



TESIS - RE 185401

**KAJIAN ANALISIS RISIKO INVESTASI UNTUK PENYUSUNAN
KELAYAKAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM DENGAN METODE
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)
(STUDI KASUS: DI KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK)**

MOHAMAD MASYKUR RIFA'I
03211850020005

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. NIEKE KARNANINGROEM, MSc.

PROGRAM MAGISTER SANITASI LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TESIS - RE 185401

**KAJIAN ANALISIS RISIKO INVESTASI UNTUK PENYUSUNAN
KELAYAKAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM DENGAN
METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)
(STUDI KASUS: DI KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK)**

MOHAMAD MASYKUR RIFA'I
03211850020005

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. NIEKE KARNANINGROEM, MSc.

**PROGRAM MAGISTER SANITASI LINGKUNGAN
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN, DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020**



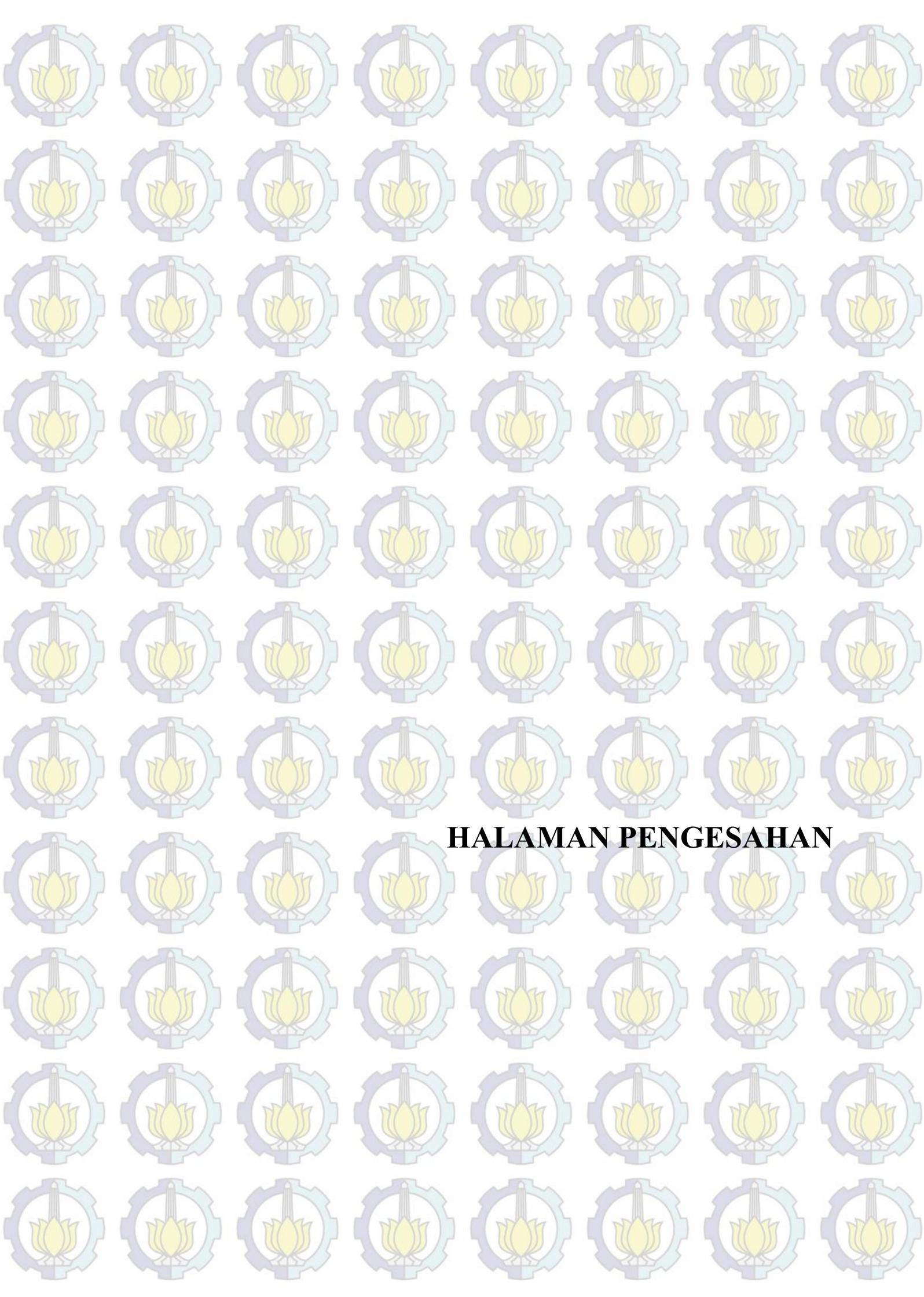
THESIS - RE 185401

**STUDY OF INVESTMENT RISK ANALYSIS FOR FORMULATING
FEASIBLE DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM WITH FAILURE
MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD
(CASE STUDY: MANYAR DISTRICT, GRESIK REGENCY)**

MOHAMAD MASYKUR RIFA'I
03211850020005

SUPERVISOR
Prof. Dr. Ir. NIEKE KARNANINGROEM, MSc.

MASTER PROGRAM IN ENVIRONMENTAL SANITATION
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SANITATION ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL, PLANNING AND GEO ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:

MOHAMAD MASYKUR RIFA'I
NRP: 03211850020005

Tanggal Ujian: 28 Juli 2020
Periode Wisuda: September 2020

Disetujui oleh:
Pembimbing:

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc
NIP. 19550128 198503 2 001


.....

Penguji:

Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc.
NIP. 19590811 198701 1 001


.....

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, M.Sc, Ph.D
NIP. 19600308 198903 1 001


.....

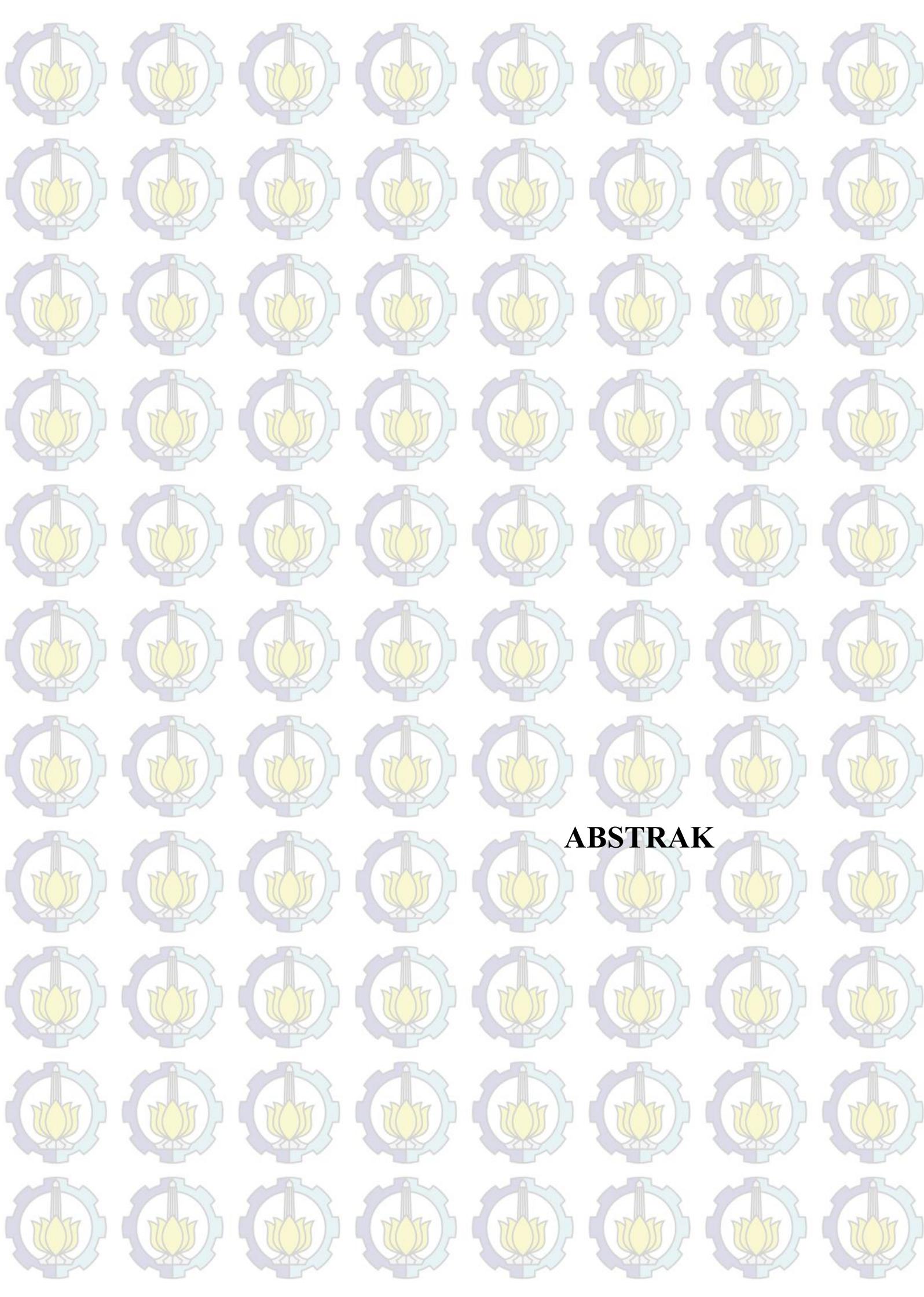
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T
NIP. 19650508 199303 2 001


.....

Kepala Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan




Dr. Eng Arie Dipareza Syafe'i, ST., MEPM
NIP. 19820119 200501 1 001



ABSTRAK

KAJIAN ANALISIS RISIKO INVESTASI UNTUK PENYUSUNAN
KELAYAKAN SISTEM PENYEDIAAN AIR MINUM DENGAN METODE
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)

(STUDI KASUS: DI KECAMATAN MANYAR, KABUPATEN GRESIK)

Mahasiswa : Mohamad Masykur Rifa'i
NRP : 03211850020005
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRAK

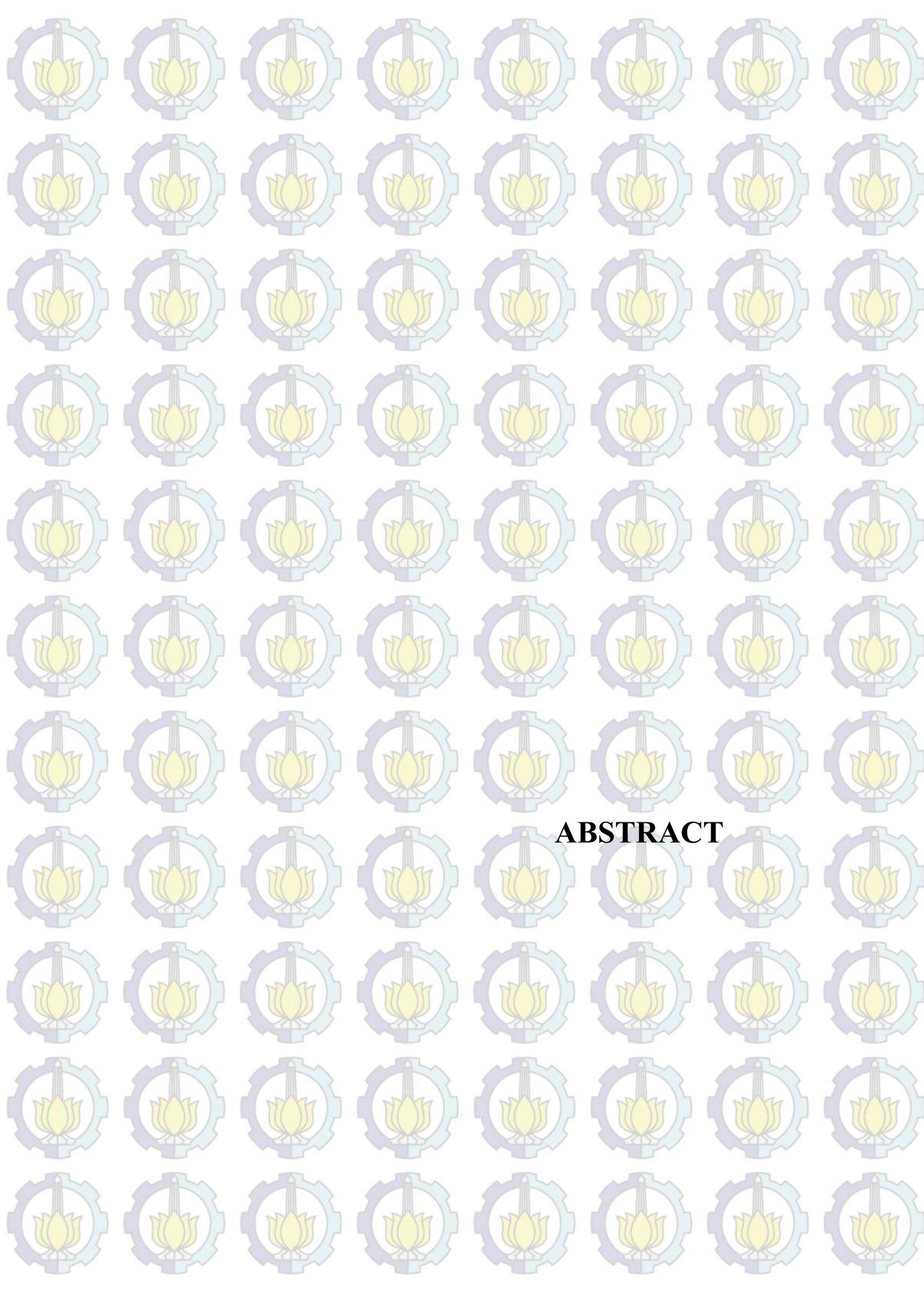
Kondisi pelayanan air minum di Kabupaten Gresik berdasarkan Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang (DPUTR) pada tahun 2018 hanya mencapai sekitar 48,15% yang dilayani oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) dan Kelompok Pengelola Sarana Penyediaan Air Minum (KPSPAM). Sebagian kecil Kecamatan Manyar dilayani oleh PDAM dan sebagian besar lainnya dilayani oleh KPSPAM. Kecamatan Manyar yang dilayani oleh KPSPAM menggunakan sumber air baku yang berasal dari air tanah dalam yang diambil dengan pompa atau yang lebih dikenal dengan sumur bor. air tanah yang digunakan sebagian besar juga masih payau. Pada tahun 2019 mulai dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bendung Gerak Sembayat dengan kapasitas 1.000 lps untuk melayani kawasan industri dan permukiman di Kawasan Gresik Utara khususnya Kecamatan Manyar. Air baku dari IPA tersebut diambil dari Sungai Bengawan Solo, tetapi pada musim kemarau pada tahun 2019 kuantitasnya menurun drastis dan mengering. Selain itu, Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahun akan berdampak pula pada meningkatnya kebutuhan air minum sehingga kapasitasnya tidak mencukupi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain air baku untuk memenuhi kebutuhan air minum.

Air payau atau air laut dapat dimanfaatkan sebagai air baku alternatif dengan unit instalasi pengolahan air minum (IPAM) yang tepat. Setiap pembangunan infrastruktur unit instalasi pengolahan air minum (IPAM) perlu adanya prastudi kelayakan yaitu kajian hukum dan kelembagaan, kajian teknis,

kajian lingkungan, kajian ekonomi dan finansial, kajian sosial. Setiap kajian tersebut memiliki resiko yang perlu dianalisis untuk memperkecil kegagalan investasi yang mungkin dapat terjadi. Oleh karena itu, disusunlah Kajian Analisis Risiko dalam Investasi dengan menggunakan metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). Metode FMEA merupakan salah satu metode manajemen risiko untuk identifikasi potensi penyebab kegagalan beserta dampak dan akar permasalahannya. Metode ini dipilih karena lebih *feasible* dan efektif untuk perbaikan operasional dan mampu menganalisis risiko dalam skala besar serta kompleks jika dibandingkan dengan metode manajemen risiko lainnya.

Kebutuhan air minum untuk pelayanan Kecamatan Manyar sebesar 450 l/dtk dimana air bakunya berasal dari air payau dengan unit instalasi pengolahan air minum (IPA) menggunakan teknologi RO. Secara finansial, investasi untuk pembangunan IPAM dengan menggunakan RO masih layak dimana nilai NPV, BCR, IRR, dan PP sesuai dengan kriteria. Namun dalam investasi tersebut terdapat risiko kegagalan, sehingga perlu strategi untuk memperkecil risiko kegagalan mulai dari tahap pra konstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi. Strategi utama yang digunakan pada tahap pra konstruksi yaitu mendapatkan lahan yang sesuai, pada tahap konstruksi yaitu melakukan kerjasama dengan swasta terkait permodalan, dan pada tahap pasca konstruksi yaitu melakukan perawatan, pembersihan, dan penggantian RO secara berkala sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.

Kata Kunci: air minum, Kecamatan Manyar, FMEA, manajemen risiko



ABSTRACT

STUDY OF INVESTMENT RISK ANALYSIS FOR FORMULATING
FEASIBLE DRINKING WATER SUPPLY SYSTEM WITH FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD
(CASE STUDY: MANYAR DISTRICT, GRESIK REGENCY)

Name : Mohamad Masykur Rifa'i
NRP : 03211850020005
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, M.Sc

ABSTRACT

Gresik Regency, according to the Department of Public Works and Spatial Planning (DPUTR) in 2018, was only able to provide drinking water for 48.15% of its area, which was handled by the Regional Water Supply Company (PDAM) and the Drinking Water Supply Facility Management Group (KPSPAM). The smaller part of Manyar District gets their service from PDAM, and the rest gets theirs from KPSPAM. The part of Manyar District that gets their service from KPSPAM uses pumped groundwater as raw water source. However, most of the times, the water is brackish and therefore does not meet the quality, quantity, and continuity standard of water service.

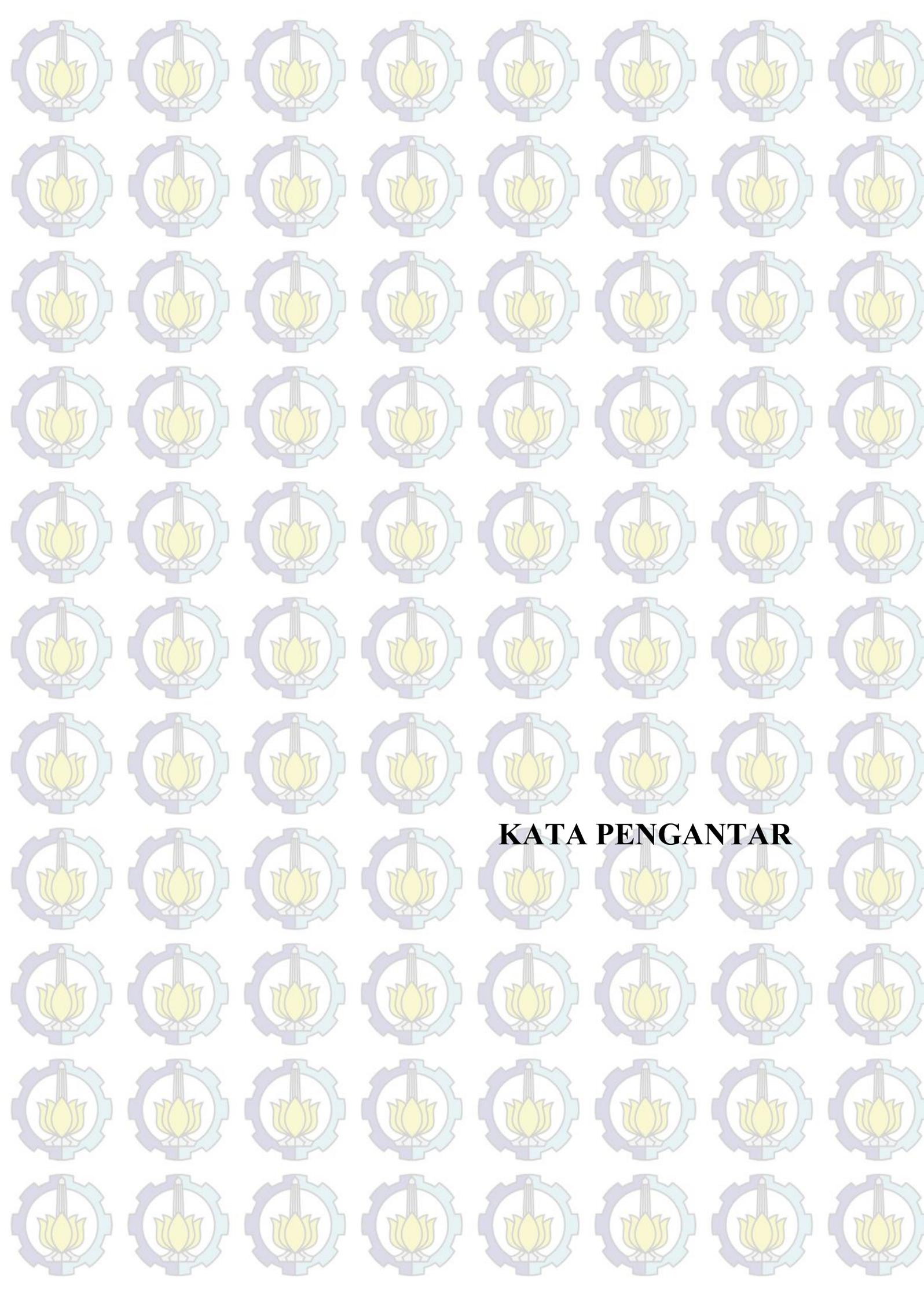
Bendung Gerak Sembayat Water Treatment Plant (WTP) started their development in 2019, with planned capacity of 1.000 lps, to provide drinking water service to industrial and housing area in North Gresik Sector and, in particular, Manyar District. The plan was to obtain raw water from Bengawan Solo River. However, in summer 2019, the water level decreased drastically and the river dried up. This condition also caused water crisis among the community living in the surrounding Bengawan Solo River Area (DAS). Estimated population growth will also increase drinking water needs so much that its capacity would be insufficient. Therefore, another raw water source alternative is necessary.

Brackish water or sea water can be used as alternative raw water with appropriate plan of drinking water treatment plant (WTP). Infrastructure

development needs pre-feasibility study, which includes legal and institutional study, technical study, environmental study, economic and financial study, as well as social study. Each of these studies has risks that need to be analyzed to minimize investment failures that might occur. Therefore, a Risk Analysis in Investment Study was prepared using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method. FMEA method is a method of risk management to identify the potential cause of failure, from its roots to what it affects. This method is chosen because it is the most feasible and effective method for operational repair. It is also able to analyze bigger and more complex risks compared to other analysis method.

