baku melebihi baku mutu.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TTK ini mengacu pada Permenkes No 492 Tahun 2010, SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA, SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi

Pengolahan Air, EPA Water Treatment Manual for Filtration dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

5. Kualitas Air Baku

Kualitas air baku IPAM Karangpilang III memiliki permasalahan yaitu kualitas melebihi baku mutu air kelas II (Andhika, 2019) dan partikel pada air baku yang lolos ke tahap pengolahan. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter TSS, E.Coli, zat organik dan partikel-partikel sampah pada air. Batasan agar titik kritis tersebut terkendali adalah baku mutu dari masing-masing parameter sesuai Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No 82 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air yaitu TSS 50 mg/l, E..Coli <2000 jml/100 ml, dan zat organik 25 mg/l.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah pemantauan tata cara sampling dan prosedur pengujian kualitas air pada unit intake. Frekuensi pemantauan dilaksanakan setiap dua belas jam sekali karena menurut peraturan direksi PDAM Kota Surabaya bahwa mereka melaksanakan pengujian kualitas air baku setiap satu hari sekali, sehingga dengan pemantauan dilaksanakan setiap dua belas jam sekali diharapkan apabila terjadi kegagalan dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti. Pemantauan dapat ditambah dengan pengecekan level air pada unit intake. Pelaksana pemantauan ini adalah operator intake bersama dengan supervisor karangpilang III dan personil laboratorium untuk kualitas airnya.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk meminimalisir adanya kegagalan pada hasil kualitas air baku tersebut adalah pengujian kualitas air harus sesuai dengan Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air juga SNI yang sesuai dengan masing-masing parameter uji. Selain itu pembersihan barscreen perlu dilaksanakan setiap dua jam sekali sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TTK ini mengacu pada Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, SNI 6775:2008 dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

6. Kecepatan Transfer Gas

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah zat organik pada air. Penyisihan zat organik dengan aerator cascade adalah 20-45% (Qasim dkk, 2000), namun apabila transfer gas tidak mencukupi maka dapat mempengaruhi penyisihan zat organik. Pada hasil perhitungan kondisi eksisting, transfer gas unit aerator kecil dan tidak sesuai dengan kriteria desain. Jumlah oksigen yang terlalu kecil menggambarkan keberadaan oksigen yang minim dan masih adanya zat organik dalam air (Fitrianti, 2016).

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengecekan zat organik pada influen dan efluen unit aerator dengan menggunakan metode titrasi permanganat. Dengan mengecek kandungan zat organik pada influen dan efluen, maka dapat diketahui besar penurunan zat organik yang terjadi dan persen penyisihan pada unit aerator tersebut telah berjalan dengan efektif atau tidak. Frekuensi pengecekan ini dilaksanakan setiap dua jam sekali. Hal ini sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pengujian kualitas air dilaksanakan setiap dua jam sekali. Pelaksanaan pengecekan zat organik dilaksanakan oleh personil laboratorium.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk menangani kecepatan transfer gas yang belum mencukupi adalah penambahan aerator agar dapat menambah kebutuhan oksigen pada air. Menurut penelitian Fitrianti (2016), aerator yang sesuai untuk ditambahkan pada unit eksisting aerator jenis cascade agar proses aerasi dapat berjalan optimal adalah aerator jenis difusi. Begitu pula menurut Roman dan Muresan (2014), bahwa aerator difusi dapat dikombinasikan dengan jenis aerator lain. Pemilihan aerator difusi ini karena dapat menguraikan zat organik hingga 80% (Masduqi dan Assomadi, 2012). Menurut Batara dkk (2017), aerator difusi mudah perawatannya, efisiensi transfer gas tinggi dan ekonomis. Aerator dengan sistem difusi ini dapat diletakkan di saluran outlet antara aerasi dan inlet prasedimentasi (Fitrianti, 2016). Sehingga perlu dilaksanakannya perencanaan lebih lanjut mengenai penambahan aerator IPAM Karangpilang III pada penelitian selanjutnya.

7. Bilangan Reynold (Nre) dan Bilangan Froude (Nfr) Unit Prasedimentasi

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah efisiensi removal kekeruhan. Bilangan reynold dan froude menandakan jenis aliran pada unit prasedimentasi. Apabila bilangan reynold dan froude tidak sesuai dengan kriteria desain unit prasedimentasi, maka penyisihan kekeruhan tidak dapat berjalan dengan optimal. Pada kondisi eksisting diketahui bilangan reynold dan froude tidak sesuai dengan kriteria desain, sehingga aliran pada unit prasedimentasi berada dalam keadaan turbulen yang berakibat efisiensi penyisihan kekeruhan tidak mencapai kriteria yaitu 65-70% (Metcalf and Eddie, 1991).

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah pengecekan parameter kekeruhan air menggunakan turbidimeter pada influen dan efluen unit prasedimentasi. Dengan dilakukannya pengecekan kualitas influen dan efluen maka dapat diketahui efisiensi removal dari unit prasedimentasi tersebut telah berjalan optimal atau tidak. Menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pengujian kualitas air dilaksanakan setiap dua jam sekali. Maka frekuensi pengecekan dapat dilaksanakan setiap jam agar dapat diketahui efisiensi removal kekeruhan dan perubahan kualitas air dapat teridentifikasi dengan lebih baik sehingga dapat mencegah terjadinya kegagalan lebih dini. Pengecekan kekeruhan dengan turbidimeter pun mudah dan cepat untuk dilaksanakan sehingga pengecekan setiap jam tidak akan menjadi masalah bagi pelaksana. Pelaksana pemantauan atau pengecekan ini adalah operator kontrol.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah membuat waktu tinggal lebih lama atau sesuai dengan debit yang masuk dan masih dalam rentang kriteria desain yaitu 2-4 jam (Metcalf and Eddie, 1991). Selain itu, sesuai dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA bahwa pengurasan unit prasedimentasi perlu untuk dilaksanakan secara rutin dalam rentang waktu 12-24 jam dan optimal agar lumpur tidak tersisa dan mengganggu proses pengendapan.

8. Ketersediaan Pompa Cadangan

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah debit yang masuk ke sistem pengolahan. Apabila pompa terganggu dan tidak terdapat pompa cadangan pada IPAM, maka akan mengganggu jalannya proses pengolahan seperti debit yang masuk berkurang, waktu detensi unit tidak optimal, juga gangguan kualitas dan kuantitas air hasil produksi.

Mengacu pada hasil wawancara dengan supervisor IPAM Karangpilang III dan operator pompa, sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah pemantauan level air, pemantauan tekanan, ampere, voltage, daya dan sebagainya dari pompa. Frekuensi pemantauan ini dilaksanakan setiap jam oleh operator pompa agar dapat menjaga kestabilan kerja pompa dan mencegah adanya kerusakan akibat pompa yang terlalu panas dan lain sebagainya.

Pada IPAM Karangpilang III, tidak terdapat pompa cadangan. Sehingga, tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah menambah pompa cadangan. Sesuai dengan Peraturan Menteri PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum bahwa untuk mengalirkan air menuju unit produksi diperlukan pompa sesuai jumlah dan kapasitasnya yang dilengkapi dengan genset.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TTK ini mengacu pada Peraturan Menteri PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

9. Loading Rate pada Clearator

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter kekeruhan dari efluen unit clearator. IPAM Karangpilang III memiliki peraturan (IK-5.4.1-2) bahwa kekeruhan efluen unit clearator adalah maksimal 7 NTU agar kinerja filter tidak berat. Apabila loading rate tidak sesuai kriteria, maka pengendapan tidak akan terjadi dengan optimal.

Selain loading rate, dari hasil perhitungan diketahui bahwa overflow rate melebihi kriteria desain, sehingga hal itu akan menyebabkan pengendapan tidak berjalan dengan optimal

walaupun Nre pada tube settler telah sesuai yaitu aliran laminar. Loading rate, overflow rate dan Nre dipengaruhi oleh debit yang masuk.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pemantauan debit, pengecekan parameter kekeruhan air pada efluen clearator dan pengecekan dosis flokulan dengan jar test secara rutin. Berdasarkan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pelaksanaan uji jar test dan pengecekan kualitas air idealnya dilaksanakan setiap dua jam sekali. Namun agar upaya pencegahan dan deteksi dapat dilaksanakan lebih awal, maka pengecekan dosis dan parameter kekeruhan dilaksanakan setiap jam. Pelaksana pengecekan tersebut adalah operator clearator.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi loading rate yang tidak optimal adalah pengaturan debit agar tidak melebihi kapasitas desain. Apabila akan dilaksanakan uprating, maka memang harus dilaksanakan penambahan unit baru agar pengolahan dapat berjalan dengan optimal. Selain itu pengurusan unit clearator secara rutin dan optimal sehingga lumpur sisa pengolahan tidak mengganggu proses pengendapan, dan juga dosis flokulan harus optimum dari hasil jar test. Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TKK ini mengacu pada SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA, SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

10. Pengujian Kualitas Effluen Aerator

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah efisiensi penyisihan zat organik dengan pengujian kualitasnya. Bahaya yang timbul akibat tidak dilakukannya pengujian kualitas effluen aerator adalah efisiensi removal zat organik setelah proses aerasi tidak dapat diketahui dan kualitas dapat terganggu. Penyisihan zat organik dengan aerator cascade adalah 20-45% (Qasim dkk, 2000).

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengecekan zat organik dengan metode titrasi permanganat pada influen dan efluen unit aerator.

Dengan mengecek kandungan zat organik pada influen dan efluen, maka dapat diketahui besar penurunan dan efisiensi penyisihan zat organik yang terjadi pada unit aerator tersebut telah berjalan dengan efektif atau tidak. Frekuensi pengecekan ini dilaksanakan setiap dua jam sekali. Hal ini sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pengujian kualitas air dilaksanakan setiap dua jam sekali. Pelaksanaan pengecekan zat organik dilaksanakan oleh personil laboratorium.

