

TUGAS AKHIR - RE 184804

KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI PDAM TIRTA TAMAN SARI KOTA MADIUN DENGAN MENGGUNAKAN METODE HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT (HACCP)

FAWWAZ SYAUQIE

NRP. 03211540000008

Dosen Pembimbing

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

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2022



TUGAS AKHIR - RE 184804

**KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI PDAM TIRTA
TAMAN SARI KOTA MADIUN DENGAN
MENGUNAKAN METODE HAZARD ANALYSIS
CRITICAL CONTROL POINT (HACCP)**

FAWWAZ SYAUQIE

NRP. 03211540000008

Dosen Pembimbing

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

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2022



FINAL PROJECT - RE 184804

**THE STUDY OF DRINKING WATER PRODUCTION AT
PDAM TIRTA TAMAN SARI MADIUN CITY BY USING
THE HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT
(HACCP) METHOD**

FAWWAZ SYAUQIE

NRP. 03211540000008

Supervisor

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

NIP. 19550128 198503 2 001

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

Faculty of Civil, Planning, and Geo Engineering

Sepuluh Nopember Institution of Technology

Surabaya 2022



HALAMAN PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN PRODUKSI AIR MINUM DI PDAM TIRTA TAMAN SARI KOTA MADIUN DENGAN MENGGUNAKAN 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, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh: **FAWWAZ SYAUQIE**

NRP. 0321154000008

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

- | | |
|---|------------|
| 1. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc | Pembimbing |
| 2. Ir. Atiek Moesriati M.Kes. | Penguji |
| 3. Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso M.T | Penguji |
| 4. Harmin Sulistyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D. | Penguji |

Nieke
Atiek
Irwan
Harmin



PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Fawwaz Syauqie / 0321154000008

Departemen : Teknik Lingkungan – S1

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

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “Kajian Produksi Air Minum di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun Dengan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

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

Surabaya, 25 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing



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

NIP. 19550128 198503 2 001

Mahasiswa,



Fawwaz Syauqie

NRP. 0321154000008



ABSTRAK



Kajian Produksi Air Minum di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun Dengan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)

Nama : Fawwaz Syauqie
NRP : 03211540000008
Departemen : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ABSTRAK

Masyarakat Kota Madiun sebagian besar menggunakan jasa PDAM untuk memenuhi kebutuhan air bersih. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun melakukan pengawasan dan pemeriksaan kualitas air produksi baik secara eksternal maupun internal. Namun, dalam proses produksi, sering ditemui berbagai kendala seperti penurunan kualitas air baku, kerusakan peralatan, faktor sumber daya manusia, dan lain-lain. Penjaminan mutu air produksi oleh PDAM didasarkan pada ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Maka dari itu diperlukan standar pengelolaan yang baik sehingga dapat meminimalkan risiko yang terjadi dan menjamin kesehatan masyarakat.

Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP). Pengendalian kualitas air dengan HACCP merupakan metode analisis untuk mendeteksi dan mengendalikan potensi bahaya yang timbul dengan mengontrol setiap *Critical Control Point* atau titik kendali kritis (TKK) dalam sistem produksi air yang dapat berkontribusi pada kondisi bahaya, sehingga produk aman untuk dikonsumsi. Penerapan sistem HACCP memerlukan analisa risiko terlebih dahulu atau *pre-requisite* pada tiap-tiap unit produksi baik dari aspek teknis maupun non teknis. Metode yang digunakan adalah *fishbone diagram* untuk mempermudah dalam menemukan akar penyebab masalah, serta metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan beserta dampak dan akar permasalahannya. Analisis dengan metode HACCP ini ditinjau berdasarkan kondisi eksisting unit produksi di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun serta data hasil uji laboratorium sampel air baku dan air produksi.

Kinerja PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun telah memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010. Hal ini terbukti dari minimalnya potensi titik bahaya yang muncul pada aspek teknis maupun non teknis. Potensi bahaya aspek teknis ada pada pelaksanaan proses disinfeksi yang kurang maksimal khususnya dalam dosis pembubuhan dan mengakibatkan sisa klor yang terbawa sampai ke pelanggan. Potensi bahaya aspek non teknis adalah kurangnya pengawasan secara operasional terhadap SOP yang berlaku, serta kurang maksimalnya pelatihan untuk pekerja dalam pelaksanaan analisa kualitas air dan manajemen lingkungan. Pengawasan kualitas air minum dilaksanakan sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum. Serta pengendalian yang dilakukan antara lain inspeksi sanitasi, pengujian kualitas air, analisa hasil uji laboratorium, serta pemeliharaan dan tindak lanjut.

Kata Kunci: PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, HACCP, FMEA, *fishbone diagram*, Sisa Klor, SOP

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

The Study of Drinking Water Production at PDAM Tirta Taman Sari Madiun City by Using the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Method

Name : Fawwaz Syauqie
NRP : 03211540000008
Departement : Teknik Lingkungan
Supervisor : Prof. Dr.Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc.

ABSTRACT

The people of Madiun City mostly use PDAM services to meet their daily water needs. PDAM Tirta Taman Sari Madiun City conducts supervision and inspection of production water quality both externally and internally. However, in the production process, there are often various obstacles such as a decrease in raw water quality, equipment damage, human resource factors, and others. Quality assurance of production water by PDAM is based on the provisions in the Minister of Health Regulation Number 492 of 2010 about Drinking Water Quality Requirements. Therefore, a good management standards are needed so as to minimize the risks that occur and ensure public health.

In this study, the method used is Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP). Water quality control with HACCP is an analytical method to detect and control potential hazards that arise by controlling every Critical Control Point in the water production system that can contribute to hazardous conditions, so that the product is safe for consumption. The implementation of the HACCP system requires a risk analysis or prerequisite in each production unit from both technical and non-technical aspects. The method used is the fishbone diagram to make it easier to find the root cause of the problem, as well as the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) method to identify potential causes of failure along with the impact and root causes. The analysis with the HACCP method is reviewed based on the existing conditions of the production unit at PDAM Tirta Taman Sari Madiun City and laboratory test data on raw water and production water samples.

The performance of PDAM Tirta Taman Sari Madiun City has fulfilled the provisions in the Minister of Health Regulation No. 492 of 2010. This is evident from the minimal potential hazard points that arise in technical and non-technical aspects. Potential hazards in technical aspects are in the implementation of the disinfection process which is less than optimal, especially in the dosage of the powder and results in residual chlorine that is carried to the customer. The potential hazards of non-technical aspects are the lack of operational supervision of the applicable SOPs, as well as the lack of maximum training for workers in the implementation of water quality analysis and environmental management. Drinking water quality supervision is carried out in accordance with the Minister of Health Regulation No. 736 of 2010 about Drinking Water Quality Management. As well as controls carried out include sanitation inspections, water quality testing, analysis of laboratory test results, and maintenance and follow-up.

Keywords: PDAM, HACCP, FMEA, Fishbone Diagram, Chlorine Residual, SOP

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Kajian Produksi Air Minum Di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun Dengan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)”. Sholawat serta salam selalu tercurahkan pada Rasulullah, Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi panutan bagi umat Islam termasuk penulis.

Tugas akhir ini disusun guna mendalami dan menerapkan studi Teknik Lingkungan di bidang air minum. Dengan demikian, pengalaman yang didapatkan selama melakukan penelitian ini dapat menjadi langkah awal bagi penulis untuk berkontribusi pada masyarakat. Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini tidak akan berhasil tanpa arahan, bimbingan, motivasi, dan bantuan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafei, ST., MEPM., selaku Kepala Departemen Teknik Lingkungan, FTSPK-ITS, atas dukungan dan motivasi selama menjalankan perkuliahan.
2. Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D., selaku koordinator tugas akhir Departemen Teknik Lingkungan yang telah banyak memberikan saran serta dukungan selama pengerjaan tugas akhir.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc., selaku Dosen Wali dan Dosen Pembimbing yang dengan sabar membimbing dan membantu penulis selama menjalankan perkuliahan serta memberikan motivasi dan arahan demi selesainya tugas akhir ini.
4. Orang tua yang telah mendoakan, memotivasi, dan memberikan dukungan moril dan finansial selama hidup penulis.
5. Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS yang sudah bersama-sama berjuang, memberikan dukungan, selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Lingkungan ITS.

Penulis menyadari bahwa penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik maupun saran yang membangun untuk tugas akhir ini. Semoga segala yang diberikan mendapatkan balasan yang lebih baik dari Allah SWT.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Surabaya, Juli 2022

Penulis

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Air Minum	5
2.2 Parameter Kualitas Air Minum.....	5
2.3 Proses Pengolahan Air Minum	7
2.4 Gambaran Umum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.....	8
2.5 Metode <i>Pre-requisites</i>	9
2.5.1 Metode Fishbone	9
2.5.2 Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	9
2.6 Metode <i>Hazard Analysis Critical Control Point</i> (HACCP).....	12
2.6.1 Prinsip HACCP	13
2.6.2 Keunggulan Metode HACCP.....	14
2.7 Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODOLOGI	18
3.1 Deskripsi Umum	18
3.2 Kerangka Penelitian	18
3.3 Tahapan Penelitian.....	19
3.3.1 Ide Penelitian.....	19
3.3.2 Perizinan.....	19
3.3.3 Studi Literatur	19
3.3.4 Pengumpulan Data	19
3.4.5 Penyusunan Metode <i>Pre-requisites</i>	21
3.4.6 Penyusunan Rencana HACCP	22
3.4 Kesimpulan dan Saran	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1 Kondisi Eksisting dan Evaluasi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun	25
4.2 Karakteristik Kualitas Air Baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun	27
4.3 Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan	29
4.3.1 Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	29
4.3.2 Penentuan Prioritas Kegagalan dengan FMEA.....	30
4.3.3 Penentuan Titik Kendali Kritis.....	51
4.4 Penentuan Batas Kritis.....	52
4.5 Penyusunan Sistem Pemantauan.....	54
4.6 Penetapan Tindakan Perbaikan.....	56
BAB V KESIMPULAN dan SARAN	61
DAFTAR PUSTAKA.....	63
LAMPIRAN	69

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Parameter Wajib Kualitas Air Minum.....	6
Tabel 2.2 Parameter Tambahan Kualitas Air Minum.....	6
Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Perangkat Severity	10
Tabel 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Occurrence	11
Tabel 2.5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Detection	11
Tabel 4.1 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Laboratorium	28
Tabel 4.2 Hasil Uji Kualitas Air Produksi di Laboratorium	28
Tabel 4.3 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Teknis.....	32
Tabel 4.4 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Non Teknis.....	32
Tabel 4.5 Pembobotan Entitas Aspek Teknis.....	32
Tabel 4.6 Pembobotan Entitas Aspek Non Teknis	33
Tabel 4.7 Kategori dan Peringkat Severity.....	33
Tabel 4.8 Deskripsi Skala Besar Risiko dan Kondisi Lingkungan	34
Tabel 4.9 Nilai Severity Kualitas Air Baku.....	34
Tabel 4.10 Nilai Severity Perawatan Jalur Pipa Intake	35
Tabel 4.11 Nilai Severity Pengecekan Kualitas Air Elevated Reservoir	36
Tabel 4.12 Nilai Severity Pelaksanaan Chlorinasi	37
Tabel 4.13 Nilai Severity Dosis Klor	38
Tabel 4.14 Nilai Severity Pengecekan Kualitas Air Elevated Reservoir	39
Tabel 4.15 Nilai Severity Analisa Kualitas Air.....	40
Tabel 4.16 Nilai Severity Top Manajemen Produksi terkait Operasional Prosedur	41
Tabel 4.17 Nilai Severity Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	42
Tabel 4.18 Peringkat Severity Aspek Teknis	42
Tabel 4.19 Peringkat Severity Aspek Non-Teknis	43
Tabel 4.20 Penilaian Occurance	43
Tabel 4.21 Penilaian Occurance Intake	44
Tabel 4.22 Penilaian Occurance Ground Reservoir	44
Tabel 4.23 Penilaian Occurance Unit Disinfeksi.....	45
Tabel 4.24 Penilaian Occurance Elevated Reservoir.....	45
Tabel 4.25 Penilaian Occurance Perilaku Pekerja.....	46
Tabel 4.26 Penilaian Occurance Top Manajemen Produksi	46
Tabel 4.27 Penilaian Detection.....	47
Tabel 4.28 Penilaian Detection Intake.....	47
Tabel 4.29 Penilaian Detection Reservoir Distribusi	48
Tabel 4.30 Penilaian Detection Unit Disinfeksi	48
Tabel 4.31 Penilaian Detection Reservoir Distribusi	49
Tabel 4.32 Penilaian Detection Perilaku Pekerja	49
Tabel 4.33 Penilaian Detection Manajemen Produksi.....	50
Tabel 4.34 Hasil perhitungan Risk Priority Number (RPN)	51
Tabel 4.35 Titik Kendali Kritis Permasalahan Teknis	52
Tabel 4.36 Titik Kendali Kritis Permasalahan Non-Teknis	52
Tabel 4.37 Penentuan Batas Kritis Permasalahan Teknis	53
Tabel 4.38 Penentuan Batas Kritis Permasalahan Non-Teknis	53
Tabel 4.39 Penyusunan Sistem Pemantauan Pemasalahan Teknis dan Non-teknis.....	55
Tabel 4.40 Penyusunan Sistem Perbaikan Pemasalahan Teknis	59
Tabel 4.41 Penyusunan Sistem Perbaikan Pemasalahan Non-Teknis.....	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Alir pengolahan air PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun	8
Gambar 2.2 Contoh fishbone diagram.....	9
Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir	17
Gambar 3.2 Fishbone Diagram aspek Teknis.....	22
Gambar 3.3 Fishbone Diagram aspek non-Teknis	22
Gambar 4.1 Diagram Alir pengolahan air PDAM.....	25
Gambar 4.2 Fishbone Diagram Aspek Teknis	31
Gambar 4.3 Fishbone Diagram Aspek Non-Teknis	31

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Manusia memerlukan air sebagai kebutuhan utama penunjang kehidupan. Air digunakan untuk berbagai aktivitas sehari-hari seperti memasak, makan, minum, dan mandi, serta sarana dan prasarana seperti hidran umum, pembangkit listrik tenaga air, dll. Pemenuhan kebutuhan air bersih untuk masyarakat dilaksanakan oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Tugas pokok dari PDAM adalah menyediakan sarana air bersih sekaligus mengupayakan air yang diproduksi selanjutnya dapat dikonsumsi oleh masyarakat dan memenuhi persyaratan sebagai air bersih, tak terkecuali PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Pemenuhan kebutuhan air tidak hanya berkaitan dengan kuantitas namun juga kualitas. Konsumsi air setiap daerah tidak sama, hal ini disebabkan oleh ketersediaan air yang berbeda-beda sehingga mempengaruhi perilaku masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air rumah tangga (Cahyo dkk, 2016).

Masyarakat Kota Madiun sebagian besar menggunakan jasa PDAM untuk memenuhi kebutuhan air bersih. Untuk menjaga dan menjamin kualitas air produksi, diperlukan adanya pengawasan untuk menjamin kualitas air produksi (Widjaya, 2013). PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun melakukan pengawasan dan pemeriksaan kualitas air baik secara eksternal maupun internal. Hal ini didasarkan pada ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, bahwa air hasil produksi wajib memenuhi persyaratan fisika, biologis dan kimiawi yang dimuat dalam parameter wajib dan parameter tambahan sehingga aman bagi kesehatan.

Air baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun berasal dari air tanah yang dipompa pada beberapa titik yang tersebar di Kota Madiun. Pentingnya air bawah tanah karena potensinya yang diperkirakan 98% dari air tawar yang ada di permukaan bumi, sedangkan selebihnya berada di danau, sungai dan lain-lain (Hendrayana, 2002). Namun, pada umumnya, air tanah di perkotaan rawan tercemar. Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan setiap bulannya, air baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki kualitas yang berubah-ubah pada beberapa titik. Kualitas air tanah dipengaruhi oleh faktor alamiah dan faktor non alamiah. Faktor alamiah meliputi iklim (curah hujan), litologi (jenis tanah dan batuan), waktu (lamanya air tanah menempati batuan), dan faktor non alamiah meliputi aktivitas manusia (Priyana, 2008). Faktor non alamiah seperti aktivitas manusia juga tidak dapat diabaikan. Hal ini dikarenakan, kebutuhan akan air bersih setiap tahun terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk (Sasongko dkk, 2014), maka air yang dibuang juga semakin besar yang juga mempengaruhi kualitas air tanah. Air yang dibuang dapat berupa limbah domestik, pertanian, industri, yang lama-kelamaan akan meresap kedalam tanah.

Proses pengolahan dari air baku hingga menjadi air produksi di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun terbilang cukup sederhana. Mulai dari air yang dipompa dari sumur dalam, lalu ditampung pada *ground reservoir*, kemudian dilakukan proses desinfeksi, ditampung kembali pada *elevated reservoir* hingga akhirnya bisa didistribusikan pada konsumen. Unit pengolahan desinfeksi yang digunakan berupa klor sebagai pembunuh bakteri utama dalam air produksi. Kinerja unit pengolahan ini masih cukup efektif dan efisien. Namun, apabila penangannya kurang tepat, dapat menimbulkan sisa klor yang tersalurkan hingga ke konsumen dan berdampak negatif apabila berlebih. Selain itu, faktor-

faktor lain seperti kebocoran pipa, malfungsi dari pompa, dan sebagainya, dapat mempengaruhi kualitas air produksi yang diterima konsumen. Maka dari itu, untuk menjamin kualitas air yang dikonsumsi masyarakat, diperlukan standar pengelolaan yang baik sehingga dapat meminimalkan risiko yang terjadi dan menjamin kesehatan masyarakat. Salah satu metode pengendalian yang diakui adalah *Hazard Analysis and Critical Control Point* (HACCP).