Manyar District needs drinking water services up to 450 l/sec where the raw water source comes from brackish water with a drinking water treatment plant (WTP) using RO technology. Financially, investment for the construction of WTP using RO is still feasible because the NPV, BCR, IRR, and PP meets the criteria. But that investment has a risk of failure, so we need a strategy to minimize the risk of failure starting from the pre-construction, construction, and post-construction stages. The main strategy used in the pre-construction stage is obtaining suitable land, in the construction stage is to collaborate with the private sector related to capital, and in the post-construction stage is to carry out maintenance, cleaning, and RO replacement periodically in accordance with the specifications used.

Key Words: Drinking water, Manyar District, FMEA, risk management.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga tesis dengan judul “Kajian analisis risiko investasi untuk penyusunan kelayakan sistem penyediaan air minum dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) (studi kasus: di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik)” ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar.

Penelitian dan penulisan tesis ini dimaksudkan untuk memenuhi sebagian dari persyaratan guna memperoleh gelar Master, pada Program Magister Teknik Sanitasi Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember dan merupakan kesempatan berharga sekali untuk menerapkan beberapa teori yang diperoleh selama menempuh pendidikan dalam situasi dunia nyata. Tanpa kesempatan, bimbingan, masukan, serta dukungan semangat dari berbagai pihak, tentunya tesis ini tidak akan terwujud sebagaimana bentuknya saat ini.

Sehubungan dengan selesainya penulisan tesis ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan, baik moril maupun materiil, yaitu:

- (1) Ibu tercinta Masrucha (alm), Ayah tercinta Untung Suratno, dan keluarga besar atas kasih sayang dan doa yang tidak pernah putus serta selalu memberikan semangat dan dukungan dalam penyelesaian Tesis ini;
- (2) Ibu Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, Dipl.SE, M.Sc, selaku Pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan untuk perbaikan tesis ini;
- (3) Para Tim Penguji Tesis: Bapak Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE, M.Sc, Ph.D; Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S., MT; Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST, MT, Ph.D; dan Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc yang telah memberi masukan dan saran untuk perbaikan tesis ini;
- (4) Para Bapak dan Ibu Dosen pada Program Magister Teknik Sanitasi Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember;

- (5) Para Bapak dan Ibu Pegawai dan Staf Administrasi pada Program Magister Teknik Sanitasi Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember;
- (6) Teman-teman MTL dan MTSL 2018 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya;

Kepada pihak-pihak lainnya yang tidak mungkin disebutkan satu per-satu, juga penulis sampaikan penghargaan dan rasa terima kasih yang tidak terhingga karena dengan bantuan Bapak dan Ibu semuanya maka tesis ini dapat diselesaikan penulisannya dengan baik.

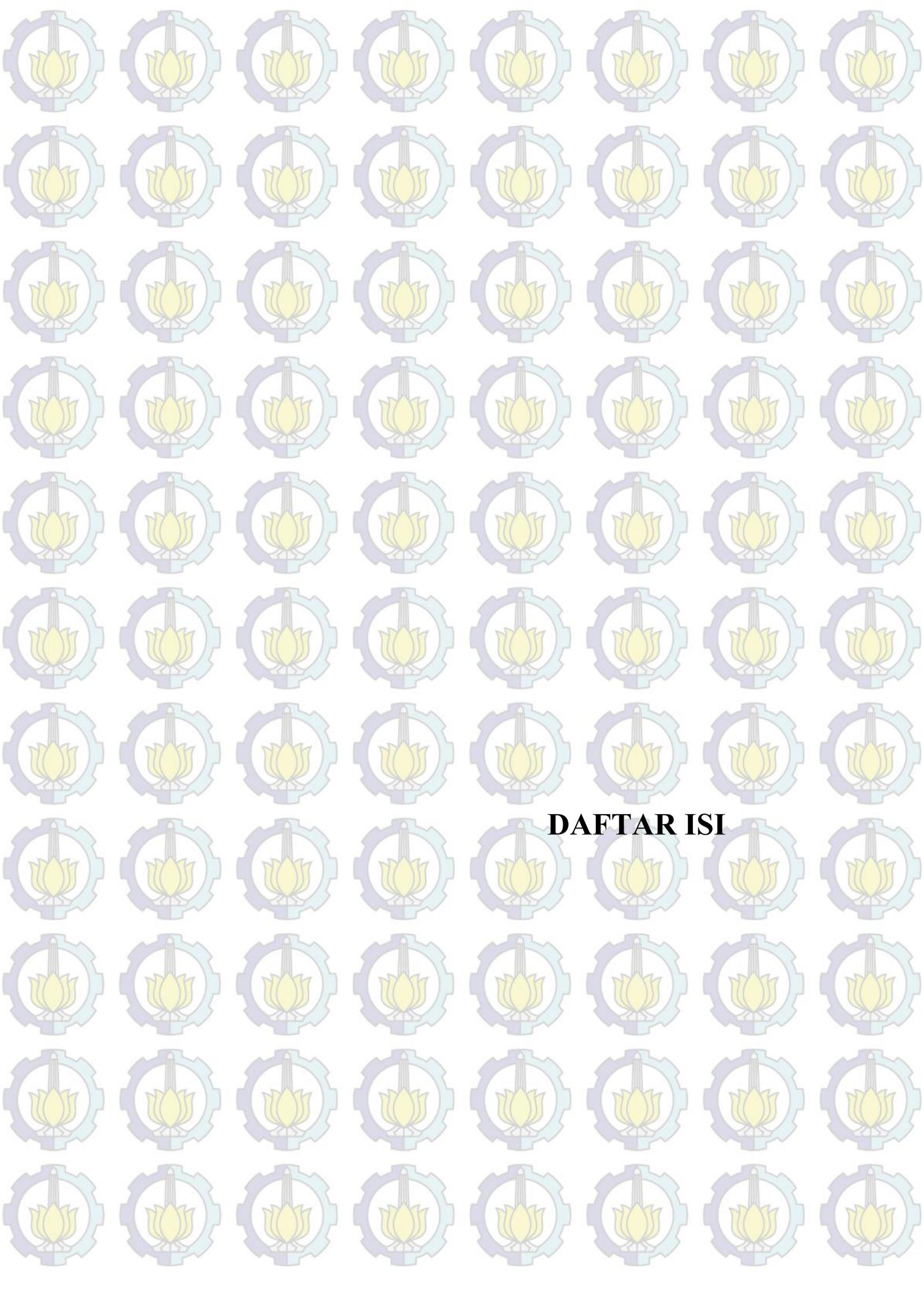
Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya kepada kita semua. Amin.

Surabaya, Agustus 2020

Penulis,

Mohamad Masykur Rifa'i

NRP. 03211850020005



DAFTAR ISI

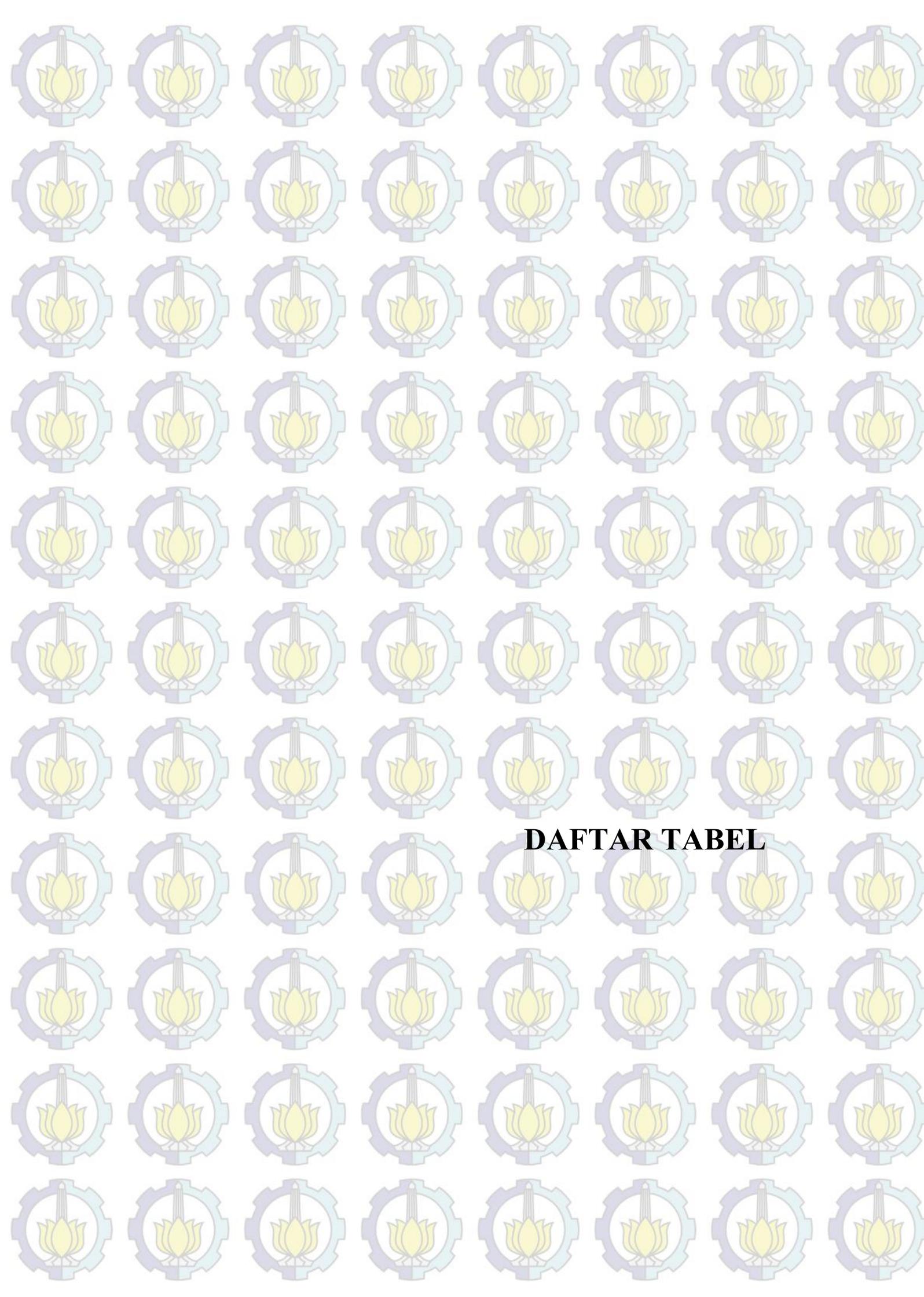
DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Ruang lingkup.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Karakteristik Air.....	5
2.1.1. Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Fisik.....	5
2.1.2. Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Kimia.....	6
2.2. Pengertian Air Payau dan Air Asin (Laut).....	7
2.2.1. Karakteristik Air Payau.....	8
2.1.2. Karakteristik Air Asin (Laut).....	9
2.3. Pengertian Air Minum.....	9
2.3.1. Standar Kualitas Air Minum.....	10
2.4. Teknik Pengolahan Air Payau Dan Air Asin (laut).....	12
2.4.1. Unit Pretreatment.....	12
2.4.2. Unit Reverse Osmosis (RO).....	17
2.4.3. Unit Desinfeksi.....	20
2.5. Sistem Distribusi Air Siap Minum.....	25
2.5.1. Laju Aliran, Tekanan Air, dan Kecepatan Aliran.....	26
2.6. Analisis Ekonomi dan Finansial.....	27
2.7. Manajemen Risiko.....	30

2.7.1.	Definisi Manajemen Risiko.....	30
2.7.2.	Proses Manajemen Risiko.....	30
2.8.	Fishbone Analysis.....	31
2.9.	Failure Mode and Effect Analysis.....	33
2.9.1.	<i>Traditional</i> FMEA.....	35
2.9.2.	Severity.....	35
2.9.3.	<i>Occurrence</i>	37
2.9.4.	<i>Detection</i>	38
2.9.5.	<i>Risk Priority Number</i>	39
2.10.	Metode Pengambilan Sampel.....	40
2.10.1.	Teknik Pengambilan Sampel.....	40
2.10.2.	Tujuan Dan Tahapan Pengambilan Sampel.....	40
2.10.3.	Cara Pengambilan Sampel.....	41
2.11.	Penelitian Terdahulu.....	43
BAB 3 GAMBARAN UMUM.....		45
3.1.	Kondisi Fisik Daerah.....	45
3.1.1.	Geografi.....	45
3.1.2.	Demografi.....	47
3.1.3.	Geologi.....	49
3.1.4.	Hidrologi Dan Klimatologi.....	50
3.1.5.	Iklm.....	52
3.2.	Sarana dan Prasarana.....	53
3.2.1.	Air Minum.....	53
BAB 4 METODE PENELITIAN.....		55
4.1.	Umum.....	55
4.2.	Kerangka Penelitian.....	55
4.3.	Tahapan Penelitian.....	57
4.3.1.	Menetapkan Ide dan Rumusan Masalah.....	57
4.3.2.	Tinjauan Pustaka.....	57
4.3.3.	Pengumpulan Data.....	58
4.3.4.	Pengolahan Data dan Analisa.....	59
4.3.5.	Kesimpulan dan Saran.....	59

BAB 5 HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	61
5.1. Aspek Teknis.....	61
5.1.1. Potensi Sumber Air Baku.....	61
5.1.2. Kebutuhan Air dan Rencana Tahapan Pembangunan.....	71
5.1.3. Perencanaan Alternatif Pengolahan.....	78
5.2. Aspek Finansial.....	86
5.2.1. Aliran Kas.....	86
5.2.2. Penentuan Kelayakan Finansial.....	90
5.3. Aspek Analisis Risiko.....	92
5.3.1. Analisis Diagram <i>Fishbone</i>	92
5.3.2. Penentuan Prioritas Kegagalan FMEA.....	97
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	121
6.1. Kesimpulan.....	121
6.2. Saran.....	123
DAFTAR PUSTAKA.....	125
LAMPIRAN.....	129

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

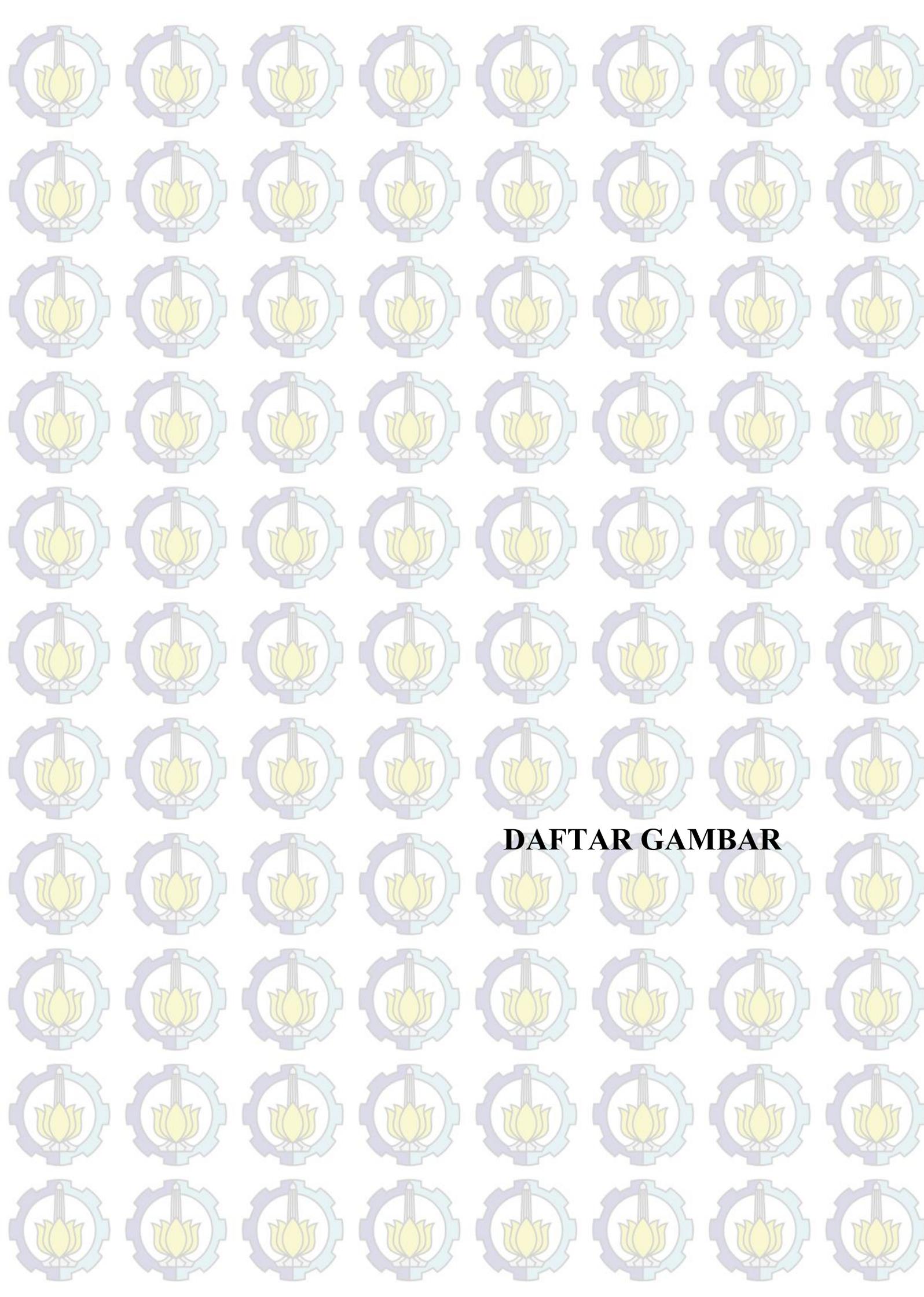


DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	10
Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Severity</i>	35
Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Occurrence</i>	37
Tabel 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat <i>Detection</i>	38
Tabel 2.5 Ciri Dari Sampling Acak Startifikasi dan Sampling Kluster.....	42
Tabel 3. 1 Luas Wilayah Menurut Desa/Kelurahan Dan Jenis Penggunaan Tanah Kecamatan Manyar Tahun 2018.....	47
Tabel 3. 2 Jumlah Penduduk Kecamatan Manyar Dari Tahun 2010 – 2018.....	48
Tabel 3. 3 Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin Dan Desa/Kelurahan Kecamatan Manyar Tahun 2018.....	48
Tabel 3. 4 Luas Daerah Berdasarkan Klasifikasi Jenis Tanah (Ha) Kecamatan Manyar.....	50
Tabel 3. 5 Jumlah Curah Hujan, Hari Hujan, Dan Rata-Rata Curah Hujan Per Hari Kecamatan Manyar Tahun 2018.....	51
Tabel 3. 6 Kondisi KPSPAM Kecamatan Manyar.....	54
Tabel 5. 1 Potensi Aliran Sungai dan Debit Bendung Irigasi Total.....	63
Tabel 5. 2 Neraca ketersediaan-kebutuhan air serta kriteria kekritisn air DAS Bengawan Solo tahun 2030 untuk setiap wilayah kabupaten/kota dua kali tanam	64
Tabel 5. 3 Kualitas Air Baku.....	68
Tabel 5. 4 Besar Unit Konsumsi Berdasarkan Jumlah Penduduk.....	71
Tabel 5. 5 Kebutuhan Non Rumah Tangga Kategori Kategori I-IV.....	72
Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Domestik.....	74
Tabel 5. 7 Karakteristik Air Baku.....	79
Tabel 5. 8 Karakteristik Air Baku.....	80
Tabel 5. 9 Penilaian Alternative Pengolahan.....	85
Tabel 5. 10 Nilai Akhir Alternative Pengolahan.....	86
Tabel 5. 11 Standar Harga Satuan Investasi SPAM.....	87
Tabel 5. 12 Biaya Investasi.....	87
Tabel 5. 13 Biaya Pemeliharaan.....	88
Tabel 5. 14 Pendapatan Penjualan Air.....	89

Tabel 5. 15 Aliran Kas.....	90
Tabel 5. 16 Tabel nilai sensitivitas.....	92
Tabel 5. 17 Pembobotan Kepentingan Risiko Tahap Prakonstruksi.....	97
Tabel 5. 18 Pembobotan Kepentingan Setiap Risiko Tahap Prakonstruksi.....	97
Tabel 5. 19 Pembobotan Kepentingan Risiko Tahap konstruksi.....	99
Tabel 5. 20 Pembobotan Kepentingan Setiap Risiko Tahap konstruksi.....	99
Tabel 5. 21 Penilaian Severity.....	100
Tabel 5. 22 Skala Besaran Risiko yang ditimbulkan.....	101
Tabel 5. 23 Skala Kondisi Lingkungan.....	102
Tabel 5. 24 Severity Tahap Pra Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	103
Tabel 5. 25 Severity tahap Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar..	104
Tabel 5. 26 Severity tahap Pasca Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	105
Tabel 5. 27 Penilaian Occurrence.....	106
Tabel 5. 28 Occurence tahap Pra Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	107
Tabel 5. 29 Occurence tahap konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar	108
Tabel 5. 30 Occurence tahap pasca konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	109
Tabel 5. 31 <i>Detection</i> Tahap Pra konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	110
Tabel 5. 32 <i>Detection</i> tahap konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar	112
Tabel 5. 33 <i>Detection</i> tahap pasca konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	113
Tabel 5.34 Risk Priority Number Tahap Pra-Konstruksi IPA pembangunan Kecamatan Manyar.....	114
Tabel 5.35 Risk Priority Number Tahap Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	116
Tabel 5.36 Risk Priority Number Tahap Pasca Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar.....	117



DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Prinsip Dasar Proses Osmosis Balik (Reverse Osmosis).....	19
Gambar 2. 2 Unit Pengolahan Teknologi UV.....	22
Gambar 2.3 Unit Pengolahan Teknologi Ozon-UV.....	23
Gambar 2. 4 Contoh Fishbone.....	33
Gambar 2. 5 Teknik Pengambilan Sampel.....	41
Gambar 3.1 Peta Administrasi Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik.....	46
Gambar 3. 2 Skematik IPA Bendung Gerak Sembayat.....	54
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian.....	57
Gambar 5. 1 Wilayah Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo.....	62
Gambar 5. 2 Foto Kondisi Sungai Bengawan Solo mengering di Kabupaten Gresik.....	65
Gambar 5. 3 Potensi air permukaan Kabupaten Gresik.....	66
Gambar 5. 4 Potensi Air Tanah Kabupaten Gresik.....	67
Gambar 5. 5 Rencana Lokasi Rencana IPA Air Payau.....	70
Gambar 5. 6 Kondisi Pelayanan Air Minum Eksiting.....	76
Gambar 5. 7 Kondisi Pelayanan Air Minum Eksiting.....	77
Gambar 5. 8 Diagram Fishobone Analysis Tahap Pra-Konstruksi.....	94
Gambar 5. 9 Diagram Fishobone Analysis Tahap Konstruksi.....	95
Gambar 5. 10 Diagram Fishobone Analysis Tahap Pasca Konstruksi.....	96

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 1
PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kondisi pelayanan air minum di Kabupaten Gresik berdasarkan Dinas Pekerjaan Umum Dan Tata Ruang (DPUTR) pada tahun 2018 hanya mencapai sekitar 48,15% yang dilayani oleh perusahaan daerah air minum (PDAM) dan Kelompok Pengelola Sarana Penyediaan Air Minum (KPSPAM). Sebagian kecil Kecamatan Manyar dilayani oleh PDAM dan sebagian besar lainnya dilayani oleh KPSPAM. Kecamatan Manyar yang dilayani oleh KPSPAM menggunakan sumber air baku yang berasal dari air tanah dalam yang diambil dengan pompa atau yang lebih dikenal dengan sumur bor. Namun, air yang digunakan sebagian besar juga masih payau dan secara kualitas, kuantitas, dan kontinuitas masih belum memenuhi kebutuhan pelayanan.