Dikarenakan IPAM Karangpilang III tidak melaksanakan pengecekan kualitas pada efluen aerator, maka tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah pelaksanaan pengujian pada efluen aerator terutama untuk parameter zat organik secara rutin setiap dua jam sekali. Hal tersebut juga sesuai dengan SNI 6989.57:2008 bahwa pengujian kualitas air pada IPAM dilaksanakan pada masing-masing outlet unit sehingga tidak boleh ada unit yang tidak mengalami pengujian efluen. Selain itu frekuensi pengujian setiap dua jam pun sesuai dengan SNI 6775:2008 untuk mengetahui dan mengontrol kadar zat organik yang akan diolah di unit-unit selanjutnya. Sehingga, sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TKK ini mengacu pada SNI 6775:2008, SNI 6989.57:2008 dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM Karangpilang III.

11. Penggunaan Alat Pelindung Diri

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah prosedur pakaian dan alat pelindung diri yang sesuai dan wajib diikuti oleh pekerja. APD yang harus diikuti oleh pekerja sesuai SOP IPAM dan berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010 tentang Alat Pelindung diri yaitu mengenakan baju pelindung, sepatu keselamatan, helm keselamatan, sarung tangan, dan penutup hidung dan mulut juga pelindung mata. Bahaya yang dapat timbul dari kegagalan tersebut adalah dapat terpapar bahan kimia dan membahayakan keselamatan para pekerja yang akan mengganggu jalannya sistem produksi.

Berdasarkan hasil diskusi dengan supervisor IPAM dan mengacu pada Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2010, sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan

pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengamatan menggunakan logsheet mengenai kelengkapan APD dan inspeksi langsung terhadap pekerja bagian produksi IPAM. Frekuensi pelaksanaan pemantauan adalah setiap pergantian shift pekerja untuk memastikan pekerja mengikuti SOP mengenai alat pelindung diri. Pelaksanaan yang bertanggung jawab terhadap pemantauan tersebut adalah supervisor karangpilang III. Dikarenakan masih banyaknya pekerja IPAM Karangpilang III yang tidak menggunakan alat pelindung diri secara lengkap, maka tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah menertibkan para pekerja dengan inspeksi secara langsung saat proses produksi berlangsung, kemudian adanya evaluasi pada awal dan akhir pergantian shift pekerja.

12. Pelaksanaan Uji Jar Test

Dosis pembubuhan bahan kimia yang tidak optimum merupakan bahaya yang muncul akibat tidak dilaksanakannya uji jar test secara rutin dan sesuai jadwal (Damayanti dan Firman, 2012). Akibatnya flok tidak akan terbentuk secara optimal dan menyebabkan kekeruhan, TDS, TSS dan zat organik tidak dapat menurun. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah pelaksanaan uji jar test.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengamatan visual dari pembentukan flok pada unit koagulasi. Pembentukan flok terbaik berada setelah 30 menit pengendapan menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA. Pengamatan dapat dilaksanakan setiap jam oleh operator clearator, karena pengujian jar test dilaksanakan setiap dua jam sekali. Sehingga sebelum pelaksanaan jar test, harus dilaksanakan pemantauan pada unit koagulasi.

Dikarenakan pada IPAM Karangpilang III, uji jar test dilaksanakan hanya setiap 8 jam sekali atau setiap pergantian shift, maka tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah melaksanakan uji jar test pada pengolahan air IPAM sesuai dengan kriterianya pada buku *EPA Water Treatment Manuals for Coagulation, Flocculation, and Clarification* yaitu setiap dua jam sekali agar diperoleh dosis

optimum untuk mengantisipasi perubahan kualitas dan debit yang masuk ke pengolahan.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TTK ini mengacu pada SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA, EPA *Water Treatment Manuals for Coagulation, Flocculation, and Clarification* dan hasil wawancara dengan supervisor IPAM.

13. Waktu Tinggal Unit Clearator

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah parameter kekeruhan pada efluen unit clearator. IPAM Karangpilang III memiliki peraturan (IK-5.4.1-2) bahwa kekeruhan efluen unit clearator adalah maksimal 7 NTU agar kinerja filter tidak berat. Waktu tinggal akan mempengaruhi proses pengendapan yang terjadi. Apabila waktu tinggal tidak sesuai dengan debit ataupun diluar rentang kriteria desain waktu tinggal pengendapan yang menurut droste (1997) yaitu 15-45 menit, maka akan berakibat pengendapan yang tidak optimal sehingga penurunan kadar kekeruhan pun tidak optimal, selain itu proses pembentukan flok setelah proses flokulasi akan terganggu.

sesuai pada SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TTK ini adalah pengecekan parameter pada efluen clearator dan pengecekan dosis flokulan dengan jar test secara rutin. Pelaksanaan uji jar test dan pengecekan kualitas air idealnya dilaksanakan setiap dua jam sekali. Agar upaya pencegahan dan deteksi dapat dilaksanakan lebih awal, maka pemantauan dengan pengecekan dosis dan parameter kekeruhan dilaksanakan setiap jam. Pelaksana pengecekan tersebut adalah operator clearator.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah waktu tinggal disesuaikan dengan debit yang masuk dan kriteria desainnya. Lalu pengurusan unit clearator dilaksanakan secara rutin dan optimal sehingga lumpur sisa pengolahan tidak mengganggu proses pengendapan sesuai dengan SNI 6775:2008 dan SNI 6774:2008.

14. Wawasan Pekerja terkait Operasional Unit sesuai Turunan ISO9001

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah jumlah pelatihan yang terkait dengan operasional. Ketidakhahaman pekerja mengenai operasional unit sesuai turunan ISO9001 akan berdampak besar pada proses pengolahan sehingga mempengaruhi kualitas air baku. Turunan ISO9001 disini adalah SOP, Instruksi Kerja dan petunjuk pelaksanaan yang mengatur jalannya seluruh proses produksi. Kualitas hasil produksi dapat menurun apabila terdapat suatu prosedur atau proses yang telah ditetapkan tersebut tidak dilaksanakan dengan benar oleh para pekerja.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pemantauan kondisi operasional produksi di lapangan beserta dokumennya. Frekuensi pelaksanaan pemantauan lapangan dan dokumen adalah setiap bulan agar dapat memantau perkembangan pekerja dan hasil produksinya. Dengan pemantauan setiap bulan, diharapkan apabila terjadi kejanggalan pada sistem manajemen kualitas air minum dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti. Pihak yang memiliki tanggung jawab untuk melaksanakan pemantauan ini adalah Manager Produksi Karangpilang.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah menambah pelatihan untuk staff/pekerja beserta uji kompetensi mengenai operasional unit dan kualitas airnya. Karena menurut ISO9001 yang digunakan PDAM Kota Surabaya sebagai acuan manajemen mutu dan juga peraturan direksi, menyatakan bahwa pelatihan mengenai operasional unit wajib diikuti oleh operator. Pelatihan tersebut dilaksanakan setiap 3 bulan sekali dengan mengirimkan perwakilan/delegasi dari operator, sehingga operator IPAM mengikuti pelatihan secara bergantian.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TKK ini mengacu pada ISO 9001, Peraturan Direksi PDAM Kota Surabaya dan hasil wawancara dengan Manager Produksi IPAM Karangpilang III juga staff bagian sumber daya manusia.

15. Pengurasan Prasedimentasi

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah pengurasan dengan scrapper sesuai jadwal. Waktu pengurasan prasedimentasi menurut SNI 6774:2008 tentang tata cara perencanaan unit IPA yaitu setiap 12-24 jam sekali agar lumpur yang menumpuk tidak terlalu banyak dan menjadi sulit untuk dibersihkan 12-24 jam sekali.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pemantauan luas permukaan secara visual. Pengurasan prasedimentasi yang tidak sesuai dengan jenis unit dan jadwal/periode pengurasan akan membuat penumpukan lumpur pada unit prasedimentasi sehingga luas permukaan untuk air akan berkurang (Fitrianti, 2016). Pengurasan prasedimentasi yang seharusnya menggunakan *scraper*, tetapi menggunakan cara manual akibat kondisi *scraper* yang rusak walaupun dilaksanakan setiap satu bulan sekali akan menyebabkan lumpur tidak terbuang dari unit prasedimentasi dengan optimal. Frekuensi pemantauan dapat dilaksanakan setiap dua belas jam sekali, karena pengurasan akan dilaksanakan setiap hari atau 24 jam sekali. Sehingga sistem pemantauan sesuai dengan SNI 6774:2008 dan dengan pemantauan dilaksanakan setiap dua belas jam sekali diharapkan apabila terjadi kegagalan dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti. Pelaksanaan pemantauan ini adalah operator kontrol.

Dikarenakan seluruh scrapper pada 4 unit prasedimentasi IPAM Karangpilang III mengalami kerusakan sehingga tidak dapat dioperasikan, maka tindakan perbaikan yang utama dilakukan untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah perbaikan scrapper agar pengurasan menjadi optimal. Scrapper harus dibenahi karena jenis unit yang didesain tanpa kemiringan membuat pengurasan dengan cara manual cukup sulit dan membutuhkan waktu yang lama. Hal tersebut sesuai dengan SNI 6774:2008 dan Permen PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum. Sedangkan untuk pelaksanaan waktu pengurasan prasedimentasi dilaksanakan menurut SNI 6774:2008 tentang tata cara perencanaan unit IPA yaitu setiap 12-24.