Menurut Fithri (2011), HACCP (*hazard analysis critical control point*) merupakan suatu metode analisis untuk mendeteksi dan mengendalikan potensi bahaya yang timbul dari produk sehingga aman untuk dikonsumsi. Pengendalian kualitas air dengan HACCP, yaitu mengontrol setiap *Critical Control Point* atau titik kendali kritis (TKK) dalam sistem produksi air yang dapat berkontribusi pada kondisi bahaya. Dipilihnya metode HACCP dibanding metode pengendalian kualitas air lain karena penerapan sistem HACCP memerlukan analisa risiko terlebih dahulu menggunakan metode *fishbone diagram* yang merupakan metode untuk mempermudah dalam menemukan akar penyebab masalah (Suryani, 2018). Dan juga metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi potensi penyebab kegagalan beserta dampak dan akar permasalahannya (Ahn dkk, 2017). Metode ini juga mencakup penilaian non-teknis seperti sumber daya manusia, mulai dari perilaku pekerja hingga kebijakan Top Manajemen yang juga mempengaruhi proses produksi. Selain itu, beberapa keuntungan pokok atau manfaat penerapan HACCP adalah 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), serta dapat menghemat biaya produksi dan operasional, meningkatkan mutu produk dan mengurangi adanya cacat pada produk (Hilman & Ikatrinasari, 2014).

Pihak PDAM sebagai produsen air minum tentunya harus menerapkan suatu sistem untuk menjaga kualitas air produksinya. Oleh karena itu, diharapkan dengan adanya sistem manajemen HACCP ini dapat menjadi acuan bagi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun untuk mengontrol kualitas air produksi yang akan disalurkan pada masyarakat sehingga dapat meningkatkan kepercayaan konsumen. Selain itu, hasil evaluasi kinerja sistem pengolahan air produksi serta sumber daya manusia didalamnya berdasarkan penerapan HACCP ini, dapat dimanfaatkan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun untuk kebutuhan di masa mendatang.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana kinerja sistem pengolahan air dan sumber daya manusia pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun untuk menjamin kualitas air produksi secara keseluruhan?
2. Bagaimana penentuan potensi titik bahaya dalam sistem pengolahan air pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dengan menggunakan metode HACCP?

1.3 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah.

1. Mengevaluasi kinerja sistem pengolahan air dan sumber daya manusia untuk menjamin kualitas air produksi pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.
2. Menentukan potensi titik bahaya dalam sistem pengolahan air pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dengan menggunakan metode HACCP.

1.4 Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai bahan evaluasi dan rekomendasi terhadap kinerja sistem pengolahan air dan sumber daya manusia pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun untuk kebutuhan di masa sekarang maupun di masa mendatang.
2. Sebagai bahan acuan penerapan HACCP pada sistem pengolahan air minum untuk menjamin kualitas air pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sehingga kepercayaan konsumen meningkat.

1.5 Ruang Lingkup

1. Penelitian dilakukan di instalasi pengolahan air minum dan sumur pompa milik PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.
2. Penelitian difokuskan pada evaluasi kualitas air minum dari pengolahan air baku hingga produk akhir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.
3. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP).
4. Penerapan HACCP memerlukan *pre-requisites* yaitu metode *fishbone* dan metode *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA).
5. Rekomendasi perbaikan dan analisis risiko pada sistem produksi air minum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun
6. Aspek yang digunakan pada penelitian ini adalah aspek teknis dan sumber daya manusia.
7. Studi akan dilakukan selama enam bulan dimulai pada bulan Januari hingga Juni 2022.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Air Minum

Air merupakan kebutuhan vital makhluk hidup yang ada di muka bumi, tak terkecuali manusia. Manusia membutuhkan air untuk menopang hidup dan memenuhi kebutuhan sehari-hari. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, air minum adalah air yang melalui proses pengolahan atau tanpa proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Air minum harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan bakteriologis, fisika, kimia, dan radioaktif untuk menjaga kualitasnya sehingga tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat.

Menurut Ahmad *et al* (2020), proses pengolahan air dipilih dan diadopsi untuk memurnikan air untuk keperluan minum harus mematuhi standar kualitas air minum. Standar kualitas air minum harus dipenuhi PDAM sesuai dengan standar baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan RI Nomor 492/Menkes/Per/IV/2010 untuk meminimalkan risiko bahaya pada konsumen.

2.2 Parameter Kualitas Air Minum

Menurut Permenkes No 492 Tahun 2010 bahwa air minum yang aman bagi kesehatan apabila memenuhi persyaratan fisika, mikrobiologis, kimiawi dan radioaktif. Parameter mikrobiologi mengatur batas maksimum *E.coli* dan total bakteri koliform per 100 ml sampel. Menurut Indrawan dkk (2014) parameter Fisik yang harus dipenuhi, yaitu bau, warna, kekeruhan, rasa, TDS, dan TSS. Sedangkan parameter kimiawi adalah parameter yang bersangkutan dengan kandungan unsur atau zat kimia yang berbahaya bagi manusia, yang terdiri dari kimia organik dan anorganik.

Dalam Permenkes diatur mengenai parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib merupakan persyaratan yang wajib dipatuhi oleh seluruh penyelenggara air minum. Sedangkan parameter tambahan merupakan parameter yang ditetapkan sesuai dengan kondisi kualitas lingkungan daerah masing-masing. Parameter wajib dibagi menjadi dua, yaitu parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan. Parameter tambahan meliputi parameter kimiawi dan radioaktif. Tabel 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 100 ml Sampel	0
	Total Bakteri Coliform	Jumlah per 100 ml 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 ± 3
C	Parameter Kimiawi		
	Aluminium		0,2
	Besi	mg/L	0,3
	Kesadahan	mg/L	500
	Khlorida	mg/L	250
	Mangan	mg/L	0,4
	pH	mg/L	6.5-8.5
	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

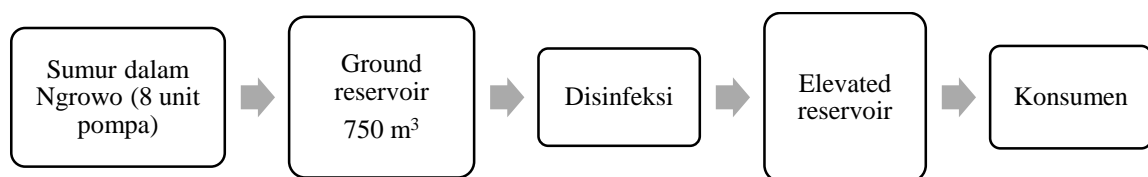
Jenis Parameter		Satuan	Kadar Maksimum Yang Di Perbolehkan
A	Bahan Anorganik		
	Air Raksa	mg/L	0,001
	Timbal	mg/L	0,01
	Nikel	mg/L	0,07
B	Bahan Organik		
	Zat Organik	mg/L	10
	Deterjen	mg/L	0,05
	Benzene	mg/L	0,01
C	Desinfektan		
	Chlorine	mg/L	5

Sumber: Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2010

2.4 Gambaran Umum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun

PDAM Tirta Taman Sari merupakan penyedia air minum yang melayani lebih dari 40.577 sambungan rumah berdasarkan data Madiun dalam Angka tahun 2021. Pelayanan air minum di Kota Madiun tidak semua didistribusikan dari pusat. Sebanyak 26 sumur dalam PDAM, tersebar menjadi 12 titik di seluruh Kota Madiun dan masing-masing memiliki *reservoir* sebagai tempat penampungan sementara untuk selanjutnya didistribusikan kepada pelanggan. Menurut Kusumawardani 2018, untuk optimasi penggunaan, *reservoir* harus diletakkan sedekat mungkin dengan pusat daerah pelayanan.

Salah satu titik yang menjadi objek kajian tugas akhir ini adalah di sumur dalam milik PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun di daerah Ngrowo. Diagram alir pengolahan air tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.1 Diagram Alir pengolahan air PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun

Debit air yang masuk dari sumur dalam sebesar 177,9 L/detik yang terbagi pada 8 unit pompa yang masing-masing memompa air dengan debit 28-32 L/detik. Jenis pompa yang digunakan pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun adalah *Electrcal Submersible Pump* yang merupakan pompa sentrifugal yang menggunakan arus listrik dari *transformer* disalurkan ke peralatan bawah permukaan melalui kabel listrik yang di klem pada tubing, dimana motor listrik akan mengubah arus listrik menjadi energi mekanik yang berputar pada kecepatan relatif konstan, kemudian memutar pompa (*Impeller*) melewati poros motor (*shaft*) yang disambungkan dengan bagian protector, kemudian energi kinetis fluida diubah menjadi energi potensial oleh *diffuser*, sehingga fluida tersebut akan dapat dihisap oleh *impeller* pada stage yang berikutnya. Proses ini berlangsung secara terus-menerus hingga stage terakhir, sehingga fluida akan dapat naik ke permukaan melalui tubing. Setiap tingkat (*stage*) yang digunakan akan sangat menentukan besarnya kapasitas produksi pemompaan (Sujomo, 1995).

Air yang dipompa dialirkan secara gravitasi menuju ground reservoir dengan volume 750 m³ untuk ditampung. Reservoir adalah tempat penyimpanan air untuk sementara sebelum didistribusikan kepada pelanggan atau konsumen. Menurut Kusumawardani dan Astuti (2018), reservoir berfungsi untuk menyeimbangkan debit pengaliran, mempertahankan tekanan, dan mengatasi keadaan darurat dalam sistem distribusi. Sistem pengolahan yang diterapkan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun relatif sederhana yaitu menggunakan desinfeksi chlor sebagai pembunuh bakteri utama dalam air produksi. Proses desinfeksi ini sendiri juga mampu menghambat pertumbuhan lendir didalam pipa, dengan daya desinfeksi tahan sampai beberapa jam setelah pembubuhan. Setelah itu air ditampung kembali di elevated reservoir, baru setelah itu di distribusikan ke pelanggan.

2.5 Metode *Pre-requisites*

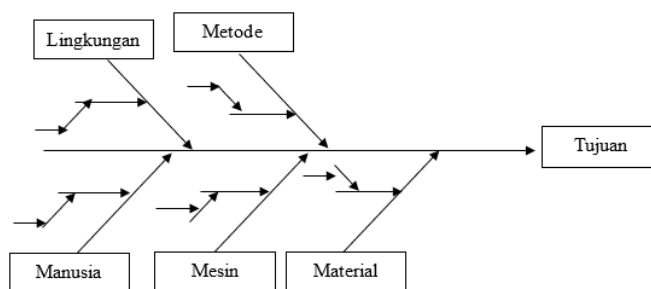
Metode *pre-requisites* merupakan persyaratan dasar untuk mendukung analisa risiko dan penyusunan titik kritis. Metode *pre-requisites* yang digunakan pada kajian ini adalah *fishbone analysis* dan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).

2.5.1 Metode Fishbone

Menurut Pujiastuti (2016), Diagram *fishbone* merupakan suatu *tools* untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Diagram Fishbone sering juga disebut dengan istilah Diagram Ishikawa. Menurut Vardeas (2016), *Fishbone Analysis* bertujuan untuk mengidentifikasi masalah-masalah terkait dalam kualitas produk yang dihasilkan untuk mengevaluasi faktor mana yang paling dominan pengaruhnya terhadap kualitas produk. *Fishbone analysis* digunakan untuk menyusun faktor-faktor kegagalan dan permasalahan yang mempengaruhi suatu masalah untuk mengidentifikasi efek, dan penyebab permasalahan (Utami dkk, 2016).

Berikut adalah prosedur penggunaan *fishbone diagram* :

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



Sumber: Atmaja dkk (2018)

Gambar 2.2 Contoh *fishbone diagram*

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

FMEA dapat menjadi prosedur pre-requisite sebelum dilakukan penerapan HACCP karena FMEA fokus pada identifikasi severity dan kegagalan yang paling kritis (Fitrianti, 2016). FMEA merupakan suatu mekanisme yang terstruktur dan tersistematis untuk mengidentifikasi bahaya dan melakukan pencegahan sebanyak mungkin suatu mode kegagalan (*failure mode*). Tujuan FMEA yaitu untuk mengidentifikasi dan menilai risiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan (Putra, 2018). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*). Secara umum, terdapat dua tipe FMEA, FMEA desain dan FMEA proses. Pada FMEA desain, pengamatan difokuskan pada desain produk. Sedangkan FMEA proses, pengamatan difokuskan pada kegiatan proses produksi (Puspitasari & Martanto, 2014).

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

1. Meriview dan mengidentifikasi 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*

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

<i>Effect</i>	<i>Severity of Effect for FMEA</i>	<i>Rating</i>
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 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 cukup ketidaknyamanan yang menonjol serta konsumsi biaya dan waktu yang besar.	6
Besar	Menyebabkan pengurangan performa dari fungsi utama atau <i>breakdown</i> 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
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)

➤ *Occurrence*

Occurrence adalah probabilitas munculnya penyebab atau mekanisme tertentu. Dengan kata lain, probabilitas pada *Occurrence* spesifik pada frekuensi kejadian kesalahan potensial (Muttaqin & Kusuma, 2018). Kriteria evaluasi dan sistem perangkat *occurrence* disajikan pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat Occurrence

Kemungkinan Kegagalan	Kriteria : Sumber penyebab	Kriteria : Sumber kegagalan	Rank
Sangat tinggi	Teknologi/ desain baru belum ada.	≥ 100 / seribu ≥ 1 dari 10	10
Tinggi	Kegagalan bisa dihindari dengan desain aplikasi baru, biaya dalam siklus operasi	50 / seribu 1 dari 20	9
	Kegagalan mungkin desain baru/ biaya proses operasi	20 / seribu 1 dari 50	8
	Kegagalan belum pasti desain baru/ biaya dalam pengoperasian	10 / seribu 1 dari 100	7
Sedang	Kegagalan dikaitkan desain sama/ dalam simulasi desain pengujian	2 / seribu 1 dari 500	6
	Kegagalan sesekali dikaitkan desain sama/ dalam simulasi desain pengujian	0.5 / seribu 1 dari 2000	5
	Kegagalan terisolasi dikaitkan dengan desain sama/ dalam simulasi desain pengujian	0.1 / seribu 1 dari 2000	4
Rendah	Hanya kegagalan yang terisolasi yang berhubungan dengan desain yang hampir sama atau dalam simulasi desain dan pengujian	0.01 / seribu 1 dari 100.000	3
	Terdapat kegagalan terkait dengan desain yang hampir sama atau dalam simulasi desain dan pengujian	≤ 0.001 / seribu 1 dari 1000000	2
Sangat rendah	Kegagalan dihilangkan melalui pencegahan	Gagal dihilangkan pencegahan	1

Sumber: (Carlson, 2004)

➤ *Detection*

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. Skala dari *detection* beserta keterangannya dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat *Detection*

Kemungkinan Mendeteksi	<i>Detection</i>	Ranking
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

Kemungkinan Mendeteksi	Detection	Ranking
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)

➤ *Risk Priority Number*

Menurut Puspitasari dkk (2014), *Risk Priority Number* (RPN) adalah nilai dari hasil perkalian *severity*, *occurrence*, dan *detection*. *Risk Priority Number* (RPN) membantu untuk mengetahui bahaya tertinggi dari kegiatan yang membutuhkan lebih banyak perhatian daripada kegiatan lainnya (Effendi & Arifin, 2015). Nilai RPN juga dapat digunakan untuk mengurutkan kegagalan yang potensial pada proses. Berikut adalah persamaan nilai RPN :

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

Nilai RPN yang tinggi akan membantu memberikan pertimbangan untuk tindakan korektif pada setiap *mode* kegagalan.

2.6 Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP)

Hazard Analysis Critical Control Point atau HACCP merupakan suatu jenis penerapan dari manajemen mutu yang bertujuan menghasilkan produk yang baik dan aman dari bahaya pangan, baik itu fisik, kimia, maupun biologi. Kemudian menurut Prasetyanto (2018), *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) merupakan suatu pendekatan ilmiah yang paling efektif dalam mengendalikan bahaya-bahaya mikrobiologis, kimia, dan fisik yang ada dalam rantai pangan. Sistem manajemen HACPP dinilai mampu memberikan jaminan keamanan pangan yang lebih baik ketimbang sistem pengawasan mutu konvensional. Sebagai salah satu sarana penilaian terhadap suatu bahaya, dalam penerapan HACCP juga menetapkan sistem pengendalian bahaya tersebut yang difokuskan pada pencegahan bahaya yang teridentifikasi, jadi tidak hanya mengandalkan sebagian besar pada pengujian terhadap produk akhir.

Menurut Trisnawati, (2008), 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. Kemudian menurut Sutrisno dkk (2013), Penerapan HACCP dapat diidentifikasi dengan kesesuaian antara penerapan di lapangan dengan prinsip Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4852-1998 tentang Sistem Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis HACCP. Pada BSN (1998) dijelaskan bahwa 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).

2.6.1 Prinsip HACCP

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

- a. Prinsip 1: Analisis bahaya dan pencegahannya
- b. Prinsip 2: Identifikasi Critical Control Points (CCP) di dalam proses
- c. Prinsip 3: Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP
- d. Prinsip 4: Menetapkan cara pemantauan CCP
- e. Prinsip 5: Menetapkan tindakan koreksi

Prinsip tersebut harus dilakukan secara berkesinambungan, artinya tidak berhenti 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:

- a. Poin pokok prinsip 1:

Prinsip pertama adalah menganalisis bahaya dan penetapan risiko, beserta cara pencegahan. Menurut Daulay (2014), analisis bahaya harus dilakukan pada semua aspek produk yang diproduksi, dari pemilihan bahan baku menghasilkan produk jadi. Analisis bahaya harus dilakukan secara sistematis dan terorganisasi. Identifikasi dilakukan untuk mengetahui bahaya yang mungkin timbul/terdapat pada bahan pangan, mulai dari pemanenan bahan mentah dan ingredien, pengolahan, distribusi, pengangkutan dan konsumsi pangan.