Pada tahun 2019 mulai dibangun Instalasi Pengolahan Air (IPA) Bendung Gerak Sembayat dengan kapasitas 1.000 lps untuk melayani kawasan industri dan permukiman di Kawasan Gresik Utara khususnya Kecamatan Manyar. Air baku dari IPA tersebut diambil dari Sungai Bengawan Solo, akan tetapi pada musim kemarau pada tahun 2019 kuantitasnya menurun drastis dan mengering. Kondisi tersebut juga membuat desa disekitar daerah aliran sungai (DAS) Bengawan Solo krisis air. “musim kemarau itu sudah biasa. Tapi kali ini tampaknya paling parah.” kata Kepala Desa Baron, Kecamatan Dukun (<https://www.jawapos.com/surabaya/10/10/2019/kemarau-panjang-sungai-bengawan-solo-pun-mengering/>). Selain itu, Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat setiap tahun akan berdampak pula pada meningkatnya kebutuhan air minum sehingga kapasitasnya tidak mencukupi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain air baku untuk memenuhi kebutuhan air minum.

Dalam pembangunan infrastruktur perlu adanya prastudi kelayakan yaitu kajian hukum dan kelembagaan, kajian teknis, kajian lingkungan, kajian ekonomi dan finansial, kajian sosial. Setiap kajian tersebut memiliki resiko yang perlu dianalisis untuk memperkecil kegagalan investasi yang mungkin dapat terjadi. Oleh karena itu, disusunlah Kajian Analisis Risiko dalam Investasi dengan

menggunakan metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). Metode FMEA merupakan salah satu metode manajemen risiko untuk identifikasi potensi penyebab kegagalan beserta dampak dan akar permasalahannya. Metode ini dipilih karena lebih *feasible* dan efektif untuk perbaikan operasional dan mampu menganalisis risiko dalam skala besar serta kompleks jika dibandingkan dengan metode manajemen risiko lainnya.

Berdasarkan pada uraian diatas, maka perlu kajian yang terkait dengan risiko guna meminimalkan kegagalan yang terjadi, diperlukan sebuah kajian analisis risiko dalam investasi untuk penyusunan kelayakan sistem penyediaan air minum dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dengan studi kasus yang terpilih di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik.

1.2. Perumusan masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah

1. Bagaimana kualitas, kuantitas dan kontinuitas air payau/air laut yang akan dimanfaatkan sebagai air baku air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik.
2. Bagaimana memperoleh risiko dalam investasi sistem penyediaan air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik berdasarkan kajian teknik dan finansial menggunakan metode FMEA
3. Bagaimana upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi risiko yang mungkin terjadi

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Memperoleh kualitas, kuantitas dan kontinuitas air payau/ air laut yang akan dimanfaatkan sebagai air baku air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik.
2. Menetapkan Risiko Investasi sistem penyediaan air minum berdasarkan kajian teknik dan finansial di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik dengan Metode FMEA.

3. Menetapkan upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi risiko yang mungkin terjadi.

1.4. Ruang lingkup

Penelitian ini memiliki ruang lingkup sebagai batasan, yaitu:

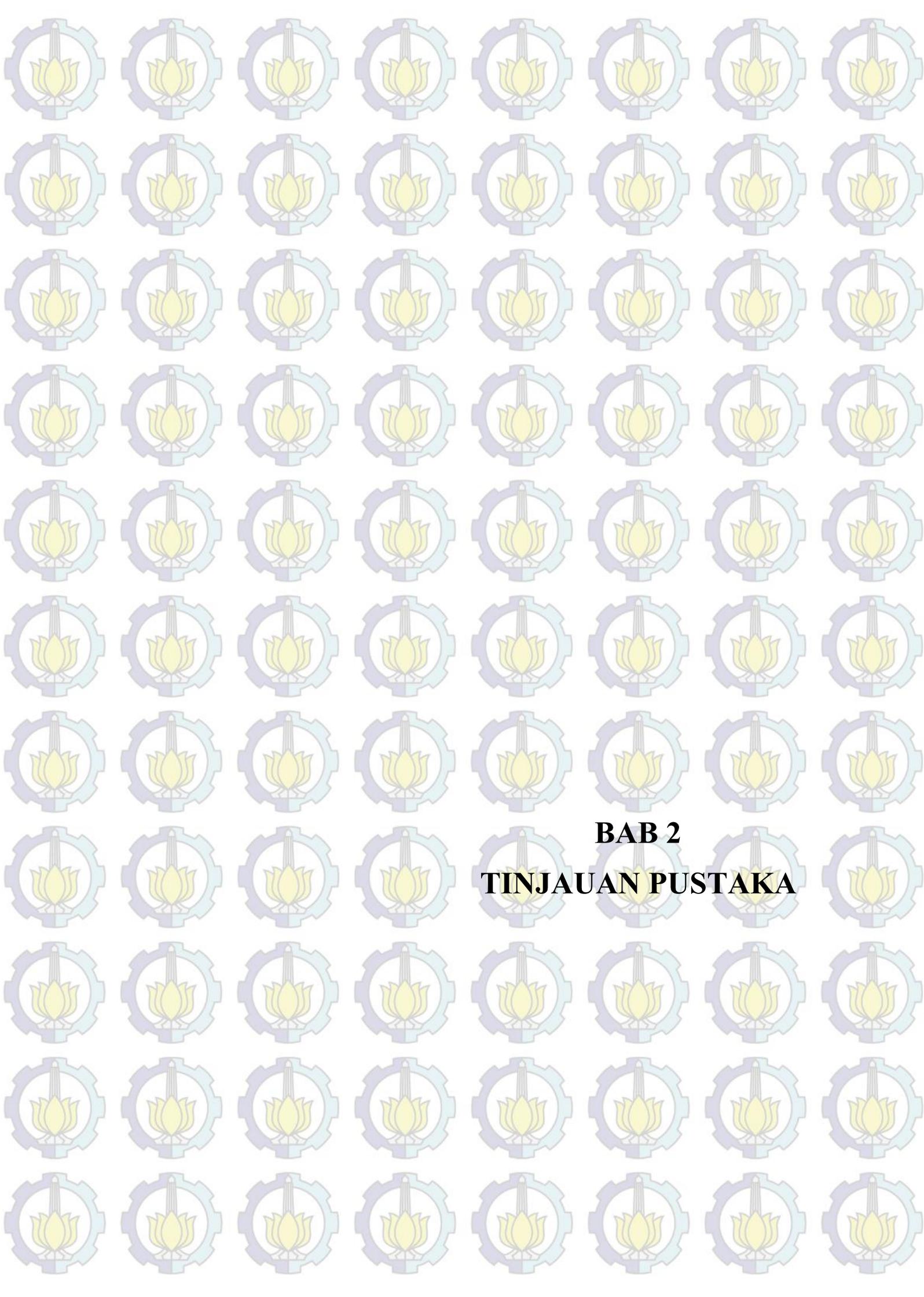
1. Objek pada penelitian ini adalah Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik
2. Penelitian ini hanya berfokus pada sistem penyediaan air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik
3. Penelitian mencakup aspek teknis, lingkungan, dan finansial dengan analisis risiko.
 - a. Aspek teknis: Analisa kebutuhan air, Analisa sistem pengolahan air siap minum, real demand survey terkait ability to pay dan willingness to pay
 - b. Aspek finansial: *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, dan *Payback Period (PP)*
 - c. Analisis risiko dalam investasi sistem penyediaan air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik menggunakan metode metode FMEA

1.5. Manfaat Penelitian

Sasaran utama dalam penelitian ini adalah memperoleh kelayakan dan kemungkinan risiko yang timbul dari pemakaian air payau untuk air baku air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Oleh karena itu, manfaat penelitian ini adalah

- a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan penggunaan air payau untuk kebutuhan air minum.
- b. Manfaat penelitian adalah sebagai referensi atau acuan untuk penelitian selanjutnya terkait sistem penyediaan air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik maupun Kabupaten lainnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Karakteristik Air

2.1.1. Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Fisik

Karakteristik air berdasarkan parameter fisik terdiri dari:

a. Warna

Warna air sebenarnya terdiri dari warna asli dan warna tampak. Warna asli atau true color adalah warna yang disebabkan oleh substansi terlarut. Warna pada air di laboratorium diukur berdasarkan warna standar yang telah diketahui konsentrasinya. Intensitas warna ini dapat diukur dengan satuan unit standar yang dihasilkan oleh dua mg/l platina. Standar yang ditetapkan di Indonesia besarnya maksimal lima unit (Sutrisno, dalam Destrina, 2015).

b. Kekeruhan

Kekeruhan di dalam air disebabkan oleh adanya zat tersuspensi, seperti lumpur, zat organik, plankton dan zat-zat halus lainnya. Kekeruhan merupakan sifat optis dari suatu larutan, yaitu hamburan dan absorpsi cahaya yang melaluinya. Kekeruhan dengan kadar semua jenis zat suspensi tidak dapat dihubungkan secara langsung, karena tergantung juga kepada ukuran dan bentuk butiran (Amalia, 2014).

c. Total Padatan Terlarut (Total Dissolved Solid)

Menurut Hartomo dan Widiatmoko (1994), total padatan terlarut merupakan ukuran jumlah total zat anorganik dan organik terlarut dalam air. TDS (Total Dissolved Solid) adalah jumlah padatan terlarut yang terdapat dalam air. Padatan terlarut diakibatkan oleh bahan pelarut dari air yang padat, cairan, dan gas (Yusuf dkk, 2009). Air yang baik digunakan untuk keperluan rumah tangga adalah angka total solid di dalam air minum adalah 500-1500 mg/l. Apabila melebihi maka akan berakibat yaitu : a. Air tidak enak rasanya b. Rasa mual c. Terjadinya cardiac siseases toxaameia pada wanita hamil. (Sutrisno, dalam Destrina, 2015).

2.1.2. Karakteristik Air Berdasarkan Parameter Kimia

a. Derajat keasamaan (pH)

pH merupakan istilah yang digunakan untuk menyatakan intensitas keadaan asam atau basa suatu larutan. Standar kualitas air minum dalam pH ini yaitu bahwa pH yang lebih kecil dari 6,5 dan lebih besar dari 9,2 akan menyebabkan korosivitas pada pipa-pipa air yang dibuat dari logam dan dapat mengakibatkan beberapa senyawa kimia berubah menjadi racun yang dapat mengganggu kesehatan manusia. (Sutrisno, dalam Destrina, 2015).

b. Salinitas

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰) (Yusuf, 2009). Air di kategorikan sebagai air payau bila konsentrasi garamnya 0,05 sampai 3% atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% disebut brine.

c. Besi (Fe)

Besi adalah metal berwarna putih keperakan, liat dan dapat dibentuk. Di alam didapat sebagai hematit. Di dalam air minum Fe menimbulkan rasa, warna (kuning), pengendapan pada dinding pipa, pertumbuhan bakteri besi dan kekeruhan. Besi dibutuhkan oleh tubuh dalam pembentukan hemoglobin. Di dalam standar kualitas ditetapkan kandungan besi di dalam air sebanyak 0,1 - 1,0 mg/l. Jika dalam jumlah besar Fe dapat menyebabkan: 1. Merusak dinding usus. 2. Rasa tidak enak dalam air, pada konsentrasi lebih dari 2 mg/l 3. Menimbulkan bau dan warna dalam air (Diba, 2015).

d. Mangan (Mn)

Mangan mampu menimbulkan keracunan kronis pada manusia hingga berdampak menimbulkan lemah pada kaki dan otot, muka kusam dan dampak lanjutan bagi manusia yang keracunan Mangan (Mn), bicaranya lambat dan hiperrefleksi (Pahlevi, dalam Amalia, 2014). Mangan mempunyai warna putih-

kelabu dan menyerupai besi. Mangan adalah logam keras dan sangat rapuh, bisa dileburkan dan disatukan walaupun sulit, tetapi sangat mudah untuk mengoksid mangan. Logam mangan dan ion-ion biasanya mempunyai daya magnet yang kuat (Amalia, 2014). Tubuh manusia membutuhkan mangan rata-rata 10 mg/l sehari yang dapat dipenuhi dari makanan. Tetapi Mangan bersifat toxis terhadap alat pernafasan. Standar kualitas menetapkan: kandaungan mangan di dalam air 0,05-05 mg/l (Diba, 2015).

2.2. Pengertian Air Payau dan Air Asin (Laut)

Air dapat berupa air tawar (fresh water), air payau dan air asin (air laut) yang merupakan bagian terbesar di bumi ini. Di dalam lingkungan alam proses, perubahan wujud, gerakan aliran air (di permukaan tanah, di dalam tanah, dan di udara) dan jenis air mengikuti suatu siklus keseimbangan dan dikenal dengan istilah siklus hidrologi. Air laut merupakan air yang berasal dari laut, memiliki rasa asin, dan memiliki kadar garam (salinitas) yang tinggi, dimana rata-rata air laut di lautan dunia memiliki salinitas sebesar 35. Hal ini berarti untuk setiap satu liter air laut terdapat 35 gram garam yang terlarut di dalamnya. Kandungan garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut antara lain klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), potasium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromida, asam borak, strontium, dan florida, sedangkan air tawar merupakan air dengan kadar garam dibawah 0,5 ppt.(Zefrina, 2015).

Perairan payau adalah suatu badan air setengah tertutup yang berhubungan langsung dengan laut terbuka, dipengaruhi oleh gerakan pasang surut, dimana air laut bercampur dengan air tawar dari buangan air daratan, perairan terbuka yang memiliki arus, serta masih terpengaruh oleh proses-proses yang terjadi di darat (Pangesti, 2013).

Menurut Soedjono (dalam Yusuf dkk, 2009), air payau terjadi karena intrusi air asin ke air tawar. Hal ini dikarenakan adanya degradasi lingkungan. Pencemaran air tawar juga dapat terjadi karena fenomena air pasang naik. Saat air laut meluap, masuk ke median sungai. Kemudian terjadi pendangkalan di sekitar sungai sehingga air asin ini masuk ke dalam air tanah dangkal dan menjadi payau.

Air payau adalah campuran antara air tawar dan air laut (air asin). Jika kadar garam yang dikandung dalam satu liter air adalah antara 0,5 sampai 30 gram, maka air ini disebut air payau. Namun jika konsentrasi garam melebihi 30 gram dalam satu liter air disebut air asin (Suprayogi, dalam Darmawansa, 2014). Air asin memiliki salinitas yang tinggi dari pada air payau. Perbedaan air payau dengan air asin terlihat dari besarnya salinitas air tersebut. Semakin tinggi salinitasnya maka semakin tinggi pula biaya yang dibutuhkan untuk pengolahannya.

2.2.1. Karakteristik Air Payau

Salinitas adalah tingkat keasinan atau kadar garam terlarut dalam air. Salinitas air payau menggambarkan kandungan garam dalam suatu air payau. Garam yang dimaksud adalah berbagai ion yang terlarut dalam air termasuk garam dapur (NaCl). Pada umumnya salinitas disebabkan oleh 7 ion utama yaitu: natrium (Na^+), kalium (K^+), kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), Klorida (Cl^-), sulfat (SO_4^{2-}) dan bikarbonat (HCO_3^-). Salinitas dinyatakan dalam satuan gram/kg atau promil (‰) (Yusuf E, 2009). Air di kategorikan sebagai air payau bila konsentrasi garamnya 0,05 sampai 3% atau menjadi saline bila konsentrasinya 3 sampai 5%. Lebih dari 5% disebut brine. Air payau adalah air yang salinitasnya lebih rendah dari pada salinitas rata-rata air laut normal (<35 permil) dan lebih tinggi dari pada 0,5 permil yang terjadi karena pencampuran antara air laut dengan air tawar baik secara alamiah maupun buatan. Banyak sumur-sumur yang airnya masih mengandung ion-ion besi (Fe^{2+}), natrium (Na^+), zink (Zn^{2+}), sulfat (SO_4^{2-}), dan clorida (Cl^-) yang cukup tinggi (Etikasari yusuf dkk, 2009). Air payau mempunyai karakteristik atau sifat-sifat yang dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu :

1. Karakteristik fisik

- a. Merupakan cairan tak bewarna
- b. Mempunyai densitas = 1,02 dengan pH 7,8-8,2
- c. Salinitas 0,05 - 3 %
- c. Mempunyai titik beku = $-2,78\text{ }^\circ\text{C}$ dan titik didih = $101,1\text{ }^\circ\text{C}$
- d. Suhu rata-rata = $\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$
- e. Rasanya pahit dan aromanya tergantung pada kemurniannya.

2. Karakteristik kimia

Karakteristik kimia yang ada dalam air dapat merugikan lingkungan. Berikut ini beberapa karakteristik kimia dari air bersih :

- a. Derajat keasaman (pH) antara 6 - 8,5
- b. Jumlah kesadahan (Total Hardness)
- c. Zat organik
- d. CO₂ agresif tinggi
- e. Kandungan unsur kimiawi seperti yang banyak terkandung dalam air sumur payau adalah Fe²⁺, Na⁺, SO₄²⁻, Cl⁻, Mn²⁺, Zn²⁺ (Wulandari A, 2009)
- f. TDS pada air payau antara 1.000 - 10.000 mg/L

3. Karakteristik biologi

Termasuk karakteristik biologi adalah ganggang, lumut, dan mikroorganisme lainnya yang dapat mengganggu kesehatan, walaupun terdapat dalam jumlah kecil . (Yusuf E, 2009).

2.1.2. Karakteristik Air Asin (Laut)

Salinitas air laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, pengupuan, curah hujan dan aliran sungai. Perairan dengan tingkat curah hujan tinggi serta terjadi pencampuran aliran sungai memiliki salinitas yang lebih rendah. Sedangkan perairan dengan pengupuan yang tinggi memiliki salinitas yang lebih tinggi. Salinitas air laut juga dipengaruhi oleh kedalaman, dimana semakin dalam lautan maka semakin tinggi salinitasnya. Air asin (laut) memiliki salinitas diatas 3% dan memiliki kandungan TDS diatas 10.000 mg/L.

2.3. Pengertian Air Minum

Air minum adalah kebutuhan dasar manusia yang paling penting. Untuk menjamin kelangsungan hidup dan kualitas hidup manusia harus diperhatikan 8 kelestarian sumber daya air. Namun tidak semua daerah mempunyai sumber daya air yang baik (Said, 2008).

2.3.1. Standar Kualitas Air Minum

Berdasarkan Permenkes RI Nomor 492/MENKES/PER/ IV/2010, air minum yang aman adalah yang memenuhi semua persyaratan secara fisik, kimia, mikrobiologi, maupun radioaktif. Jadi air minum menurut Permenkes RI No. 492/Menkes/Per/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum adalah air yang melalui proses pengolahan yang memenuhi syarat kesehatan dan dapat langsung diminum. Dalam Permenkes tersebut diatur parameter wajib dan parameter tambahan. Parameter wajib dibedakan kembali menjadi dua, yaitu parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan dan yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan. Aspek radioaktifitas termasuk ke dalam parameter tambahan.

Menurut Sutrisno dan Suciastuti (2002), persyaratan fisik meliputi warna, bau, rasa, temperatur, dan kekeruhan. Kekeruhan ditimbulkan oleh bahan organik dan anorganik yang terkandung dalam air, seperti lumpur dan bahan yang berasal dari hasil pembuangan. Tabel persyaratan kualitas air minum secara fisik dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Persyaratan Kualitas Air Minum

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
1	Parameter yang langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1. E. Coli	Jumlah per 100 l sampel	0
	2. Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 l sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1. Arsen	mg/l	0.01
	2. Flourida	mg/l	1.5
	3. Total Kromium	mg/l	0.05
	4. Kadmium	mg/l	0.003
	5. Nitrit, (Sebagai NO ₃ -)	mg/l	3
	6. Nitrat, (Sebagai NO ₃ +))	mg/l	50
7. Sianida	mg/l	0.07	

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimum yang diperbolehkan
	8. Selenium	mg/l	0.01
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan		
	a. Parameter fisik		
	1. Bau		Tidak berbau
	2. Warna	TCU	15
	3. Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4. Kekeruhan	NTU	5
	5. Rasa		Tidak berasa
	6. Suhu	°C	Suhu udara kurang lebih 3
	b. Parameter kimiawi		
	1. Aluminium	mg/l	0.2
	2. Besi	mg/l	0.3
	3. Kesadahan	mg/l	500
	4. klorida	mg/l	250
	5. Mangan	mg/l	0.4
	6. Ph		6.5-8.5

Sumber: PERMENKES RI No 492/MENKES/PER/IV/2010

Pratiwi (2007), menyatakan bahwa kualitas kimia adalah yang berhubungan dengan ion-ion senyawa maupun logam yang membahayakan, seperti Hg, Pb, Ag, Cu, dan Zn. Residu dari senyawa lainnya yang bersifat racun adalah residu pestisida, yang dapat menyebabkan perubahan bau, rasa dan warna air.

2.4. Teknik Pengolahan Air Payau Dan Air Asin (laut)

Teknik pengolahan air payau dan air asin (laut) memiliki teknologi yang sama. Namun karena air memiliki TDS yang lebih besar maka memerlukan biaya yang lebih tinggi untuk pengolahannya.

2.4.1. Unit Pretreatment

A. Koagulasi

Koagulasi merupakan proses penggumpalan partikel koloid dikarenakan penambahan bahan kimia sehingga partikel-partikel tersebut bersifat netral dan membentuk endapan dengan gaya gravitasi. Menurut Ebeling dan Ogden (dalam Destrina, 2015), koagulasi merupakan proses menurunkan atau menetralkan muatan listrik pada partikel-partikel tersuspensi. Muatan-muatan listrik yang sama pada partikel-partikel kecil dalam air menyebabkan partikel-partikel tersebut saling menolak sehingga membuat partikel-partikel koloid kecil terpisah satu sama lain dan menjaganya tetap berada dalam suspensi. Proses koagulasi berfungsi untuk menetralkan atau mengurangi muatan negatif pada partikel sehingga mengizinkan gaya tarik Van Der Waals untuk mendorong terjadinya agregasi koloid dan zat-zat tersuspensi halus untuk membentuk microfloc. Untuk menjamin proses koagulasi yang efisien pada dosis bahan kimia yang minimal maka koagulant harus dicampur secara cepat dengan air, dengan pengaduk yang cepat zat pengendap akan terbagi rata didalam air sebelum pengendapan selesai.