16. Debit Air Baku

Debit air baku IPAM Karangpilang III mengalami fluktuasi yang sebagian besar dipengaruhi oleh musim. Akibat dari adanya debit air baku yang fluktuatif dapat mempengaruhi tidak optimalnya waktu tinggal suatu unit. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah waktu tinggal. Waktu tinggal dari masing-masing unit harus sesuai dengan kriteria desainnya. Kriteria desain waktu detensi yang mengacu pada DED IPAM dan disesuaikan dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA dan Data Laboratorium agar pengolahan berjalan dengan optimal.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengecekan pompa pada masing-masing unit dan kualitas air dari effluen masing-masing unit. Dari effluen masing-masing unit, dapat diketahui kualitas air setelah pengolahan dan dapat menunjukkan waktu detensi berjalan dengan optimal atau tidak. Tidak optimalnya waktu tinggal tersebut akan mempengaruhi efektifitas pengolahan dan kualitas air hasil produksi (Indrawanto dan Setyawan, 2012). Hal tersebut sesuai dengan SNI 6989.57:2008 bahwa pengujian kualitas air pada IPAM dilaksanakan disetiap inlet dan outlet unit sehingga dapat diketahui adanya perubahan kualitas air pada masing-masing unit. Untuk pengecekan pompa perlu dipantau kondisi level air dan pompa pada hari itu sehingga pompa dapat berjalan dengan optimal. Mengacu pada hasil wawancara dengan supervisor IPAM Karangpilang III dan operator pompa, frekuensi pemantauan pompa dapat dilaksanakan setiap jam oleh operator kontrol. Untuk pengecekan kualitas air dapat dilaksanakan setiap dua jam maupun setiap jam sekali oleh personil laboratorium sesuai dengan SNI 6775:2008 tentang Tata Cara Pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pelaksanaan uji pengecekan kualitas air idealnya dilaksanakan setiap dua jam sekali. Namun agar deteksi dan pencegahan dapat dilaksanakan lebih awal, maka pengecekan dapat dilaksanakan setiap jam.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah pengaturan pompa dan valve untuk mengatur debit air yang masuk menuju unit pengolahan. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR No 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum

bahwa untuk mengalirkan air menuju unit produksi diperlukan pompa sesuai jumlah dan kapasitasnya juga penyesuaian pompa dan valve sesuai kondisi tertentu untuk mengatur debit pada pengolahan. Selain itu juga penggunaan waktu tinggal disesuaikan dengan debit maksimum yang direncanakan pada sistem pengolahan, agar walaupun debit yang masuk ke pengolahan tersebut fluktuatif namun tetap proses pengolahan dapat berjalan dengan optimal.

17. Waktu Tinggal Prasedimentasi

Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah efisiensi penyisihan kekeruhan. Waktu tinggal prasedimentasi yang tidak sesuai dengan kondisi debit yang masuk ke pengolahan akan menyebabkan tidak optimalnya pengendapan dan penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi sehingga tidak menurunkan kadar kekeruhan. Kriteria efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi menurut Metcalf and Eddie (1991) adalah 65-70%.

Sistem pemantauan yang dapat dilaksanakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada proses produksi dan mengendalikan TKK ini adalah pengecekan parameter kekeruhan menggunakan turbidimeter pada influen dan efluen unit prasedimentasi. Dengan dilakukannya pengecekan kualitas influen dan efluen maka dapat diketahui efisiensi penyisihan kekeruhan pada unit prasedimentasi tersebut telah berjalan optimal atau tidak. Menurut SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA bahwa pengujian kualitas air dilaksanakan setiap dua jam sekali. Maka frekuensi pengecekan dapat dilaksanakan setiap jam agar dapat diketahui efisiensi removal kekeruhan dan perubahan kualitas air dapat teridentifikasi dengan lebih baik sehingga dapat mencegah terjadinya kegagalan lebih dini. Pengecekan kekeruhan dengan turbidimeter pun mudah dan cepat untuk dilaksanakan sehingga pengecekan setiap jam tidak akan menjadi masalah bagi pelaksana. Pelaksana pemantauan atau pengecekan ini adalah operator kontrol.

Dikarenakan pelaksanaan waktu tinggal pada unit prasedimentasi IPAM Karangpilang III adalah 2 jam untuk seluruh debit yang masuk ke pengolahan. Waktu tinggal tersebut bukanlah waktu tinggal untuk kondisi debit maksimum dan merupakan rentang tengah dari kriteria desain waktu tinggal prasedimentasi.

Kriteria desain waktu tinggal unit prasedimentasi menurut Schulz (1984) adalah 1-3 jam. Tindakan perbaikan yang sesuai untuk mengatasi kegagalan tersebut adalah waktu tinggal disesuaikan dengan debit maksimal yang direncanakan atau diinginkan untuk pengolahan sehingga pengendapan dapat terjadi secara optimal walaupun debit yang masuk berada pada kondisi maksimal. Selain itu, sesuai dengan SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA bahwa pengurusan unit prasedimentasi perlu untuk dilaksanakan secara rutin dalam rentang waktu 12-24 jam dan optimal agar lumpur tidak tersisa dan mengganggu proses pengendapan.

Sistem pemantauan dan tindakan perbaikan pada TKK ini mengacu pada kriteria desain unit, DED IPAM, SNI 6775:2008 tentang Tata Cara pengoperasian dan Pemeliharaan Unit IPA, SNI 6774:2008 tentang Tata Cara Perencanaan Unit IPA dan hasil wawancara dengan Supervisor IPAM Karangpilang III.

Pada penelitian ini telah dilaksanakan analisis berdasarkan aspek teknis dan aspek sumber daya manusia. Berdasarkan analisis pada aspek teknis dan sumber daya manusia yang telah dilakukan, diketahui resiko-resiko dan bahaya yang menyebabkan kualitas air hasil produksi tidak memenuhi baku mutu sehingga dapat ditentukan tindakan perbaikannya. Namun belum ada analisis lebih lanjut pada aspek biaya dan masyarakat mengenai pengaruh manajemen HACCP terhadap keuntungan perusahaan dan kepuasan pelanggan, sehingga perlu untuk dianalisis pada penelitian selanjutnya agar dapat memberi informasi dan manfaat lebih lengkap kepada perusahaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Evaluasi kondisi eksisting pada IPAM Karangpilang III yang dapat ditinjau lebih lanjut menggunakan rencana manajemen HACCP adalah kualitas air baku tidak memenuhi baku mutu air kelas II PP No 82 Tahun 2001, zat organik pada outlet reservoir tidak memenuhi baku mutu Permenkes No 492 Tahun 2010, kekeruhan pada outlet clearator tidak memenuhi ketentuan IPAM Karangpilang III, tidak ada strainer pada pipa intake, tidak ada pompa cadangan, gradien kecepatan pada proses flokulasi tidak sesuai kriteria desain, kecepatan transfer gas tidak optimal, tidak rutin melaksanakan uji jar test dan tidak mengganti media filter.
2. Rencana manajemen kualitas air dengan metode HACCP yang dapat diterapkan pada sistem produksi dan sumber daya manusia IPAM Karangpilang III adalah fokus dalam peningkatan kinerja unit-unit pengolahan air, pengaturan debit yang masuk ke pengolahan harus sesuai kapasitas unit, harus ada perencanaan mengenai modifikasi proses flokulasi dan aerasi untuk uprating agar pengolahan berjalan optimal, dan peningkatan wawasan pekerja mengenai kualitas air dengan pelatihan sesuai SNI 01-4852-1998.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Pelaksanaan uprating harus sesuai dengan kriteria desain masing-masing unit.
2. Dilakukan perencanaan aerator difusi pada pengolahan air IPAM Karangpilang III.
3. Dilakukan analisa lebih lanjut pada aspek biaya dan aspek masyarakat mengenai pengaruh manajemen HACCP terhadap keuntungan perusahaan dan kepuasan pelanggan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiningasih, D., Setia B.S., dan Sudarno., September. 2012. **Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal**. Jurnal Presipitasi 9, 2: 64-71.
- Ambat, R.E., dan Prasetyo, R.A., Maret. 2015. **Perancangan Bak Prasedimentasi**. Jurnal Potensi 17(1): 23 – 29.
- Andhikaputra, G. 2019. **Strategi Pengendalian Pencemaran Kali Surabaya (Segmen Tambangan Cangkir-Karangpilang)**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ashari. 2012. **Penerapan Metode Time Series dalam Simulasi Forecasting Perkembangan Akademik Mahasiswa**. Jurnal Teknik Informatika 7(9): 9 – 16.
- Assuyuti, Y.M., Zikrillah, R.B., dan Tanzil, M.A., Mei. 2018. **Distribusi dan Jenis Sampah Laut serta Hubungannya terhadap Ekosistem Terumbu Karang Pulau Pramuka, Panggang, Air, dan Kotok Besar di Kepulauan Seribu Jakarta**. *Scientific Journal* 35(2): 91-102.
- Awaludin, F.F, Desember. 2015. **Permasalahan Pencemaran dan Penyediaan Air Bersih di Perkotaan dan Pedesaan**. Jurnal Teknik Kimia.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. **Sistem Analisa dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya**. SNI 01-4852-1998. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Batara, K., Zaman, B., dan Oktiawan, W. 2017. **Pengaruh Debit Udara dan Waktu Aerasi Terhadap Efisiensi Penurunan Besi dan Mangan menggunakan Diffuser Aerator pada Air Tanah**. Jurnal Teknik Lingkungan 6(1): 1-10.