- b. Poin pokok prinsip 2:

Titik kendali kritis (*Critical Control Point*) diperlukan untuk mengenali titik-titik yang berpotensi untuk menimbulkan, menghilangkan atau mengurangi bahaya. Titik kendali kritis ditetapkan pada seluruh bagian, mulai dari tahap awal hingga konsumsi (Sudarmaji, 2015). Dalam penentuan titik critical control point, adalah dimulai dengan memastikan dan melihat signifikansi dari manual yang berisi tentang analisis bahaya dalam proses produksi (Prayitno & Tjiptaningdyah, 2018).

- c. Poin pokok prinsip 3:

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.

- d. Poin pokok prinsip 4:

Sistem pemantauan adalah tindakan pengamatan dan/atau pengukuran yang dilakukan untuk menilai CCP (Prayitno & Tjiptaningdyah, 2018). Kegiatan *monitoring* mencakup pemeriksaan apakah prosedur penanganan CCP dapat dikendalikan dengan baik, pengujian efektifitas prosedur penanganan dalam mengendalikan suatu CCP, pengamatan dan pengukuran ulang batas kritis untuk memastikan batas kritis masih dalam taraf aman (Daulay, 2014). Kegiatan

pemantauan harus bersifat kontinu dan mencantumkan frekuensi pemantauan. Pemantauan yang penting dilaksanakan adalah pengamatan, evaluasi, sensorik, pengujian fisik, kimia, maupun biologis (Sudarmaji, 2015).

e. Poin pokok prinsip 5:

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 Keunggulan Metode 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 & Ikatrinasari, 2014)

2.7 Penelitian Terdahulu

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

1. **Kajian Produksi Air Minum di IPAM Karang Pilang III dengan Metode HACCP** yang ditulis oleh Meralda Rose Dewi (2019). Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

Kegiatan proses produksi air minum di IPAM Karangpilang III yang sering ditemui kendala seperti penurunan kualitas air baku, kerusakan unit pengolahan, dan juga faktor-faktor risiko lain yang mengancam proses produksi. Maka mengacu pada permasalahan tersebut maka manajemen mutu kualitas air sangat penting dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan Kualitas Air Minum Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010. Penelitian ini menggunakan HACCP dan FMEA untuk menganalisa bahaya, penentuan titik kritis dan penetapan batas titik kritis, penerapan sistem pemantauan, dan penetapan tindak koreksi untuk melihat seluruh proses produksi, dari awal proses hingga produk akhir. Analisis dan evaluasi kondisi eksisting pada IPAM Karangpilang III menghasilkan informasi bahwa sumber risiko

terbesar yang mempengaruhi kualitas hasil produksi terdapat pada operasional masing-masing unit pengolahan dan fluktuasi debit yang masuk.

2. **Kajian Kualitas Air Produksi di PDAM X Dengan Metode Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) dan Kualitas Air Produksi Yang Diterima Pelanggan Dengan Metode Extended Producer Responsibility (EPR)** yang ditulis oleh Wahyu Prayuda (2021). Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

Evaluasi kondisi eksisting PDAM X yang dikaji menggunakan metode HACCP adalah kualitas air produksi masih belum memenuhi baku mutu air minum Permenkes Nomor 492 Tahun 2010. Penelitian ini mengidentifikasi risiko kegagalan dengan menggunakan metode Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) serta metode Extended Producer Responsibility (EPR) untuk membandingkan kualitas air minum produksi PDAM dengan air yang diterima oleh konsumen. Seluruh tahapan produksi dievaluasi dengan menggunakan metode HACCP. Tahapan analisa bahaya menggunakan metode Fishbone dan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) untuk memudahkan penentuan risiko dan bahaya. Penelitian dengan metode HACCP ditinjau berdasarkan data hasil uji laboratorium sampel air PDAM dan observasi kondisi eksisting unit pengolahan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

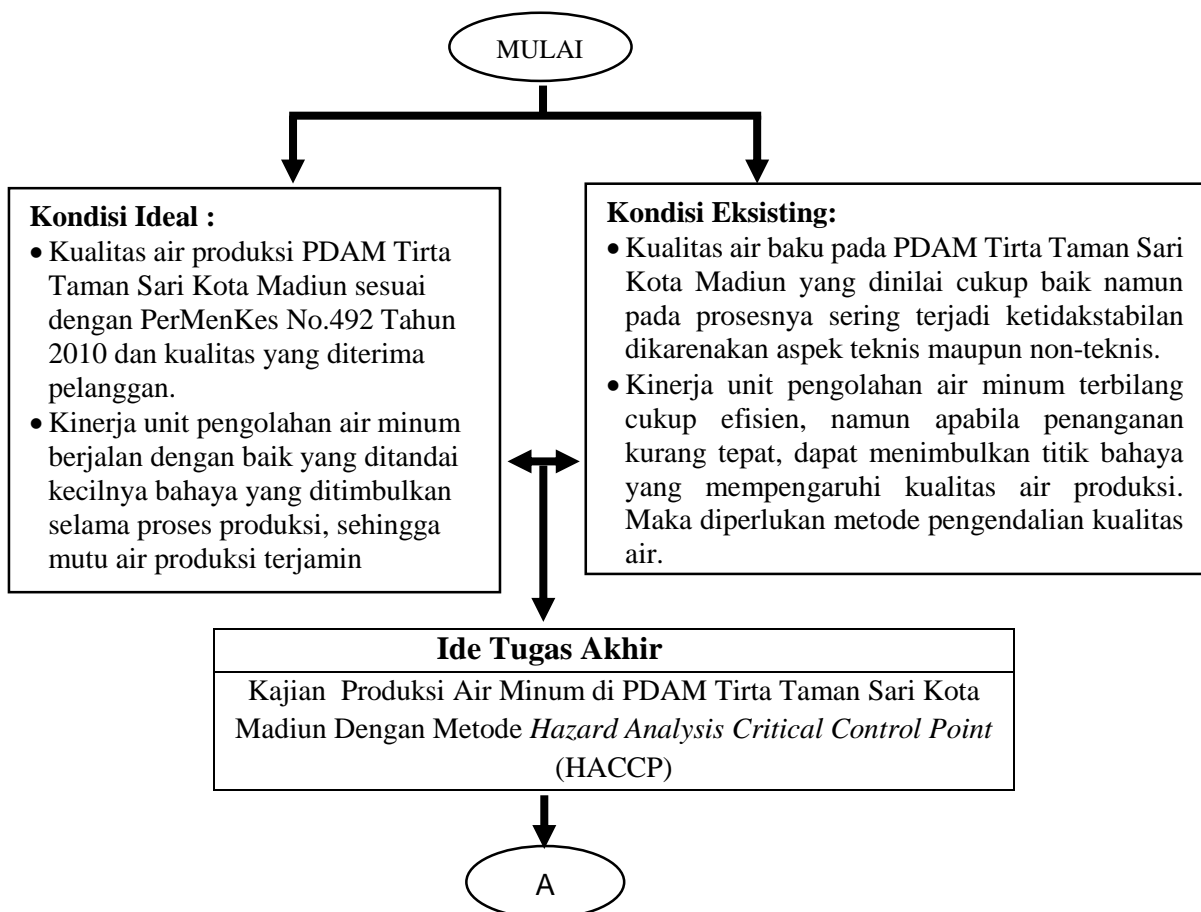
3.1 Deskripsi Umum

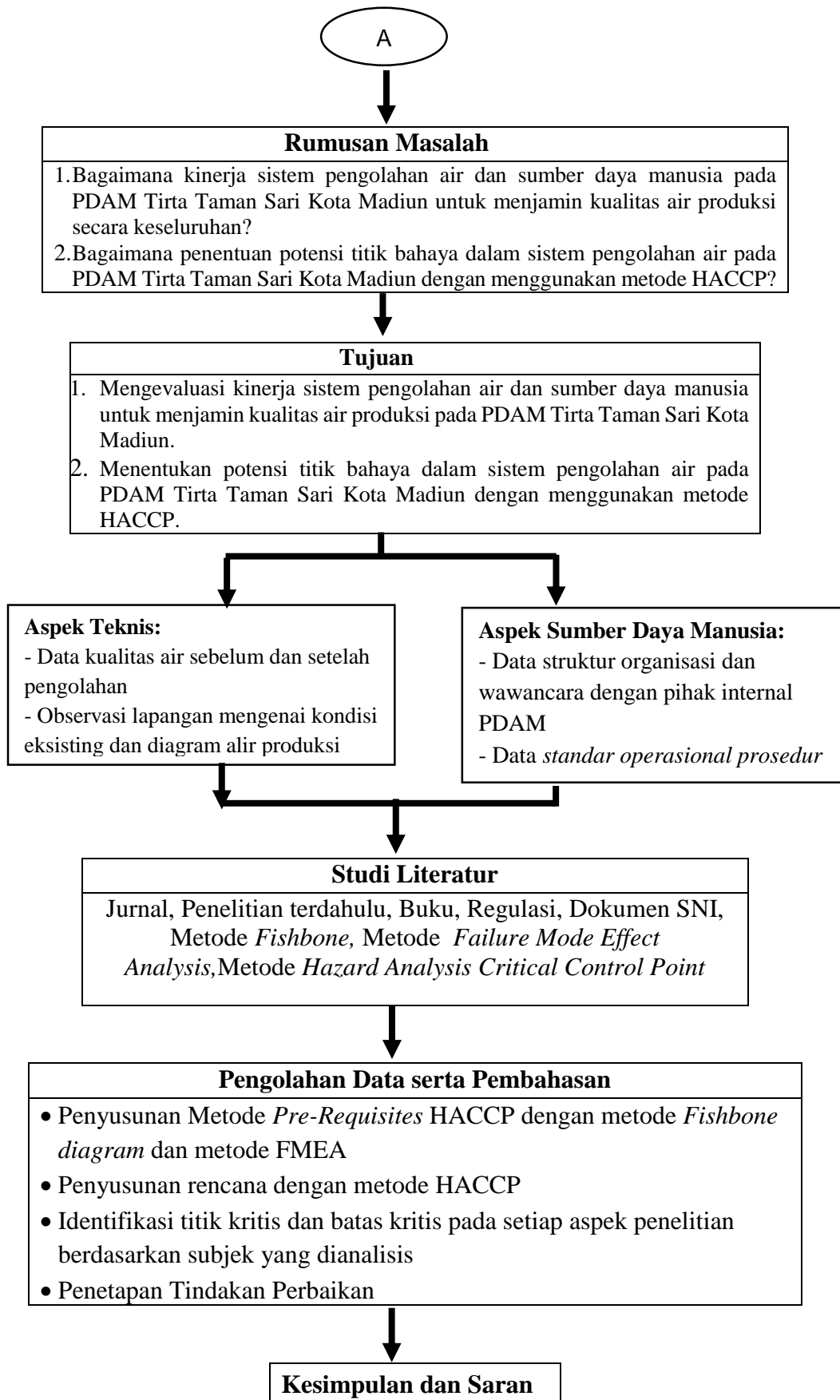
Kajian yang dilakukan terkait dengan analisis risiko pada proses produksi air minum dengan metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP), bertujuan untuk mengidentifikasi potensi titik kritis (bahaya) HACCP pada sistem produksi air minum PDAM Taman Tirta Sari Kota Madiun. Studi yang dilakukan meliputi studi kepustakaan dari berbagai literatur, jurnal, dan artikel. Selain itu dilakukan pula studi lapangan untuk memperoleh kondisi eksisting kinerja melalui serangkaian kuesioner dan wawancara. Berdasarkan kondisi eksisting, unit produksi yang diamati adalah kinerja unit pompa, desinfeksi, dan reservoir.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan kerangka acuan yang berisi rangkaian pokok kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian, dapat mempermudah proses pengerjaan penelitian agar konsisten dengan tujuan dan rumusan yang telah direncanakan (Gambar 3.1). Berikut fungsi dari kerangka penelitian :

1. Memperoleh tahapan-tahapan yang harus dilakukan dalam penelitian
2. Sebagai pedoman awal penelitian dan memudahkan pembaca dalam memahami mengenai penelitian yang akan dilakukan
3. Memperoleh hal-hal yang berkaitan dengan penelitian agar tujuan penelitian tercapai





Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Tugas Akhir

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berisi tentang langkah-langkah yang dilakukan saat penelitian. Tahapan penelitian meliputi ide studi, perizinan, studi literatur, pengumpulan data, analisa kondisi eksisting, penyusunan rencana HACCP, penyusunan laporan, serta kesimpulan dan saran. Tujuan dari pembuatan tahapan penelitian adalah untuk memudahkan pemahaman dan penjelasan melalui deskripsi setiap tahapan penelitian.

3.3.1 Ide Penelitian

Ide tugas akhir ini adalah Kajian Produksi Air Minum Di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun Dengan Metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP). Ide penelitian ini berawal dari kondisi di lapangan dan juga berbagai literatur mengenai pengurangan risiko kegagalan pada kualitas produksi air minum. Kondisi air baku PDAM berasal dari air tanah di daerah perkotaan yang kualitasnya dipengaruhi oleh faktor alamiah dan faktor non-alamiah. Kondisi tersebut akan mempengaruhi kualitas air yang diproduksi apabila kurang adanya pengawasan serta pengendalian kualitas produk air minum yang diproduksi PDAM. Sehingga diperlukan evaluasi untuk dapat mengidentifikasi analisa risiko pada sistem produksi air minum, selanjutnya dapat ditentukan titik-titik kendali kritis dan batas kritis, lalu menetapkan tindakan perbaikan atau pengendalian risiko jika hasil pemantauan menunjukkan suatu titik kendali kritis tertentu yang ternyata lepas kendali. Kajian studi juga diperlukan untuk memberikan informasi risiko yang dapat segera diatasi, edukasi untuk Sumber Daya Manusia (SDM) PDAM bagian produksi mengenai upaya pemantauan dan pengendalian kualitas produk, sehingga kepercayaan masyarakat dalam meningkat dalam hal produksi dan sumber daya manusia PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

3.3.2 Perizinan

Perizinan diperlukan untuk mendapatkan data kondisi aktual dengan pembuatan proposal beserta surat pengantar dari Departemen Teknik Lingkungan FTSPK ITS dan juga surat rekomendasi dari Badan Kesatuan Bangsa dan Politik (Bakesbangpol) pada Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Taman Sari Kota Madiun.

3.3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan data pustaka yang berkaitan dengan penelitian sehingga dapat memperluas dasar teori. Dasar teori tersebut disadur dari jurnal, buku, artikel, peraturan perundang-undangan, dokumen SNI, SOP perusahaan, serta tugas akhir terdahulu yang berhubungan dengan topik ini. Studi literatur yang disadur pada penelitian ini meliputi definisi air minum, parameter kualitas air minum, proses pengolahan air minum, gambaran umum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, penjelasan metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) beserta metode *pre-requisites*.

3.3.4 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan sebagai acuan atau landasan yang digunakan dalam penentuan parameter sesuai dengan topik. Data yang dikumpulkan yaitu data dari aspek teknis dan aspek sumber daya manusia.

➤ Aspek Teknis

Hasil analisis laboratorium kualitas air pengolahan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, menggunakan data sekunder yang dilakukan setiap bulannya oleh pihak PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Data hasil analisis meliputi kualitas air sebelum pengolahan yang merupakan karakteristik awal air, dan setelah pengolahan yang merupakan air hasil produksi yang dibutuhkan untuk identifikasi serta analisa risiko pada kualitas air produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Diagram alir tahap pengolahan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun juga diperlukan untuk analisa bahaya yang mungkin muncul pada proses pengolahan.

Parameter kualitas air yang dibutuhkan pada tugas akhir ini yaitu pengukuran dengan parameter fisik yaitu kekeruhan dan TDS. Pengukuran kualitas kimia dengan parameter pH, sisa klor, dan zat organik. Pengukuran kualitas biologi dengan parameter *E.Coli*. 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 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 Cl₂ (sisa klor)

Analisis parameter Cl₂ 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 permanganatnya (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 SNI 3553: 2015.

Hasil analisa laboratorium berupa data sekunder yang didapatkan dari bagian kualitas air PDAM Tirta Taman Sari, yang kemudian akan dibandingkan dengan baku mutu sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang

Persyaratan Kualitas Air Minum. Selanjutnya hasil analisa laboratorium digunakan untuk mengevaluasi kinerja unit pengolahan. Dari hasil analisis didapatkan data mengenai parameter kualitas air pada PDAM Tirta Taman sari Kota Madiun untuk kemudian dilakukan pengolahan data sesuai dengan yang dirumuskan.

➤ **Aspek Sumber Daya Manusia**

Wawancara mengenai proses produksi air minum dengan pihak internal PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun atau *expert judgement* seperti dengan Ketua Bagian Produksi, Sub Bagian Sumber Air dan Perpompaan, Sub Bagian Kualitas Air, dan Sub Bagian Perbengkelan, serta Operator yang bertugas mengenai pembagian kerja maupun kinerja masing-masing bidang selama proses produksi dan distribusi. Oleh karena itu, diperlukan data sekunder yang memuat struktur organisasi yang dibutuhkan sebagai data penunjang dalam perencanaan HACCP. Data ini didapatkan dari inventaris internal PDAM Tirta Taman sari Kota Madiun. Serta membagikan kuesioner berisi pertanyaan-pertanyaan terkait kinerja dan operasional unit PDAM, didukung dengan data sekunder mengenai *Standard Operation Procedure (SOP)* yang berlaku di PDAM Tirta Taman sari Kota Madiun. Setelah didapatkan data-data yang menunjang sumber daya manusia dan lingkungan dari kajian metode ini maka dapat dilakukan pengolahan data.