Faktor – faktor yang mempengaruhi koagulasi :

1. Pemilihan bahan kimia Untuk melaksanakan pemilihan bahan kimia, perlu pemeriksaan terhadap karakteristik air baku yang akan diolah, yaitu :
 - a. Suhu, dimana suhu yang rendah memberikan efek yang merugikan terhadap efisiensi semua proses pengolahan. Semakin rendah temperatur, maka membutuhkan waktu kontak yang lebih lama karena mempengaruhi pembentukan flok-flok agar cepat mengendap di bak pengendap.
 - b. pH, pada kondisi ekstrim baik tinggi maupun rendah, pH dapat berpengaruh terhadap koagulasi karena sifat kimia koagulan yang tergantung pada pH. pH

optimum bervariasi tergantung jenis koagulan yang digunakan, namun umumnya pH maksimal adalah 7,5.

- c. Alkalinitas yang rendah membatasi reaksi ini dan menghasilkan koagulasi yang kurang baik, pada kasus demikian mungkin memerlukan penambahan alkalinitas ke dalam air, melalui penambahan bahan kimia alkali/basa kapur atau soda abu).
- d. Kekeruhan, dimana semakin rendah kekeruhan maka semakin sukar pembentukan flok. Semakin sedikit partikel, semakin jarang terjadi tumbukan antar partikel/flok, oleh karena itu makin sedikit kesempatan flok berakumulasi.
- e. Warna, dimana berindikasi kepada senyawa organik, dimana zat organik bereaksi dengan koagulan menyebabkan proses koagulasi terganggu selama zat organik tersebut berada di dalam air baku dan proses koagulasi semakin sukar tercapai.

2. Penentuan dosis optimum koagulan

Untuk memperoleh koagulasi yang baik, dosis optimum koagulan harus ditentukan. Dosis optimum mungkin bervariasi sesuai dengan karakteristik dan seluruh komposisi kimiawi di dalam air baku, tetapi biasanya dalam hal ini fluktuasi tidak besar, hanya pada saat-saat tertentu dimana terjadi perubahan kekeruhan yang drastis (waktu musim hujan/banjir) perlu penentuan dosis optimum berulang-ulang.

Koagulan adalah bahan kimia yang ditambahkan untuk mendestabilisasi partikel koloid dalam air limbah agar flok dapat terbentuk. Senyawa koagulan adalah senyawa yang mempunyai kemampuan mendestabilisasi koloid dengan cara menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid sehingga koloid dapat bergabung satu sama lain membentuk flok dengan ukuran yang lebih besar sehingga mudah mengendap.

Waktu penambahan bahan-bahan kimiawi pengkondisi dan koagulan terbukti sangat penting dan biasanya sangat menentukan keefektifan performa unit sedimentasi, filtrasi dan kualitas air akhir. Koagulan berbasis besi cenderung lebih mahal pada basis dosis ekuivalen per kilogramnya.

Koagulan-koagulan ini juga mengambil lebih banyak alkalinitas sehingga cenderung menurunkan pH air yang diolah lebih besar. Sebagian berpendapat bahwa koagulan berbasis besi menghasilkan flok dengan bentuk yang membuatnya lebih sulit untuk mengendap. Koagulan ini sangat korosif dan ketika terjadi tumpahan atau kebocoran akan meninggalkan noda karat yang berwarna merah darah (Gebbie, dalam Destrina, 2015).

Beberapa bahan kimia yang sering digunakan untuk proses koagulasi di antaranya:

1. *Poly Aluminium Chloride* (PAC)

PAC adalah polimer aluminium yang merupakan jenis koagulan baru sebagai hasil riset dan pengembangan teknologi pengolahan air. Sebagai unsur dasarnya adalah aluminium dan aluminium ini berhubungan dengan unsur lain membentuk unit yang berulang dalam suatu ikatan rantai molekul yang cukup panjang. Dengan demikian PAC menggabungkan netralisasi dan kemampuan menjembatani partikel-partikel koloid sehingga koagulasi berlangsung lebih efisien. PAC memiliki rumus kimia umum $Al_nCl_{(3nm)}(OH)_m$, dimana yang paling umum dalam pengolahan air adalah $Al_{12}Cl_{12}(OH)_{24}$.

PAC memiliki rantai polimer yang panjang, muatan listrik positif yang tinggi dan memiliki berat molekul yang besar, PAC memiliki koefisien yang tinggi sehingga dapat memperkecil flok dalam air yang dijernihkan meski dalam dosis yang berlebihan. PAC lebih cepat membentuk flok dari pada koagulan biasa, hal ini dikarenakan PAC memiliki muatan listrik positif yang tinggi sehingga PAC dapat dengan mudah menetralkan muatan listrik pada permukaan koloid dan dapat mengatasi serta mengurangi gaya tolak menolak elektrostatis antar partikel sampai sekecil mungkin yang memungkinkan partikel – partikel koloid tersebut saling mendekat (gaya tarik menarik kovalen) dan membentuk gumpalan / massa yang lebih besar (Malhotra, 1994, dalam Agustina, 2016).

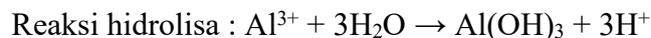
Pada penggunaannya, PAC tidak keruh bila digunakan berlebih, sedangkan koagulan utama (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan ferrosulfat) bila dosis berlebihan akan membuat air keruh, akibat dari flok yang berlebihan. Maka penggunaan PAC dibidang penjernihan air lebih praktis, dimana PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa.

2. Aluminium Sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)

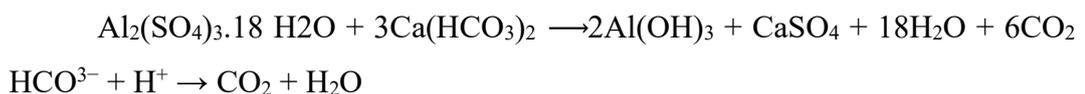
Alum merupakan salah satu koagulan yang paling lama dikenal dan paling luas digunakan. Alum padat akan langsung larut di dalam air, tetapi larutannya bersifat korosif terhadap aluminium, besi dan beton sehingga tangki-tangki dari bahan tersebut membutuhkan lapisan pelindung. Alum juga membentuk koloidal $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dapat mengadsorpsi zat-zat warna atau zat-zat pencemar seperti detergen dan pestisida. Ketika ditambahkan ke dalam air, alum bereaksi dengan air menghasilkan ion-ion bermuatan positif. Ion-ion bermuatan +4 tetapi secara tipikal bermuatan +2 (bivalen). Ion-ion bivalen 30- 60 kali lebih efektif dalam menetralkan muatan-muatan partikel dibanding ionion yang bermuatan +1 (monovalen) (Rosariawari, dalam Destrina, 2015).

Alum atau tawas merupakan bahan koagulan, yang paling banyak digunakan karena bahan ini paling ekonomis (murah), mudah didapatkan di pasaran serta mudah penyimpanannya (Budi, dalam Ramadhani, 2013).

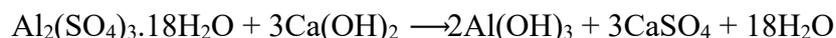
Bila larutan alum ditambahkan ke dalam air yang akan diolah terjadi reaksi sebagai berikut :



Aluminium sulfat memerlukan alkalinitas (seperti kalsium bikarbonat) dalam air agar terbentuk flok:



Bila alkalinitas alumnya kurang, perlu dilakukan penambahan $\text{Ca}(\text{OH})_2$



B. Aerasi

Aerasi merupakan suatu system oksigenasi melalui penangkapan O_2 dari udara pada air olahan yang akan diproses. Pemasukan oksigen ini bertujuan agar O_2 di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam air olahan. Reaksi kation dan oksigen menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga dapat mengendap (Darmayanto, 2009). Proses aerasi terutama untuk menurunkan kadar besi (Fe) dan magnesium (Mg). Kation Fe^{2+} atau Mg^{2+} bila disemburkan ke udara akan membentuk oksida Fe_3O_3 dan MgO .

C. Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pemisahan antara padatan/koloid dengan suatu cairan. Penyaringan air olahan yang mengandung padatan dengan ukuran seragam dapat digunakan saringan medium tunggal, sedangkan untuk penyaringan air yang mengandung padatan dengan ukuran yang berbeda dapat digunakan tipe saringan multi medium. Media filter atau saringan digunakan karena merupakan alat filtrasi atau penyaring memisahkan campuran solida liquida dengan media porous atau material porous lainnya guna memisahkan sebanyak mungkin padatan tersuspensi yang paling halus. Penyaringan ini merupakan proses pemisahan antara padatan atau koloid dengan cairan, dimana prosesnya bisa dijadikan sebagai proses awal (primary treatment) dikarenakan juga air olahan yang akan disaring berupa cairan yang mengandung butiran halus atau bahan-bahan yang larut dan menghasilkan endapan, maka bahan- bahan tersebut dapat dipisahkan dari cairan melalui filtrasi (Kusnaedi, dalam Destrina, 2015).

Menurut Wijaya (dalam Destrina, 2015), pemilihan bahan penjernih air yang menggunakan cara penyaringan akan menentukan baik tidaknya hasil penjernihan air yang akan kita gunakan. Bahan penyaring adalah suatu material yang digunakan untuk menyerap berbagai kotoran, zat kimia, dan polutan lain yang ada di dalam air. Bahan penyaring dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu bahan alami dan bahan buatan. Bahan-bahan penyaring alami maupun buatan yang biasanya digunakan adalah ijuk, pasir silika, arang/carbon active, kerikil, pasir, zeolit, dan resin kation. Dimana masing-masing bahan tersebut memiliki fungsi masing-masing, diantaranya :

- a. Ijuk: berfungsi sebagai penyaring kotoran halus pada air
- b. Pasir: berfungsi untuk mengendapkan kotoran halus yang belum tersaring
- c. Arang: berfungsi untuk menghilangkan bau dan rasa yang ada pada air
- d. Kerikil: berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran pada air dan membantu proses aerasi.

Selain bahan alami, bahan penyaring ada yang buatan atau hasil rekayasa, dimana beberapa bahan buatan yang dapat digunakan untuk menyaring air adalah sebagai berikut:

- a. Pasir aktif biasanya berwarna hitam dan digunakan untuk menyaring air sumur bor dan sejenisnya.
- b. Resin softener berguna untuk menurunkan kandungan kapur dalam air.
- c. Resin kation biasa digunakan untuk industri air minum, baik usaha air minum maupun pabrik air minum dalam kemasan.
- d. Pasir zeolit berfungsi untuk penyaringan air dan mampu menambah oksigen dalam air.
- e. Pasir mangan berwarna merah dan digunakan untuk menurunkan kadar zat besi atau logam berat dalam air.
- f. Pasir silika digunakan untuk menyaring lumpur, tanah, dan partikel besar atau kecil dalam air dan biasa digunakan untuk penyaringan tahap awal.
- g. Karbon aktif atau arang aktif adalah jenis karbon yang memiliki luas permukaan yang besar sehingga dapat menyerap kotoran dalam air dan dapat menghilangkan klorin bebas dan senyawa organik yang menyebabkan bau, rasa dan warna dalam air.

2.4.2. Unit Reverse Osmosis (RO)

2.4.2.1. Teori Reverse Osmosis (RO)

Reverse Osmosis adalah suatu metode pemurnian air melalui membran semi permeable di mana suatu tekanan tinggi (50-60 psi) diberikan melampaui tarikan osmosis sehingga akan "memaksa" air melewati proses osmosis terbalik dari bagian yang memiliki kepekatan tinggi ke bagian dengan kepekatan rendah. Selama proses ini terjadi, kotoran dan bahan yang berbahaya akan dibuang sebagai air yang tercemar. Molekul air dan bahan mikro yang lebih kecil dari pori-pori Reverse Osmosis akan melewati pori-pori membran dan hasilnya adalah air yang murni. Proses ini mirip dengan proses filtrasi membran. Mekanisme utama pemisahan partikel-partikel asing dalam air dan air pada proses filtrasi membran adalah pemisahan atau eksklusi berdasarkan 22 ukuran partikel. Perbedaannya adalah, proses Reverse Osmosis melibatkan mekanisme difusi sehingga efisiensi pemisahan partikel tergantung kadar partikel nondominan dalam larutan, tekanan dan rasio dari water flux rate (rasio aliran air). Membran Reverse Osmosis

menghasilkan air murni 99,99%. Diameternya lebih kecil dari 0,0001 mikron (500.000 kali lebih kecil dibandingkan dengan sehelai rambut), sama dengan penyaring micron, berfungsi membuang kotoran, bahan mikro, bakteri, virus dan sebagainya (Annisaa, 2009).

Membran yang digunakan untuk Reverse Osmosis memiliki lapisan padat dalam matriks polimer - baik kulit membran asimetris atau lapisan interfasial dipolimerisasi dalam membran tipis-film-komposit - dimana pemisahan terjadi. Dalam kebanyakan kasus, membran ini dirancang untuk memungkinkan air hanya untuk melewati melalui lapisan padat, sementara mencegah bagian dari zat terlarut (seperti ion garam). Proses ini mensyaratkan bahwa tekanan tinggi akan diberikan pada sisi konsentrasi tinggi membran, biasanya 2-17 bar (30- 250 psi) untuk air tawar dan payau, dan 40-82 bar (600-1200 psi) untuk air laut, yang memiliki sekitar 27 bar (390 psi) tekanan osmotik alam yang harus diatasi. Proses ini terkenal karena penggunaannya dalam desalinasi (menghilangkan garam dan mineral lainnya dari air laut untuk mendapatkan air tawar, namun sejak awal 1970-an itu juga telah digunakan untuk memurnikan air segar untuk aplikasi medis, industri, dan domestic (Ananto dkk, 2013:2).

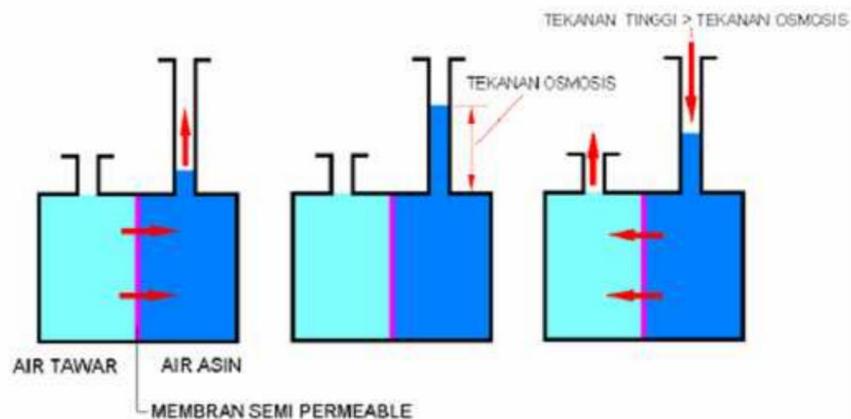
2.4.2.2 Prinsip Kerja Reverse Osmosis (RO)

Suatu membrane (selaput) yang memungkinkan lewatnya hanya jenis-jenis molekul tertentu disebut membrane semi permeable. Sebuah membran semi-permeable, seperti halnya membran yang tersusun dari dinding-dinding sel atau seperti susunan sel pada kantung kemih, bersifat selektif terhadap benda-benda yang akan melaluinya. Umumnya membran ini sangat mudah untuk dilalui oleh air karena ukuran molekulnya yang kecil, tapi juga mencegah kontaminan-kontaminan lain yang mencoba melaluinya.

Apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan konsentrasi pekat dipisahkan oleh membrane semi permeable, maka larutan dengan konsentrasi yang encer akan terdifusi melalui membrane semi permeable tersebut masuk ke dalam larutan yang pekat sampai terjadi kesetimbangan konsentrasi. Phenomena tersebut dikenal sebagai proses osmosis.

Daya penggerak (driving force) yang menyebabkan terjadinya aliran/difusi air tawar kedalam air asin melalui membrane semi permeable tersebut dinamakan tekanan osmosis. Apabila pada suatu sistem osmosis tersebut, diberikan tekanan yang lebih besar dari tekanan osmosisnya, maka aliran air tawar akan berbalik yakni dari air asin ke air tawar melalui membrane semi permeable, sedangkan garamnya tetap tertinggal di dalam larutan garamnya sehingga menjadi lebih pekat. Proses tersebut dinamakan osmosis balik atau Reverse Osmosis (Said, 2008).

Proses Reverse Osmosis menggerakkan air dari konsentrasi kontaminan yang tinggi (sebagai air baku) menuju penampungan air yang memiliki konsentrasi kontaminan sangat rendah. Dengan menggunakan air bertekanan tinggi di sisi air baku, sehingga dapat menciptakan proses yang berlawanan (reverse) dari proses alamiah osmosis. Dengan tetap menggunakan membran semi-permeable maka hanya akan mengijinkan molekul air yang melaluinya dan membuang bermacam-macam kontaminan yang terlarut. Proses spesifik 24 yang terjadi dinamakan ion eksklusi, dimana sejumlah ion pada permukaan membran sebagai sebuah pembatas mengijinkan molekul-molekul air untuk melaluinya seiring melepas substansi-substansi lain. Prinsip dasar proses osmosis dan proses osmosis balik tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Prinsip Dasar Proses Osmosis Balik (*Reverse Osmosis*)

Sumber: Said,2008

Pemisahan air dari pengotornya pada proses membrane tidak memungkinkan untuk memisahkan seluruh garam dari air laut atau air asin, karena akan membutuhkan tekanan yang sangat tinggi. Air laut atau air asin

dipompa dengan tekanan tinggi ke dalam suatu membrane osmosis balik yang mempunyai dua buah pipa keluaran, yakni pipa keluaran untuk air tawar yang dihasilkan dan pipa keluaran untuk air garam yang telah dipekatkan. Tekanan operasi pada sistem osmosis balik adalah sebesar 5,3 – 24,6 kg/cm² (75 – 350 Psi). Sistem osmosis balik yang bekerja pada tekanan rata-rata sebesar 17,6 kg/cm² (250 Psi) dapat diklasifikasikan sebagai unit tekanan rendah. Unit tekanan tinggi mempunyai tekanan rata-rata di atas 24,6 kg/cm² (Said, 2008).

2.4.3. Unit Desinfeksi

Desinfeksi dimaksudkan untuk membunuh kuman patogen. Proses desinfeksi dengan menggunakan ozon (O₂) berlangsung dalam tangki pencampur ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,06 – 0,1 ppm. Tindakan desinfeksi selain menggunakan ozon, dapat dilakukan dengan cara penyinaran Ultraviolet (UV) dengan panjang gelombang 254 nm atau kekuatan 2.5370 A. Proses desinfeksi sinar UV yaitu dengan melewati air kedalam tabung atau pipa yang disinari dengan lampu UV.

Proses desinfeksi digunakan untuk menghilangkan atau membunuh bakteri didalam air. Didalam pengolahan air minum dikenal 3 cara desinfeksi yaitu menggunakan ozon, sinar ultraviolet (UV), dan Klorinasi. Pada proses pretreatment, proses desinfeksi dapat mencegah terjadinya fouling dan scaling yang diakibatkan oleh bakteri.

a. Teknologi ultraviolet

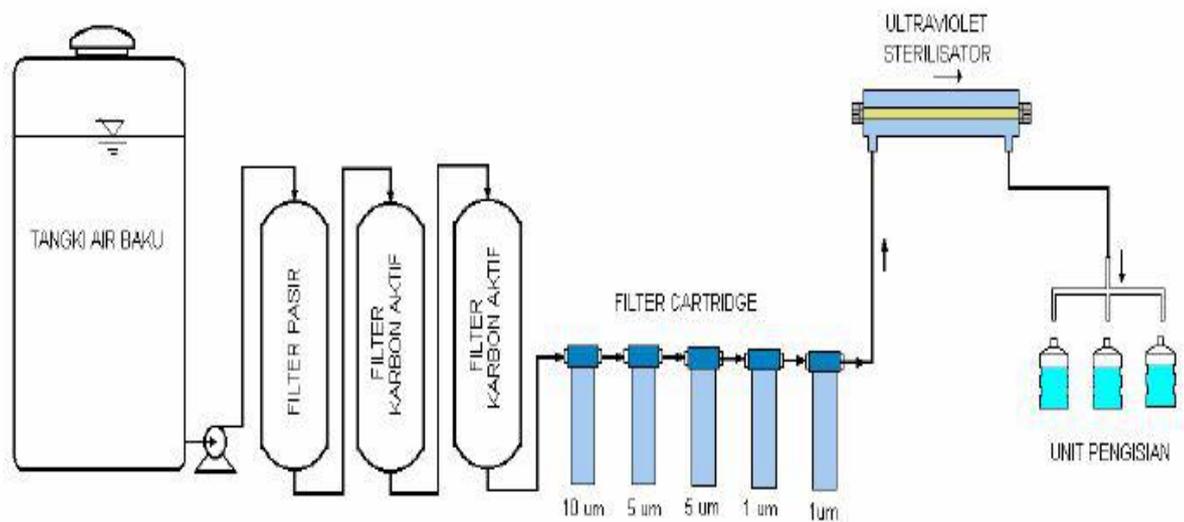
Menurut Rumondor dkk. (2014), ultraviolet adalah gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang 100-400 nm dapat membunuh bakteri tanpa meninggalkan sisa radiasi dalam air. Desinfeksi menggunakan sinar UV mempunyai kelebihan:

1. Tanpa bahan kimia
2. Tanpa rasa atau bau yang mengganggu
3. Sangat efektif membunuh sebagian besar bakteri patogen
4. Tidak mengeluarkan produk sampingan yang membahayakan
5. Tidak tergantung pH

6. Mudah pengoperasiannya
7. Dapat menentukan dosis dengan tepat

Pradana dan Marsono (2013), menegaskan bahwa sumber sinar ultraviolet berasal dari lampu mercury bertekanan rendah berfungsi sebagai pusat energy listrik ultraviolet. Lampu tersebut banyak digunakan karena sekitar 85% dari panas lampu adalah monokromatik pada panjang gelombang 253 nm. Lama penyinaran atau kontak merupakan faktor penting dalam desinfeksi air minum. Semakin lama kontak semakin banyak bakteri yang tumbuh. Suprihatin dan Adriyani (2008), menjelaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi daya kerja UV adalah kekeruhan, kontaminasi zat padat, jarak lampu dengan permukaan air, temperatur, dan jenis mikroorganisme.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Utami (2016), lampu ultraviolet diganti setiap 1 tahun sekali. Hal ini berkaitan dengan kemampuan lampu dalam membunuh mikroorganisme yang semakin melemah. Spesifikasi ultraviolet yang berada dipasaran adalah 8 gpm, 12 gpm, dan 12 gpm. Semakin besar spesifikasi UV, maka semakin besar pula panjang gelombang yang dihasilkan. Afifatuhrmah (2017), juga menyatakan bahwa pengoperasian lampu UV idealnya adalah dilakukan selama proses operasi. Tujuannya adalah agar panas yang dihasilkan oleh lampu ultraviolet menjadi sempurna. Suharyono dan Kurniadi (2010), lama penyinaran UV berpengaruh pada daya bunuhnya terhadap mikroba. Semakin lama waktu penyinaran semakin banyak mikroba yang akan terbunuh. Rangkaian gambar unit pengolahan menggunakan ultraviolet dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 2 Unit Pengolahan Teknologi UV

Sumber: Yudo dan Rahardjo (2005)

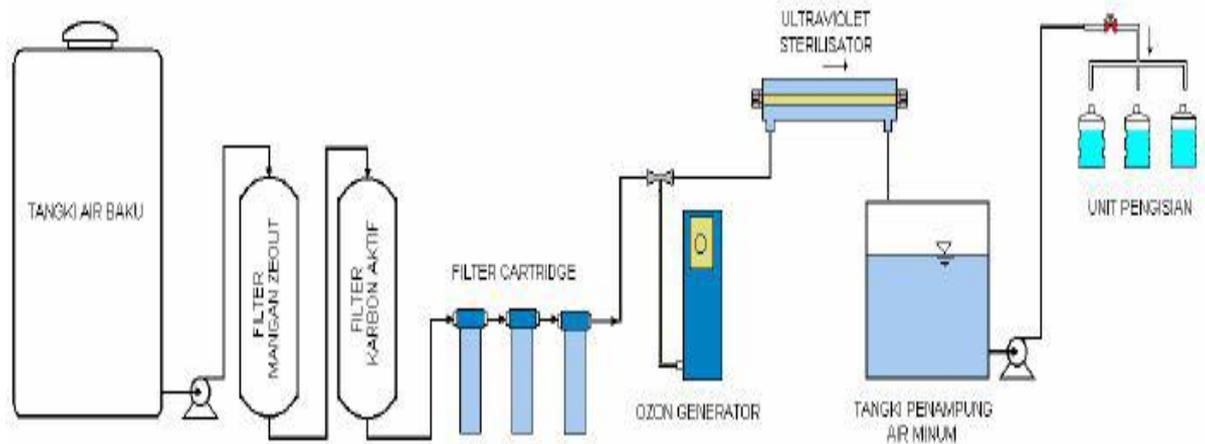
b. Teknologi ozonasi

Menurut Asgar dkk. (2015), ozon merupakan oksidator kuat yang dapat bereaksi dengan cepat hampir dengan semua jenis zat organik, kecuali ion klorida dan amonia yang hanya sedikit bereaksi dengan ozon. Berdasarkan hal tersebut ozon digunakan sebagai desinfektan, menghilangkan bau, warna, dan rasa. Namun kurang efektif bila ditujukan untuk menjaga kualitas air yang terkontaminasi pada jaringan distribusi.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Usada dan Purwadi (2007), ozon dapat dibuat didalam alat yang dinamakan ozoniser. Ozoniser adalah suatu unit alat yang menghasilkan arus listrik 5000-20.000 V dan 50-500 Hz dengan mengubah O₂ yang bersih dan kering menjadi ozon (O₃). Ozon bersifat bakterisida, virusida, algasida serta mengubah senyawa kompleks menjadi sederhana sehingga setelah proses ozonasi, air minum siap untuk dikonsumsi.