- Budiyono, dan Sumardiono, S. 2013. **Teknik Pengolahan Air**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Carlson, C. S. 2004. **Effective FMEAS: Achieving Safe, Reliable, And Economical Products And Processes Using Failure Mode And Effects Analysis**. USA: ReliaSoft Corporation.
- Cartwright, L.M. dan Latifah, D. 2010. **Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Sebagai Model Kendali Dan Penjaminan Mutu Produksi Pangan**. Vol VI No 17:509-519.
- Damayanti, A. Dan Firman, R. 2012. **Studi Proses Unit Intake, Prasedimentasi, Flashmix, Clearator di Instalasi Pengolahan Air Minum Karangpilang III**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Daulay, S.S. 2014. **Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) dan Implementasinya dalam Industri Pangan**. Widyaiswara Maadya Pusdiklat Industri.
- Dewi, M.L. 2015. **Evaluasi bahaya Mikrobiologi pada Ayam Goreng Laos meliputi Prinsip-prinsip HACCP di Instalasi Gizi RS PKU Muhammadiyah Surakarta**. Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Droste, R.L. 1997. **Theory and Practice of Water And Wastewater Treatment**. New York USA: John Wilet & Sons, Inc.
- Fitrianti, N. 2016. **Analisis Penurunan Kualitas Air Produksi Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) X dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gafur, A., Andi, D.K., dan Rahman. 2017. **Studi Kualitas Fisik Kimia dan Biologis pada Air Minum dalam Kemasan Berbagai Merek yang Beredar di Kota Makassar Tahun 2016**. Jurnal Universitas Muslim Indonesia 3,1: 37-46.

- Garcia, V.J., Garcia, C., Gomez, J.A., dan Garcia, M.P. 1997. **Formation, Evaluation, and Modelling of Trihalomethanes in the Drinking Water of A Town: II. In The Distribution System.** Water Res. 31: 1405.
- Gasperz, V. 2002. **Total Quality Management.** Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Umum.
- Hamidy, F. 2016. **Pendekatan Fishbone untuk Mengukur Kinerja Proses Bisnis Informasi E-Koperasi.** Jurnal Teknoinfo 10, 1: 1-3.
- Haribi, R. dan Yusron, K., Juni. 2010. **Pemeriksaan Escherichia coli pada Air Bak Wudhlu 10 Masjid di Kecamatan Tlogosari Semarang.** Jurnal Kesehatan 3, 1: 21-26.
- Hartono, D.M. 2016. **Sumber Air Baku untuk Air Minum.** Engineer Weekly, No. 02 Edisi Maret 2016.
- Hassan, F. 2016. **Kajian Penerapan Sistem Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) di IPAM Porong PDAM Deltra Tirta Sidoarjo.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hilman, M.S. dan Ikatrinasari, Z.F., Juni. 2014. **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektifitas Penerapan Sistem HACCP.** Jurnal Standardisasi 16, 3: 223-234.
- Indrawanto, A., dan Setyawan, T.K. 2012. **Evaluasi Proses Pengelolaan Air Minum Unit Filtrasi, Chlorinasi, Holding Tank, Filter Press, Sludge Drying Bed, Reservoir dan Forwarding IPAM Karangpilang III.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Joko, T. 2010. **Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum.** Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Karamah, E.F dan Lubis, A.O. 2014. **Perlakuan Koagulasi dalam Proses Pengolahan Air dengan Membran: Pengaruh**

Waktu Pengadukan Pelan Koagulan Aluminium Sulfat Terhadap Kinerja Membran. Depok: Universitas Indonesia.

- Mahyudin, Soemarno, dan Prayogo T.B. 2015. **Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Metro di Kota Kepanjen Kabupaten Malang.** Jurnal PAL 6, 2: 105-114.
- Masduqi, A., dan Assomadi, A.F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air.** Surabaya: ITS Press.
- Menteri Kesehatan. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum.**
- Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2016. **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 27 Tahun 2016 Tentang Penyelenggaraan Sistem Penyediaan Air Minum.**
- Metcalf dan Eddy. 1991. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse.** Newyork: Mc Graw-Hill.
- Muhandri, T., dan Kadarisman D. 2008. **Sistem Jaminan Mutu Industri Pangan.** Bogor: IPB Press.
- Narita, K., Lelono, B. dan Arifin, S. 2011. **Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan untuk Penentuan Dosis Tawas pada Proses Koagulasi Sistem Pengolahan Air Minum.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ningrum, S.O. 2018. **Analisis Kualitas Badan Air dan Kualitas Air di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Kota Madiun.** Jurnal Kesehatan Lingkungan 10, 1: 1-12.
- Oktaviani, N. 2007. **Kajian Pustaka Penerapan Sistem Analisis HACCP Terhadap Penyediaan Air Bersih Di Indonesia Studi Kasus IPAM Ngagel III Pdam Kota Surabaya.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

- Pemerintah Republik Indonesia. 1990. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 1990 Tentang Pengendalian Pencemaran Air.**
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. **Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.**
- Pemerintah Republik Indonesia. 2014. **Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan.**
- Prayitno, Agus. 2009. **Uji Bakteriologi Air Baku dan Air Siap Konsumsi dari PDAM Surakarta Ditinjau dari Jumlah Bakteri *Coliform*.** Surakarta: Universitas Muhammadiyah.
- Prihartanto, dan E.B. Budiman, 2007. **Sistem Infomasi Pemantauan Dinamika Sungai Siak.** Vol 12 No 1.
- Puspitasari, N., Martanto, A. 2014. **Penggunaan FMEA dalam Mengidentifikasi Resiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin).** Jurnal Teknik Industri 9,2: 93 – 98.
- Qasim, R.S., Edward, M.M., dan Guang, Z. 2000. **Waterwork Engineering Planning Design And Operation.** USA: Prentice Hall.
- Rachmadia, N.D., Nanik H., dan Annis C.A. 2018. **Penerapan Sistem *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) pada Produk Ayam Bakar Bumbu Herb di Divisi Katering Diet PT. Prima Citra Nutrindo Surabaya.** Surabaya: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Airlangga.
- Rachmawati, S.W., Bambang I., dan Winarni., Desember. 2009. **Pengaruh pH pada Proses Koagulasi dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida.** Jurnal Teknik Lingkungan 5(2): 40 – 45.

- Reynolds. 1982. **Unit Operation and Process in Environmental Engineering**. California: Texas A&M University, Brook/Cole Engineering Division.
- Rismahardi, G. G. 2010. **Aplikasi *Fishbone Analysis* dalam Meningkatkan Kualitas Pare Putih Di Aspakusa Makmur Kabupaten Boyolali**. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Rinawati, Hidayat, D., Suprianto, dan Dewi, P.S., Oktober. 2016. **Penentuan Kandungan Zat Padat (*Total Dissolve Solid* dan *Total Suspended Solid*) di Perairan Teluk Lampung. Analit: *Analytical and Environmental Chemistry* 1, 1: 36-45.**
- Roman, M.D. dan Muresan, M.V. Maret-April, 2014. ***Analysis of Oxygen Requirements and Transfer Efficiency in A Wastewater Treatment Plant***. International Journal of Latest Research in Science and Technology 3, 2: 30-33.
- Sahabuddin, H., Harisuseno D., dan Yuliani E., Mei. 2014. **Analisa Status Mutu Air dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Wanggu Kota Kendari**. Jurnal Teknik Pengairan 5, 1: 19-28.
- Saragi, R.W. 2016. **Analisa Zat Organik Pada Air Minum Dan Air Bersih Dengan Metode Titrasi Permanganometri Di Balai Teknik Kesehatan Lingkungan Dan Pengendalian Penyakit (BTKL&PP) Kelas 1 Medan**. Karya Ilmiah. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sari, D., Rosyada, Z., dan Rahmadhani, N. 2011. **Analisa Penyebab Kegagalan Produk Woven dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis***. Jurnal Teknik Industri 1,6: 6 – 11.
- Sasongko, Budi E., Widyastuti E., dan Priyono R.E, Oktober. 2014. **Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali oleh Masyarakat di Sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap**. Jurnal Ilmu Lingkungan 12, 2:72- 82.

- Sawyer, C.N., McCarty, P.L., dan Parkin, G.F. 1994. **Chemistry for Environmental Engineering and Science**. New York: McGraw-Hill.
- Sellapan, E.U dan Astuti, D.A. 2012. **Aplikasi Six Sigma pada Pengujian Kualitas Produk di UKM Keripik Apel Tinjauan dari Aspek Proses**. Jurnal Teknologi Pertanian 12, 1: 3-5.
- Septiana, T. Dan Titistiti, A. 2009. **Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Minum di Karangpilang III PDAM Surabaya**. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sidik, N. 2010. **Forecasting Volume Produksi Tanaman Pangan, Tanaman Perkebunan Rakyat Kab. Magelang dengan Metode Exponential Smoothing Berbantu Minitab**. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Slamet, S.J. 2005. **Toksikologi Lingkungan**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- SNI 01-4852-1998: **Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya**. Jakarta.
- Soemirat. 2002. **Kesehatan Lingkungan**. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sudarmaji., Januari. 2015. **Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (Hazard Analysis Critical Control Point)**. Jurnal Kesehatan Lingkungan 1, 2: 183-190.
- Suripin. 2001. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Surahman, Nanang, D., dan Riyanti, E., Agustus. 2014. **Kajian HACCP Pengolahan Jambu Biji di Pilot Plant Sari Buah UPT B2PTTG-LIPI SUBANG**. Jurnal Agritech 34, 3: 266-276.

- 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.
- Sutrisno, C.T. 2006. **Teknologi Penyediaan Air Bersih.** Cetakan Keenam. Jakarta: Rineka Cipta.
- Tambunan, M.A., Abidjulu, J., dan Wuntu, A., Juli. 2015. **Analisis Fisika-Kimia Air Sumur di Tempat Pembuangan Akhir Sumompo Kecamatan Tuminting Manado.** *Jurnal MIPA UNSRAT* 4, 2: 153-156.
- Trisnawati, L. 2008. **Perancangan Dan Implementasi Hazard Analysis Critical Point (HACCP) Plan Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) (Studi Kasus Di PT. Agritech GLOBAL CEMERLANG, Bogor).** Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Trisnawati, A., dan Masduqi, A. 2014. **Analisis Kualitas dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Kali Surabaya.** *Jurnal Purifikasi* 14, 2: 90-98.
- Thaheer, H. 2005. **Sistem Manajemen HACCP (Hazard Analysis Critical Point).** Jakarta: PT. Bumi Aksara.
- Unus. S. 1996. **Air Dalam Kehidupan Lingkungan Yang Sehat.** Bandung.
- Utami, I.M. 2019. **Analisis Dampak Lingkungan Proses Pengolahan Air di IPAM “X” dengan Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA).** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Utami, E. A. Y., Moesriati, A., dan Karnaningroem, N. 2016. **Risiko Kegagalan Produksi Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Sukolilo Surabaya Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA).** *Jurnal Teknik ITS* 5, 2: 279-283.