3.4.5 Penyusunan Metode *Pre-requisites*

Metode *pre-requisites* yang digunakan untuk menganalisa risiko kali ini adalah metode *fishbone* dan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*). Metode *fishbone* akan memberikan hasil yang spesifik dan detail dari seluruh kemungkinan yang dapat menyebabkan bahaya. Sedangkan penggunaan metode FMEA akan menunjukkan titik kendali kritis pada sistem produksi. Metode *pre-requisites* merupakan metode yang dapat menunjang penyusunan analisa risiko, yaitu yang terdapat pada prinsip pertama metode HACCP.

1. Analisis Bahaya

Cakupan analisis risiko 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 risiko munculnya bahaya.
- Perlakuan, yaitu perlakuan dari sumber daya manusia yang melaksanakan maupun mengawasi jalannya proses produksi.

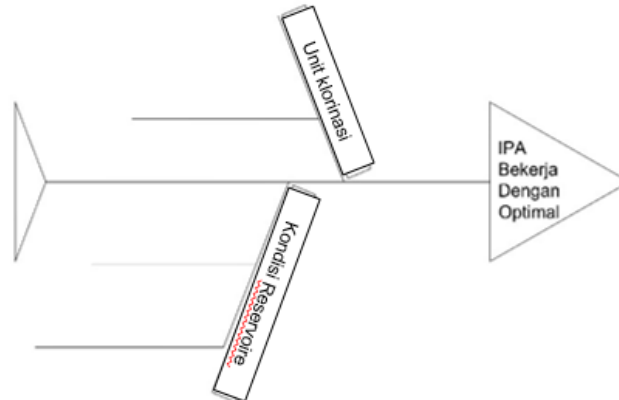
2. Identifikasi Titik Kendali Kritis (*Critical Control Point*)

Penetapan Titik Kendali Kritis dilakukan pada masing-masing tahap proses untuk bahaya biologis, kimia, fisik maupun teknisnya. 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.

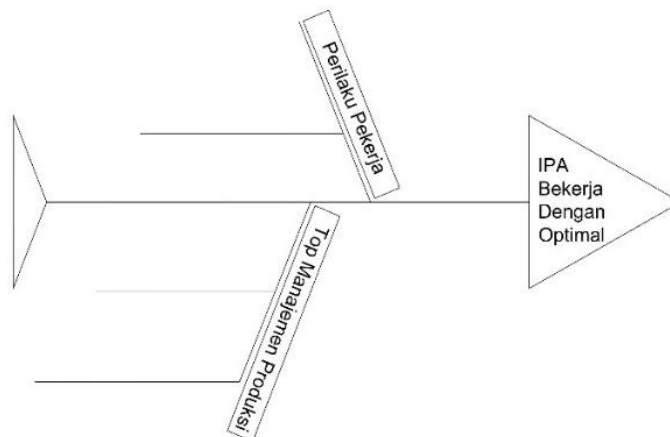
Aspek yang diidentifikasi dalam *fishbone* analisis penelitian ini adalah:

- a. Sumber daya manusia yang meliputi perilaku pekerja misal pada bagian produksi dalam menjalankan operasional PDAM. Selain itu diperlukan upaya top manajemen produksi mengenai operasional PDAM sesuai peraturan yang berlaku.
- b. Teknis: Mengenai kondisi kualitas air baku yang akan diolah, teknologi pengolahan air yang digunakan, dan kondisi eksisting unit pengolahan air.

Contoh *fishbone analysis* yang akan diterapkan pada analisis kegagalan PDAM Tirta Taman sari Kota Madiun ditampilkan pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 *Fishbone Diagram* aspek Teknis



Gambar 3.3 *Fishbone Diagram* aspek non-Teknis

Selanjutnya dilakukan analisis dengan metode FMEA. Dari analisis bahaya berdasarkan FMEA. Jenis kegagalan yang memiliki pengaruh signifikan dan berisiko tinggi saja yang termasuk sebagai titik kenali 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.

3.4.6 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 PDAM Tirta Taman

Sari Kota Madiun. Penyusunan rencana HACCP dapat dilakukan jika mengikuti 5 prinsip penting. Berikut adalah tahapan penyusunan HACCP:

1. 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 yang membedakan antara aman dan adanya kemungkinan tidak aman pada proses pengolahan. Penetapan batas kritis berdasarkan perundangan, standar keamanan, dan nilai-nilai yang telah diuji secara ilmiah.

2. Penyusunan Sistem Pemantauan untuk setiap Titik Kendali Kritis

Untuk memastikan bahwa titik kendali kritis dapat dikendalikan atau diperbaiki sebelum terjadi penyimpangan (bahaya pada titik kendali kritis). Jenis-jenis pemantauan yang penting untuk dilaksanakan adalah pengamatan, evaluasi, pengukuran sifat fisik, pengujian kualitas berdasarkan parameter fisik, kimia dan biologi.

3. Penetapan Tindakan Perbaikan

Tindakan perbaikan 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* sebagai penanggungjawab terhadap proses produksi yang memahami alur ataupun proses produksi air minum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

3.4 Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir yaitu penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan dibuat untuk menjawab tujuan dari kajian yang dilakukan. Sedangkan saran ditujukan untuk memberi petunjuk dan pengembangan terhadap penelitian atau kajian sejenis yang mungkin akan dilakukan. Saran yang diberikan merupakan bentuk rekomendasi untuk menyempurnakan tulisan ini.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

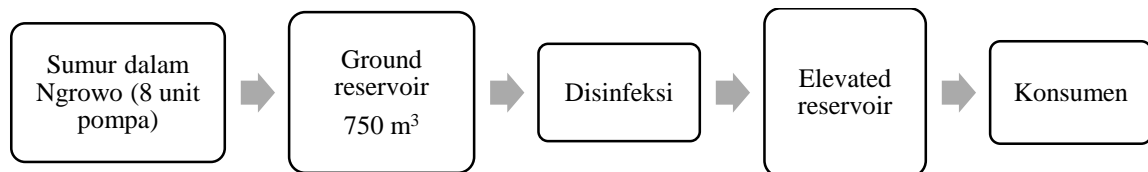
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Eksisting dan Evaluasi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun

Perusahaan Daerah Air Minum Tirta Taman Sari Kota Madiun mengolah air baku yang berasal dari sumur dalam. Salah satu titik yang menjadi objek penelitian adalah di daerah Ngrowo, kota Madiun. Pada sumur dalam ini, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun menggunakan *Electrical Submersible Pump* yang berjumlah 8 unit yang dipasang secara paralel dengan masing-masing debit 28-32 L/detik untuk memompa air dari tanah. Selanjutnya melalui pipa, air dialirkan secara gravitasi menuju *ground reservoir* dengan volume 750 m³ untuk ditampung sementara.

Sistem pengolahan yang diterapkan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun relatif sederhana yaitu menggunakan desinfeksi klor sebagai pembunuh bakteri utama dalam air produksi. Klor ini sendiri juga mampu menghambat pertumbuhan lendir didalam pipa, dengan daya desinfeksi tahan sampai beberapa jam setelah pembubuhan. Setelah itu air ditampung kembali di *elevated reservoir*, baru setelah itu di distribusikan ke pelanggan.

Diagram alir pengolahan air PDAM pada salah satu titik daerah Ngrowo, Madiun ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 4.1 Diagram Alir pengolahan air PDAM

Kondisi eksisting dan evaluasi pada masing-masing unit yaitu:

➤ Pompa intake

Air baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun diambil dari sumur dalam dengan menggunakan *Electrical submersible pump* yang dipasang secara paralel. Salah satu jenis pompa sentrifugal ini menggunakan arus listrik dari *transformer* disalurkan ke perangkat dasar permukaan melalui kabel listrik. Proses pemompaan dilakukan dengan 8 unit pompa yang beroperasi secara bergantian dan berlangsung secara terus-menerus selama 24 jam. Dalam proses pengolahan, diperlukan pemeriksaan kualitas air baku yang dapat diperiksa melalui kran air yang dapat mengalirkan air baku menuju unit pengolahan. Pada pipa saluran instalasi terdapat *watermeter* untuk memeriksa debit eksisting air yang dipompa yang juga menunjukkan informasi nilai tekanan air. Sejumlah pipa yang digunakan dalam penyaluran air dari pompa menuju *ground reservoir*, sudah memiliki umur yang cukup tua dan rentan mengalami keborocan, namun Kepala Bagian Produksi menilai hal ini tidak memberikan dampak yang berarti dalam kualitas produksi dikarenakan frekuensi terjadinya yang rendah dan mudahnya dalam hal penanganan.

➤ Unit Reservoir

Reservoir yang digunakan dalam unit pengolahan PDAM Tirta Taman Sari adalah *ground reservoir* dengan kapasitas 750 m³ dan juga *elevated reservoir* atau menara air. Fungsi utama dari *ground reservoir* disini adalah untuk menyeimbangkan antara debit air

yang masuk dengan debit air yang akan diolah. Karena debit air produksi tidak selalu dapat diolah dalam waktu yang bersamaan. Sehingga pada saat jumlah air yang masuk lebih besar daripada jumlah air yang akan diolah, maka kelebihan air tersebut untuk sementara disimpan dalam *ground reservoir*, dan digunakan kembali untuk memenuhi kekurangan air pada saat pengolahan air produksi. Begitu juga dengan *elevated reservoir* yang berfungsi untuk menyeimbangkan antara debit air setelah pengolahan dengan debit air yang akan didistribusikan ke pelanggan.

➤ Unit Disinfeksi

Disinfektan yang sering digunakan oleh pihak PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dan juga operator adalah klor. Kontak dengan disinfektan terjadi pada pipa saluran dari *ground reservoir* menuju *elevated reservoir*. Pembubuhan dilakukan dengan *dosing pump* dari ruang pengenceran menuju saluran air bersih secara kontinu. Pelaksanaan disinfeksi dilakukan oleh operator yang bertugas pada bagian produksi. Dosis pembubuhan klor yang dilakukan oleh operator relatif berlebih dengan massa yang tidak konsisten. Adanya permasalahan mengenai pelaksanaan klorinasi yang selalu menyisakan sisa klor berdasarkan hasil uji pada reservoir menyebabkan terjadi kemungkinan tidak memenuhinya persyaratan kualitas air produksi.

Perencanaan sumber daya manusia pada PDAM Taman Sari Kota Madiun telah sesuai dengan Peraturan Daerah Kota Madiun nomor 10 tahun 2011 tentang Perusahaan Daerah Air Minum serta Peraturan Menteri Dalam Negeri nomor 2 Tahun 2007 tentang Organ dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum. Total keseluruhan sumber daya manusia atau tenaga kerja pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun berjumlah 150 orang. Pada penelitian ini, lingkup observasi ada pada bagian teknis, sehingga struktur organisasi yang dipaparkan dimulai dari Direktur Teknik yang dikepalai langsung oleh Direktur Utama. Direktur Teknik mempunyai tugas menyelenggarakan pengelolaan dan pengendalian kegiatan di bagian Perencanaan Teknik, Bagian Produksi dan Bagian Distribusi. Tugas Direktur Teknik antara lain merumuskan perencanaan dan mengendalikan program maupun proyek yang ditangani perusahaan, serta bertanggung jawab menyusun laporan pelaksanaan tugas dan evaluasi sesuai dengan bidangnya. Bagian Produksi mempunyai tugas menyelenggarakan dan mengendalikan penyediaan air bersih sesuai yang dibutuhkan meliputi aspek kualitas, kuantitas dan kontinuitas. Ketua Bagian Produksi membawahi tiga Sub Bagian, yaitu Sub Bagian Sumber Air dan Perpompaan, Sub Bagian Kualitas Air, dan Sub Bagian Perbengkelan.

Sub Bagian Sumber Air dan Perpompaan mempunyai tugas menyediakan dan mengendalikan suplai air ke jaringan distribusi sesuai yang dibutuhkan meliputi aspek kualitas kuantitas dan kontinuitas. Sub Bagian Kualitas Air mempunyai tugas memberikan rekomendasi pembubuhan bahan kimia dan melaksanakan monitoring kualitas air baik pada sumber, jaringan distribusi maupun pelanggan. Sub Bagian Perbengkelan mempunyai tugas melaksanakan perbaikan mesin-mesin dan peralatan lain sesuai dengan permintaan. Masing-masing sub-bagian memiliki sejumlah sumber daya manusia yang bertindak sebagai operator. Operator memiliki tugas yang berbeda berdasarkan atas unit yang dikontrol serta memiliki dasar ilmu tertentu yang berasal dari pelatihan dan pengalaman. Rata-rata pendidikan terakhir tenaga kerja PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun baik bidang manajerial maupun non-manajerial adalah Sarjana dan SMK/SMA sederajat.

Program pelatihan dan pengembangan pada sumber daya manusia PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun diselenggarakan setidaknya sekali atau dua kali selama satu

tahun. Program pertama adalah pelatihan dan pengembangan yang bersifat rutin terdiri dari motivasi dan *outbound* yang wajib diikuti oleh semua karyawan. Program kedua adalah pelatihan dan pengembangan yang dilakukan berdasarkan kebutuhan masing-masing bagian yang dibiayai khusus oleh perusahaan. Pelatihan dan pengembangan meliputi baik tenaga kerja manajerial maupun non-manajerial sesuai dengan kebutuhan, tugas, dan bidang. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun pernah melaksanakan pelatihan mengenai manajemen kualitas air seperti yang tertulis pada SNI 01-4852-1998 sebagai upaya untuk meningkatkan keamanan produk konsumsi, namun untuk frekuensinya dilakukan sesuai kebutuhan, misalnya dalam orientasi tenaga kerja baru maupun permintaan dari manajemen.

PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki Standar Operasional Prosedur (SOP), Instruksi kerja dan Petunjuk Pelaksanaan pada PDAM sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum. Meskipun dalam penerapannya beberapa kali tidak sepenuhnya mematuhi prosedur yang ada, hal itu bisa dikarenakan oleh beberapa faktor, diantaranya situasi, kondisi, dan keberadaan tenaga kerja yang tersedia pada saat itu. Namun dalam hal pengawasan yang dilakukan oleh internal maupun oleh Pemerintah Daerah, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki predikat 'baik' dan jarang sekali terjadi kecelakaan kerja dalam sistem produksinya.

4.2 Karakteristik Kualitas Air Baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun

Analisis mengenai kualitas air pengolahan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dilakukan oleh Sub Bagian Kualitas Air. Pengujian fisik seperti suhu dan pH dilakukan secara berkala di lokasi pengambilan sampel (*in-situ*), sedangkan pengujian laboratorium yaitu untuk parameter fisika dan kimia, dan biologi dilaksanakan secara *ex-situ* di Laboratorium PDAM Lawu Tirta Magetan, hal ini dikarenakan laboratorium internal PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki kekurangan dalam hal inventaris unit laboratorium khususnya untuk analisa parameter kimia.

Menurut Permenkes Republik Indonesia No. 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air, yang dimaksud dengan air bersih adalah air yang jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan tidak mengandung mineral/kuman yang membahayakan tubuh. Berdasarkan Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri terdapat pengertian mengenai air bersih yaitu air yang dipergunakan untuk keperluan sehari-hari dan kualitasnya memenuhi persyaratan kesehatan air bersih sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku dan dapat diminum apabila dimasak.

Penulis menggunakan data sekunder untuk mendapatkan hasil analisis laboratorium, adapun parameter uji yang dianalisa dalam penelitian ini adalah parameter fisik yaitu kekeruhan dan TDS. Parameter kimia dengan parameter pH, Permanganat, Kesadahan, Zat organik, dan Sisa klor. Serta parameter biologi dengan parameter E.Coli. Data hasil analisis meliputi kualitas air sebelum pengolahan atau air baku yang merupakan karakteristik awal air, dan setelah pengolahan yang merupakan air hasil produksi. Dari hasil analisis didapatkan data mengenai parameter kualitas air yang dibutuhkan untuk identifikasi serta analisa risiko pada air produksi pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

Tabel 4.1 Hasil Uji Kualitas Air Baku di Laboratorium

Parameter	Tanggal				Baku Mutu	Keterangan
	3-Feb-2022	3-Mar-2022	31-Mar-2022	28-Apr-2022		
TDS (mg/L)	52	20	75	82	1500	Memenuhi
Kekeruhan (NTU)	1,13	1,29	0,82	0,21	5	Memenuhi
Nilai Permanganat (mg/L)	0,21	0,06	0,16	0,21	0,5	Memenuhi
Kesadahan (mg/L)	70,2	83	69,1	80	500	Memenuhi
pH	6,8	6,9	6,4	7,1	6,5-9,0	Memenuhi
Zat Organik	3,56	4,91	4,5	3,41	10	Memenuhi
E. Coli (MPN/ per 100 mL)	0	0	0	0	0	Memenuhi

Sumber: Hasil uji laboratorium, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun 2022

Tabel 4.2 Hasil Uji Kualitas Air Produksi di Laboratorium

Parameter	Tanggal				Baku Mutu	Keterangan
	3-Feb-2022	3-Mar-2022	31-Mar-2022	28-Apr-2022		
TDS (mg/L)	52	20	75	80	500	Memenuhi
Kekeruhan (NTU)	1	1,2	0,7	0,21	5	Memenuhi
Nilai Permanganat (mg/L)	0,2	0,1	0,2	0,2	0,4	Memenuhi
Kesadahan (mg/L)	70,2	83	69,1	80	500	Memenuhi
Chlorine	0,6	0,3	2,2	0,5	5	Memenuhi
pH	7	7,3	6,6	7,1	6,5-9,0	Memenuhi
Zat Organik	3,5	4,5	4,5	3,21	10	Memenuhi
E. Coli (MPN/ per 100 mL)	0	0	0	0	0	Memenuhi

Sumber: Hasil uji laboratorium, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun 2022

Analisis sisa klor dilakukan untuk mengetahui kandungan hasil sisa proses desinfeksi dalam air yang berguna untuk menghilangkan bakteri-bakteri patogen (Fitrianti, 2016). Sisa klor air produksi pada reservoir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun bernilai cukup tinggi pada pengujian tanggal 31 Maret 2022. Hal ini dikarenakan proses desinfeksi yang dilakukan dan membuat air produksi mengandung klor. Menurut Permenkes Nomor 492 Tahun 2010, baku mutu sisa klor adalah 5 mg/L.