Peraturan menteri kesehatan No. 905 tahun 2002 menyatakan bahwa penggantian ozon generator dilakukan minimal setiap 3 tahun sekali. Summerfelt (1997) menyatakan bahwa dalam proses desinfeksi ozon memerlukan konsentrasi sebanyak 0.1-0.2 mg/L selama 30 menit. Efektifitas desinfeksi bergantung pada

konsentrasi dan waktu kontak tersebut. Rangkaian gambar unit pengolahan menggunakan ozon dan ultraviolet dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.3 Unit Pengolahan Teknologi Ozon-UV

Sumber: Yudo dan Rahrdjo (2005)

c. Teknologi klorinasi

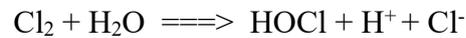
Klorin adalah salah satu desinfektan yang paling umum digunakan dalam proses desinfeksi. Klorin umum digunakan karena kemampuannya untuk mendeaktivasi banyak mikroorganisme dan relatif murah. Zat klor merupakan zat oksidasi, oleh karena itu jumlah klor yang dibutuhkan tergantung konsentrasi organik dan zat $\text{NH}_3\text{-N}$ dalam air yang akan diolah. Pada umumnya zat klor dimasukkan kedalam air dalam bentuk gas Cl_2 , klor dioksida (ClO_2), sodium hipoklorit (NaOCl), dan calcium hipoklorit (Ca(OCl)_2). klor dalam bentuk calcium hipoklorit lebih banyak digunakan dari pada bentuk gas, karena penggunaannya lebih mudah.

Klorin membunuh bakteri patogen seperti virus dan bakteri dengan memutus ikatan kimia dalam molekulnya. Klorin yang digunakan untuk desinfektan terdiri atas komponen yang dapat menukar atom dengan komponen lainnya seperti enzim pada bakteri dan sel-sel bakteri atau virus lainnya. Ketika enzim dikontakkan dengan klorin, klorin menggantikan satu atau lebih atom

hidrogen dalam molekul. Hal ini menyebabkan molekul bakteri atau virus berubah bentuk atau hancur karena enzim tidak berfungsi lagi.

Reaksi klorin ketika dilarutkan kedalam air adalah sebagai berikut:

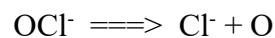
- klorin dilarutkan dalam air membentuk *asam underchloric*



- *asam underchloric* berubah menjadi ion hipoklorit



- Ion hipoklorit terpecah menjadi ion klorin dan atom oksigen



Asam *underchloric* bersifat lebih reaktif dan terpecah menjadi asam hidroklorit (HCl) dan atom oksigen (O) yang bersifat disinfektan kuat. Kemampuan disinfektan klorin dalam air didasarkan atas kekuatan oksidasi atom oksigen dan reaksi substitusi klorin.

Efektifitas dari disinfektan klorin ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain konsentrasi klorin, waktu kontak, temperatur, pH, banyak mikroorganisme, dan konsentrasi komponen organik dalam air. Klorin memiliki batas demi kesehatan manusia. Menurut WHO, konsentrasi klorin yang terlarut dalam batas 2-3 mg/L. Sedangkan menurut Amerika Serikat maksimum kadar klorin terlarut yang diperbolehkan yaitu 4 mg/L. Walaupun klorin dalam batas tersebut tidak berbahaya bagi kesehatan jika diminum, namun disinfeksi air minum dengan klorin ternyata mengakibatkan terjadinya produk samping yang berbahaya. Produk samping ini sering disebut sebagai disinfektan by-products (DBP).

Disinfektan by-products (DBP) adalah substansi kimia yang dapat terbentuk dalam reaksi disinfektan dengan komponen organik dalam air. DBP yang umum ditemukan yaitu trihalometana (THM), haloacetic acids (HAN), halonitrometana (HNM), THM teriodinasi (I-THM), HAA teriodinasi (I-HAA), haloketon (HK), N-nitroamina, bromat, dan klorit. Berdasarkan pengamatan Kim (2015), pada klorinasi air laut, spesies THM merupakan DBP yang paling banyak dihasilkan, sedangkan TCM paling sedikit.

2.5. Sistem Distribusi Air Siap Minum

Dalam mengevaluasi sistem distribusi air minum didasarkan atas dua faktor utama yaitu kebutuhan air (water demand) dan tekanan air, serta ditunjang dengan faktor kontinuitas dan keamanan (safety). Fungsi pokok jaringan distribusi adalah menghantarkan air minum ke seluruh pelanggan dengan tetap memperhatikan faktor kualitas, kuantitas, kontinuitas dengan tekanan dan kecepatan air yang memenuhi standar. Kondisi yang diinginkan pelanggan adalah kapan saja mereka membuka kran air selalu tersedia. Air yang disuplai melalui jaringan pipa distribusi, sistem pengalirannya terbagi atas dua alternatif pendistribusian, yaitu :

1. Sistem Berkelanjutan (*Continuous Sistem*)

Pada sistem ini, suplai dan distribusi air kepada pelanggan dilaksanakan secara terus-menerus selama 24 (dua puluh empat) jam. Sistem ini diterapkan bila pada setiap waktu kuantitas air bersih dapat memenuhi kebutuhan konsumsi air di daerah pelayanan.

- a. Keuntungan menggunakan sistem ini adalah pelanggan akan mendapatkan air minum setiap saat dan air minum yang diambil dari titik pengambilan air dalam jaringan distribusi selalu dalam kondisi segar.
- b. Kerugian sistem ini adalah pemakaian air akan cenderung lebih boros, dan bila ada sedikit kehilangan air, jumlah air terbuang akan sangat besar.

2. Sistem Bergilir (*Intermittent Sistem*)

Pada sistem ini air minum yang disuplai dan didistribusikan kepada pelanggan dilakukan hanya selama beberapa jam dalam satu hari, yaitu dua sampai empat jam pada pagi dan sore hari. Sistem ini biasanya diterapkan apabila kuantitas air dan tekanan air tidak mencukupi.

- a. Keuntungan sistem ini adalah pemakaian air cenderung lebih hemat dan bila terjadi kehilangan air maka jumlah air yang terbuang relatif kecil.
- b. Kerugian menggunakan sistem ini adalah
 - Bila terjadi kebakaran pada saat air tidak terdistribusi, maka air untuk pemadam kebakaran tidak akan tersedia.
 - Setiap rumah perlu menyediakan tempat penyimpanan air yang cukup agar kebutuhan air dalam sehari dapat dipenuhi.

- Dimensi pipa yang dipakai lebih besar karena kebutuhan air yang akan disuplai dan didistribusikan dalam sehari ditempuh dalam waktu pendek.

Air yang telah diproduksi di unit produksi harus didistribusikan kepada masyarakat sebagai pelanggan air minum. Hal ini untuk menjamin kepastian akan kuantitas, kualitas dan kontinuitas pengaliran. Pendistribusian air minum dapat dilakukan dengan (Masduqi dan Assomadi, 2012):

- Sistem perpipaan, yaitu pendistribusian air minum melalui jaringan pipa distribusi hingga ke pelanggan. Untuk pendistribusian menggunakan perpipaan ini dapat dilakukan dengan pemompaan atau pengaliran secara gravitasi. Hal ini tergantung pada perbedaan elevasi antara unit produksi dengan daerah pelayanan.
- Sistem non-perpipaan, yaitu pendistribusian air minum tidak melalui jaringan pipa distribusi, melainkan menggunakan alat transportasi untuk mengangkut air dari unit produksi menuju ke pelanggan, seperti mobil tangki, gerobak dorong, dan lain-lain.

2.5.1. Laju Aliran, Tekanan Air, dan Kecepatan Aliran

Tekanan air yang kurang mencukupi akan menimbulkan kesulitan didalam pemakaian air. Tekanan yang berlebihan dapat menimbulkan percepatan kerusakan peralatan dan menambah kemungkinan timbulnya pukulan air. Besarnya tekanan air yang baik berkisar dalam suatu daerah yang agak lebar bergantung pada persyaratan pemakaian atau alat yang harus dilayani.

Secara umum besarnya tekanan standarnya adalah $1,0 \text{ kg/cm}^2$. Untuk tekanan static sebaiknya diusahakan antara $4,0\text{-}5,0 \text{ kg/cm}^2$ untuk perkantoran, dan antara $2,5\text{-}3,5 \text{ kg/cm}^2$ untuk hotel dan perumahan. Disamping itu beberapa macam peralatan tidak akan berfungsi apabila tekanan airnya kurang dari suatu batas minimum.

Kecepatan aliran air yang terlampau tinggi akan dapat menambah kemungkinan timbulnya pukulan air, dan menimbulkan suara berisik dan terkadang menyebabkan ausnya permukaan dalam dari pipa, biasanya standar kecepatan sebesar $0,9\text{-}1,2 \text{ m/s}$. batas kecepatan 2 m/s sebaiknya diterapkan dalam

penentuan pendahuluan ukuran pipa. Di sisi lain, kecepatan yang terlampaui rendah dapat menimbulkan efek kurang baik dari segi korosi, pengendapan kotoran, dan kualitas air.

2.6. Analisis Ekonomi dan Finansial

Hidayat, dkk (2018), menjelaskan bahwa dalam melakukan analisis kelayakan finansial terdapat beberapa indikator atau kriteria yang perlu dipenuhi antara lain analisa *Break Event Point (BEP)*, *Net Present Value (NPV)*, *Internal Rate of Return (IRR)*, *Benefit Cost Ratio (BCR)*, dan *Payback Periode (PP)*. Analisa tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat kelayakan suatu proyek yang akan dijalankan. Berikut ini adalah cara perhitungan dari kriteria kelayakan finansial tersebut:

1. Break Event Point (BEP)

Menurut Pujawan (2004), BEP merupakan suatu titik jumlah produksi atau pendapatan yang harus dicapai agar biaya yang dikeluarkan dapat tertutupi kembali atau suatu kondisi dimana keuntungan yang diterima adalah nol. Sugandi, dkk (2017), juga menyatakan bahwa BEP merupakan titik dimana penghasilan akan sama dengan total biaya pengeluaran. Rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$BEP = T_{p-1} + \frac{\sum_{l=1}^n TC - \sum_{l=1}^n Biop - 1}{Bp}$$

BEP : *Break Event Point*

T_{p-1} : Total tahun sebelum terdapat BEP

TC : Jumlah total *cost* yang telah di *discount*

Biop-1 : Jumlah benefit yang telah di *discount* sebelum *break event point*

Bp : Jumlah benefit pada *break event point* berada

2. Net Present Value (NPV)

Analisis NPV merupakan kriteria investasi yang digunakan untuk mengukur apakah suatu proyek layak atau tidak untuk dilaksanakan. Perhitungan

NPV merupakan *net benefit* yang telah di *discount* dengan menggunakan *Social Opportunity Cost of Capital* sebagai *discount factor* (DF). NPV merupakan manfaat bersih tambahan yang diterima proyek selama umur proyek pada tingkat *discount factor* tertentu. Dalam menghitung NPV diperlukan informasi tentang biaya investasi, operasional, pemeliharaan, dan perkiraan *benefit* dari proyek yang direncanakan.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_1 - C_1}{(1 + i)^t}$$

C : biaya investasi+biaya operasi/pemeliharaan

B : *benefit*/penerimaan

i : *discount factor*

t : tahun (waktu)

Jika $NPV > 0$, maka proyek layak dilaksanakan namun jika $NPV < 0$, maka proyek tidak layak dilaksanakan.

3. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR merupakan tingkat pengembalian internal yaitu kemampuan suatu proyek menghasilkan return (satunya %). IRR adalah tingkat *discount* pada saat $NPV = 0$. Semakin tinggi nilai IRR maka investasi akan semakin layak. Suatu investasi dapat diterima apabila IRR lebih besar dari nilai *interest rate* yang ditentukan. IRR dapat dihitung menggunakan rumus:

$$IRR = i_1 - \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

4. *Benefit Cost Ratio (BCR)*

BCR merupakan manfaat bersih tambahan yang diterima proyek dari setiap 1 satuan biaya yang dikeluarkan (tanpa satuan). Net BCR merupakan perbandingan antara *present value positif* dengan jumlah *present value negative*.

$$\text{BCR} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t}}$$

Jika $\text{BCR} > 1$, maka proyek layak dilaksanakan. Jika $\text{BCR} < 1$, maka proyek tidak layak untuk dilaksanakan.

5. Payback Periode (PP)

PP merupakan jangka waktu/periode yang diperlukan untuk membayar kembali semua biaya-biaya yang telah dikeluarkan dalam investasi suatu proyek. Makin cepat proyek mampu mengembalikan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam investasi proyek maka proyek makin baik (satuan waktu).

$$\text{PP} = \frac{I}{Ab}$$

I : Besarnya biaya investasi

Ab : Benefit bersih yang diperoleh setiap tahunnya (merata)

Berdasarkan Peraturan Menteri BAPPENAS No.03 Tahun 2015, analisis ekonomi digunakan untuk mengetahui dampak proyek terhadap ekonomi masyarakat secara luas. Analisis ekonomi dan finansial dapat dilakukan dengan:

- a. Kajian analisis permintaan (*demand*): kependudukan, kondisi penyediaan air minum responden, kajian kebutuhan air, tingkat pelayanan yang diharapkan responden, dan kajian WTC (*willingness to Connect*), WTP (*Willingness to Pay*), ATP (*Ability to Pay*).
- b. Analisis struktur pendapatan KPBU: potensi-potensi sumber pendapatan proyek KPBU bagi setiap pihak diantaranya yaitu pendapatan PDAM/badan pengelola dari *end user* yang digambarkan sebagai tarif air minum dan pendapatan badan usaha pelaksana dari PDAM/badan pengelola sebagai kompensasi atas air curah yang disediakan oleh Badan Usaha Pelaksana yang digambarkan sebagai tarif air curah.
- c. Analisis biaya manfaat sosial: BCR, NPV, IRR, PP

- d. Analisis nilai manfaat uang: perbandingan antara dampak finansial dari proyek KPBU (perkiraan penawaran badan usaha) terhadap alternatif penyediaan infrastruktur secara tradisional oleh Pemerintah. Nilai manfaat uang merupakan selisih dari NPV PSC dengan NPV KPBU. Jika nilai manfaat uang adalah positif, maka proyek memberikan nilai manfaat. Sebaliknya jika bernilai negatif maka skema tersebut tidak dipilih.

2.7. Manajemen Risiko

2.7.1. Definisi Manajemen Risiko

Risiko berdasarkan pemaparan Darmawi (2010) adalah suatu keadaan adanya ketidakpastian dan tingkat ketidakpastiannya yang terukur secara kuantitatif. Dimana risiko tersebut dapat menyebabkan kerugian yang dapat ditanggulangi melalui manajemen risiko. Manajemen risiko seperti yang dijelaskan Simamora dan Kurniati (2016) adalah proses secara sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis kemungkinan dan konsekuensi, serta mengatur hasil tingkat risiko. Geraldin dkk (2007) menyatakan bahwa dengan manajemen risiko dapat memproyeksikan seberapa jauh risiko yang akan dihadapi serta mengetahui bagaimana proses pengendaliannya.

Menurut Barafort *et al* (2017), menyatakan bahwa risiko merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kehidupan. Dalam hal ini, risiko diartikan sebagai :

1. Kemungkinan rugi.
2. Ketidakpastian.
3. Penyebaran hasil aktual dari hasil yang diharapkan.
4. Probabilitas suatu hasil berbeda dengan yang diharapkan.

2.7.2. Proses Manajemen Risiko

Simamora dan Kurniati (2016), menyatakan bahwa manajemen risiko dapat dilakukan dalam 4 tahap. Tahap pertama adalah mengidentifikasi risiko untuk mengetahui apa, mengapa, dan bagaimana risiko muncul. Tahap kedua adalah menganalisis risiko berdasarkan hasil perumusan masalah dan identifikasi risiko. Tahap ketiga adalah menentukan tingkatan risiko dari suatu kejadian

berdasarkan hasil penelitian, analisis risiko, dan matrik risiko. Tahap keempat adalah melakukan *risk management* dengan mitigasi risiko untuk memberi rekomendasi atau usulan mengenai penanganan terhadap tingkatan risiko tersebut.

Lokobal (2014) juga memaparkan bahwa proses manajemen risiko dapat dilakukan melalui beberapa tahap berikut ini:

- a. Perencanaan manajemen risiko untuk memutuskan bagaimana mendekati dan merencanakan aktivitas manajemen risiko.
- b. Melakukan identifikasi terhadap risiko.
- c. Melakukan analisis risiko secara kualitatif. Proses tersebut dilakukan untuk menilai dampak dan kemungkinan dari risiko yang telah diidentifikasi.
- d. Melakukan analisis risiko secara kuantitatif. Proses ini merupakan proses identifikasi secara numerik probabilitas dari setiap risiko dan konsekuensinya terhadap tujuan yang telah ditetapkan.
- e. Proses perencanaan respon risiko untuk meminimalisasi tingkat risiko yang dihadapi hingga batas yang dapat diterima.
- f. Melakukan pengendalian dan monitoring risiko.

Severian (2014) mengungkapkan bahwa manajemen risiko adalah suatu pendekatan terstruktur untuk mengelola risiko yang berfokus pada strategi, proses, manusia, teknologi, dan pengetahuan. Manajemen risiko sangat efektif untuk mengelola permasalahan yang kompleks. Dan melalui manajemen risiko dapat mengambil tindakan untuk meminimalkan konsekuensi dari risiko yang ada.

2.8. Fishbone Analysis

Menurut Imamoto (2008), analisis tulang ikan dipakai untuk mengategorikan berbagai sebab potensial dari satu masalah atau pokok persoalan dengan cara yang mudah dimengerti dan rapi. Analisis tulang ikan membantu dalam menganalisis apa yang sesungguhnya terjadi dalam proses dengan cara memecah proses, mencakup manusia, material, mesin, prosedur, dan kebijakan. Manfaat analisis tulang ikan yaitu:

1. Memperjelas penyebab suatu masalah atau persoalan.

2. Dapat menggunakan kondisi yang sesungguhnya untuk tujuan perbaikan kualitas produk atau jasa, lebih efisien dalam penggunaan sumber daya, dan dapat mengurangi biaya.
3. Dapat mengurangi dan menghilangkan kondisi yang menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa, dan keluhan pelanggan.
4. Dapat membuat suatu standarisasi operasi yang ada maupun yang direncanakan.
5. Dapat memberikan pendidikan dan pelatihan bagi karyawan dalam kegiatan pembuatan keputusan dan melakukan tindakan perbaikan.

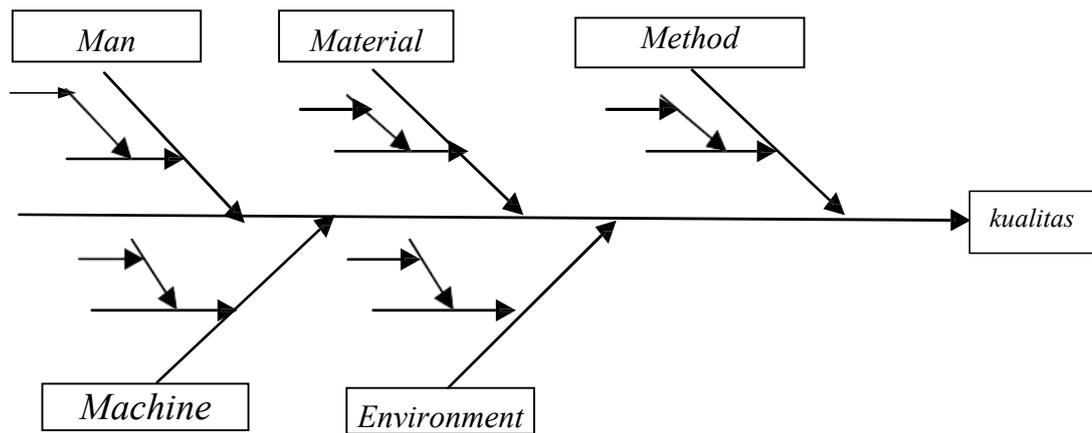
Faktor-faktor dalam *fishbone* antara lain adalah:

- a. *Man* (pengetahuan pengelola/ praktisi DAMIU)
- b. *Method* (aturan-aturan atau kebijakan yang ada pada DAMIU)
- c. *Machine* (teknologi yang digunakan)
- d. *Material* (sumber air baku)
- e. *Environment* (faktor eksternal yang berhubungan dengan DAMIU).