- Wahyono, Y., Yudhastuti, R., dan Keman, S., Januari. 2007. **Pengaruh Pengolahan Dan Pendistribusian Terhadap Kualitas Air Pelanggan PDAM Mojokerto**. Jurnal Kesehatan Lingkungan 3, 2:171-182.
- Wahyuningsih, I., Juli. 2018. **Pengurangan Risiko Kegagalan Kualitas Produksi Air Minum Isi Ulang Kecamatan Gubeng Kota Surabaya Menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)***. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Waterwise. 2011. **The Story Behind Tap Water**, <<http://www.waterwise.co.za/site/water/purification/story-tap-water.html>>. Diakses pada 23 November 2018.
- Zulkarnaen, A. 2017. **Identifikasi Sampah Laut (Marine Debris) di Pantai Bodia Kecamatan Galesong, Pantai Karama Kecamatan Galesong Utara dan Pantai Mandi Kecamatan Galesong Selatan Kabupaten Takalar**. Makassar: Universitas Hasanuddin.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN I

Kuisisioner Aspek Teknis dan Operasional

Kuisisioner ini akan digunakan untuk studi penelitian Tugas Akhir. Studi ini dilaksanakan oleh Mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS bernama **Meralda Rose Dewi**.

Identitas

No	Identitas	Jawaban
1	Nama :	
2	Usia :	tahun
3	Jenis Kelamin :	(1) Laki-laki / (2) Perempuan
4	Jabatan :	
5	Pendidikan terakhir (beserta bidang) :	
6.	Lama pengalaman bekerja :	

1. Teknis dan Operasional

Bagian A

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian

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

2 = jarang (sekali dalam ≥ 1 tahun)

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

4 = sering (sekali dalam 1 minggu)

5 = selalu (sekali dalam sehari)

Pertanyaan:

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Seberapa sering air baku diuji kualitasnya di laboratorium?					
2	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada efluen unit aerator?					
3	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada efluen unit prasedimentasi?					
4	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada efluen unit koagulasi?					
4	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada efluen unit clearator?					

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
5	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada effluen unit filter?					
6	Seberapa sering dilakukan uji laboratorium pada effluen unit reservoir?					
7	Seberapa sering dilakukan pengecekan kondisi intake?					
8	Seberapa sering dilakukan pengecekan kondisi pompa air baku?					
9	Seberapa sering dilakukan pembersihan aerator dilakukan?					
10	Seberapa sering dilakukan pengurusan prasedimentasi dilakukan?					
11	Seberapa sering dilaksanakan uji jar test pada koagulan yang digunakan?					
12	Seberapa sering dilakukan pengurusan lumpur pada unit clearator dilakukan?					
13	Seberapa sering dilakukan pergantian media filter?					
14	Seberapa sering dilakukan injeksi klor pada proses desinfeksi?					
15	Seberapa sering Anda melakukan pembersihan pada lokasi produksi?					
16	Apakah pernah dilaksanakan pelatihan manajemen kualitas air menggunakan SNI 01-4852-1998 tentang aplikasi metode Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) sebagai landasan manajemen kualitas produk?					
17	Apakah terdapat penyuluhan atau sosialisasi mengenai SOP, Instruksi Kerja dan Petunjuk Pelaksana yang merupakan turunan ISO 9001 kepada seluruh pekerja?					

Bagian B

Berilah tanda centang (√) pada kolom penilaian dan isilah alasan pada titik-titik yang disediakan.

Ket: 1 = Tidak ada (jika 0)

2 = Ada dan jarang terjadi (jika ≤ 2 kendala)

3 = Ada dan kadang-kadang terjadi (jika ≤ 4 kendala)

4 = Ada dan sering terjadi (jika ≤ 6 kendala)

5 = Ada dan selalu terjadi (jika > 6 kendala)

Pertanyaan:

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
1	Apakah terdapat kendala pada pengambilan air baku? Sebutkan!					
2	Apakah terdapat kendala pada pompa air baku? Sebutkan!					
3	Apakah terdapat kendala pada unit aerator? Sebutkan!					
4	Apakah terdapat kendala pada unit prasedimentasi? Sebutkan!					
5	Apakah terdapat kendala pada unit koagulasi? Sebutkan!					
6	Apakah terdapat kendala pada unit clearator? Sebutkan!					
7	Apakah terdapat kendala pada unit filter? Sebutkan!					

No	Pertanyaan	Jawaban Responden				
		1	2	3	4	5
8	Apakah terdapat kendala pada unit reservoir? Sebutkan!					

LAMPIRAN II
Kuisisioner Aspek Sumber Daya Manusia
untuk bagian produksi dan operator

Kuisisioner ini akan digunakan untuk studi penelitian Tugas Akhir. Studi ini dilaksanakan oleh Mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS bernama **Meralda Rose Dewi**.

Identitas

No	Identitas	Jawaban
1	Nama :	
2	Usia :	tahun
3	Jenis Kelamin :	(1) Laki-laki / (2) Perempuan
4	Jabatan :	
5	Pendidikan terakhir (beserta bidang) :	
6.	Lama bekerja pengalaman :	

a. Faktor Kuantitas

1. Berapa jumlah tenaga *maintenance* IPAM per harinya?

.....

2. Bagaimana periode kerjanya?

Harian 6 Hari - 1 Bulan

1 - 3 Bulan 3 Bulan - 1 Tahun

1 Tahun

3. Rata-rata dalam sehari ada berapa pekerja?

.....

4. Apakah pernah terjadi permasalahan teknis dalam maintenance? Jika pernah, apa saja permasalahan yang pernah terjadi
-
5. Berapa kali permasalahan di atas muncul dalam kurun 1 periode kerja?
-

b. Faktor Kualitas

1. Rata-rata pendidikan terakhir tenaga *maintenance* IPAM Karangpilang III adalah?
-
2. Apakah terdapat pelatihan mengenai metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada sistem produksi?
- Ya Tidak
3. Jika ada, pelatihan apa saja yang pernah dilakukan?
-

c. Faktor Ketercapaian SOP

1. Apakah terdapat SOP untuk tenaga *maintenance* pada keseluruhan sistem produksi?
- Ya Tidak
2. Apakah terdapat SOP pada setiap unit pengolahan?
- Ya Tidak
3. Apakah terdapat evaluasi rutin yang dilakukan guna memonitoring kinerja pekerja?
- Ya Tidak

4. Bagaimana periode dilakukanya evaluasi pekerja tersebut?

.....

➤ **Unit Intake dan Pompa Air Baku**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit intake?

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit intake?

.....

3. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada pompa air baku?

Ya Tidak

4. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian pompa air baku?

.....

➤ **Unit Aerator**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit aerator ?

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit aerator?

.....

➤ **Unit Prasedimentasi**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit prasedimentasi?

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit prasedimentasi?

.....
➤ **Unit Koagulasi**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit koagulasi?

Ya

Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit koagulasi?

.....
➤ **Unit Clearator**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit clearator?

Ya

Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit clearator?

.....
➤ **Unit Filter**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit filter?

Ya

Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit filter?

.....
➤ **Unit Reservoir**

1. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada unit reservoir?

Ya

Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit reservoir?

.....

LAMPIRAN III

Kuisisioner Aspek Sumber Daya Manusia untuk bagian SDM

Kuisisioner ini akan digunakan untuk studi penelitian Tugas Akhir. Studi ini dilaksanakan oleh Mahasiswa S1 Teknik Lingkungan ITS bernama **Meralda Rose Dewi**.

Identitas

No	Identitas	Jawaban
1	Nama :	
2	Usia :	tahun
3	Jenis Kelamin :	(1) Laki-laki / (2) Perempuan
4	Jabatan :	
5	Pendidikan terakhir (beserta bidang) :	
6.	Lama bekerja pengalaman :	

a. Faktor Kuantitas

1. Jumlah tenaga kerja *maintenance* IPAM Karangpilang III?

.....

2. Bagaimana periode kerjanya?

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Harian | <input type="checkbox"/> 3 Hari - 1 Bulan |
| <input type="checkbox"/> 1 - 3 Bulan | <input type="checkbox"/> 3 Bulan - 1 Tahun |
| <input type="checkbox"/> 1 Tahun | |

3. Rata-rata dalam sehari ada berapa pekerja?

.....

4. Apakah pernah terjadi permasalahan pada tenaga kerja *maintenance*? Jika pernah, apa saja permasalahan yang pernah terjadi

.....

5. Jika pernah, berapa kali permasalahan di atas muncul dalam kurun 1 periode kerja?

.....

b. Faktor Kualitas

1. Rata-rata pendidikan terakhir tenaga kerja *maintenance* IPAM Karangpilang III adalah?

.....

2. Rentang usia tenaga kerja *maintenance* IPAM Karangpilang III adalah?

.....

3. Apakah terdapat pelatihan bagi tenaga kerja mengenai metode pengawasan dan pengendalian kualitas pada sistem produksi?

Ya

Tidak

4. Jika ada, pelatihan apa saja yang pernah dilakukan?

.....

5. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian atas kinerja tenaga kerja IPAM Karangpilang III ?