Kemudian, *Escherichia coli* merupakan bakteri kelompok Coliform sebagai indikator adanya kontaminasi tinja dan air tersebut tidak aman untuk dikonsumsi. Analisis *E.coli* dilakukan dengan metode fermentasi multi tabung berdasarkan Standard Methods. Hasil yang diperoleh dari uji tersebut adalah air olahan dan air produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun telah memenuhi baku mutu Permenkes Nomor 492 Tahun 2010 yaitu 0/100 ml sampel. Kualitas air baku yang telah memenuhi persyaratan sebagai air bersih, menyebabkan rendahnya bakteri *E.coli* yang masuk pada pengolahan air PDAM Tirta

Taman Sari Kota Madiun. Meski pada penelitian ini tidak terdeteksi bakteri tersebut, ada kalanya E.coli terdeteksi masuk dalam unit pengolahan dan apabila tidak dilakukan *pre-clorinasi* dan *post-clorinasi*, kandungan dapat bernilai E.coli cukup tinggi.

4.3 Identifikasi Risiko dan Bahaya Penyebab Kegagalan

Langkah awal dalam metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) adalah penerapan prinsip pertama yaitu analisis bahaya yang mungkin muncul pada proses produksi. Jenis-jenis bahaya dapat berasal dari aspek teknis maupun sumberdaya manusia yang dapat menyebabkan kegagalan proses dan mempengaruhi kualitas hasil produksi. Diperlukan observasi pada kondisi eksisting untuk menganalisa risiko dan mengidentifikasi bahaya, hingga kemudian dilakukan metode *pre-requisite* menggunakan metode *Fishbone Diagram* dan *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA) untuk penentuan prioritas bahaya.

4.3.1 Analisis Diagram *Fishbone*

Menurut Suryani (2018), *Fishbone analysis* atau biasa yang disebut dengan *fishbone diagram* adalah sebuah metode yang dapat memudahkan dalam menemukan akar penyebab masalah. *Fishbone analysis* adalah metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan dan dampak yang diberikan pada proses produksi air. *Fishbone analysis* dapat digunakan untuk menyusun faktor-faktor kegagalan yang ditinjau dari permasalahan yang diidentifikasi. Dari metode ini akan diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk diambil kesimpulan, sehingga upaya pencegahan kegagalan dapat dirumuskan.

Pada metode *fishbone analysis* ini, data yang digunakan didasarkan pada kuisisioner maupun wawancara yang dilakukan oleh penulis kepada tenaga kerja bagian produksi. Lembar kuisisioner yang akan digunakan untuk wawancara dibagi menjadi 2, yakni lembar kuisisioner bagian teknis dan bagian sumber daya manusia. Lampiran lembar kuisisioner dapat dilihat pada lampiran I dan II. Selain itu juga diperlukan observasi terhadap kondisi eksisting PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun yang kemudian dibuat daftar permasalahan untuk selanjutnya dapat dianalisis.

Aspek yang diidentifikasi dalam *fishbone analysis* pada penelitian ini adalah:

- a. Aspek teknis: Mengenai kondisi kualitas air baku yang diolah, kondisi eksisting unit pengolahan air, serta proses pengolahan air produksi.
- b. Aspek non teknis: Meliputi sumber daya manusia yaitu Tenaga Kerja. Perilaku pekerja khususnya dalam bagian produksi yang menjalankan operasional instalasi pengolahan air. Selain itu, Top Manajemen Produksi yang membuat kebijakan mengenai operasional instalasi pengolahan air sesuai peraturan yang berlaku dan upaya manajemen dalam meningkatkan kemampuan pekerja.

Diagram *fishbone* kemudian disusun berdasarkan data sekunder hasil analisis laboratorium yang dilakukan pihak PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dan hasil kuisisioner mengenai evaluasi kinerja unit pengolahan kepada *profesional judgement* yaitu Kepala Bagian Produksi, Sub Bagian Sumber Air dan Perpompaan, Kepala Sub

Bagian Kualitas Air, Kepala Sub Bagian Perbengkelan, serta operator di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

Faktor penyebab kegagalan pada aspek teknis mengacu pada hasil evaluasi kinerja unit pengolahan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Sedangkan untuk aspek non-teknis terkait pada perilaku pekerja dan top manajemen produksi. Hasil analisa ini akan digunakan untuk penentuan nilai RPN dan pengambilan kesimpulan dalam upaya pencegahan. Perilaku pekerja bagian produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sangat mempengaruhi kinerja unit-unit sistem pengolahan air karena bertugas menjalankan fungsi-fungsi unit pengolahan air tersebut. Perilaku pekerja disini difokuskan juga pada pelaksanaan analisa kualitas air, serta harus sesuai dengan *Standard Operating Procedure (SOP)* yang berlaku untuk memastikan air produksi sesuai dengan ketentuan dalam Permenkes No.492 Tahun 2010.

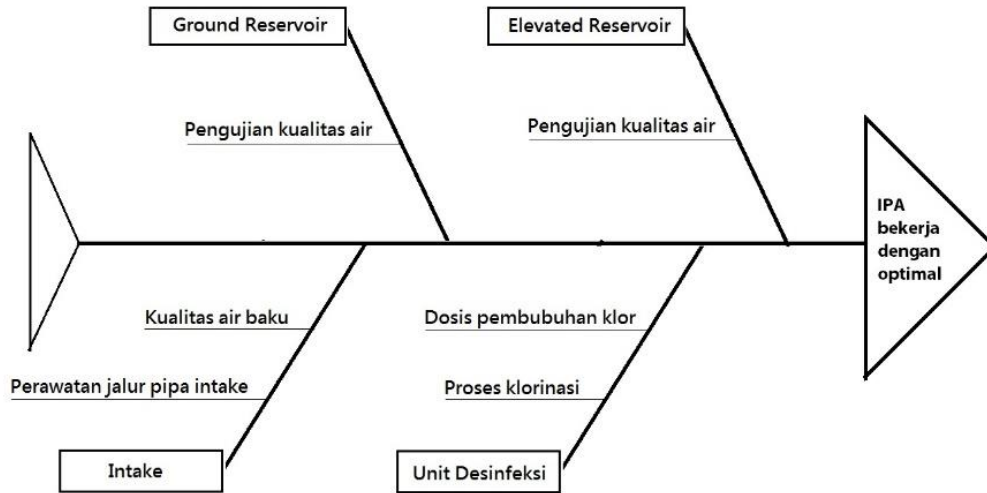
Selain itu, aspek non-teknis Top manajemen produksi disini difokuskan pada kebijakan mengenai ketersediaan SOP dan pelaksanaan operasional sesuai SOP. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki SOP pengoperasian unit produksi dan pemeriksaan kualitas air. Berdasarkan wawancara dengan operator yang bertugas, SOP sudah ditegakkan walaupun tidak sepenuhnya dipatuhi tata prosedurnya. Selain itu pada bagian top manajemen produksi, pelatihan pekerja terkait dengan manajemen kualitas air produksi sangat penting untuk menjamin kualitas air sesuai dengan ketentuan, kurangnya pelatihan khusus mengenai manajemen kualitas air minum yang didapat pekerja dapat mempengaruhi proses produksi dan menjadi salah satu faktor penyebab kegagalan. Namun, setelah dilakukan wawancara secara individu, masing-masing pekerja sudah dibekali dengan pengetahuan yang cukup mengenai tata operasi dan maintenance yang diperlukan untuk melakukan tugasnya di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

Berdasarkan hasil evaluasi kinerja unit pengolahan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun serta penjabaran aspek terknik diatas dapat dibentuk menjadi diagram *fishbone* sehingga mudah menemukan permasalahan untuk mengoptimalkan kinerja PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Berdasarkan data *Fishbone analysis*, akan dianalisis lebih lanjut menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* sehingga didapat nilai akhir berupa *Risk Priority Number (RPN)* yang kemudian dijadikan pertimbangan untuk menentukan masalah-masalah atau risiko bahaya yang terjadi dalam sistem produksi air minum.

4.3.2 Penentuan Prioritas Kegagalan dengan FMEA

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dilakukan setelah menggunakan diagram *fishbone* untuk menganalisis identifikasi penyebab kegagalan dan dampak yang diberikan pada produksi air minum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. FMEA bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan (Putra, 2018). Dari metode FMEA ini akan diperoleh nilai RPN untuk pengambilan kesimpulan sehingga upaya pencegahan kegagalan dapat dirumuskan. Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai atau skor masing – masing moda kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*).

Berdasarkan hasil analisis diagram *fishbone*, didapatkan kendala-kendala yang terjadi pada proses produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun yang dapat menyebabkan terhambatnya proses produksi seperti pelaksanaan disinfeksi dan dosis klor yang harus sesuai dengan ketentuan maupun perilaku para pekerja.



Gambar 4.2 Fishbone Diagram Aspek Teknis



Gambar 4.3 Fishbone Diagram Aspek Non-Teknis

4.3.2.1 Penentuan Bobot Kepentingan Risiko

Bobot merupakan nilai yang diberikan kepada risiko yang terjadi sehingga memudahkan dalam pertimbangan pengambilan tindakan prioritas optimasi. Pemberian bobot diberikan berdasarkan besaran dampak yang dihasilkan yang dilihat dari kondisi lapangan, hasil uji laboratorium dan hasil diskusi dengan pihak PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Semakin besar dampak yang dihasilkan maka semakin besar pula nilai

yang diberikan. Menurut Wahyuningsih (2018), pembobotan disesuaikan dengan *fishbone analysis* dibuat dan pembobotan entitas bertujuan mempermudah penentuan prioritas titik kritis HACCP apabila didapat perhitungan RPN yang sama.

Berdasarkan hasil diskusi dengan Kepala Bagian Produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun serta pembobotan kepentingan yang ditinjau dari kinerja unit instalasi maka pembobotan dibagi menjadi 2 bagian yaitu secara teknis dan non-teknis. Maka hasil pembobotan kepentingan risiko dapat dilihat pada Tabel 4.3. dan Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Teknis

Faktor	Bobot
Unit Intake	0,2
Unit Ground Reservoir	0,25
Unit Disinfeksi	0,3
Unit Elevated Reservoir	0,25
	1

Sumber: Professional Judgement, 2022

Tabel 4.4 Hasil Pembobotan Kepentingan Risiko Aspek Non Teknis

Faktor	Bobot
Top Manajemen Produksi	0,6
Perilaku Pekerja	0,4
	1

Sumber: Professional Judgement, 2022

Selanjutnya dilakukan pembobotan untuk setiap permasalahan yang terjadi pada setiap unit. Pembobotan entitas dilakukan berdasarkan kondisi di lapangan dan besaran dampak yang dihasilkan yaitu semakin besar dampak yang dapat dihasilkan maka semakin besar pula nilai yang diberikan. Selain itu juga berdasarkan tingkat urgensi pengendalian yang dapat dilaksanakan terlebih dahulu sesuai kemampuan PDAM. Pembobotan Entitas Aspek Teknis dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Aspek Non Teknis pada Tabel 4.6

Tabel 4.5 Pembobotan Entitas Aspek Teknis

Faktor	Bobot
➤ Intake	
Kualitas Air Baku	0,55
Perawatan Jalur Pipa Intake	0,45
➤ Ground Reservoir	
Pengecekan Kualitas Air Produksi	1
➤ Disinfeksi	
Dosis Klor	0,55
Proses Klorinasi	0,45
➤ Elevated Reservoir	
Pengecekan Kualitas Air Produksi	1

Sumber: Professional Judgement, 2022

Tabel 4.6 Pembobotan Entitas Aspek Non Teknis

Faktor	Bobot
➤ Perilaku Pekerja	
Pelaksanaan Analisa Kualitas Air	1
➤ Top Manajemen Produksi	
Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	0,65
Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum	0,35

Sumber: *Professional Judgement, 2022*

4.3.2.2 Penentuan Nilai Severity

Penentuan *Severity* adalah tahap pertama dalam analisis risiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian yang dapat mempengaruhi *output* proses. Menurut Fitrianti (2016), *Severity* merupakan nilai tingkat keseriusan sebuah kondisi terhadap dampak yang ditimbulkan. Perhitungan nilai severity setelah ditentukan bobot pada masing-masing entitas untuk memudahkan penentuan titik kendali kritis jika terdapat nilai RPN yang sama. Semakin parah dampak yang ditimbulkan, maka semakin tinggi nilai *severity* yang dihasilkan.

Nilai severity pada sistem produksi PDAM 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. Pembuatan tabel severity dapat disesuaikan dengan kondisi penilaian, pembobotan kuisisioner, proses produksi dan jenis pengolahan air pada PDAM (Wahyuningsih, 2018). Rentang penilaian severity dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 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 : Carlson, 2004

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 risiko. Skala besaran risiko dan skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Deskripsi Skala Besar Risiko dan Kondisi Lingkungan

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

➤ **Aspek Teknis**

A. Penentuan Severity pada Unit Intake

1. Kualitas Air Baku

Kualitas air baku PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun yang berasal dari air tanah cenderung memiliki tingkat kekeruhan, pH, dan kesadahan yang tinggi, namun dalam pengujian laboratorium, parameter-parameter tersebut telah memenuhi baku mutu. Peraturan yang digunakan sebagai standar baku mutu air baku oleh PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun adalah PP No 82 Tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air. Pengendalian pencemaran air dengan baku mutu zat organik adalah 25 mg/L, pH 6-9 dan E.Coli <2000 jml/100 ml. Pada tabel 4.9 dijelaskan bahwa skala 5 pada kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil sehingga merupakan kondisi terbaik yaitu apabila air baku memenuhi seluruh baku mutu.

Tabel 4.9 Nilai Severity Kualitas Air Baku

Skala Besar 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 pH dan zat organik	Air baku tidak memenuhi baku mutu E.Coli, zat organik dan pH	Air baku tidak memenuhi seluruh baku mutu

Penjelasan untuk Tabel 4.9 bahwa skala 5 merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari kandungan bakteri *Escherichia Coli* pada air baku yaitu sebesar 0 MPN/100 ml, kesadahan sebesar 70,2 mg/L, dan pH 6,8. Dari data hasil analisa laboratorium atau data sekunder, skala 5 pada kolom diberi warna kuning yang menandakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sangat baik yaitu kandungan bakteri *Escherichia Coli dan kesadahan* pada air baku adalah masih memenuhi baku mutu kualitas air minum. Kandungan bakteri *Escherichia Coli* pada air baku dinyatakan layak untuk digunakan sebagai bahan baku air minum PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari kualitas air baku adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

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

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

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

2. Perawatan Jalur Pipa Intake

Pipa yang digunakan oleh PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun cenderung memiliki usia yang cukup tua sehingga perawatan pipa mutlak dilakukan, utamanya untuk mencegah terjadinya kebocoran maupun kontaminasi dari luar. Dengan total tujuh pompa yang aktif, dua diantaranya memiliki kondisi dibawah rata-rata. Namun Kepala Bagian Produksi menjelaskan bahwa hal ini tidak memberikan dampak yang berarti dalam kualitas produksi dikarenakan frekuensi terjadinya yang rendah dan mudahnya dalam hal penanganan.

Tabel 4.10 Nilai Severity Perawatan Jalur Pipa Intake

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
Pemeriksaan dilakukan setiap hari	Pemeriksaan dilakukan setiap minggu beberapa kali	Pemeriksaan dilakukan seminggu sekali	Pemeriksaan dilakukan setiap 1 bulan sekali	Pemeriksaan dilakukan kualitas 3 bulan sekali

Pada Tabel 4.10 dijelaskan bahwa skala 5 merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dengan dilakukannya pemeriksaan setiap hari, skala 5 pada kolom berwarna kuning yang merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang sangat baik yaitu pipa intake diperiksa secara berkala yang mana telah dilakukan oleh pihak PDAM Tirta taman Sari Kota Madiun sehingga menimbulkan resiko yang sangat kecil akan terjadinya bahaya. Dari hasil pemantauan terhadap kondisi eksisting, dapat diketahui nilai *severity* dari Perawatan Jalur Pipa Intake adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut:

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

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

Berdasarkan perhitungan di atas nilai *severity* pada Perawatan Jalur Pipa Intake adalah 0%.

A. Ground Reservoir

Pengecekan Kualitas Air Ground Reservoir

Berdasarkan wawancara dan kuisioner, kondisi ideal yang sesuai dengan SOP yang ada adalah pengecekan kualitas air outlet reservoir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dilaksanakan setiap sehari sekali. Parameter yang diuji harian adalah parameter fisik, antara lain: pH, kekeruhan, dan sisa klor.