Langkah-langkah penerapan dalam *fishbone analysis*:

1. Langkah 1: Menyiapkan sesi analisis tulang ikan.
2. Langkah 2: Mengidentifikasi akibat atau masalah. Akibat atau masalah yang akan ditangani ditulis pada kotak sebelah paling kanan diagram tulang ikan.
3. Langkah 3: Mengidentifikasi berbagai kategori sebab utama. Dari garis horizontal utama, terdapat garis diagonal yang menjadi cabang. Setiap cabang mewakili sebab utama dari masalah yang ditulis.
4. Langkah 4: Menemukan sebab-sebab potensial dengan cara sumbang saran.
5. Langkah 5: Mengkaji kembali setiap kategori sebab utama.

Contoh struktur dari *fishbone* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini



Gambar 2. 4 Contoh *Fishbone*

Sumber: Imamoto (2008)

2.9. Failure Mode and Effect Analysis

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) menurut Iswanto dkk (2013) bertujuan untuk mengidentifikasi dan menilai risiko-risiko yang berhubungan dengan potensi kegagalan. Proses analisis didalam FMEA adalah memeriksa faktor kegagalan produksi yang merupakan variabel bebas yang teridentifikasi yang mengakibatkan produk cacat. Dari kegagalan tersebut ditemukanlah seberapa sering kegagalan terjadi dan penyebab kegagalan ini muncul.

Chanamool dan Naenna (2016), menyatakan FMEA dapat menemukan semua kegagalan dalam sistem, desain, proses, atau layanan. Faktor risiko tergantung pada kejadian, tingkat keparahan dan penurunan kegagalan. Metode ini telah banyak digunakan untuk manajemen risiko. FMEA adalah alat yang sangat berguna dan efektif untuk menentukan akar penyebab kegagalan, memilih cara untuk menentukannya, dan mencegah atau mengurangi konsekuensinya dengan tujuan mengelola sumber kegagalan. Selain itu, memungkinkan penilaian potensi kegagalan untuk memilih tindakan korektif yang dapat mengurangi tingkat keparahan dan kemunculannya. Jadi, dengan menggunakan metode FMEA, sebuah badan usaha dapat mencegah potensi kegagalan dalam proses dan juga memilih tindakan perbaikan yang tepat untuk mengurangi dampak kegagalan.

Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Chiozza dan Ponzetti (2009), identifikasi menggunakan FMEA dapat dilakukan berdasarkan 5 tahap berikut:

1. Memilih proses
2. Membentuk tim berdasarkan ilmu yang dimiliki
3. Mengumpulkan kegagalan untuk proses analisis
4. Melakukan analisis kegagalan
 - Mengidentifikasi kegagalan pada setiap tahap
 - Mengidentifikasi efek potensial dari setiap kegagalan
 - Penentuan tingkat keparahan, kejadian, dan deteksi pada setiap kegagalan
 - Menentukan risiko tertinggi. Risiko ini dinilai sehubungan dengan tiga faktor yaitu tingkat keparahan (S), probabilitas kegagalan, yaitu kejadian (O), dan kemungkinan kontrol untuk mendeteksi (D). RPN mewakili semua risiko masing-masing kegagalan, yang dapat dihitung sebagai
$$RPN = S \cdot O \cdot D$$
5. Mengambil tindakan korektif penanggulangan kegagalan

Menurut Jun dan Huibin (2012), FMEA lebih *feasible* dan efektif untuk perbaikan operasional dan mampu menganalisis risiko dalam skala besar serta kompleks jika dibandingkan dengan metode manajemen risiko lainnya seperti ETA dan FTA. FMEA terdiri dari 2 jenis yaitu *Traditional* FMEA dan *Problabilistio* FMEA. Pendekatan berbasis risiko berguna untuk memahami total gambaran risiko sistem baru (Dagsuyu *et al.*, 2016). FMEA yang memiliki metode kualitatif dan induktif adalah penyelidikan yang komprehensif, sistematis, dan terdokumentasi (IMO, 2000).

Penerapan FMEA dapat digunakan sebagai bentuk tindakan pencegahan kegagalan berdasarkan analisis kegagalan yang terperinci (Carbone dan Tippett, 2004). FMEA menganggap fungsi sistem karena kegagalan komponen tunggal yang menyebabkan kegagalan pada tingkat yang lebih tinggi. Kegagalan yang ditemukan diklasifikasikan dalam hal keparahan (IMO, 2000).

2.9.1. *Traditional FMEA*

Guo *et al* (2017), menjelaskan bahwa *traditional FMEA* merupakan metode analisis risiko yang memberikan penilaian/ pembobotan dengan menggunakan skala tertentu terhadap risiko yang terjadi. Penilaian tersebut dinilai oleh *expert* atau *expert judgement* yang bersangkutan. Penilaian atau pembobotan yang dilakukan mengacu kepada tiga aspek yaitu *occurrence* (O), *detection* (D), dan *severity* (S) sebagaimana yang dipaparkan oleh Barends *et al* (2012), *occurrence* merupakan seberapa sering *failure mode* terjadi. *Detection* merupakan terdeteksi suatu risiko dengan kontrol yang digunakan saat ini atau dengan control yang ada *failure mode* dapat terdeteksi, dan *severity* merupakan dampak yang muncul dari risiko.

Dalam aplikasi FMEA, pertama-tama perlu menilai tingkat keparahan setiap *mode* kegagalan dan probabilitas hierarki sehingga pengaruhnya terhadap berbagai potensi kesalahan dalam sistem untuk melakukan evaluasi komprehensif, metode analisis ini disebut analisis risiko (Dagsuyu *et al*, 2016). Guo *et al* (2017) menyatakan Ini adalah semacam metode analisis kuantitatif, umumnya ditunjukkan oleh nomor prioritas risiko, ukuran numerik menentukan *mode* kegagalan dan ukuran pengaruh, rumus nomor prioritas risiko adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{RPN\ S\ \times\ O\ \times\ D,\ 0\ \leq\ RPN\ \leq\ 1000}$$

2.9.2. *Severity*

Severity adalah langkah awal untuk menganalisis risiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. Dampak diberikan ranking mulai skala 1 hingga 10. Nilai 10 merupakan dampak paling buruk. Proses sistem peringkat dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat *Severity*

<i>Effect</i>	<i>Severity of efect for FMEA</i>	<i>Rating</i>
Tidak ada	Tidak memberikan pengaruh dan kerugian biaya yang sangat kecil sekali.	1

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

2.9.3. Occurrence

Occurrence merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut akan terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk..Skala dari *occurrence* dan penjelasannya dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat *Occurrence*

Kemungkinan Kegagalan	Kriteria: Sumber Penyebab (Umur Rencana/Keunggulan Barang/Kendaraan)	Kriteria: Sumber Kegagalan (Insiden Tiap Item)	Ranking
Sangat tinggi	Teknologi atau desain baru yang belum ada.	≥ 100 /seribu ≥ 1 dari 10	10
Tinggi	Kegagalan bisa dihindari dengan desain dan aplikasi baru, atau biaya dalam siklus/ kondisi pengoperasian.	50/seribu 1 dari 20	9
	Kegagalan mungkin dengan desain baru atau biaya dalam proses pengoperasian.	20/seribu 1 dari 50	8
	Kegagalan belum pasti dengan desain baru atau biaya dalam proses pengoperasian.	10/seribu 1 dari 100	7
Sedang	Kegagalan sering dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	2/seribu 1 dari 500	6
	Kegagalan sesekali dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan pengujian.	0.5/seribu 1 dari 2000	5
	Kegagalan terisolasi dikaitkan dengan desain yang sama atau dalam simulasi desain dan	0.1/seribu 1 dari 10000	4

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

Sumber: Carlson (2004)

2.9.4. *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 2.4.

Tabel 2.4 Kriteria Evaluasi dan Sistem Peringkat *Detection*

Kemungkinan Mendeteksi	<i>Detection</i>	Rangking
Hampir tidak Mungkin	Kegagalan tidak terdeteksi.	10
Sangat jarang	Alat kontrol sangat sulit mendeteksi kegagalan.	9

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

Sumber: Carlson (2004)

2.9.5. *Risk Priority Number*

Villarini *et al* (2017) menyatakan bahwa RPN adalah produk matematis dari *effects (Severity)*, kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects (Occurrence)*, dan kemampuan mendeteksi kegagalan sebelum produk sampai ditangan pelanggan (*Detection*). RPN dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut:

$$RPN = S * O * D$$

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

2.10. Metode Pengambilan Sampel

2.10.1. Teknik Pengambilan Sampel

Sampel merupakan bagian populasi *penelitian* yang digunakan untuk memperkirakan hasil dari suatu penelitian. Sedangkan teknik sampling adalah bagian dari metodologi statistika yang berkaitan dengan cara-cara pengambilan sampel.

Pengertian sampling atau metode pengambilan sampel menurut penafsiran beberapa ahli. Beberapa diantaranya adalah sebagai berikut

- a. Teknik sampling adalah teknik pengambilan sampel (*Sugiyono, 2001: 56*).
- b. Teknik sampling adalah cara untuk menentukan sampel yang jumlahnya sesuai dengan ukuran sampel yang akan dijadikan sumber data sebenarnya, dengan memperhatikan sifat-sifat dan penyebaran populasi agar diperoleh sampel yang representatif (*Margono, 2004*).

2.10.2. Tujuan Dan Tahapan Pengambilan Sampel

Sampling mempunyai beberapa tahapan serta tujuan. Tujuan pengambilan sampel dapat dilihat sebagai berikut:

- a. Populasi terlalu banyak atau jangkauan terlalu luas sehingga tidak memungkinkan dilakukan pengambilan data pada seluruh populasi.
- b. Keterbatasan tenaga, waktu, dan biaya.
- c. Adanya asumsi bahwa seluruh populasi seragam sehingga bisa diwakili oleh sampel.

Sedangkan tahapan pengambilan sampel diantaranya sebagai berikut:

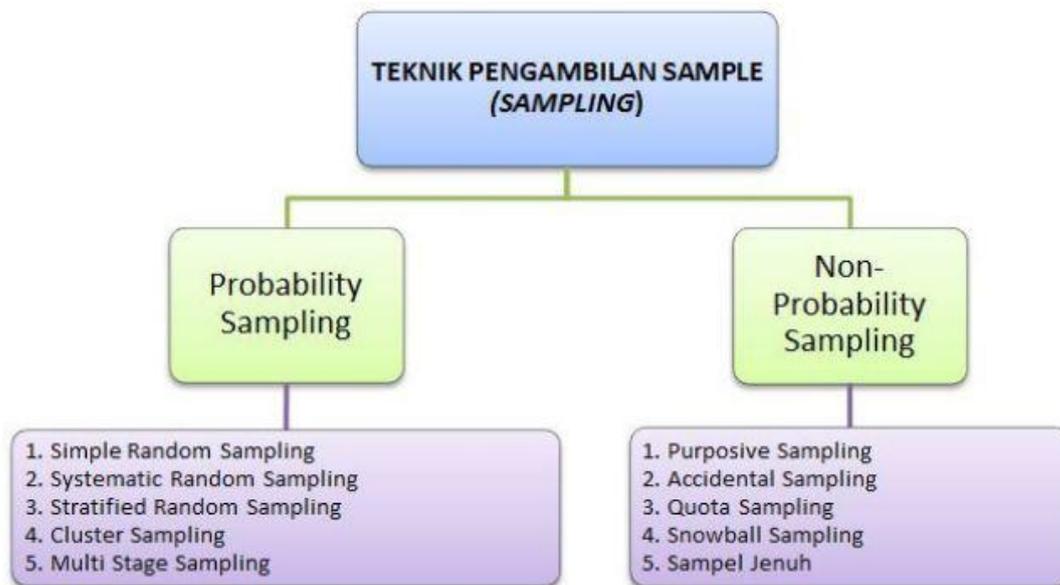
- a. Mendefinisikan populasi yang akan diamati
- b. Menentukan kerangka sampel dan kumpulan semua peristiwa yang mungkin
- c. Menentukan teknik atau metode sampling yang tepat
- d. Melakukan pengambilan sampel (pengumpulan data)
- e. Melakukan pemeriksaan ulang pada proses sampling

2.10.3. Cara Pengambilan Sampel

Cara Pengambilan Sampel bermacam-macam tergantung jenis penelitian yang akan dilakukan. Secara garis besar, metode pengambilan sampel terdiri dari 2 kelas besar yaitu

- a. Probability Sampling (Random Sample)
- b. Non- Probability Sampling (Non-Random Sample)

Kedua jenis tersebut terdiri dari pengambilan secara acak dan pengambilan sampel tidak acak. Kedua jenis ini juga memiliki sub – sub lain yang diantaranya adalah purposive sampling, snowball sampling, cluster sampling dll. Metode pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 5 Teknik Pengambilan Sampel

Probability sampling adalah teknik pengambilan sampel yang memberikan peluang sama bagi setiap unsur populasi untuk dipilih menjadi anggota sampel (Sugiyono, 2010). Alfina dkk (2012) menjelaskan bahwa pengertian *clustering* adalah pengelompokan sejumlah data atau objek ke dalam *cluster (group)* sehingga setiap dalam *cluster* tersebut akan berisi data yang semirip mungkin dan berbeda dengan objek dalam *cluster* yang lainnya.

Susilaningrum (2018) menjelaskan bahwa teknik pengambilan sampel dimana populasi dibuat kelompok-kelompok dimana dalam elemen dalam masing-masing kelompok. Sampling kluster pada dasarnya merupakan suatu rancangan pengambilan sampel acak sederhana, yang membuat keduanya berbeda adalah pada kondisi unit samplingnya. Berdasarkan cara pengambilan/penentuan sampelnya, sampling kluster diklasifikasikan menjadi dua yaitu sampling kluster satu tahap dan sampling kluster dua tahap. Sampling kluster satu tahap merupakan rancangan sampling dimana pengambilan sampel dilakukan dalam satu tahapan saja yaitu terhadap kelompok atau kluster sedangkan pada rancangan sampling kluster dua tahap, pengambilan sampel dilakukan dalam dua tahapan yaitu pertama mengambil sampel kelompok/kluster secara acak sedangkan pada tahap kedua mengambil sampel secara acak dari unit sampling/elemen dalam tiap kluster terpilih.

Tabel 2.5 Ciri Dari Sampling Acak Stratifikasi dan Sampling Kluster

Sampling Acak Stratifikasi	Sampling Kluster
Karakteristik elemen dalam setiap kelompok diusahakan sehomogen mungkin, sedangkan antar kelompok adalah heterogen	Karakteristik elemen baik didalam kelompok maupun antar kelompok haruslah homogen
Semua kelompok terwakili dalam sampel	Hanya sebagian kelompok saja yang terpilih dalam sampel
Unit sampling berupa elemen dari tiap kelompok	Unit sampling adalah kelompok

Perhitungan jumlah sampel dapat dilakukan menggunakan metode kombinasi sampling acak stratifikasi dan sampling kluster dua tahap yang dituliskan menggunakan persamaan berikut:

$$n = \frac{NPQ}{(N-1)D+PQ}$$

$$D = \left[\frac{B}{Z_{1-\alpha/2}} \right]^2$$

Keterangan:

- n : besar sampel minimum.
- N : besar populasi
- P : proporsi (jika tidak ada penelitian pendahuluan maka di proporsikan 0,5)
- Q : $(1-P)$

Sulastriningrum (2018) menyatakan bahwa dalam melakukan klister dua tahap, prosentase pengambilan sampel yang digunakan adalah 20% dari populasi yang terpilih. Didalam perhitungan sampel semakin kecil prosentase *error* yang digunakan maka derajat ketelitian akan semakin akurat, sebaliknya semakin besar prosentase *error* yang digunakan maka derajat ketelitian semakin tidak akurat. Derajat *error* yang biasa digunakan adalah 5%, 10%, 15%, dan 25%.

2.11. Penelitian Terdahulu

Prosiding Seminar Nasional oleh Linda A. Yoshi dari Program Studi Teknik Kimia Universitas Diponegoro (2016), menyatakan bahwa Desalinasi Reverse Osmosis telah menjadi teknologi desalinasi primadona untuk mendapatkan air bersih dan menggeser teknologi desalinasi thermal. Desain sistem desalinasi RO memperhitungkan berbagai aspek yaitu karakteristik air baku, kapasitas plant, kualitas air produk, biaya kapital, dan biaya operasi dan perawatan (O&M) (Khawaji et al, 2008). Berdasarkan hasil analisa ekonomi dari tahun ke tahun harga air desalinasi semakin menurun baik *Brackish Water Reverse Osmosis (BWRO)* maupun *Sea Water Reverse Osmosis (SWRO)*. Hal ini disebabkan oleh kapasitas plant yang semakin besar walaupun biaya kapital akan naik, penggunaan energi recovery, karakteristik membran yang semakin baik (Ettouney et al, 2002; Rayan dan Khaled, 2002; Dore, 2005; Reddy dan Ghaffour, 2007; Karagiannis dan Soldatos, 2008; Greenlee et al, 2009; Avlonitis et al, 2013).

Prosiding Seminar Internasional yang diterbitkan oleh Nieke Karnaningroem (2018), menyatakan bahwa proses identifikasi dan analisis risiko berdasarkan konsep manajemen risiko dengan menggunakan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Identifikasi penyebab kegagalan dilakukan menggunakan diagram fishbone untuk menemukan akar permasalahan yang

menjadi penyebab kegagalan. Akar permasalahan kemudian diberikan penilaian untuk mengetahui risiko terbesar yang dinyatakan dalam bentuk Risk Priority Number. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian antara *severity* (tingkat keseriusan kegagalan), *occurrence* (tingkat frekuensi terjadinya kegagalan), dan *detection* (tingkat kontrol yang dilakukan untuk pencegahan). Pada prosiding ini mencontohkan untuk kegagalan proses produksi air minum isi ulang berdasarkan fishbone analysis dipengaruhi oleh pemahaman pengelola atau praktisi depot, sumber air baku yang digunakan, adanya aturan-aturan dasar pengelolaan depot air isi ulang, pengelolaan teknologi pengolahan, dan kontroling pihak terkait dari depot air minum isi ulang. Prioritas permasalahan kegagalan produksi pada depot air minum isi ulang yang utama untuk diselesaikan dengan metode FMEA adalah man, machine, dan method. Sedangkan Cara memperkecil kegagalan pada depot air minum isi ulang melalui manajemen risiko adalah sesuai hasil perangkaan pada Risk Priority Number (RPN) yaitu pemahaman pengelola atau praktisi mengenai PERMENKES No.43 Tahun 2014, waktu kontak teknologi desinfeksi dan penggantian filter serta keberadaan SOP pada depot air minum isi ulang.



BAB 3
GAMBARAN UMUM

BAB 3

GAMBARAN UMUM

3.1. Kondisi Fisik Daerah

3.1.1. Geografi

Kabupaten Gresik merupakan wilayah dataran yang berbatasan dengan pantai dan terletak di sebelah barat laut dari Ibukota Propinsi Jawa Timur yaitu Surabaya. Wilayah Kabupaten Gresik merupakan dataran rendah dengan ketinggian 2-12 meter di atas permukaan laut kecuali Kecamatan Panceng yang mempunyai ketinggian 25 meter di atas permukaan laut. Hampir sepertiga bagian dari wilayah Kabupaten Gresik merupakan pesisir pantai, yaitu sepanjang Kecamatan Kebomas, sebagian Kecamatan Gresik, Kecamatan Manyar, Kecamatan Bungah, dan Kecamatan Ujungpangkah. Sedangkan Kecamatan Tambak dan Kecamatan Sangkapura berada di Pulau Bawean. Secara administratif Kabupaten Gresik dibagi menjadi 18 Kecamatan. Kecamatan Manyar merupakan salah satu kecamatan yang terletak dibagian utara Kabupaten Gresik.

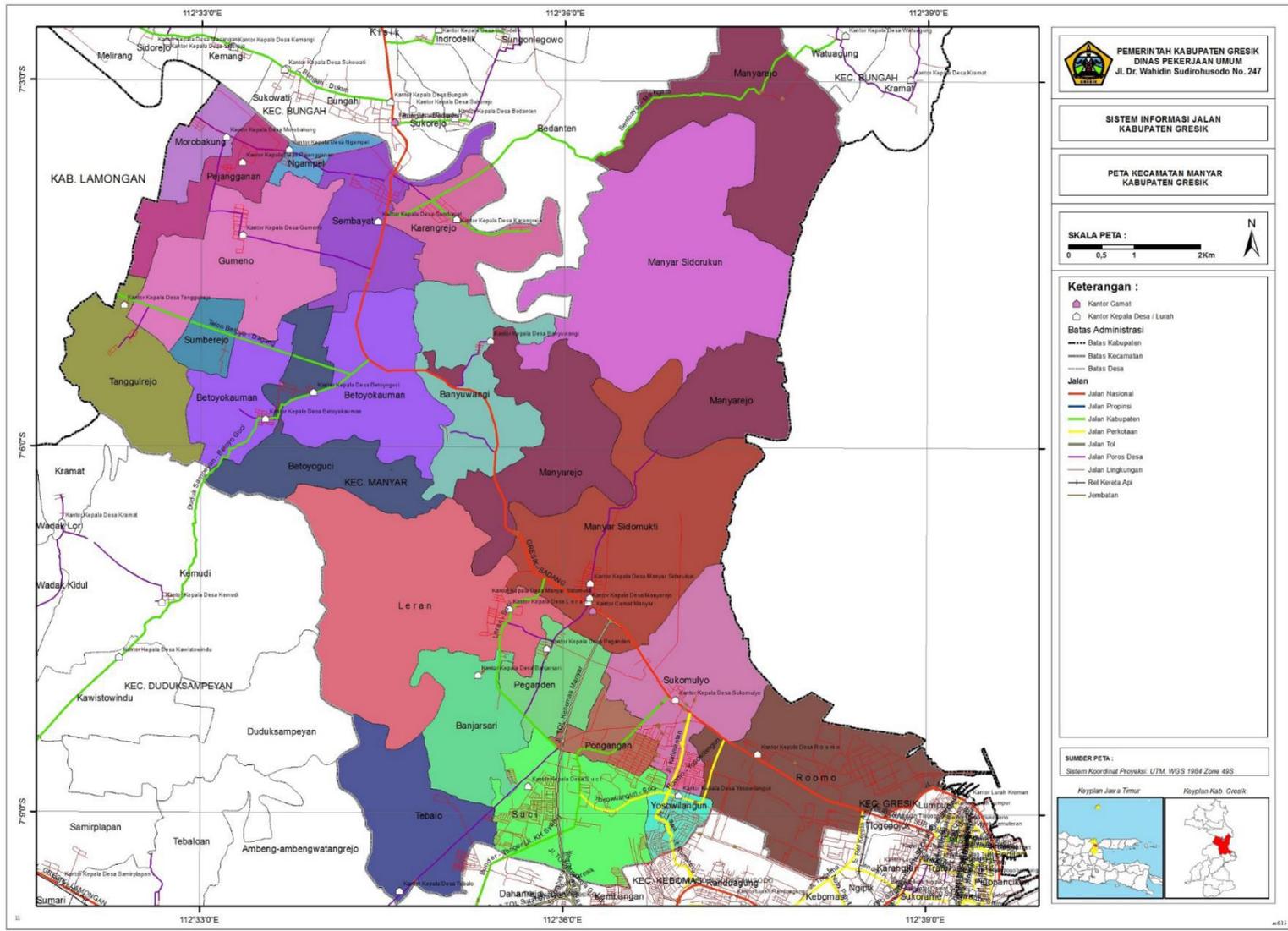
Letak *geografis* Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik pada 112° 31' sampai 112° 40' Bujur Timur dan 7°10' dan 7°3' Lintang Selatan. Kecamatan Manyar memiliki wilayah laut dan daratan.