Ya

Tidak

6. Bagaimana metode pengawasan dan pengendaliannya?

.....

c. Faktor Ketercapaian SOP

1. Apakah terdapat SOP bagi tenaga kerja *maintenance* pada keseluruhan sistem produksi?

Ya Tidak

2. Apakah terdapat SOP bagi tenaga kerja pada setiap unit pengolahan?

Ya Tidak

3. Apakah terdapat metode pengawasan dan pengendalian atas pelaksanaan SOP tersebut?

Ya Tidak

4. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian atas pelaksanaan SOP tersebut?

.....

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN IV

1. Aerator

Jumlah unit	=	2
bentuk	=	Cascade

Dimensi

Diameter (D)	=	12	m
Tinggi unit (H)	=	2	m
Tinggi stage (h)	=	75	cm
Jumlah stage	=	3	
Gravitasi	=	9,81	m/detik
T	=	28	C
Viskositas	=	$8,39 \times 10^{-7}$	$m^2/detik$
	=	0,000000839	

Debit inlet

Debit rata-rata	=	2229,46	L/detik
Debit tiap unit	=	1114,73	L/detik
		1,11	$m^3/detik$

Kejenuhan Kelarutan Gas

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

Dimana:

$(Cs)_{760}$ = Nilai kejenuhan gas pada tekanan udara 760 mmHg (mg/L)

S = Konsentrasi padatan terlarut dalam air (gr/L)

$$= 213 \text{ mg/L} = 0,213 \text{ gr/L}$$

T = Suhu ($^{\circ}\text{C}$)

$$(Cs)_{760} = \frac{475 - 2,65(0,213)}{33,5 + 28} = 7,714 \text{ mg/L}$$

Diperkirakan Prata-rata = 750 mmHg pada suhu 28°C

Pada tekanan 760 mmHg, $Cs = 7,714 \text{ mg/L}$,

p (tekanan jenuh uap air) = 30,2

$$(Cs)_{28} = (Cs)_{760} \times \frac{P - p}{760 - p}$$

$$(Cs)_{28} = 7,714 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{750 \text{ mmHg} - 30,2 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg} - 30,2 \text{ mmHg}} = 7,61 \text{ mg/L}$$

Koefisien Transfer Gas

$$(K_{la})_T = (K_{la})_{15} \times f^{(T-15)}$$

Dimana:

$(K_{la})_T$ = koefisien transfer oksigen pada suhu T°C

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

f = koefisien empiris untuk aerator (tipikal = 1,024)

$$(K_{la})_{28} = (K_{la})_{15} \times f^{(T-15)}$$

$$(K_{la})_{28} = 1,85 \times 1,024^{(28-15)}$$

$$= 2,52/\text{jam}$$

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

Jumlah Oksigen yang Dibutuhkan

$$\text{kgO}_2/\text{jam} = (K_{la})_{28} \times Cs \times \text{Volume}$$

$$\text{Volume} = \text{Luas alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \pi \times r^2 \times t$$

$$= (\pi \times 6^2 \times 2) \text{ m}$$

$$= 226,08 \text{ m}^3$$

$$= 226080 \text{ L}$$

$$\text{kgO}_2/\text{jam} = 2,52/\text{jam} \times 7,61 \times 10^{-6} \frac{\text{kgO}_2}{\text{L}} \times 226080 \text{ L}$$

$$= 4,34 \text{ kgO}_2/\text{jam}$$

Waktu Kontak

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

dimana:

H = tinggi jatuhan (m)

g = kecepatan gravitasi (m/s²)

$$t = \sqrt{\frac{2 \times (0,75 \times 3)}{9,81}} = 0,67 \text{ detik}$$

Koefisien Transfer gas Total

$$K_2 = \frac{A}{v} \times (K_{la})_{28}$$

$$K_2 = \frac{1}{4} \times \frac{\pi \times d^2}{v} \times (K_{la})_{28}$$

$$K_2 = \frac{113 \text{ m}}{1 \text{ m/s}} \times 0,0007/\text{detik}$$

$$= 0,08 \text{ /detik}$$

Kapasitas Oksigenasi

$$O_c = K_2 \times C_s$$

$$= 0,08/\text{detik} \times 7,61 \text{ gr/m}^3$$

$$= 0,6 \text{ gr O}_2/\text{m}^3 \cdot \text{detik}$$

$$\text{Kecepatan Transfer gas} = \frac{1,11 \frac{\text{m}^3}{\text{detik}} \times 60 \frac{\text{detik}}{\text{menit}}}{113 \text{ m}} = 0,53 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{menit}$$

2. Prasedimentasi

Jumlah unit	=	4
bentuk	=	Persegi panjang
Dimensi		
Panjang	=	80 m
Lebar	=	15 m
Kedalaman (h)	=	4 m
Gravitasi	=	9,81 m/detik
T	=	28 C
Viskositas	=	$8,39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}$
Debit inlet		
Debit rata-rata	=	2229,46 L/detik
Debit tiap unit	=	557,36 L/detik
		0,56 m^3/detik
Waktu tinggal		
Debit rata-rata	=	2229,46 L/detik
Debit tiap unit	=	0,56 m^3/detik
Vol tiap unit	=	PxLxh
	=	$80 \times 15 \times 4 \text{ m}^3$
	=	4800 m^3
td	=	Vol tiap Unit/Q tiap unit
	=	8611,96 detik
	=	2,4 jam

Beban Permukaan

Debit tiap unit	=	0,56	m^3/detik
	=	2006,51	m^3/jam
Luas permukaan	=	$P \times L$	m^2
	=	1200	m^2
Beban permukaan	=	$Q / \text{Luas Permukaan}$	
	=	1,7	m/jam
Bilangan Reynold (Nre)			
Vh	=	$Q / L \times h$	
	=	0,01	m/detik
Luas permukaan basah (R)	=	$L \times h / L + 2h$	
	=	2,61	m
Nre	=	$Vh \times R / v$	
	=	28883,46	
Bilangan Froude (Nfr)			
Nfr	=	$Vh^2 / g \times R$	
	=	$3,37 \times 10^{-6}$	

3. Koagulasi

Jumlah unit		2	buah
Dimensi	=		
Panjang	=	4	m
Lebar	=	3	m
Kedalaman (h)	=	2,7	m
g	=	9,81	m/detik^2
T	=	28	C
viskositas	=	$8,39 \times 10^{-7}$	m^2/detik
Debit inlet	=	2229,46	L/detik
Waktu tinggal			
Debit	=	2,23	m^3/s
Debit tiap unit	=	1,11	m^3/s

Vol tiap unit	=	PxLxh
	=	32,4 m ³
td	=	Vol tiap unit/Q tiap unit
	=	29,1 detik

Bilangan Reynold (Nre)

Vh	=	Q tiap unit/ (Panjang x H)
Vh	=	0,14 m/detik
R	=	(Lebar x H) / (Lebar x 2H)
R	=	0,96 m
Nre	=	(Vh x R) / v
Nre	=	158171,4

Kecepatan gradien

Hf	=	$\frac{G^2 \times \mu \times t}{\rho \times g}$
	=	2,5
G	=	1002,85 /detik

4. Clearator

Jumlah bak	=	4
Bentuk	=	kerucut
Datas	=	23
Dbawah	=	3
kedalaman	=	5,35
g	=	9,81 m/detik
T	=	28 °C
v	=	8,39 x 10 ⁻⁷ m ² /detik
debit total	=	2229,46 L/detik
	=	2,23 m ³ /detik
debit tiap unit	=	0,56 m ³ /detik

Luas permukaan	=	$\frac{1}{4} \times \pi x (D1^2 - D2^2)$
	=	408,2 m ²
Waktu tinggal		
Vol tiap unit	=	Luas permukaan x h
		2183,9 m ³
td	=	Vol per unit/ Q per unit
		3918,2 detik
	=	1,09 jam
	=	69 menit
Loading Rate		
Sudut kemiringan	=	60
Debit tiap unit	=	0,56 m ³ /detik
	=	557,4 L/detik
Luas permukaan	=	408,2 m ²
h bak	=	5,35 m
Vsettler	=	7,94 x 10 ⁻³ m/detik
	=	0,008 m/detik
Loading rate	=	Vsettler/(Q/A)
	=	5,82 m/jam

Gradien Kecepatan flokulasi

Qtiap unit	=	0,56 m ³ /s
Diameter pipa difusi	=	150 mm
	=	0,15 m
Ruang flokulasi:		
Diameter atas	=	3 m
Diameter bawah	=	3 m
Hkompartemen 1	=	1,5 m
Viskositas	=	8,39 x 10 ⁻⁷ m ² /detik
Apipa difusi	=	$\frac{1}{4} \times \pi \times d^2$
	=	$\frac{1}{4} \times \pi \times 0,15^2$
	=	0,018 m ²

$$\text{Vinlet} = \frac{Q}{A} = \frac{0,56 \text{ m}^3/\text{s}}{0,018 \text{ m}^2} = 31,1 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \text{Re untuk pipa} &= \frac{V \times d}{\nu} = \frac{31,1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 0,15 \text{ m}}{8,39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{detik}} \\ &= 5560190,7 (> 2000, \text{Turbulen}) \end{aligned}$$

$$\text{Ks pipa pvc} = 0,045 \text{ mm}$$

$$\text{Ks/d} = \frac{0,045 \text{ mm}}{150 \text{ mm}} = 3 \times 10^{-4}$$

Maka k berdasarkan diagram moody dengan Re = 5560190,7 dan Ks/d = 3×10^{-4} , adalah **k = 0,025**

$$\begin{aligned} \text{Hf} &= k \frac{v^2}{2g} \\ &= 0,025 \times \frac{31,1^2}{2 \times 9,81} = 1,23 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol kompartemen I} &= 0,25 \times 3,14 \times (D_{atas}^2 + D_{bawah}^2) \times t \\ &= 0,25 \times 3,14 \times (3^2 + 3^2) \times 1,5 \text{ m} \\ &= 21,195 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Td} &= \frac{\text{Vol}}{Q} = \frac{21,195 \text{ m}^3}{0,56 \text{ m}^3/\text{s}} \\ &= 37,85 \text{ detik} = 0,63 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gradien Kecepatan} &= \sqrt{\frac{g \times hf}{td \times \theta}} = \sqrt{\frac{9,81 \times 1,23}{37,85 \times (8,39 \times 10^{-7})}} \\ &= 616,4 / \text{detik} \end{aligned}$$