Pada Tabel 4.11 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dari pengecekan kualitas air yaitu setiap hari. Sedangkan skala 5 pada kolom berwarna kuning dengan skala besaran risiko yang sangat parah merupakan kondisi eksisting pengecekan kualitas air reservoir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun yaitu setiap seminggu beberapa kali atau tidak setiap hari. Nilai *severity* pengecekan kualitas air reservoir dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Nilai *Severity* Pengecekan Kualitas Air Elevated 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
Pengujian kualitas air setiap hari	Pengujian kualitas air setiap minggu beberapa kali	Pengujian kualitas air setiap minggu sekali	Pengujian kualitas air setiap 1 bulan sekali	Pengujian kualitas 3 bulan sekali

Pada Tabel 4.11, skala 5 pada kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari pengecekan kualitas air reservoir adalah setiap hari. Sedangkan Dari hasil wawancara dengan kepala bagian produksi, kepala seksi produksi, dan kepala seksi laboratorium PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang baik yaitu pengecekan kualitas produksi sekitar 3-4 kali seminggu. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengecekan kualitas air reservoir sebagai berikut:

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

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

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

B. Unit Desinfeksi

1. Pelaksanaan *Chlorinasi*

Berdasarkan wawancara dan hasil kuisioner, kondisi ideal untuk melakukan *chlorinasi* adalah setiap hari. Namun pada kondisi eksisting didapatkan bahwa pelaksanaan *chlorinasi* dilakukan tidak setiap hari, yaitu apabila air baku yang masuk kedalam IPA dinilai sudah memenuhi baku mutu, mengingat air baku yang berasal dari sumur dalam sudah memiliki kualitas yang baik. Namun, dampak yang ditimbulkan oleh tidak dilakukannya proses *chlorinasi* adalah adanya *E.coli* pada air produksi. Nilai *severity* pelaksanaan *chlorinasi* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.12 Nilai *Severity* Pelaksanaan *Chlorinasi*

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>Chlorinasi</i> dilakukan setiap hari	<i>Chlorinasi</i> dilakukan setiap dua hari sekali	<i>Chlorinasi</i> dilakukan setiap 3 hari	<i>Chlorinasi</i> dilakukan setiap minggu	<i>Chlorinasi</i> dilakukan melewati seminggu sekali

Pada Tabel 4.12 diperoleh bahwa skala 5 pada kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari pelaksanaan *chlorinasi* adalah setiap hari. Sedangkan Dari hasil wawancara dengan kepala bagian produksi, kepala seksi produksi, dan kepala seksi laboratorium PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, skala 3 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang (sedang) yaitu *chlorinasi* dilakukan setiap 3 hari sekali. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pelaksanaan *chlorinasi* sebagai berikut.

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

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

Berdasarkan perhitungan di atas nilai *severity* pelaksanaan *chlorinasi* adalah 40%.

2. Dosis Klor

Berdasarkan SNI 6774:2008, kondisi ideal untuk melakukan *chlorinasi* adalah setiap hari. Dosis klor yang ada pada air minum tidak lebih dari 1 ppm. Dosis klor didapatkan dari analisa uji daya pengikat klor + 0,2 ppm klor. Namun pada kondisi eksisting, ada suatu waktu klor di-injeksikan dengan dosis berlebih atau *overchlorination* sehingga dosis klor pada air berkisar antara melebihi 1 ppm. Dampak yang ditimbulkan oleh kelebihan dalam proses *chlorinasi* adalah timbulnya sisa klor yang masuk dalam pipa distribusi dan mempengaruhi kualitas air yang diterima pelanggan. Nilai *severity* dosis klor dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Nilai *Severity* Dosis Klor

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
Dosis Klor 0,2 - 1 ppm	Dosis Klor 0,2 ppm	Dosis Klor 1 ppm	Dosis klor > 1 ppm	Dosis Klor 0 ppm

Pada Tabel 4.13 diperoleh bahwa skala 5 pada kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari dosis klor adalah 0,2 – 1 ppm. Sedangkan Dari hasil wawancara dengan kepala bagian produksi, kepala seksi produksi, dan kepala seksi laboratorium PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang (baik) yaitu dilakukan injeksi klor dengan dosis berlebih dan mendekati ambang batas. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari dosis klor sebagai berikut.

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

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

Berdasarkan perhitungan di atas nilai *severity* dosis Klor adalah 40%.

C. Elevated Reservoir

Pengecekan Kualitas Air Reservoir

Berdasarkan wawancara dan kuisisioner, kondisi ideal yang sesuai dengan SOP yang ada adalah pengecekan kualitas air outlet reservoir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dilaksanakan seminggu beberapa kali. Parameter yang diuji adalah pH, kekeruhan dan sisa klor. Dikarenakan kurangnya inventaris laboratorium internal pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sehingga pengujian harus dilakukan di laboratorium PDAM Lawu Tirta Magetan.

Pada Tabel 4.14 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dari pengecekan kualitas air yaitu setiap hari. Sedangkan skala 5 pada kolom berwarna kuning dengan skala besaran risiko baik merupakan kondisi eksisting pengecekan kualitas air reservoir PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun yaitu setiap seminggu beberapa kali. Nilai *severity* pengecekan kualitas air reservoir dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Nilai *Severity* Pengecekan Kualitas Air Elevated 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
Pengujian kualitas air setiap hari	Pengujian kualitas air setiap minggu beberapa kali	Pengujian kualitas air setiap minggu sekali	Pengujian kualitas air setiap 1 bulan sekali	Pengujian kualitas 3 bulan sekali

Pada Tabel 4.14, skala 5 pada kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala besaran risiko dampak terkecil (sangat baik) dari pengecekan kualitas air reservoir adalah setiap hari. Sedangkan Dari hasil wawancara dengan kepala bagian produksi, kepala seksi produksi, dan kepala seksi laboratorium PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, skala 4 pada kolom berwarna kuning merupakan kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak yang baik yaitu pengecekan kualitas produksi seminggu beberapa kali. Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari pengecekan kualitas air reservoir sebagai berikut.

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

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

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

➤ Aspek Non Teknis

A. Penentuan *Severity* pada Perilaku Pekerja

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 kondisi eksistingnya, air baku dan air hasil produksi, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun pengujian parameter fisik, mikrobiologi dan sisa klor dilakukan setiap sebulan sekali.

Pada Tabel 4.15 dijelaskan bahwa skala 5 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 PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun telah dilakukan secara rutin baik per bulan untuk parameter-parameter yang telah disebutkan diatas. Nilai *severity* analisa kualitas air dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 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 6 bulan sekali	Pelaksanaan analisa kualitas air setahun sekali

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

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

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

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

B. Penentuan *Severity* pada Top Manajemen Produksi

1. Pelaksanaan Operasional Sesuai SOP

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum bahwa Sistem Penyediaan Air Minum perlu menetapkan ketentuan teknis mengenai unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan. Berdasarkan hasil wawancara dan kuisisioner, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki Standar Operasional Prosedur mengenai pengoperasian unit pengolahan dan pemeriksaan kualitas air.

Pada Tabel 4.16 diperoleh bahwa skala 5 kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dan kolom kuning adalah hasil survei kondisi eksisting dengan skala besaran risiko dampak sedang. Nilai *severity* Top Manajemen Produksi terkait Operasional Unit dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Severity Top Manajemen Produksi terkait Operasional Prosedur

Skala Besaran Risiko				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Parah	Sangat parah
Skala Kondisi Lingkungan				
5	4	3	2	1
Sangat baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur sesuai dengan PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tahu, menggunakan dan mengikuti prosedur sesuai dengan PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tahu, menggunakan dan namun melanggar beberapa ketentuan di dalam PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tidak tahu, tidak menggunakan dan serta melanggar beberapa ketentuan di dalam PERMEN PUPR Nomor 26 Tahun 2014	Tidak tahu dan tidak menggunakan

Maka dari hasil perkiraan kondisi eksisting dapat diketahui nilai *severity* dari top manajemen produksi terkait operasional unit adalah dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

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

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

Berdasarkan perhitungan di atas nilai *severity* top manajemen produksi terkait standar operasional prosedur adalah 40%.

2. 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 kuisisioner dengan Kepala Bagian Produksi, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun tenaga kerja memiliki pengetahuan mengenai manajemen kualitas air minum produknya namun bukan pelatihan SNI 01-4852-1998 melainkan pelatihan keprofesional sejenis dan memiliki manajemen kualitas yang sama.

Pada Tabel 4.17 didapatkan bahwa skala 5 kolom berwarna keabuan merupakan kondisi ideal dengan skala risiko dampak sangat kecil dari para pekerja mengetahui dan mengikuti pelatihan manajemen kualitas sejenis SNI 01-4852-1998. Nilai *severity* pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 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	sBuruk	Sangat buruk
Tahu dan mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tahu dan berencana untuk mengikuti pelatihan manajemen kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tahu, tetapi mengikuti pelatihan manajemen sejenis dengan kualitas sesuai SNI 01-4852-1998	Tidak tahu, berencana untuk mengikuti pelatihan manajemen sejenis dengan 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.

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

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

Berdasarkan perhitungan di atas nilai *severity* top manajemen produksi terkait Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998 adalah 40%.

4.3.2.3 Pemberian Peringkat *Severity* pada tiap entitas

Setelah penentuan presentase dari nilai *severity* sudah dilakukan pada tiap entitas dari *diagram fishbone*, maka dapat ditentukan peringkat *severity* sesuai rentang nilai. Pemeringkatan setiap entitas *severity* dapat dilihat pada Tabel 4.18 dan Tabel 4.19.

Tabel 4.18 Peringkat *Severity* Aspek Teknis

Entitas	Nilai <i>Severity</i>	Peringkat
Intake		
Kualitas Air Baku	0%	1
Perawatan pipa	0%	1
Ground Reservoir		
Pengecekan Kualitas Air	20%	2
Disinfeksi		
Dosis Klor	40%	3
Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	40%	3
Elevated Reservoir		
Pengecekan Kualitas Air	20%	2

Tabel 4.19 Peringkat *Severity* Aspek Non-Teknis

Entitas	Nilai <i>Severity</i>	Peringkat
Perilaku Pekerja		
Analisa Kualitas Air	0%	1
Top Manajemen Produksi		
Top manajemen produksi terkait Operasional	40%	3
Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998	40%	3

4.3.2.4 Penentuan Nilai *Occurance*

Menurut Muttaqin & Kusuma (2018), *Occurrence* adalah probabilitas munculnya penyebab atau mekanisme tertentu. Dengan kata lain, probabilitas pada *Occurrence* spesifik pada frekuensi kejadian kesalahan potensial. *Occurance* disimpulkan dengan beberapa kali kejadian terjadi dalam satuan waktu penilaian, data yang menjadi landasan *occurance* 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 *occurance* dari masing-masing faktor. Penentuan nilai *occurance* untuk masing-masing entitas berdasarkan pada hasil analisa laboratorium, survei langsung dilapangan, wawancara, dan hasil kuisioner. Penilaian *occurance* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Penilaian *Occurance*

<i>Occurance</i>	<i>Probability of Failure</i>	<i>Range Nilai</i>	<i>Rating</i>
Tidak pernah	Kegagalan mustahil/terkecil yang diharapkan	$\leq 20\%$	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 dampak signifikan	41% - 60%	3
Sering	Kegagalan mempengaruhi proses lanjutan dan memiliki dampak besar	61% - 80%	4
Sangat sering	Kegagalan tidak dapat dihindari.	$\geq 81\%$	5

Sumber: Carlson, 2004

➤ **Aspek Teknis**

A. Penilaian Occurance pada Intake

Berikut ini Tabel 4.21 terkait Penilaian *Occurance* Intake:

Tabel 4.21 Penilaian *Occurance Intake*

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

Dari data sekunder dua tahun analisa laboratorium pada sumber air baku tidak ditemukan hasil analisa yang melebihi baku mutu atau dalam kondisi tercemar baik dari analisis fisik, kimiawi, maupun biologis, maka kualitas air baku memenuhi baku mutu. Kemudian, dari hasil wawancara diketahui pada intake PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun cukup sering terjadi kebocoran jalur pipa intake. Kondisi ideal adalah jalur pipa intake yang tidak bocor namun dalam PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sering terjadi kebocoran kurang lebih setiap 3 bulan sekali. Dalam setahun kemungkinan terjadi kegagalan adalah cukup sering terjadi, sehingga digolongkan pada Skala 3.

B. Penilaian Occurance pada Ground Reservoir

Berikut ini Tabel 4.22 terkait Penilaian *Occurance* reservoir distribusi:

Tabel 4.22 Penilaian *Occurance* Ground Reservoir

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

Dari hasil wawancara dan kuisisioner, pengecekan kualitas air outlet reservoir dilaksanakan satu atau dua hari sekali sesuai dengan baku mutu Permenkes No.492 Tahun 2010. Sehingga kemungkinan kegagalan jarang terjadi dan digolongkan pada Skala 1.

C. Penilaian *Occurance* pada Unit Disinfeksi

Berikut ini Tabel 4.23 terkait Penilaian *Occurance* unit disinfeksi:

Tabel 4.23 Penilaian *Occurance* Unit Disinfeksi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Dosis Klor					
2	Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>					

Berdasarkan hasil wawancara, dosis pembubuhan klor dilakukan secukupnya dan pada beberapa kesempatan klor yang dibubuhkan bisa berlebih. Selain itu, pelaksanaan klorinasi juga cukup sering dilakukan. Akibatnya sering terdapat sisa klor dalam air produksi. Maka kegagalan dalam satu tahun cukup sering terjadi dan digolongkan pada Skala 3.

Dari hasil wawancara dan kuisioner, pelaksanaan *chlorinasi* dilaksanakan lebih dari seminggu sekali atau belum sesuai dengan ketentuan. Sedangkan kondisi ideal untuk pelaksanaan *chlorinasi* adalah setiap hari. Maka kegagalan dalam satu tahun adalah cukup jarang terjadi dan digolongkan pada Skala 2.

D. Penilaian *Occurance* pada Elevated Reservoir

Berikut ini Tabel 4.24 terkait Penilaian *Occurance* reservoir distribusi:

Tabel 4.24 Penilaian *Occurance* Elevated Reservoir

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

Dari hasil wawancara dan kuisioner, pengecekan kualitas air outlet reservoir dilaksanakan setiap satu atau dua hari sekali sesuai dengan baku mutu Permenkes No.492 Tahun 2010. Sehingga kemungkinan kegagalan sangat jarang terjadi dan digolongkan pada Skala 1.

➤ **Aspek Non Teknis**

A. Penilaian *Occurance* pada Perilaku Pekerja

Berikut ini Tabel 4.25 terkait Penilaian *Occurance* perilaku pekerja:

Tabel 4.25 Penilaian *Occurance* Perilaku Pekerja

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

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. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun melaksanakan analisa kualitas air produksi dan air pengolahan selama sebulan sekali. Sehingga kegagalan sangat jarang terjadi dan digolongkan pada Skala 1.

B. Penilaian *Occurance* pada Top Manajemen Produksi

Berikut ini Tabel 4.26 terkait Penilaian *Occurance* Top Manajemen Produksi:

Tabel 4.26 Penilaian *Occurance* Top Manajemen Produksi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Pelaksanaan Operasional sesuai SOP					
2	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998					

Dari hasil wawancara dan survei, penerapan pelaksanaan SOP di PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sudah terlaksana dengan baik. Meskipun ada beberapa pekerja yang belum memahami SOP yang berlaku, namun memiliki pengetahuan beserta pengalaman yang baik. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sudah memiliki SOP dan sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum. Top manajemen masih menggunakan SOP yang dibuat pada tahun 2014 dan sering melakukan pemantauan secara ketat terhadap penerapan SOP. Sehingga kegagalan sering terjadi dan digolongkan pada Skala 3.

Dari hasil wawancara dan survei, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki pelatihan mengenai manajemen kualitas air minum yang dilakukan secara internal, hal itu didukung dengan diberlakukannya SOP dan juga data sekunder parameter air produksi yang sesuai baku mutu, maka kegagalan cukup jarang terjadi atau Skala 2.

4.3.2.5 Penentuan Nilai *Detection*

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. *Detection* adalah nilai kemampuan dalam mengendalikan kegagalan yang terjadi (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 *occurrence*. 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). Penilaian *detection* dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Penilaian *Detection*

<i>Detection</i>	<i>Failure Detection Ability</i>	<i>Rating</i>
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: Carlson, 2004

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

➤ Aspek Teknis

A. Penilaian *Detection* pada Intake

Berikut ini Tabel 4.28 terkait Penilaian *Detection* Intake:

Tabel 4.28 Penilaian *Detection* Intake

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

Berdasarkan penilaian *occurance* pada kualitas air baku bahwa kegagalan tidak pernah terjadi hasil dari laboratorium dan data sekunder dua tahun milik PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun menunjukkan bahwa parameter TSS, E.Coli, dan zat organik memenuhi baku mutu, dan kemampuan pihak PDAM untuk melakukan deteksi dalam upaya pencegahan sangat tinggi atau skala 1.

Dari hasil wawancara diketahui pada intake PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun cukup sering terjadi kebocoran jalur pipa intake. Namun pihak PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun melakukan perawatan pipa jalur intake setiap hari dan mengawasi apabila terjadi kebocoran. Sehingga kemampuan PDAM untuk mendeteksi dan mencegah adalah sangat tinggi atau skala 1.

B. Penilaian *Detection* pada Ground Reservoir

Berikut ini Tabel 4.29 terkait Penilaian *Detection* reservoir distribusi:

Tabel 4.29 Penilaian *Detection* Reservoir Distribusi

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

Berdasarkan nilai *occurance*, analisa kualitas produksi sangat jarang terjadi kegagalan. Pengecekan kualitas air outlet reservoir dilaksanakan setiap seminggu beberapa kali. Kondisi ini memungkinkan air produksi yang dihasilkan tidak sesuai dengan baku mutu Permenkes No.492 Tahun 2010 karena kondisi ideal adalah pemeriksaan setiap hari dan bisa saja ada faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas air baku, seperti contohnya kebocoran. Sehingga kemampuan pihak PDAM untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah cukup tinggi atau Skala 2.

C. Penilaian *Detection* pada Unit Disinfeksi

Berikut ini Tabel 4.30 terkait Penilaian *Detection* unit disinfeksi:

Tabel 4.30 Penilaian *Detection* Unit Disinfeksi

No.	Penyebab Potensial	Frekuensi Kejadian dalam setahun				
		1	2	3	4	5
		≤1	2	3	4	≥5
1	Dosis Klor					
2	Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>					

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan akibat dari dosis pembubuhan klor sering terjadi. Hal ini dikarenakan pembubuhan dosis klor berlebih ke dalam air produksi. Sehingga upaya deteksi dan namun pencegahan kegagalan masih tergolong cukup atau skala 3.