Secara administratif Kecamatan Manyar termasuk dalam Kabupaten Gresik Propinsi Jawa Timur dengan batas administrasi sebagai berikut:

- Sebelah Utara : Kecamatan Bungah
- Sebelah Timur : Selat Madura dan Kecamatan Gresik
- Sebelah Selatan : Kecamatan Kebomas
- Sebelah Barat : Kecamatan Duduksampeyan

Kecamatan Manyar terbagi atas 23 Desa/Kelurahan. Pembagian wilayah administrasi di Kecamatan Manyar dapat dilihat pada **Gambar 3.1.**

Luas wilayah Kecamatan Manyar sebesar 95,44 km² dimana desa yang terluas yaitu Desa Leran dan yang paling kecil wilayahnya yaitu Desa Ngampel dengan luas wilayah 0,62 km². Luas wilayah Kecamatan Manyar secara detail dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.1 Peta Administrasi Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik

Tabel 3. 1 Luas Wilayah Menurut Desa/Kelurahan Dan Jenis Penggunaan Tanah Kecamatan Manyar Tahun 2018.

No.	Desa/Kelurahan	Tanah Sawah	Tanah Tambak	Tanah Kering	Bang/ Pekarangan	Hutan Negara	lain-lain	jumlah
1	Tebalo	0,00	314,40	18,90	14,65	0,00	2,30	350,25
2	Suci	51,60	0,00	118,11	191,93	0,00	27,38	389,02
3	Yosowilangun	0,00	0,00	0,00	97,18	0,00	3,50	100,68
4	Roomo	5,55	0,00	29,35	324,71	0,00	5,01	364,62
5	Sukomulyo	11,50	25,35	73,50	188,32	0,00	118,00	416,67
6	Pongangan	22,20	0,00	9,90	75,83	0,00	3,70	111,63
7	Peganden	109,60	1,21	25,59	45,48	0,00	0,00	181,88
8	Banjarsari	13,30	167,90	74,31	6,80	0,00	5,15	267,46
9	Leran	15,80	1098,70	110,42	27,37	0,00	14,95	1267,24
10	Manyarejo	8,10	982,48	0,00	50,07	0,00	29,36	1070,01
11	Manyar Sidomukti	0,00	161,30	0,00	56,23	0,00	912,08	1129,61
12	Manyar Sidorukun	0,00	925,80	0,00	10,05	0,00	2,62	938,47
13	Banyuwangi	0,00	376,00	31,56	4,95	0,00	1,67	414,18
14	Karangrejo	0,00	247,67	0,00	19,85	0,00	0,02	267,54
15	Sembayat	10,10	63,00	146,36	25,53	0,00	0,01	245,00
16	Betoyoguci	0,00	301,00	35,88	15,61	0,00	0,00	352,49
17	Betoyokauman	0,00	646,00	20,92	16,25	0,00	0,10	683,27
18	Sumberejo	15,88	41,30	20,00	3,16	0,00	0,75	81,09
19	Tanggulrejo	0,00	164,00	0,89	6,40	0,00	0,55	171,84
20	Gumeno	0,00	262,10	175,80	42,87	0,00	2,72	483,49
21	Ngampel	43,38	1,90	6,24	9,69	0,00	1,01	62,22
22	Pejanganan	3,00	29,00	36,30	4,60	0,00	2,94	75,84
23	Morobakung	46,20	24,00	28,27	21,52	0,00	0,00	119,99
	Jumlah	356,21	5833,11	962,30	1259,05	0,00	1133,82	9544,49

Sumber: Kecamatan Manyar Dalam Angka, 2019

3.1.2. Demografi

Jumlah penduduk Kecamatan Manyar cukup banyak. Pada tahun 2018 jumlah penduduk Kecamatan Manyar sebanyak 115.986 jiwa dan selalu mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Jumlah penduduk Kecamatan Manyar dari tahun 2010-2018 dapat dilihat pada Tabel 3.2. Sedangkan jumlah penduduk Kecamatan Manyar berdasarkan desa/kelurahan tahun 2018 dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 2 Jumlah Penduduk Kecamatan Manyar Dari Tahun 2010 – 2018

Tahun	Laki-laki	Perempuan	Jumlah
2010	46.046	44.191	90.237
2011	55.135	54.646	109.781
2012	54.838	52.979	107.817
2013	56.018	54.121	110.139
2014	56.275	54.456	110.731
2015	56.467	54.738	111.205
2016	57.314	55.548	112.862
2017	57.862	56.194	114.056
2018	58.868	57.118	115.986

Sumber: Kecamatan Manyar Dalam Angka 2019

Tabel 3. 3 Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin Dan Desa/Kelurahan Kecamatan Manyar Tahun 2018

No.	Desa/Kelurahan	Lak-laki	Perempuan	jumlah
1	Tebalo	1.391	1.363	2.754
2	Suci	9.117	8.879	17.996
3	Yosowilangun	6.686	6.547	13.233
4	Roomo	3.003	2.909	5.912
5	Sukomulyo	5.209	5.195	10.404
6	Pongangan	4.900	4.769	9.669
7	Peganden	2.943	2.730	5.673
8	Banjarsari	1.505	1.440	2.945
9	Leran	2.733	2.603	5.336
10	Manyarejo	2.186	2.080	4.266
11	Manyar Sidomukti	1.397	1.295	2.692
12	Manyar Sidorukun	2.005	1.879	3.884
13	Banyuwangi	1.117	1.095	2.212
14	Karangrejo	2.724	2.573	5.297
15	Sembayat	3.594	3.508	7.102
16	Betoyoguci	1.101	1.132	2.233
17	Betoyokauman	1.415	1.328	2.743
18	Sumberejo	399	370	769
19	Tanggulrejo	1.363	1.378	2.741
20	Gumeno	1.909	1.943	3.852

No.	Desa/Kelurahan	Lak-laki	Perempuan	jumlah
21	Ngampel	739	731	1.470
22	Pejanganan	607	577	1.184
23	Morobakung	825	794	1.619
Jumlah		58.868	57.118	115.986

Sumber: Kecamatan Manyar Dalam Angka 2019

3.1.3. Geologi

Bentang alam yang merupakan view dan potensial wilayah Kecamatan Manyar, secara garis besar dibedakan menjadi 2 (dua) antara lain;

a. Daerah perbukitan batu gamping

Daerah perbukitan batu gamping dibagian Selatan Kecamatan Manyar antara lain di Desa Suci, Pongangan, Yosowilangun, dan Sukomulyo. Struktur geologi didaerah ini merupakan lipatan yang berbentuk antiklinal dan sinklinal, hal tersebut adanya sistem rekahan dan rongga akibat pelarutan menyebabkan batu gamping banyak menyimpan banyak air.

b. Daerah dataran rendah

Daerah dataran rendah ini tertutup oleh belahan hasil rombakan daerah atas didekat ataupun di daerah hulu, lapisan tanah bagian atas ini terdiri dari lempung, lempung pasir dan napal. Pada umumnya berupa dataran alluvial yang batuananya bersifat kedap air, oleh karena itu peresapan air hujan lebih kecil apabila dibandingkan dengan daerah batu gamping.

Persebaran jenis tanah yang ada di wilayah Kecamatan Manyar berdasarkan pada jenis tanah masing-masing mempunyai proporsi dan sifat.

Adapun masing-masing jenis tanah adalah sebagai berikut :

- Alluvial, bahan induk dari tanah liat dan pasir yang beraneka ragam tanah kelabu kehitam-hitaman dengan tekstur liat berat sedikit plastis. Penggunaan lahan pada umumnya berupa persawahan dengan pengairan yang sebagian besar sudah teratur dan sebagian berupa empang/tambak. Dengan ini baik untuk perluasan sawah yang dipergunakan sebagai tanaman bahan pangan.
- Kompleks mediteran, tanah jenis ini berasal dari bahan induk batu liat napal, sifat lainnya dari jenis tanah ini mempunyai kadar bahan organik

rendah sampai sedang. Fisiografi daerah berupa bukit lipatan dengan bentuk wilayah berbukit sampai bergunung, sebagian besar merupakan wilayah berbukit dengan kemiringan lereng 30 %. Jenis tanah ini biasanya dipakai untuk bermacam-macam bentuk penggunaan lahan, antara lain persawahan tadah hujan dan tegalan serta galian batu gamping.

- Grumusol, jenis tanah ini berasal dari bahan induk, bahan kapur, napal dan batu liat. Tanah kelabu tua dengan tekstur liat dan struktur sangat gempal serta konsisten teguh sampai plastis. Tanah Grumusol ini tersebar di daerah bukit lipatan yang merupakan bagian bawah punggung antiklinal dan lembah-lembah sinklinal dengan bentuk wilayah bergelombang. Jenis tanah ini mempunyai kemampuan lahan untuk pertanian yang sangat terbatas oleh air.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Luas Daerah Berdasarkan Klasifikasi Jenis Tanah (Ha) Kecamatan Manyar

No	Kecamatan	Jenis Tanah							Jumlah
		A	B	C	D	E	F	G	
1	Manyar	4222,90	792,00	1685,00	0,00	0,00	0,00	1586,00	8671,00

Sumber : RTRW Kabupaten Gresik 2010-2030

Keterangan :

A : Alluvial Hidromorf

B : Alluvial Kelabu Tua

C : Alluvial Kelabu

D : Kompleks Mediteran Coklat Kemerahan

E : Alluvial Kelabu Tua

F : Grumosol Kelabu

G : Kompleks Mediteran Merah dan Litosol

3.1.4. Hidrologi Dan Klimatologi

Keadaan iklim di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik ditandai dengan keadaan curah hujan dan intensitas hujan sedangkan kondisi iklim sendiri ditandai dengan keadaan dimana suatu wilayah mempunyai keadaan bulan basah dan bulan kering.

1. Curah Hujan

Curah hujan merupakan salah satu indikator wilayah terhadap yang dapat mengetahui kondisi tanah dalam suatu wilayah. Keadaan cuaca ini banyak

mempengaruhi semua kegiatan pembangunan, baik yang berhubungan langsung dengan kegiatan yang bersangkutan dengan wadah pembangunan itu sendiri yang berupa tanah. Curah hujan disuatu tempat antara lain di pengaruhi oleh keadaan iklim, keadaan kelembaban udara, serta perputaran / pertemuan arus udara. Oleh karena itu jumlah curah hujan setiap daerah selalu beragam dari bulan kebulan.

2. Intensitas Hujan

Intensitas hujan adalah nilai perbandingan antara curah hujan dengan hari hujan baik dalam bulanan maupun tahunan. Nilai intensitas hujan akan mempengaruhi pembagian wilayah untuk kawasan lindung maupun budidaya, karena nilai intensitas tersebut mempengaruhi kemampuan daya dukung tanah apabila untuk kegiatan budidaya. Semakin tinggi nilai tersebut akan semakin kurang layak untuk budidaya.

Jumlah curah hujan, hari hujan, dan rata-rata curah hujan per hari di Kecamatan Manyar pada tahun 2018 dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3. 5 Jumlah Curah Hujan, Hari Hujan, Dan Rata-Rata Curah Hujan Per Hari Kecamatan Manyar Tahun 2018

No.	Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan	Rata-rata Per Hari (mm)
1	Januari	330	11	30,00
2	Februari	311	14	22,21
3	Maret	268	14	19,14
4	April	46	4	11,50
5	Mei	5	1	5,00
6	Juni	0	0	0,00
7	Juli	0	0	0,00
8	Agustus	0	0	0,00
9	September	0	0	0,00
10	Oktober	38	2	19,00
11	Nopember	114	7	16,29
12	Desember	210	9	23,33
Jumlah		1322	62	146,48

Sumber: Kecamatan Manyar Dalam Angka 2019

3.1.5. Iklim

Seperti halnya kondisi Kabupaten Gresik lainnya, di wilayah Kecamatan Manyar mempunyai kondisi iklim yang hampir sama. Untuk menentukan kondisi iklim di Kabupaten Gresik menggunakan data dari stasiun Meteorologi yang terdekat, karena di wilayah Gresik belum ada stasiun meteorologi yaitu dengan menggunakan stasiun Meteorologi Tanjung Perak Surabaya sebagai acuan. Kondisi tersebut menggambarkan:

- Temperatur rata-rata sebesar 27,8 °C
- Temperatur minimum 23,2 °C.
- Temperatur maksimum sebesar 33,4 °C

Temperatur minimum terjadi pada bulan Juli sedangkan temperatur tertinggi terjadi pada bulan Oktober. Radiasi matahari terbesar 84 % terjadi pada bulan Maret, kecepatan angin berkisar antara 4 – 6 per detik dengan arah rata-rata ke Selatan.

Wilayah Kecamatan Manyar seperti daerah di Kabupaten Gresik lainnya di pengaruhi oleh iklim tropis. Terhadap iklim daerah Kecamatan Manyar dapat dibedakan :

- a. Iklim kemarau kering terjadi pada bulan Juni sampai dengan Bulan September.
- b. Musim penghujan basah terjadi pada bulan Desember sampai dengan bulan Maret.
- c. Musim peralihan dari musim kemarau sampai musim penghujan terjadi pada bulan Oktober dan November.
- d. Pada bulan April dan Mei terjadi musim peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau.

3. Hidrologi

Adanya siklus hidrologi di daerah Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik mempunyai pengaruh terhadap lapisan permukaan tanah. Tanah yang berupa lempung halus akan mempunyai tingkat peresapan air yang kecil. Daerah-daerah yang mempunyai mata air dengan debit air yang cukup besar, sebagian

air tanahnya digunakan untuk kepentingan rumah tangga atau penduduk sehari-hari dan untuk pengairan sawah.

Keadaan permukaan air tanah di Wilayah Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik pada umumnya relatif dalam, hanya daerah-daerah tertentu di sekitar sungai atau rawa-rawa saja yang mempunyai permukaan air tanah agak dangkal. Wilayah Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik terdapat aliran sungai yang relatif cukup tinggi atau besar.

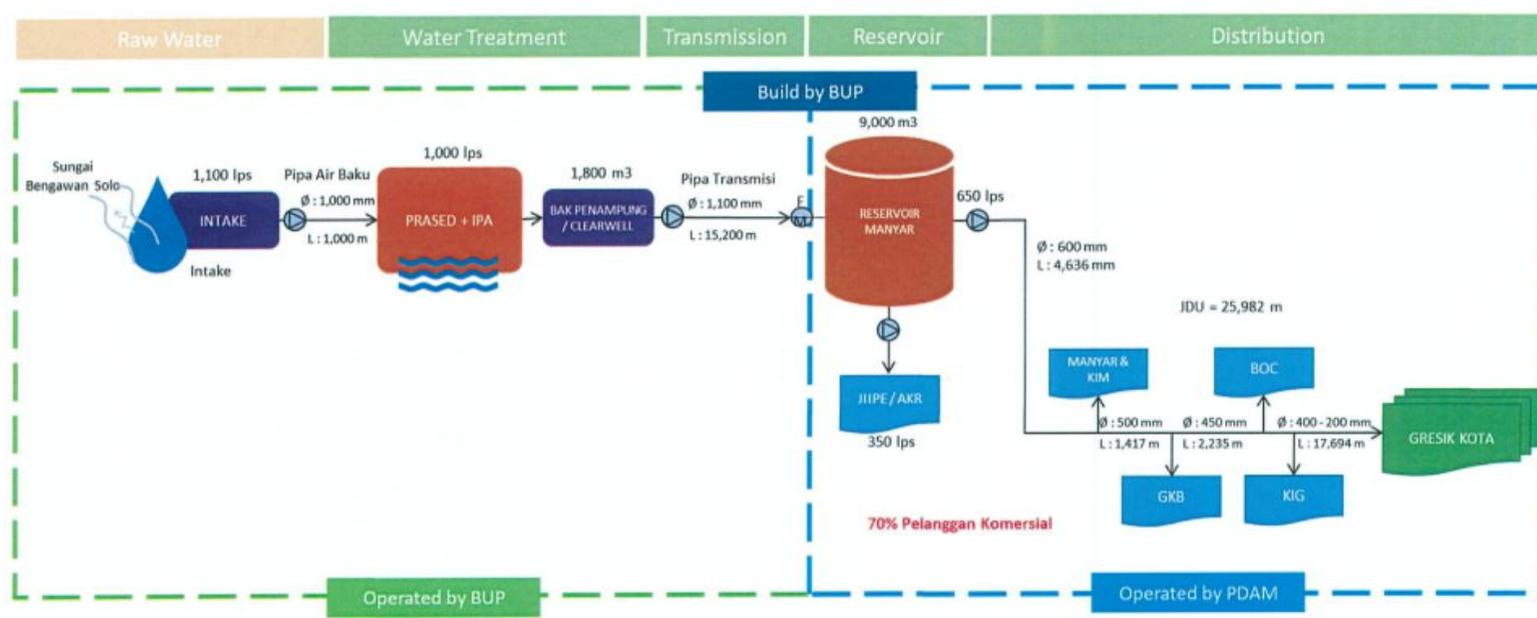
Pola aliran sungai di Kecamatan Manyar memperlihatkan wilayah yang merupakan daerah muara Sungai Bengawan Solo. Sungai Bengawan Solo yang alirannya mulai dari Jawa Tengah mempunyai debit air yang cukup tinggi membawa lumpur cukup banyak, akibatnya proses pendangkalan lebih cepat.

Disamping dibentuk sungai yang berbelok-belok mengakibatkan kecepatan pengairan sungai lebih diperlambat lagi. Dengan adanya peristiwa tersebut mengakibatkan timbulnya tanah-tanah oloran yang seringkali oleh penduduk dimanfaatkan untuk lahan pertambakan. Selain dialiri oleh sungai tersebut, keadaan hidrologi Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik juga ditentukan oleh mata air, pompa air dan sumur bor.

3.2. Sarana dan Prasarana

3.2.1. Air Minum

Pada perkembangannya sampai saat ini wilayah pelayanan PDAM hanya menjangkau Gresik Bagian Selatan dan sebagian kecil Kecamatan Manyar. Sedangkan Gresik Bagian Utara diantaranya Kecamatan Manyar mengandalkan KPSPAM (Tabel 3.6) dan sebagian sumur gali masyarakat. Pada Saat ini, pembangunan proyek IPAM Bendung Gerak Sembayat yang terletak di Kecamatan Bungah yang berbatasan dengan Kecamatan Manyar sedang dalam proses *under construction* sehingga nantinya sebagian keperluan air bersih untuk kawasan Gresik Utara khususnya Kecamatan Manyar akan dapat dilayani PDAM. Rencana pembangunan IPAM Bendung Gerak Sembayat Sebesar 1000 l/dtk. Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.2.



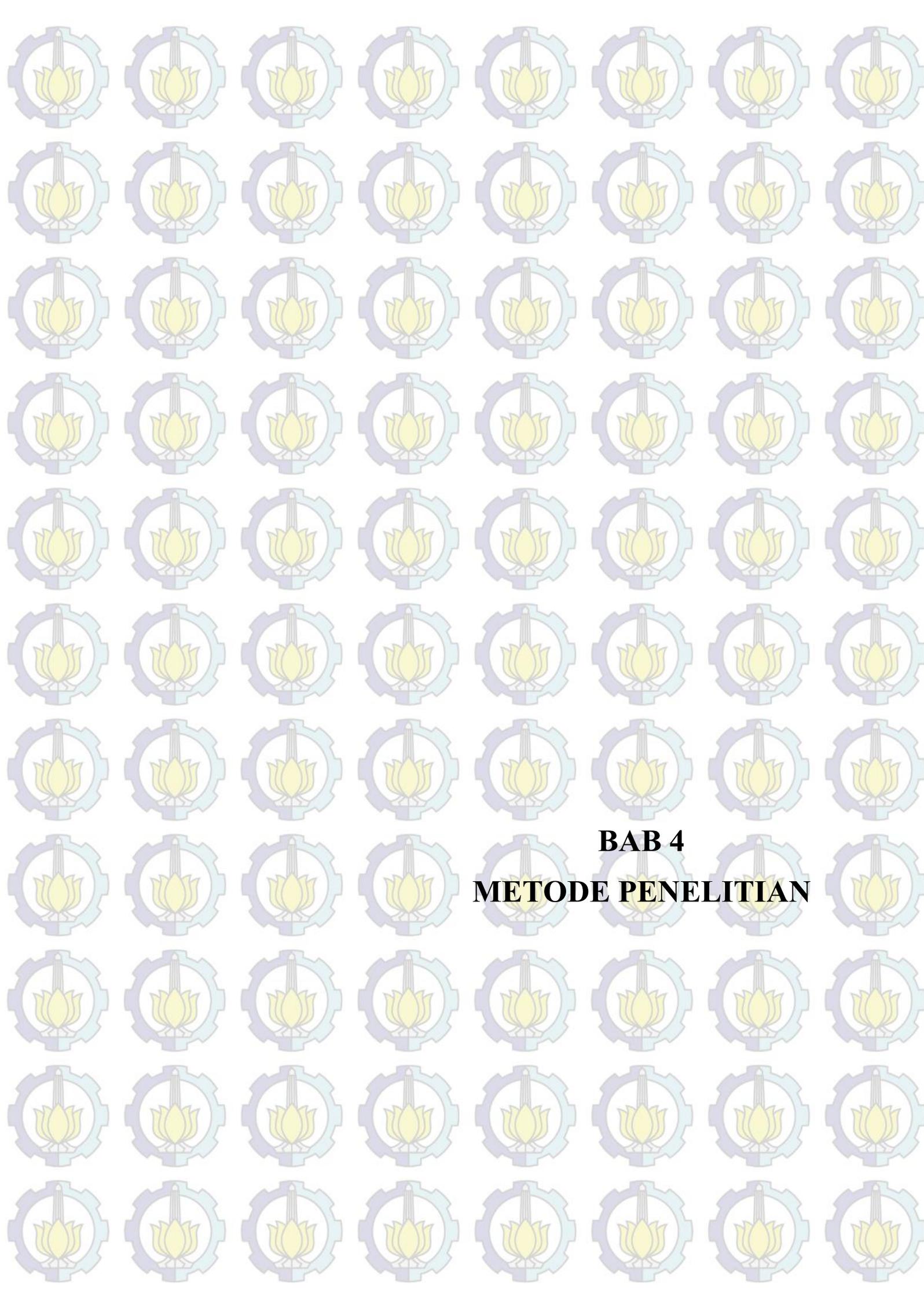
Gambar 3. 2 Skematik IPA Bendung Gerak Sembayat

Tabel 3. 6 Kondisi KPSPAM Kecamatan Manyar

NO	Kasawan Gresik	Kec.	Jumlah Penduduk (jiwa)	Jumlah Penduduk (KK)	Jumlah yang sudah terlayani (KK)			Sumber Air			Jumlah Total Terakses (KK)	Jumlah Total Terakses (Jiwa)	Jumlah Yang Belum Terlayani (KK)	Jumlah Yang Belum Terlayani (Jiwa)	Prosentase Total Belum Terakses (%)
					Pribadi	HIPPAM	PAMSIMAS	Mata Air	Sungai	S. Bor					
1	Gresik Utara	Manyar	116.294	33.283	174	2.840	4.134	-	-	18	7.148	24.976	26.135	91.318	79%

Sumber: Dinas DPUTR Kabupaten Gresik

Kawasan Industri JIPE menggunakan air bersih sebanyak 350 lps dan sisanya yaitu 650 lps dialirkan Kawasan Industri Maspion (KIM), Manyar, GKB, Kawasan Industri Gresik, Gresik Kota, dan Pelabuhan Kota Gresik.