Over Flow Rate

$$\begin{aligned} \text{OFR} &= \frac{Q}{As} \\ \text{OFR} &= \frac{0,56 \text{ m}^3/\text{det} \times \frac{3600 \text{ detik}}{\text{jam}}}{408,2 \text{ m}^2} \end{aligned}$$

$$\text{OFR desain) = } 4,94 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari (tidak memenuhi kriteria)}$$

Kecepatan horizontal (V_o)

$$\begin{aligned} V_o &= \frac{Q}{A \sin 60^0} \\ V_o &= \frac{0,56 \text{ m}^3/\text{s}}{408,2 \sin 60^0} \\ &= 0,00158 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Jari-jari Hidrolis (R)

$$R = \frac{B^2}{4B^2}$$

$$= \frac{0,05^2}{4 \times 0,05^2}$$

$$= 0,0125$$

Nre

$$= \frac{v_o \times R}{u}$$

$$= \frac{0,00158 \times 0,0125}{8,39 \times 10^{-7}}$$

$$= 23,60 < 2000 \text{ (Laminer)}$$

Cek debit dari Over Flow Rate

Dengan OFR tipikal kriteria desain = 1,6 m³/m².hari (1,3-1,9)

OFR

$$= \frac{Q}{As}$$

1,6 m³/m².hari

$$= \frac{Q \text{ m}^3 / \text{det} \times \frac{3600 \text{ detik}}{\text{jam}}}{408,2 \text{ m}^2}$$

Q

$$= 0,181 \text{ m/s untuk tiap unit}$$

Cek Vo

V_o

$$= \frac{Q}{A \sin 60^\circ}$$

V_o

$$= \frac{0,181 \text{ m}^3/\text{s}}{408,2 \sin 60^\circ}$$

$$= 0,00051 \text{ m/s}$$

Cek Nre

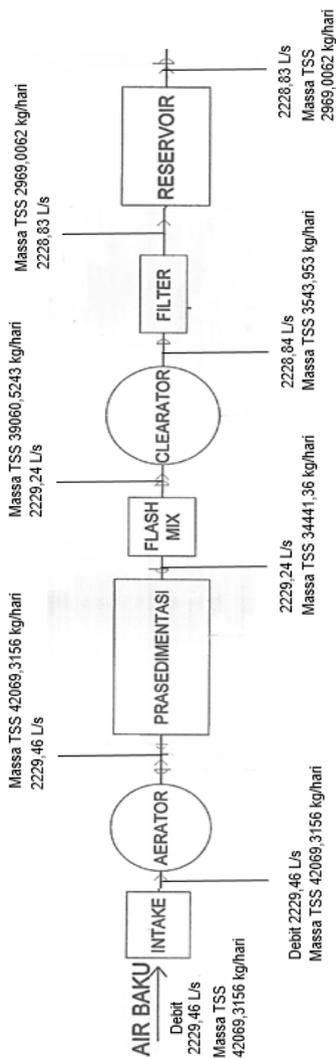
Nre

$$= \frac{v_o \times R}{u}$$

$$= \frac{0,00051 \times 0,0125}{8,39 \times 10^{-7}}$$

$$= 7,65 < 2000 \text{ (Laminer)}$$

LAMPIRAN V MASS BALANCE



Perhitungan Mass Balance:

1. Unit Intake

TSS Inlet	=	218,4	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Inlet	=	42069315600	mg/hari
		42069,3156	kg/hari
TSS Outlet	=	218,4	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Outlet	=	42069315600	mg/hari
		42069,3156	kg/hari
TSSteremove	=	0	mg/detik
Debit Lumpur keluar	=	0	m3/hari
	=	0	L/detik
Debit air outlet	=	2229,4568	L/detik

2. Unit Aerator

TSS Inlet	=	218,4	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Inlet	=	42069315600	mg/hari
		42069,3156	kg/hari
TSS outlet	=	271,6	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Outlet	=	52316969400	mg/hari
		52316,9694	kg/hari
TSSteremove	=	0	mg/L
Debit Lumpur keluar	=	0	m3/hari

	=	0	L/detik
Debit air outlet	=	2229,4568	L/detik

3. Unit Prasedimentasi

TSS Inlet	=	271,6	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Inlet	=	52316969400	mg/hari
	=	52316,9694	kg/hari
TSS outlet	=	178,8	mg/L
Debit	=	2229,46	L/detik
	=	192625071,43	L/hari
Massa TSS Outlet	=	34441362771	mg/hari
	=	34441,36	kg/hari
TSSteremove	=	218592,89	mg/detik
Massa Lumpur keluar	=	0,22	kg/detik
	=	18886,43	kg/hari
% TSS dalam lumpur	=	5	%
Sg partikel	=	1,02	1020
% x Sg partikel	=	51	
% air	=	95	%
Sg air	=	996,2	kg/m3
% air x Sg air	=	946,39	
densitas lumpur	=	997,39	kg/m3
Volume lumpur	=	18,94	m3/hari
	=	0,22	L/detik
Debit air outlet	=	2229,24	L/detik

4. Unit Koagulasi

TSS Inlet	=	178,8	mg/L
Debit	=	2229,24	L/detik
	=	192625071,4	L/hari
Massa TSS Inlet	=	34441362771	mg/hari
		34441,36277	kg/hari
TSS outlet	=	202,8	mg/L
Debit	=	2229,24	L/detik
	=	192606135,6	L/hari
Massa TSS Outlet	=	39060524296	mg/hari
		39060,5243	kg/hari
TSSremove	=	0	mg/L
Debit Lumpur keluar	=	0	m ³ /hari
	=	0	L/detik
Debit air keluar	=	2229,2377	L/detik

5. Unit Koagulasi

TSS Inlet	=	202,8	mg/L
Debit	=	2229,24	L/detik
	=	192606135,6	L/hari
Massa TSS Inlet	=	39060524296	mg/hari
		39060,5243	kg/hari
TSS outlet	=	18,4	mg/L
Debit	=	2229,24	L/detik
	=	192606135,6	L/hari
Massa TSS Outlet	=	3543952895	mg/hari
		3543,952895	kg/hari
TSSremove	=	395578,23	mg/detik
Massa Lumpur keluar	=	0,40	kg/detik

		34177,96	kg/hari
% TSS dalam lumpur	=	5	%
Sg partikel	=	1,02	1020
% x Sg partikel	=	51	
% air	=	95	%
Sg air	=	996,2	kg/m3
% air x Sg air	=	946,39	
densitas lumpur	=	997,39	kg/m3
Volume lumpur	=	34,27	m3/hari
	=	0,40	L/detik
Debit air outlet	=	2228,84	L/detik

6. Unit Filter

TSS Inlet	=	18,4	mg/L
Debit	=	2228,84	L/detik
	=	192606135,6	L/hari
Massa TSS Inlet	=	3543952895	mg/hari
	=	3543,952895	kg/hari
TSS outlet	=	14	mg/L
Debit	=	2228,84	L/detik
	=	192571868,2	L/hari
Massa TSS Outlet	=	2696006155	mg/hari
	=	2696,006155	kg/hari
TSS remove	=	9760,54	mg/detik
Massa Lumpur keluar	=	0,01	kg/detik
	=	843,31	kg/hari
% TSS dalam lumpur	=	5	%
Sg partikel	=	1,02	1020
% x Sg partikel	=	51	
% air	=	95	%

Sg air	=	996,2	kg/m ³
% air x Sg air	=	946,39	
densitas lumpur	=	997,39	kg/m ³
Volume lumpur	=	0,85	m ³ /hari
	=	0,01	L/detik
Debit air outlet	=	2228,83	L/detik

7. Unit Reservoir

TSS Inlet	=	14	mg/L
Debit	=	2228,841067	L/detik
	=	192571868,2	L/hari
Massa TSS Inlet	=	2696006155	mg/hari
		2696,006155	kg/hari
TSS outlet	=	14	mg/L
Debit	=	2228,84	L/detik
	=	192571868,2	L/hari
Massa TSS Outlet	=	2696006155	mg/hari
		2696,006155	kg/hari
TSS remove	=	0	mg/L
Debit Lumpur keluar	=	0	m ³ /hari
	=	0	L/detik
Debit air outlet	=	2228,8411	L/detik

LAMPIRAN VI
Debit Harian pada Bulan Februari 2019

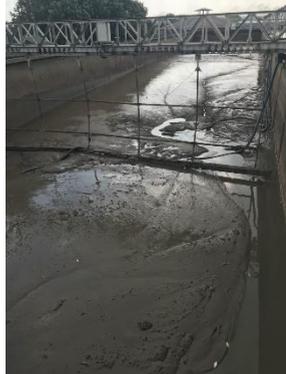
Tanggal	Air baku (m3)	Air baku (m3/detik)	Air baku (L/detik)
1	188928	2,19	2186,67
2	189560	2,19	2193,98
3	191575	2,22	2217,30
4	190627	2,21	2206,33
5	192128	2,22	2223,70
6	193933	2,24	2244,59
7	193566	2,24	2240,35
8	195346	2,26	2260,95
9	194756	2,25	2254,12
10	191259	2,21	2213,65
11	194108	2,25	2246,62
12	192779	2,23	2231,24
13	170075	1,97	1968,46
14	195377	2,26	2261,31
15	194553	2,25	2251,77
16	191339	2,21	2214,57
17	191420	2,22	2215,51
18	191428	2,22	2215,60
19	193594	2,24	2240,67
20	195533	2,26	2263,11
21	193265	2,24	2236,86
22	194473	2,25	2250,84
23	194092	2,25	2246,44
24	189178	2,19	2189,56
25	195180	2,26	2259,03
26	203728	2,36	2357,96
27	184619	2,14	2136,79
28	207083	2,40	2396,79
Total sebulan	5393502	62,42	62424,79
rata2	192625,0714	2,23	2229,46