Berdasarkan nilai *occurance*, kegagalan sangat sering terjadi karena pelaksanaan *chlorinasi* dilaksanakan seminggu tiga kali. Kondisi ideal adalah dilakukan proses *chlorinasi* setiap hari. Akibat dari pelaksanaan *chlorinasi* yang tidak sesuai dengan waktu ideal maka terdapat *E.coli* pada unit pengolahan. Sehingga kemampuan pihak PDAM dalam upaya pendeteksian dan pencegahan kegagalan tersebut masih tinggi (Skala 2).

D. Penilaian *Detection* pada Reservoir Distribusi

Berikut ini Tabel 4.31 terkait Penilaian *Detection* reservoir distribusi:

Tabel 4.31 Penilaian *Detection* Reservoir Distribusi

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

Berdasarkan nilai *occurance*, analisa kualitas produksi sangat jarang terjadi kegagalan. Pengecekan kualitas air outlet reservoir dilaksanakan setiap minggu beberapa kali. Kondisi ini memungkinkan air produksi yang dihasilkan tidak sesuai dengan baku mutu Permenkes No.492 Tahun 2010 karena kondisi ideal adalah pemeriksaan setiap hari, apabila berdasarkan hasil uji laboratorium masih ditemukan sisa klor pada reservoir. Sehingga kemampuan pihak PDAM untuk mendeteksi kegagalan dalam upaya pencegahannya adalah tinggi (Skala 2).

➤ Aspek Non-Teknis

A. Penilaian *Detection* pada Perilaku Pekerja

Berikut ini Tabel 4.32 terkait Penilaian *Detection* perilaku pekerja:

Tabel 4.32 Penilaian *Detection* Perilaku Pekerja

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

Berdasarkan nilai *occurance*, pelaksanaan analisa kualitas air pada PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun telah sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum sehingga kegagalan sangat jarang terjadi. Sehingga kemampuan pihak PDAM untuk mendeteksi kegagalan maupun upaya pencegahan pada kejadian tersebut sangat tinggi atau skala 1.

B. Penilaian *Detection* pada Top Manajemen Produksi

Berikut ini Tabel 4.33 terkait Penilaian *Detection* top manajemen produksi:

Tabel 4.33 Penilaian *Detection* Manajemen Produksi

No.	Penyebab Potensial	Tingkat deteksi kegagalan				
		1	2	3	4	5
		≤ 1	2	3	4	≥ 5
1	Pelaksanaan Operasional sesuai SOP					
2	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum Sesuai SNI 01-4852-1998					

Berdasarkan nilai *occurrence*, top manajemen produksi terkait pelaksanaan operasional sesuai SOP adalah jarang terjadi kegagalan. Top manajemen telah menerapkan SOP secara resmi meskipun dalam keadaan tertentu masih diberikan kelonggaran. Namun, dalam pelaksanaan SOP berjalan dengan baik ditunjukkan dengan jarangny terdapat masalah terkait SOP maupun opsional unit lain. Pekerja dapat bertindak sendiri maupun menunggu perintah dari Kepala Bagian Produksi ketika terjadi suatu masalah. Sehingga kemampuan pihak PDAM untuk mendeteksi kegagalan dan mencegah kegagalan tersebut terbilang cukup atau skala 3.

Berdasarkan nilai *occurrence*, PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun memiliki pelatihan dan pengembangan tenaga kerja secara internal mengenai kualitas air minum, dan dinilai memiliki kecakapan yang cukup baik, sedangkan pelatihan dari instansi resmi hanya dilakukan secara *eventual* yang mengacu pada ketentuan yang ditetapkan oleh perusahaan. Sehingga kemampuan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun masih tinggi dalam upaya mendeteksi dan mencegah kegagalan pada pelatihan dan pengembangan tenaga kerja atau skala 2.

4.3.2.6 Penentuan *Risk Priority Number*

Risk Priority Number (RPN) merupakan hasil perkalian dari penilaian *severity*, *occurrence* 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:

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

Tabel 4.34 Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Sumber	Jenis kegagalan	Bahaya teridentifikasi dari kegagalan	S	O	D	RPN	Prioritas Penanganan
Intake	Kualitas Air Baku	Kualitas air melebihi baku mutu	1	1	1	1	6
	Perawatan Jalur Pipa Intake	Kebocoran jalur pipa intake	1	3	1	3	5
Ground reservoir	Analisa Kualitas Air Produksi	Adanya kontaminasi bakteri dan zat organik	2	1	2	4	4
Desinfeksi	Dosis Klor	Terjadinya hiperklorinasi	3	3	3	27	1
	Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	Masih ditemukan bakteri pencemar dan E.coli pada air produksi	3	2	2	12	2
Elevated Reservoir	Analisa Kualitas Air Produksi	Adanya kontaminasi bakteri dan zat organik dan sisa klor pada air produksi	2	1	2	4	3
Perilaku Pekerja	Pelaksanaan Analisa Kualitas Air	Kualitas air melebihi baku mutu	1	1	1	1	3
Top manajemen produksi	Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	Kualitas hasil produksi menurun	3	3	3	27	1
	Pelatihan Mengenai Sistem Manajemen Kualitas Air Minum	Kegagalan pada sistem produksi	3	2	2	12	2

4.3.3 Penentuan Titik Kendali Kritis

Langkah selanjutnya dalam penerapan metode HACCP adalah penentuan Titik Kendali Kritis berdasarkan nilai RPN dari metode FMEA pada proses produksi air minum oleh PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun, sesuai dengan risiko dan bahaya yang dianalisis untuk dibuat prioritas pengendalian. Menurut Hasan (2016), Titik Kendali Kritis (TKK) 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.

Jenis kegagalan yang memiliki pengaruh signifikan atau berisiko tinggi dapat ditentukan sebagai titik kendali kritis. Dari analisis bahaya berdasarkan FMEA, didapatkan peringkat bahaya yang telah teridentifikasi. 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. Dalam analisa ini, pengaruh signifikan dan berisiko tinggi disini ditunjukkan dengan perolehan skor RPN di atas 10. Nilai diatas 10 menandakan kegagalan dapat mengganggu proses produksi sehingga mempengaruhi karakteristik atau kualitas air produksi secara langsung, seperti kandungan *E.coli* dan sisa klor yang melebihi standar baku mutu. Sedangkan nilai 1 tidak digunakan karena menandakan kegagalan tidak pernah terjadi sehingga risiko bahaya tidak berpotensi untuk muncul.

Tabel 4.35 Titik Kendali Kritis Permasalahan Teknis

No.	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis
1.	Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	Adanya kontaminasi bakteri pencemar khususnya <i>E.coli</i>	Sisa klor
2.	Dosis Klor	Terjadinya hiperklorinasi	Dosis Klor

Tabel 4.36 Titik Kendali Kritis Permasalahan Non-Teknis

No.	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis
1.	Pelatihan mengenai manajemen kualitas air minum	Terhambatnya proses produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas
2.	Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	Kualitas hasil produksi menurun	Ketersediaan SOP

4.4 Penentuan Batas Kritis

Penentuan batas kritis merupakan tahapan selanjutnya dalam analisis dengan metode *Hazard Analysis Critical Control Point* (HACCP) setelah dilakukan metode *pre-requisite* atau analisa bahaya dan identifikasi titik kendali kritis menggunakan metode *fishbone* dan metode FMEA. 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).

Apabila batas kritis dilanggar atau dilampaui dalam suatu proses produksi maka akan mengancam hilangnya pengendalian 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 4.37 dan Tabel 4.38.

Tabel 4.37 Penentuan Batas Kritis Permasalahan Teknis

No.	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Acuan
1.	Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	Adanya kontaminasi bakteri <i>E.coli</i>	Sisa klor	0,25-0,35 mg/L	SNI: 6774:2008
2.	Dosis Klor	Terjadinya hiperklorinasi	Dosis Klor	0,2 – 1 ppm	SNI: 6774:2008

Tabel 4.38 Penentuan Batas Kritis Permasalahan Non-Teknis

No.	Jenis Kegagalan	Bahaya yang Teridentifikasi dari Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Acuan
1.	Pelatihan mengenai manajemen kualitas air minum	Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal sekali dalam setahun	ISO 22000 dan SNI 01-4852-1998
2.	Wawasan mengenai operasional unit	Kualitas hasil produksi menurun	Ketersediaan SOP	SOP Standar	PerMen PU dan Perum Rakyat No. 26 Tahun 2014.

➤ Batas Kritis Permasalahan Teknis

1. Pelaksanaan *Chlorinasi*

Risiko kegagalan pada jenis kegagalan ini adalah adanya kontaminan bakteri *E.coli* pada air produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Dengan titik kendali kritis terjadi pada waktu pelaksanaan *chlorinasi*. Jika pelaksanaan *chlorinasi* tidak dilakukan atau tidak maksimal, maka menyebabkan terjadinya kegagalan lebih besar akibat adanya kontaminasi pada air produksi. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 bahwa air minum tidak boleh memiliki kandungan *E.coli*, sehingga perlu dilakukan tindakan pencegahan pada air produksi yang terkontaminasi bakteri lebih banyak. Acuan batas kritis mengacu pada SNI: 6774:2008 yaitu sisa klor pada instalasi pengolahan air yaitu 0,25-0,35 mg/L.

2. Dosis Klor

Risiko kegagalan pada jenis kegagalan ini adalah terjadi ada kontaminan bakteri *E.coli* pada air produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Dengan titik kendali kritis dosis klor pada air produksi adalah 0,2 – 1 ppm. Sesuai Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 bahwa air minum tidak boleh memiliki kandungan *E.coli*, sehingga perlu dilakukan tindakan untuk mencegah terkontaminasi bakteri lebih banyak. Jika dosis klor tidak dianalisa maka menyebabkan terjadinya kelebihan klor yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan pelanggan, selain itu berpotensi menimbulkan sisa pada pipa distribusi. Acuan batas kritis mengacu pada SNI: 6774:2008 yaitu dosis klor adalah 0,2 – 1 ppm.

➤ **Batas Kritis Permasalahan Non-Teknis**

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

Risiko kegagalan pada jenis kegagalan tidak sesuai pelatihan dan pengembangan tenaga kerja mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 adalah terhambatnya 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 sesuai dengan prosedur resmi yang telah ditentukan. Agar titik kritis tersebut terkendali adalah dilakukan pelatihan secara rutin minimal 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. Top Manajemen Produksi Mengenai Operasional Unit

Risiko kegagalan pada jenis kegagalan ini adalah Top Manajemen Produksi belum menerapkan Standar Operasional Prosedur secara ketat dan masih ada pekerja yang kurang mematuhi SOP berlaku. Kurangnya pengawasan kebijakan top manajemen untuk memastikan pekerja taat SOP menyebabkan kemungkinan terjadi kegagalan besar. Kualitas air produksi dapat menurun apabila tidak dilaksanakannya suatu prosedur atau proses yang telah ditetapkan dengan benar oleh para pekerja. Titik kendali kritis dari kegagalan tersebut adalah jumlah sosialisasi terkait operasional yang diadakan untuk pekerja, khususnya operator PDAM dan ketersediaan SOP yang sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014. Pelaksanaan sosialisasi dilakukan minimal sekali dalam satu tahun kepada operator produksi. Selain itu batas kritis dari permasalahan penerapan SOP secara menyeluruh yaitu serangkaian SOP yang berlaku dalam Perusahaan PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun meliputi unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, dan unit pengelolaan.

4.5 Penyusunan Sistem Pemantauan

Sistem pemantauan dapat dirumuskan setelah titik kendali kritis dan batas kritis ditentukan. Tahap ini termasuk prinsip 4 dari HACCP. Pemantauan secara efektif dapat memberikan informasi yang tepat waktu sebelum terjadinya masalah atau penyimpangan sehingga dapat dilakukan tindakan perbaikan dan tidak mempengaruhi seluruh sistem produksi PDAM. Setiap tahapan proses produksi harus memiliki penanggung jawab yang bertugas memantau secara rutin sesuai prosedurnya (SNI 01-4852-1998). Kegiatan pemantauan mencakup pemeriksaan apakah prosedur penanganan Titik Kendali Kritis (TKK) dapat dikendalikan dengan baik, pengujian efektifitas prosedur penanganan dalam mengendalikan suatu TKK, pengamatan dan pengukuran ulang batas kritis untuk memastikan batas kritis masih dalam taraf aman (Daulay, 2014).

Tabel 4.39 Penyusunan Sistem Pemantauan Pemasalahan Teknis dan Non-teknis

Jenis Kegagalan	Risiko Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan		
				Prosedur	Frekuensi	Penanggung Jawab
Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	Adanya kontaminasi bakteri <i>E.coli</i>	Sisa klor	0,25-0,35 mg/L	Pemantauan pelaksanaan <i>chlorinasi</i>	Setiap hari	Kepala bagian produksi
Dosis Klor	Terjadinya hiperklorinasi	Dosis Klor	0,2 – 1 ppm	Pelaksanaan analisa dosis klor	Setiap minggu	Kepala seksi laboratorium
Pelatihan mengenai manajemen kualitas	Kegagalan pada sistem produksi	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal satu kali dalam satu tahun	Pemantauan/evaluasi pekerja dan hasil produksi berdasarkan kondisi lapangan dan dokumen laporan kualitas air produksi	Setiap bulan	Kepala bagian produksi
Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	Kualitas hasil produksi menurun	Ketersediaan SOP	SOP Standar	Pengkajian dan pelaksanaan penerapan SOP secara ketat	Setiap bulan	Kepala bagian produksi

4.6 Penetapan Tindakan Perbaikan

Setelah menentukan sistem pemantauan untuk masing-masing titik kendali kritis, maka masuk ke tahap berikutnya yaitu prinsip 5 HACCP. Prinsip 5 adalah penentuan tindakan perbaikan untuk masing-masing bahaya yang teridentifikasi dari kegagalan. Menurut Hasan (2016), Tindakan perbaikan dilaksanakan untuk menangani bahaya atau kegagalan yang ada sehingga tidak sampai pada konsumen dan menjadi kondisi yang berbahaya bagi kesehatan konsumen. Tindakan perbaikan harus dapat memastikan bahwa TKK dapat dikendalikan dan tidak mempengaruhi proses produksi. Jika batas kritis telah terlampaui dan sudah tidak dalam taraf yang dapat ditoleransi, maka segera diperlukan tindakan koreksi atau perbaikan (SNI 01-4852-1998). Menurut Daulay (2014), Tindakan koreksi tergantung dari tingkat risiko pada tiap proses penghasiian produk. Tindakan koreksi harus direncanakan dan dilakukan dengan tepat untuk menjamin proses penghasiian produk dan tidak menimbulkan potensi bahaya baru.

Penentuan tindakan perbaikan tersebut didukung oleh literatur maupun peraturan-peraturan terkait dan juga berdasarkan hasil diskusi dengan pihak *profesional judgement* PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Untuk penentuan tindakan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 4.40 dan Tabel 4.41.

➤ Permasalahan Teknis

1. Pelaksanaan *Chlorinasi*

Bahaya yang timbul akibat tidak maksimalnya proses *chlorinasi* adalah adanya bakteri *E.coli* pada air produksi. Peningkatan *E.coli* menyebabkan risiko kegagalan yang sangat besar. Untuk memenuhi baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010, perlu dilakukan tindakan pencegahan kontaminasi bakteri lebih banyak. Pemantauan dilakukan setiap hari saat proses *chlorinasi* dilaksanakan. Setelah dilakukan pemantauan rutin dan terdapat masalah atau penyimpangan, maka diperlukan tindakan perbaikan terhadap pelaksanaan dan penyediaan dosing pump yang memadai. Tindakan perbaikan tersebut adalah penertiban dalam melakukan *chlorinasi* atau disinfeksi pada air olahan dan air produksi setiap hari dan memeriksa sisa klor pada setiap unit di instalasi pengolahan air sesuai ketentuan dalam SNI:6774-2008. Pelaksanaan disinfeksi tersebut perlu ditunjang dengan pompa dosing yang memadai sehingga dapat berjalan dengan baik sesuai dengan ketentuan.

2. Dosis Klor

Bahaya yang timbul akibat dari pembubuhan klor yang tidak sesuai dengan dosis yang ditentukan adalah terjadinya hiperklorinasi atau air produksi mengandung sisa klor dalam jumlah besar yang melebihi baku mutu. Kandungan air dengan dosis klor $<0,2$ ppm juga mengindikasikan adanya bakteri yang terkandung dalam air produksi yang menyebabkan risiko kegagalan lebih besar. Air dengan kandungan klor melebihi 1 ppm dapat menyebabkan gangguan kesehatan pada pelanggan. Dosis klor yang ditambahkan merupakan hasil analisa dpc + 0,2 ppm dan menurut SNI:6774:2008 dosis klor disarankan tidak lebih dari 1 ppm. Pemantauan dapat dilakukan setiap minggu. Setelah dilakukan pemantauan rutin dan terdapat penyimpangan maka diperlukan tindakan perbaikan. Tindakan perbaikan tersebut adalah melakukan analisa setiap hari dan memeriksa sisa klor pada setiap unit di instalasi pengolahan air berdasarkan keterangan anggota laboratorium PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dan SNI:6774-2008. Selain

itu, rekomendasi untuk permasalahan ini adalah melakukan analisa kebutuhan klor dengan *breakpoint* klorinasi untuk memastikan dosis pembubuhan klor pada air olahan dan air produksi.

➤ **Permasalahan Non-Teknis**

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

Bahaya yang timbul akibat tidak sesuainya pelatihan dan pengembangan tenaga kerja adalah terhambatnya sistem produksi akibat sumber daya manusia sebagai pelaksana pengolahan tersebut tidak memahami operasional dengan baik. 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 TKK ini adalah evaluasi maupun pemantauan pekerja bagian produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun dan hasil produksinya berdasarkan kondisi di lapangan, dokumen laporan kualitas air 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 kejanggalan pada sistem manajemen kualitas air minum dapat segera diketahui dan ditindaklanjuti. Pihak yang memiliki tanggung jawab untuk melaksanakan pemantauan ini adalah Kepala Bagian Produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun selaku pemegang jabatan tertinggi di bagian produksi dan berhak mengambil keputusan.

Tindakan perbaikan yang sesuai untuk meminimalisir 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. 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 PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun. Tindakan perbaikan pada TKK ini juga mengacu pada ISO 22000.

2. Top Manajemen Produksi Mengenai Operasional Unit

Bahaya yang timbul akibat mengabaikan SOP yang telah ditetapkan oleh perusahaan adalah kegagalan dalam proses produksi. Titik kendali kritis dari kegagalan ini adalah jumlah pelatihan yang terkait dengan operasional dan ketersediaan SOP standar. Ketersediaan dan pemahaman pekerja mengenai SOP unit berdampak besar pada proses pengolahan sehingga mempengaruhi kualitas air baku. 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 Kepala Bagian Produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun.

Tabel 4.40 Penyusunan Sistem Perbaikan Pemasalahan Teknis

Jenis Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan			Tindakan Perbaikan
			Prosedur	Frekuensi	Penanggung Jawab	
Pelaksanaan <i>Chlorinasi</i>	Sisa klor	0,25-0,35 mg/L	Pemantauan pelaksanaan <i>chlorinasi</i>	Setiap hari	Kepala bagian produksi	Penertiban dalam proses <i>chlorinasi</i> dan diberlakukannya analisa rutin terhadap sisa klor
Dosis klor	Dosis klor	0,2 – 1 ppm	Pelaksanaan analisa dosis klor	Setiap minggu	Kepala seksi laboratorium	Penertiban dalam pelaksanaan analisa dosis klor secara efektif

Tabel 4.41 Penyusunan Sistem Perbaikan Pemasalahan Non-Teknis

Jenis Kegagalan	Titik Kendali Kritis	Batas Kritis	Pemantauan			Tindakan Perbaikan
			Prosedur	Frekuensi	Penanggung Jawab	
Pelatihan mengenai manajemen kualitas	Jumlah pelatihan manajemen kualitas	Pelatihan minimal satu kali dalam satu tahun	Pemantauan/evaluasi pekerja dan hasil produksi berdasarkan kondisi lapangan dan dokumen laporan kualitas air produksi	Setiap bulan	Kepala bagian produksi	Diadakan pelatihan mengenai sistem manajemen kualitas air minum sesuai SNI 01-4852-1998 setiap 1 tahun sekali yang diikuti oleh staff dan operator produksi PDAM Tirta Taman Sari Kota Maditun
Pelaksanaan Operasional sesuai SOP	Ketersediaan SOP	SOP standar: SOP unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan dan unit pengelolaan.	Pengkajian dan pelaksanaan penerapan SOP secara ketat	Setiap bulan	Kepala Bagian Prduksi	Dilakukan pembuatan SOP mengenai operasional unit secara lengkap sesuai dengan peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini, antara lain:

1. Kinerja PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun sebagai Perusahaan Umum Daerah Air Minum telah memenuhi ketentuan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Penjaminan kualitas air produksi dilakukan melalui pengujian kualitas air, analisa hasil uji laboratorium, pengembangan sumber daya manusia, serta pemeliharaan berkelanjutan.
2. Minimalnya potensi titik bahaya yang muncul pada sistem pengolahan air PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun baik pada aspek teknis maupun non teknis. Pada penelitian berdasarkan metode HACCP ini, potensi bahaya aspek teknis ada pada pelaksanaan proses disinfeksi yang kurang maksimal. Sedangkan potensi bahaya aspek non teknis adalah kurangnya pengawasan secara operasional terhadap SOP yang berlaku dan pelatihan untuk tenaga kerja.

SARAN

Beberapa saran yang dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam mengatasi permasalahan yang ada, antara lain:

1. Kurang maksimalnya peneliti dalam melakukan observasi di perusahaan. Mengingat keterbatasan informasi yang didapatkan dalam data sekunder, luasnya fungsi sumber daya manusia dalam PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun juga mengakibatkan adanya informasi penting yang terlewatkan. Maka dari itu, akan lebih baik apabila perusahaan bisa lebih terbuka bagi pihak eksternal khususnya peneliti untuk mendapatkan data-data yang lebih detail dan akurat.
2. Observasi pendahuluan perlu dilakukan sebelum melakukan penelitian di perusahaan, agar peneliti lebih paham mengenai kebijakan perusahaan dan standar operasional yang berlaku. Perusahaan perlu melakukan orientasi lanjutan agar karyawan lebih paham tentang kebijakan yang ada di perusahaan.
3. PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun perlu memperbaharui informasi pada website resmi perusahaan secara berkala. Selain menjadi salah satu media publikasi yang efektif untuk menilai kinerja perusahaan, hal ini diperlukan agar peneliti, pihak internal, dan pihak eksternal mudah untuk mencari informasi baru di yang berhubungan dengan perusahaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J. I., Liu, G., Wielen, P. W., Medema, G., & Hoek, J. P. (2020). Effects of cold recovery technology on the microbial drinking water quality in unchlorinated distribution systems. *Environmental Research*, 1-9.
- Ahn, J., Noh, Y., Park, S. H., Choi, B. I., & Chang, D. (2017). Fuzzy- Based Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) Of A Hybrid Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC) and Gas Turbine Sistem For Marine Propulsion. *Journal of Power Sources*, 364: 226-233.
- Amani, F., & Prawiroredjo, K. (2016). Alat Ukur Kualitas Air Minum Dengan Parameter Ph, Suhu, Tingkat Kekeruhan, Dan Jumlah Padatan Terlarut. 14, 14.
- Andelina, M. dan Prasetyo, E. (2015). Penerapan Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) pada Proses Produksi Kecap di Baston Food Kudus. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Volume 3 (1), 1-7.
- Atmaja, L. T., Supriyadi, E., & Utaminingsih, S. (2018). Analisis Efektivitas Mesin Pressing PH-1400 Dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (Oee) di PT. Surya Siam Keramik . *Teknologi*, 1 (1), 1-9 .
- Badan Pusat Statistik Kota Madiun. (2021). Badan Pusat Statistik Kota Madiun. Retrieved from Kota Madiun Dalam Angka 2021: <https://madiunkota.bps.go.id/publication/2021/02/26/c886f1a6821b26333584d5d3/kota-madiun-dalam-angka-2021.html>
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1998. "Sistem Analisa dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya". SNI 01-4852-1998. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Budiyono, dan Sumardiono, S. 2013. *Teknik Pengolahan Air*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Cahyo, P. N., Hadi, M. P., & Adji, T. N. (2016). Pengaruh Potensi Sumberdaya Air Terhadap Pola Penggunaan Kebutuhan Domestik di Kecamatan Eromoko Kabupaten Wonogiri. *Majalah Geografi Indonesia*, 30 (2), 196-206.
- Carlson, C. (2004). *Effective Fmeas: Achieving Safe, Reliable, And Economical Products And Processes Using Failure Mode And Effects Analysis*. USA: ReliaSoft Corporation.
- Daulay, S. S. (2014). *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) dan Implementasinya dalam Industri Pangan*. Widyaiswara Maadya Pusdiklat Industri.
- Dewi, M. R. (2019). Kajian Produksi Air Minum di IPAM Karang Pilang III dengan Metode HACCP. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Effendi, M. S., & Arifin, M. K. (2015). Perbedaan Risk Priority Number Dalam Failure Mode And Effects Analysis FMEA Sistem Alat Berat Heavy Duty Truck HD 785-7 . *Spektrum Industri*, 12 (1), 103-114.
- Fajri, Muhammad. (2018) Analisis Desain Esp Untuk Sumur Gor Tinggi Pada Sumur X Lapangan Z. Riau: Universitas Islam Riau.
- Fithri, A. N., Oginawati, K., & Santoso, M. (2011). Pengendalian Kontaminasi Logam Berat di Industri Tahu Dengan Konsep Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 17 (1), 1-11.
- 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.
- Hendrayana, H. (2002). Dampak Pemanfaatan Airtanah, Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Hilman, M. S., & Ikatrinasari, Z. F. (2014). Faktor-faktor yang Mempengaruhi Efektifitas Penerapan Sistem HACCP . *Jurnal Standardisasi*, 16 (2), 223-234.
- Indrawan, T., Gunawan, T., & Sudibyakto. (2014). Kajian Pemanfaatan dan Kelayakan Kualitas Air Tanah Untuk Kebutuhan Domestik dan Industri Kecil-Menengah di Kecamatan Laweyan Kota Surakarta Jawa Tengah. *MAJALAH GEOGRAFI INDONESIA*, 26 (1), 46-59.
- Kusumawardani, Y., & Astuti, W. (2018). Evaluasi Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih di PDAM Kota Madiun . *Jurnal Neo Teknika* , 4 (1), 1-10.
- Masduqi, A., & Assomadi, A. F. (2012). *Operasi & Unit Proses Pengolahan Air*. Surabaya: itspress.
- Menteri Dalam Negeri. 2007. *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 2 Tahun 2007 Tentang Organ dan Kepegawaian Perusahaan Daerah Air Minum*.
- Menteri Kesehatan. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum*.
- Menteri Kesehatan. 2010. *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 736 Tahun 2010 tentang Tata Laksana Kualitas Air Minum*
- Metcalf & Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse, Third Edition*. McGraw-Hill: New York.
- Muttaqin, A. Z., & Kusuma, Y. A. (2018). Analisis Failure Mode And Effect Analysis Proyek X Di Kota Madiun . *Jati Unik*, 1 (2), 81-96.
- Peraturan Daerah Kota Madiun. 2011. *Peraturan Daerah Kota Madiun Nomor 10 Tahun 2011 Tentang Perusahaan Daerah Air Minum*.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2014. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26 Tahun 2014 tentang Prosedur Operasional Standar Sistem Penyediaan Air Minum*.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran*.
- Prasetyanto, H. (2018). Analisis Penerapan Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) Pada Pengolahan Makanan di Mainkitchen Hyatt Regency Yogyakarta. *Jurnal Media Wisata*, 16 (2), 1054-1068.
- Prayitno, S. A., & Tjiptaningdyah, R. (2018). Penerapan 12 Tahapan Hazard Analysis And Critical Control Point (HACCP) Sebagai Sistem Keamanan Pangan Berbasis Produk Perikanan . *Jurnal Agrica* , 11 (2), 79-92.
- Prayuda, Wahyu. (2021). Kajian Kualitas Air Produksi di PDAM X Dengan Metode Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) dan Kualitas Air Produksi Yang Diterima Pelanggan Dengan Metode Extended Producer Responsibility (EPR). *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Priyana, Yuli. (2008). *Groundwater (Air Tanah)*. Surakarta : Fakultas Geografi UMS.
- Pujiastuti, E. (2015). Prototipe Peningkatan Pelayanan Rawat Jalan Dengan Pengujian FGD Dan ISO 9126 Pada Klinik Eka Anugerah . *Indonesian Journal on Software Engineering*, 1 (1), 14-21.
- Puspitasari, M., & Hadi, W. (2014). Efektifitas Al₂(SO₄)₃ dan FeCl₃ Dalam Pengolahan Air Menggunakan Gravel Bed Flocculator Ditinjau Dari Parameter Kekeuhan dan Total Coli . *Mega Puspitasari dan Wahyono Hadi*, 3 (2), 162-166.
- Puspitasari, N. B., & Martanto, A. (2014). Penggunaan FMEA Dalam Mengidentifikasi Risiko Kegagalan Proses Produksi Sarung ATM (Alat Tenun Mesin) (Studi Kasus PT. Asaputex Jaya Tegal). *J@TI Undip*, 9 (2), 93-98.

- Putra, B. A. (2018). Risk Assessment Alat Produksi Gula Cane Knife Pada Stasiun Gilingan di PT. X . *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7(3), 273–281.
- Rahmatina, D. 2010. “Prosedur Menggunakan Stratified Random Sampling Method Dalam Mengestimasi Parameter Populasi”. *JEMI 1*, 1:77-86.
- Ratnawati, R., & Sugito. (2013). Proses Desinfeksi Pada Pengolahan Air Limbah Domestik Menjadi Air Bersih Sebagai Air Baku Air Minum. *Jurnal Teknik WAKTU* , 11 (2), 1-7.
- Sasongko, E. B., Widyastuti, E., & Priyono, R. E. (2014). Kajian Kualitas Air dan Penggunaan Sumur Gali Oleh Masyarakat di sekitar Sungai Kaliyasa Kabupaten Cilacap. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 12 (2), 72-82.
- SNI 01-4852-1998: Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya. Jakarta.
- SNI 6774-2008 Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air
- SNI 6775:2008: Tata cara pengoperasian dan pemeliharaan unit paket Instalasi Pengolahan Air
- SNI 6989.57:2008: Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan. Jakarta
- SNI 7828:2012: Pengambilan contoh air minum dari instalasi pengolahan air dan sistem jaringan distribusi Perpipaan
- Sudarmaji. (2015). "Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (Hazard Analysis Critical Control Point)". *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1 (2), 183-190.
- Sujomo. (1995). “Electrical Submersible Pumping”, Rangkuman Tentang Teori ESP. Pabelokan.
- Sunaya, Made Urmylla Lyysinthia. 2019. Kajian Sistem Produksi s Produk Perusahaan X dengan Menggunakan Metode HACCP. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Surahman, D., & Ekafitri, R. 2014. "Kajian HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Point) Pengolahan Jambu Biji di Pilot Plant Sari Buah UPT. B2PTTG-LIPI Subang". 0216-0455.
- Suryani, F. (2018). Penerapan Metode Diagram Sebab Akibat (Fish Bone Diagram) dan FMEA (Failure Mode And Effect) Dalam Menganalisa Risiko Kecelakaan Kerja Di PT. Pertamina Talisman Jambi Merang. *Journal Industrial Services*, 3 (2), 63-69.
- Utami, E. A., Moesriati, A., & 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.
- Vadreas, A. K. (2016). Aplikasi E-Commerce Dengan Metode Fishbone Analysis Pada Usaha Dagang Hasil Laut di Sikakap Kabupaten Kepulauan Mentawai Menuju Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) . *Jurnal Momentum*, 18 (2), 11-18.
- 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.
- Widjaya, P. E. (2013). Penerapan Risk Management Untuk Meningkatkan Non-Financial Firm Performance di Perusahaan Murni Jaya. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya*, 2 (1), 1-18.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



LAMPIRAN

LAMPIRAN I
Kuisisioner Aspek Teknis pada Pengolahan

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

Identitas

Nama :
 Usia : tahun
 Jenis Kelamin : (1) Laki-laki / (2) Perempuan
 Jabatan :
 Pendidikan terakhir (beserta bidang) :
 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 effluen unit desinfeksi?					
3.	Seberapa sering dilakukan pengecekan kondisi pompa?					
4.	Seberapa sering dilakukan pembersihan <i>reservoir</i> ?					
5.	Seberapa sering dilakukan pengecekan pada proses desinfeksi?					
6.	Seberapa sering dilakukan injeksi klor pada proses desinfeksi?					
7.	Apakah terdapat penyuluhan atau sosialisasi mengenai SOP, Instruksi Kerja dan Petunjuk Pelaksana yang merupakan turunan ISO 9001 kepada seluruh pekerja?					
8.	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?					

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 saat proses desinfeksi? Sebutkan!					
3.	Apakah terdapat kendala pada unit reservoir? Sebutkan!					

LAMPIRAN II
Kuisisioner Aspek Sumber Daya Manusia

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

Identitas

Nama :
Usia : tahun
Jenis Kelamin : (1) Laki-laki / (2) Perempuan
Jabatan :
Pendidikan terakhir (beserta bidang) :
Lama pengalaman bekerja :

a. Faktor Kuantitas

1. Berapa jumlah tenaga *maintenance* PDAM 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* PDAM Tirta Taman Sari Kota Madiun 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?
.....

A. 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 Pompa**

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

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit intake?

.....

❖ **Unit Reservoir**

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

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit reservoir?

.....

❖ **Unit Desinfeksi**

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

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit pengadukan lambat?

.....

❖ **Unit Reservoir**

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

Ya Tidak

2. Bagaimana metode pengawasan dan pengendalian unit reservoir?

.....



BIOGRAFI

PENULIS



BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Kota Madiun pada 17 Mei 1997. Penulis menempuh pendidikan dasar di Madrasah Ibtidaiyah Islamiyah Madiun pada tahun 2003-2009. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 2 Kota Madiun dan pendidikan tingkat atas di SMAN 2 Kota Madiun. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 03211540000008.

Selama masa kuliah, penulis pernah aktif dalam organisasi di Departemen Teknik Lingkungan, salah satunya menjadi Staf Divisi Komunikasi dan Informasi (KOMINFO) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan ITS periode 2016-2018. Selain itu penulis aktif dalam beberapa program kerja Himpunan yaitu sebagai Staff Sie Design Environation 2016. Dan juga menjadi Koordinator Sie Publikasi, Dekorasi, Dokumentasi pada Proker OKKBK (Orientasi Keterampilan dan Keprofesian Berbasis Kurikulum) tahun 2016, LKMW TD (Latihan Keterampilan Mahasiswa Wirausaha Tingkat Dasar) tahun 2017, Pelatihan Keprofesian ISO 14001 Teknik Lingkungan 2017, serta Job Interview Training 2017. Penulis juga telah mengikuti pelatihan LKMM (Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa) Tingkat Dasar dan Pra-Dasar. Penulis dapat dihubungi via email f.syauqie33008@gmail.com.