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN VII DOKUMENTASI



Unit Filter



Unit Prased saat dikuras



Sampah pada Prased



Level air intake tinggi (meluber)



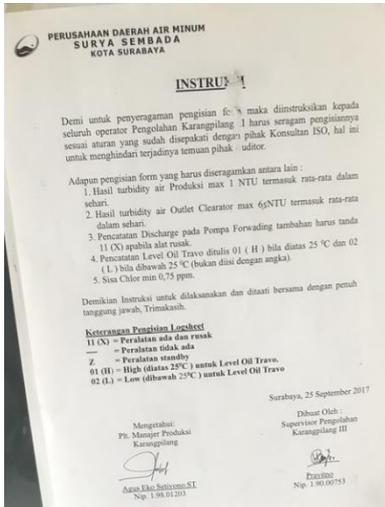
Unit Aerator



Rembesan air pada unit Koagulasi



Unit Clearator saat dikuras



Contoh instruksi kerja di IPAM



Contoh SOP di IPAM



Uji sisa klor



Pencucian Filter



Pengisian kuisisioner oleh Operator



Uji Kekeluhan



Uji TDS



Uji pH

LAMPIRAN VIII

A. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS KEKERUHAN

Alat dan Bahan:

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

Prosedur Penelitian:

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

B. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS SISA KLOOR

Alat dan Bahan:

1. DPD No. 1
2. Klorin meter

Prosedur Penelitian:

1. Masukkan sampel air dalam tabung
2. Masukkan DPD No 1 sebanyak 1 buah
3. Kocok hingga terlarut dan berubah warna
4. Masukkan tabung ke dalam alat klorin meter
5. Catat angka yang dihasilkan

C. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS TDS

Alat dan Bahan:

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

Prosedur Penelitian:

1. Pastikan TDS meter sudah dalam kondisi terkalibrasi
2. Nyalakan power, kemudian pilih mode TDS
3. Bilas TDSmeter menggunakan aquades

4. Masukkan ke dalam sampel air
5. Tekan tombol read dan catat angka yang dihasilkan setelah stabil.

D. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS pH

Alat dan Bahan:

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

Prosedur Penelitian:

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

E. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS NILAI PERMANGANAT (ZAT ORGANIK) SNI-06-6989.22-2004

Alat dan Bahan:

1. Larutan Asam Sulfat H_2SO_4 4N yang bebas organik
2. Larutan Asam Oksalat 0,1 N
3. Larutan Kalium Permanganat $KMnO_4$ 0,01 N
4. Pemanas Listrik
5. Pipet ukur 10 mL dan 1 mL
6. Erlenmeyer 250 mL
7. Gelas ukur 100 mL
8. Buret 25 mL atau 50 mL

Prosedur Penelitian:

1. Tuangkan sampel air sebanyak 100 mL dengan gelas ukur
2. Tambahkan 2,5 mL Asam Sulfat 4N
3. Tambahkan beberapa tetes larutan $KMnO_4$ 0,01 N hingga terjadi warna merah muda tipis
4. Panaskan hingga mendidih selama 1 menit
5. Tambahkan 10 mL larutan $KMnO_4$ 0,01 N
6. Panaskan hingga mendidih selama 10 menit

7. Tambahkan 1 mL larutan Asam Oksalat 0,1 N hingga muncul warna merah mudah
8. Titrasi dengan $KMnO_4$ 0,01 N hingga timbul warna merah muda pertama
9. Hitung nilai permanganat dengan rumus:

$$KMnO_4 = \frac{1000}{vol. sampel} [(10 + a)xN] - (1x0,1) \times 31,6xP$$

dimana:

a = mL titrasi larutan $KMnO_4$

N = normalitas larutan $KMnO_4$

P = pengenceran

F. PROSEDUR LABORATORIUM ANALISIS TSS SECARA GRAVIMETRI SNI-06-6989.3-2004

Alat dan Bahan:

1. Kertas saring Whatman Grade diameter 125 mm
2. Aquades
3. Sampel air
4. Desikator yang berisi silika gel
5. Oven 103 C – 105 C
6. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg
7. Pompa vacuum
8. Gelas ukur
9. Cawan porselen
10. Penjepit

Prosedur Penelitian:

1. Letakkan kertas saring yang telah dibasahi dengan aquades pada pompa vakum hingga tidak terdapat sisa air, matikan vakum
2. Pindahkan kertas saring ke cawan porselen
3. Keringkan dalam oven pada suhu 103 C – 105 C selama 1 jam, dinginkan dalam desikator kemudian timbang
4. Ulangi langkah pada butir 3 hingga diperoleh berat konstans atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 0,5 mg terhadap penimbangan sebelumnya

5. Kocok sampel uji agar homogen
6. Cuci kertas saring atau saringan dengan 3 x 10 mL air suling, biarkan kering sempurna dan lanjutkan penyaringan dengan vakum selama 3 menit agar diperoleh penyaringan sempurna. Sampel uji dengan padatan terlarut yang tinggi memerlukan pencucian tambahan
7. Pindahkan kertas saring beserta cawan ke oven.
8. Keringkan dalam oven selama 1 jam, dinginkan dalam desikator
9. Ulangi tahapan pengeringan, pendinginan dan penimbangan hingga diperoleh berat konstan atau sampai perubahan berat lebih kecil dari 0,5 mg terhadap penimbangan sebelumnya
10. Hitung TSS dengan rumus:

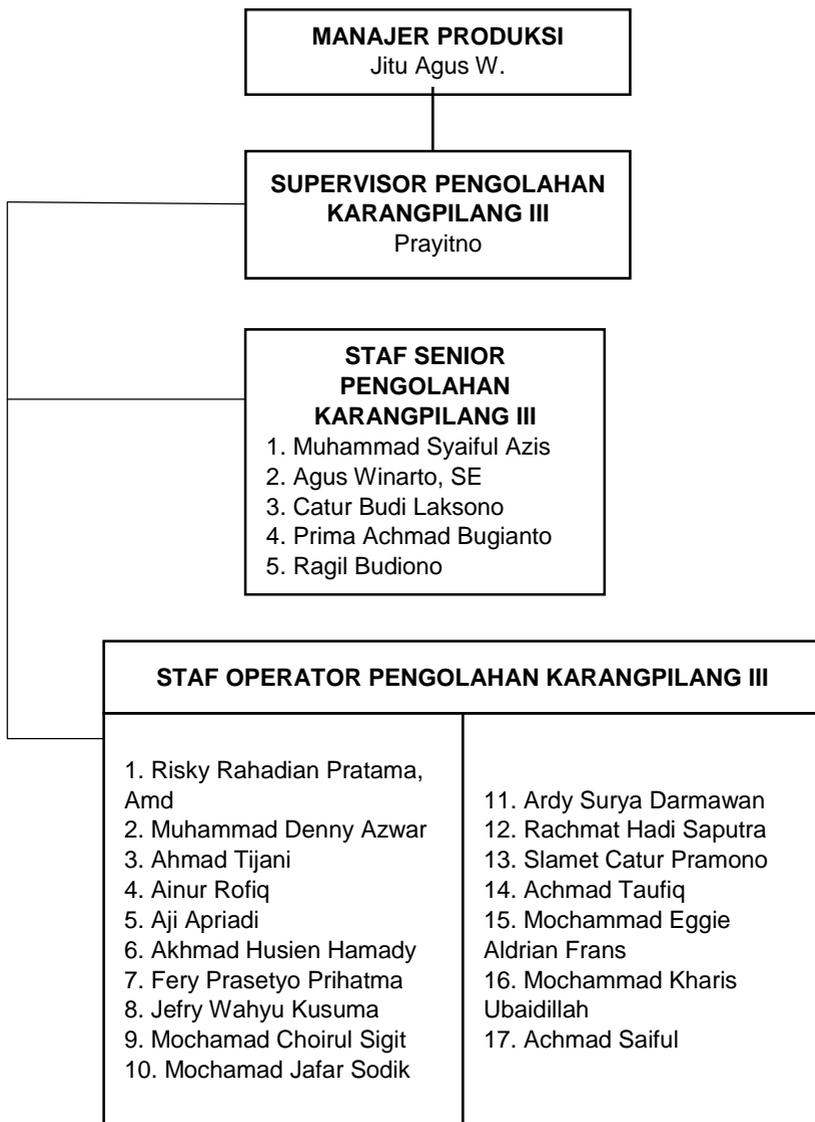
$$mg \text{ TSS per liter} = \frac{(A - B) \times 1000}{vol. \text{ sampel}(mL)}$$

dimana:

A = berat kertas saring+residu kering (mg)

B = berat kertas saring (mg)

LAMPIRAN IX
Struktur Organisasi IPAM Karangpilang III



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Mojokerto, Jawa Timur pada tanggal 19 Juni 1997. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Gedongan III Mojokerto (2003-2009), SMPN 1 Kota Mojokerto (2009-2012) dan SMAN 1 Sooko (2012-2015). Pada tahun 2015, penulis melanjutkan kuliah di Teknik Lingkungan FTSLK Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan jurusan maupun institut. Penulis juga aktif sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) pada tahun 2016- 2018 sebagai Sekretaris *Environmental Engineering English Club*. Penulis dapat dihubungi melalui surel di meraldard@gmail.com.