BAB 4
METODE PENELITIAN

BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1. Umum

Dengan mengacu pada tujuan dan ruang lingkup yang telah ditetapkan, selanjutnya dilakukanlah penelitian menggunakan metode penelitian terapan. Penelitian dilakukan mengacu pada teori yang ada terhadap penelitian yang akan dilakukan. Dari teori tersebut digunakan pula untuk menganalisis risiko investasi dalam penyusunan kelayakan sistem penyediaan air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik untuk membantu peningkatan pelayanan air minum di Kabupaten Gresik khususnya Kecamatan Manyar.

4.2. Kerangka Penelitian

Suatu sistem penyediaan air siap minum suatu kabupaten sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor. Penyediaan air siap minum yang sesuai dengan kualitas air minum, diperlukan suatu teknologi yang tepat dan suatu pasokan yang baik dan cukup. Adapun diagram alir dari kerangka analisis ini dapat dilihat pada Gambar 4.1. berikut

LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

1. Target pelayanan SDG's 100% air minum terlayani
2. Prosentase pelayanan air minum Kecamatan Manyar belum 100%
3. Kuantitas air baku sungai bengawan solo menurun pada musim kemarau
4. Peningkatan kebutuhan air minum dari tahun ke tahun
5. Rencana pembangunan SPAM dengan kualitas air siap minum
6. Adanya resiko kegagalan investasi untuk pembangunan IPAM baru
7. Perlu adanya Analisa manajemen resiko

IDENTIFIKASI MASALAH

1. Bagaimana kualitas, kuantitas, dan kontinuitas air payau/ air laut yang akan dimanfaatkan sebagai air baku air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik
2. Bagaimana memperoleh Risiko Investasi sistem penyediaan air minum berdasarkan kajian teknik dan finansial di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik dengan Metode FMEA
3. Bagaimana upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi resiko yang terjadi

TUJUAN PENELITIAN

1. Memperoleh kualitas, kuantitas dan kontinyuitas air payau/air laut yang akan dimanfaatkan sebagai air baku air minum Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik
2. Menentukan Risiko Investasi sistem penyediaan air minum berdasarkan kajian teknik finansial di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik dengan Metode FMEA
3. Menentukan upaya yang dilakukan untuk meminimalisasi resiko yang terjadi

PENGUMPULAN DATA

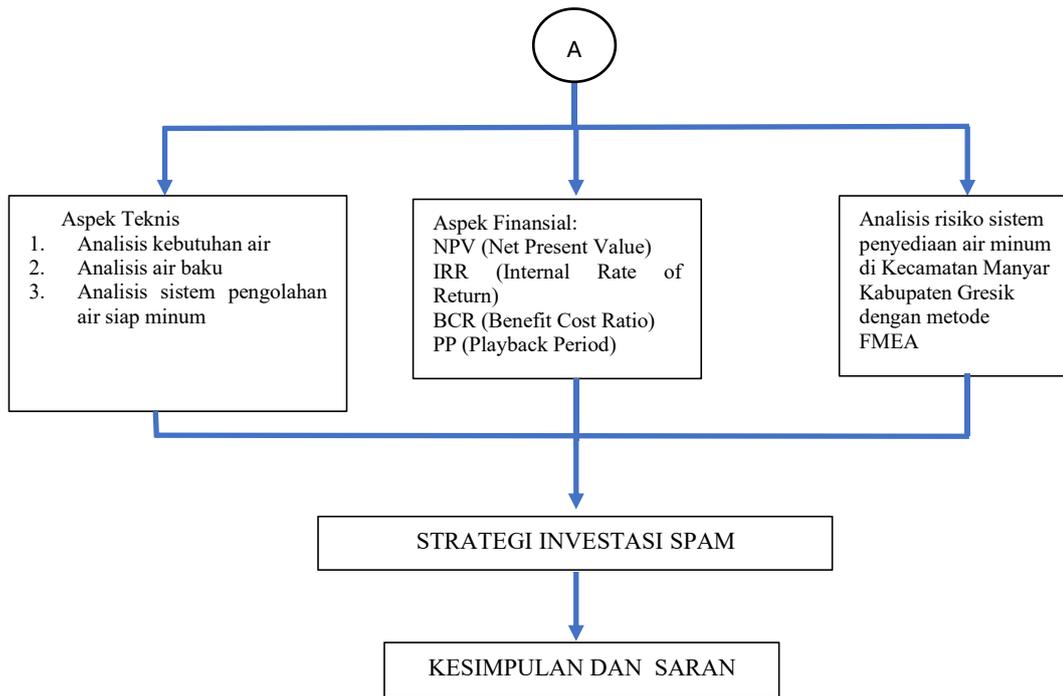
Data Primer

1. Kuisisioner kepada pengelola PDAM Gresik
2. Kuisisioner kepada pengelola KPSPAM
3. Dinas PU

Data sekunder:

1. Peta Kecamatan Manyar
2. Informasi potensi air baku
3. Rencana Induk Air Minum Kabupaten Gresik
4. Prosentase pelayanan PDAM Giri Tirta Gresik
5. Prosentase pelayanan KPSPAM Kecamatan Manyar
6. RTRW Kabupaten Gresik

A



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian

4.3. Tahapan Penelitian

4.3.1. Menetapkan Ide dan Rumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas diperoleh melalui ide penelitian yang ada. Dari permasalahan tersebut maka dilakukan identifikasi serta ditentukan batasan ruang lingkup. Identifikasi permasalahan dan batasan ruang lingkup tersebut digunakan untuk merumuskan metode sehingga didapatkan solusi yang sesuai.

4.3.2. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan dimana meliputi teori, peraturan perundang-undangan, dan penelitian sebelumnya. Tujuan dari studi literatur ini adalah untuk mendukung penelitian secara teoritis, mendasari ruang lingkup yang ditentukan, serta menjadi acuan dalam menyusun penelitian. Tinjauan pustaka diharapkan sedetail mungkin dan mencakup semua hal yang terkait dengan penelitian.

4.3.3. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder yang terdiri dari beberapa data berikut ini:

- a. Data primer berupa data kuisoner yang meliputi kuisoner terhadap pengurus PDAM, KPSPAM, dan Dinas PU bagian air minum. Kuisoner tersebut bertujuan untuk mengetahui melakukan analisis risiko. Jumlah sampel yang digunakan sebanyak 45 kuisoner.

- Perhitungan jumlah sampel berdasarkan klaster dua tahapan:
- PDAM : 15 orang
- KPSPAM : 40 orang
- Dinas PU : 10 orang
- Total : 65 orang

$$D = \left[\frac{B}{Z_{1-\alpha/2}} \right]^2$$

$$D = \left[\frac{0,1}{Z_{1-0,1/2}} \right]^2$$

$$D = \left[\frac{0,1}{1,65} \right]^2$$

$$D = 0,0036$$

- Penentuan jumlah sampel

$$n = \frac{N Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 P Q}{(N-1) D^2 + Z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 P Q}$$

$$n = \frac{65 \times 1,65^2 \times 0,5 \times 0,5}{(65 - 1) 0,0036^2 + 1,65^2 \times 0,5 \times 0,5}$$

$$n = \frac{44,24}{0,681}$$

$$n = 44,921$$

$$n = 45$$

- b. Data sekunder berupa peta administrasi, peta rupa bumi, peta topografi, peta jaringan jalan eksisting, peta jaringan pipa air minum eksisting, peta geologi, peta hidrologi, peta RTRW, peta kepemilikan tanah, informasi wilayah terbangun, informasi elevasi untuk menentukan posisi perlatan dan jalur system perpipaan, pembagian blok pelayanan, potensi air baku, informasi

jenis tanah untuk pemasangan pipa, masterplan Kabupaten Gresik, dan Rencana Induk Air Minum Kabupaten Gresik.

4.3.4. Pengolahan Data dan Analisa

Setelah memiliki data kualitas air baku maka akan dilakukan Analisa terkait unit pengolahan yang tepat untuk kualitas air minum menjadi air siap minum sehingga dapat diketahui besar keuntungan yang akan didapatkan. Selain itu, dari data kuisisioner akan diolah untuk menentukan kelayakan dan analisis risiko terhadap investasi SPAM di Kecamatan Manyar. Aspek yang digunakan yaitu aspek teknis, aspek finansial, dan analisis resiko investasinya dengan menggunakan metode FMEA.

4.3.5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini didasarkan pada analisa yang telah dilakukan terkait kelayakan dan kajian risiko investasi system penyediaan air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Kesimpulan dan saran akan dijadikan sebagai acuan untuk melakukan investasi SPAM dalam rangka peningkatan pelayanan air minum di Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB 5
HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

BAB 5

HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

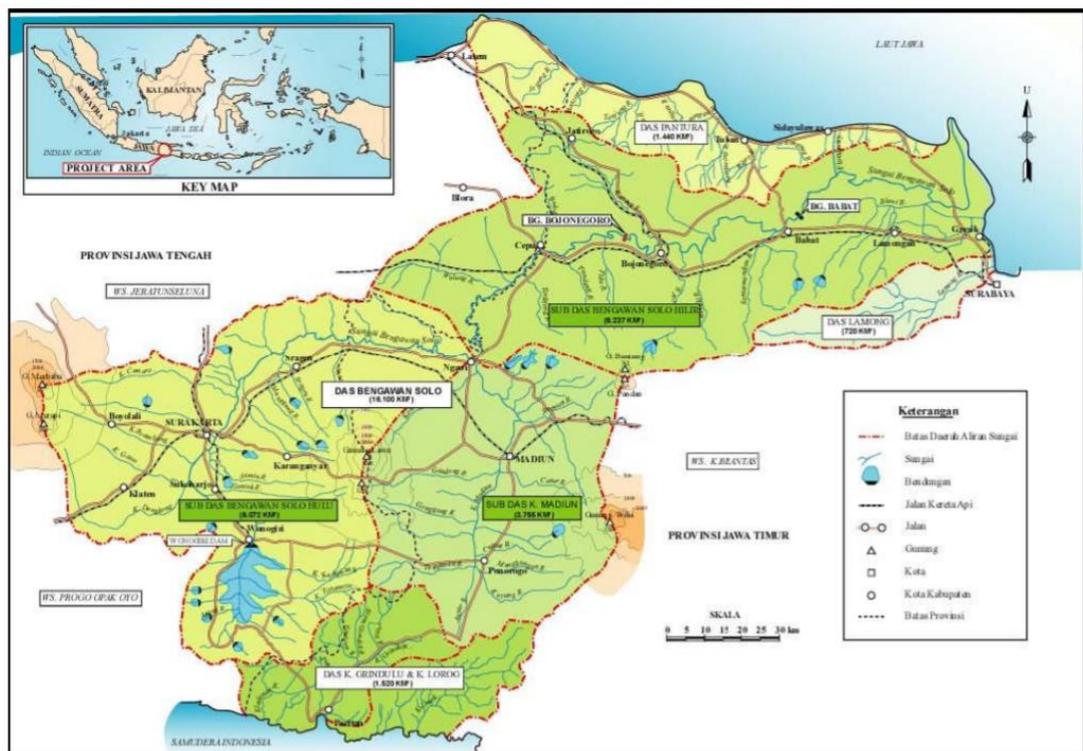
5.1. Aspek Teknis

5.1.1. Potensi Sumber Air Baku

A. Aspek Kuantitas dan Kontinuitas

Potensi air baku selain mata air adalah air permukaan dimana di Kecamatan Manyar terdapat Daerah Aliran Sungai (DAS) yang melintas. Potensi air dapat di kelola melalui upaya membendung dan/atau mengalihkan aliran sungai untuk upaya pemenuhan sumber air baku air bersih Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik di masa yang akan datang.

Potensi ketersediaan air DAS terdiri dari air tersedia potensial dan air tersedia aktual. Air tersedia potensial dalam satu tahun merupakan jumlah curah hujan yang jatuh per satuan luas pada wilayah air DAS dalam kurun waktu satu tahun. Air tersedia aktual adalah jumlah air yang tertampung sebagai aliran permukaan, air tanah dan mata air per satuan luas dalam kurun waktu satu tahun. Potensi ketersediaan air suatu DAS diuraikan dari potensi air hujan, air permukaan dan air tanah. Luas total wilayah sungai (WS) Bengawan Solo $\pm 19.778 \text{ km}^2$, terdiri dari 4 (empat) Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Bengawan Solo dengan luas $\pm 16.100 \text{ km}^2$, DAS Kali Grindulu dan Kali Lorog di Pacitan seluas $\pm 1.517 \text{ km}^2$, DAS kecil di kawasan pantai utara seluas $\pm 1.441 \text{ km}^2$ dan DAS Kali Lamong seluas $\pm 720 \text{ km}^2$. DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di WS Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun dan Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Sub DAS Bengawan Solo Hulu dan sub DAS Kali Madiun dengan luas masingmasing $\pm 6.072 \text{ km}^2$ dan $\pm 3.755 \text{ km}^2$. Bengawan Solo Hulu dan Kali Madiun mengalirkan air dari lereng gunung berbentuk kerucut yakni Gunung Merapi ($\pm 2.914 \text{ m}$), Gunung Merbabu ($\pm 3.142 \text{ m}$) dan Gunung Lawu ($\pm 3.265 \text{ m}$), sedangkan luas Sub DAS Bengawan Solo Hilir adalah $\pm 6.273 \text{ km}^2$. detail pembagian wilayah daerah aliran sungai Bengawan Solodapat dilihat pada Gambar 5.1.



Gambar 5. 1 Wilayah Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo

Secara administratif WS Bengawan Solo mencakup 17 (tujuh belas) kabupaten dan 3 (tiga) kota, yaitu:

Kabupaten : Boyolali, Klaten, Sukoharjo, Wonogiri, Karanganyar, Sragen, Blora, Rembang, Ponorogo, Madiun, Magetan, Ngawi, Bojonegoro, Tuban. Lamongan, Gresik dan Pacitan.

Kota : Surakarta, Madiun dan Surabaya

Potensi air permukaan direpresentasikan oleh curah hujan, aliran sungai serta debit bendung irigasi. Potensi air hujan di DAS Bengawan Solo pada musim kemarau (April – September) sebesar 6.022 juta m³ dan pada musim hujan (Oktober – Maret) sebesar 21.920 juta m³. Adapun potensi aliran sungai dan debit bendung irigasi total sebesar 18.402 juta m³ dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Potensi Aliran Sungai dan Debit Bendung Irigasi Total

No.	Sungai	Potensi Air Permukaan (juta m ³)
1	Bengawan Solo Hulu	6.594
2	Kawasan Grindulu	1.346
3	Kawasan Madiun	3.640
4	Bengawan Solo Hilir	5.770
5	Daerah Pantai Utara	1.052
Total		18.402

Sumber: Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, 2014

Neraca ketersediaan-kebutuhan air kemudian direpresentasikan dalam bentuk indeks dan kriteria kekritisan air yang merupakan rasio kebutuhan terhadap ketersediaan yaitu : indeks < 50 masuk kriteria belum kritis; 50 % - 75%, mendekati kritis; 75% - 100% kritis dan >100% sangat kritis (Martopo, 1989).

Status penggunaan lahan di wilayah DAS Bengawan Solo terlihat bahwa sebagian besar penggunaan lahan di wilayah DAS Bengawan Solo adalah sawah irigasi seluas 37%, diikuti lahan kering seluas 22%, lahan hutan seluas 20%, sedangkan pemukiman hanya sekitar 5%. Hasil analisis neraca ketersediaan-kebutuhan air serta kriteria kekritisan air menunjukkan bahwa secara keseluruhan indeks kekritisan air DAS Bengawan Solo masuk kategori mendekati kritis dengan indeks sebesar 57.8%. Kondisi saat ini dan proyeksi jumlah penduduk di wilayah DAS Bengawan Solo cenderung meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan jumlah penduduk berpengaruh sangat signifikan pada peningkatan kebutuhan air domestik.

Prediksi status kekritisan pada tahun 2030 untuk DAS Bengawan Solo untuk dua kali tanam terjadi peningkatan status menjadi kritis dari saat ini yang mendekati kritis. Peningkatan status menjadi sangat kritis untuk tingkat kabupaten/kota pada tahun 2030 terjadi di Provinsi Jawa Timur yaitu di Kabupaten Nganjuk, Bojonegoro, dan Tuban, sedangkan di Provinsi Jawa Tengah

yaitu di Kabupaten Grobogan dan Rembang. Untuk lebih jelasnya prediksi kekritisn DAS Bengawan Solo tahun 2030 dapat dilihat pada tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Neraca ketersediaan-kebutuhan air serta kriteria kekritisn air DAS Bengawan Solo tahun 2030 untuk setiap wilayah kabupaten/kota dua kali tanam

No	Kabupaten /Kodya	Ketersediaan (MCM)	Kebutuhan Air (MCM)				Indeks Kekritisn Air	Kriteria
			Pertanian (2x tanam)	Industri	Domestik	Total		
Jawa Timur	Kabupaten							
	Ponorogo	587.0	356.17	5.27	39.5	401.0	68.3	Mendekati kritis
	Trenggalek	254.9	117.76	2.44	29.7	149.9	58.8	Mendekati kritis
	Jombang	1846.9	498.53	0.33	57.8	556.7	30.1	Belum kritis
	Nganjuk	427.5	428.86	0.64	44.1	473.6	110.8	Sangat kritis
	Madiun	929.2	321.91	4.11	28.2	354.2	38.1	Belum kritis
	Magetan	2479.0	254.92	3.71	28.0	286.6	11.6	Belum kritis
	Ngawi	3128.6	516.33	4.89	36.8	558.0	17.8	Belum kritis
	Bojonegoro	673.9	752.59	10.44	56.1	819.1	121.6	Sangat kritis
	Tuban	420.6	563.76	8.32	47.6	619.6	147.3	Sangat kritis
	Lamongan	1262.6	826.33	8.93	52.2	887.4	70.3	Mendekati kritis
	Gresik	712.1	378.27	7.88	54.2	440.4	61.8	Mendekati kritis
	Mojokerto	1202.9	321.84	0.42	5.0	327.2	27.2	Belum kritis
	Pacitan	466.3	133.19	3.57	24.6	161.4	34.6	Belum kritis
	Kodya							
Madiun	775.8	11.23	0.95	7.9	20.1	2.6	Belum kritis	
Surabaya	226.2	11.75	21.39	115.6	148.7	65.7	Mendekati kritis	
Jawa Tengah dan DIY	Kabupaten							
	Bora	20.1	21.67	1.93	36.8	60.4	300.5	Sangat kritis
	Boyolali	562.7	234.41	4.74	41.3	280.5	49.8	Belum kritis
	Grobogan	648.5	651.65	1.67	58.7	712.0	109.8	Sangat kritis
	Karanganyar	891.2	227.07	5.23	35.8	268.1	30.1	Belum kritis
	Klaten	1517.9	341.56	8.04	49.8	399.4	26.3	Belum kritis
	Rembang	323.6	297.77	0.75	25.6	324.1	100.2	Sangat kritis
	Sragen	79.2	40.47	5.14	38.3	83.9	106.0	Sangat kritis
	Sukoharjo	588.4	217.23	5.29	36.5	259.0	44.0	Belum kritis
	Wonogiri	32.8	33.22	5.63	43.2	82.0	250.3	Sangat kritis
	Kodya							
	Surakarta	602.0	1.05	0.37	23.2	24.6	4.1	Belum kritis
Semarang	161.6	40.42	3.22	40.4	84.0	52.0	Mendekati kritis	
DAS		20,821.3	7,600.0	125.3	1,056.8	8,782.0	74.6	Kritis

Sumber: Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, 2014

Berdasarkan fakta-fakta diatas, pemanfaatan yang berlebihan pada DAS Bengawan Solo khususnya Sungai Bengawan Solo hilir semakin mempercepat kondisi krisis ketersediaan air baku. Namun, pada tahun 2019 dibangun IPA Bendung Gerak Sembayat dengan kapasitas 1.000 lps yang memanfaatkan Sungai Bengawan Solo Hilir untuk air bakunya. Lokasi IPA Bendung Gerak Sembayat ini terletak di Desa Sidomukti, Kecamatan Bungah yang berbatasan dengan Kecamatan Manyar. Pada tahun yang sama tepatnya musim kemarau tahun 2019, Sungai Bengawan Solo ini mengalami kekeringan dan Kondisi tersebut juga

membuat desa disekitar daerah aliran sungai (DAS) Bengawan Solo krisis air. “musim kemarau itu sudah biasa. Tapi kali ini tampaknya paling parah.” kata Kepala Desa Baron, Kecamatan Dukun (<https://www.jawapos.com/surabaya/10/10/2019/kemarau-panjang-sungai-bengawan-solo-pun-mengering/>). Foto kondisi Sungai Bengawan Solo yang mengering di Kabupaten Gresik dapat dilihat pada gambar 5.2.

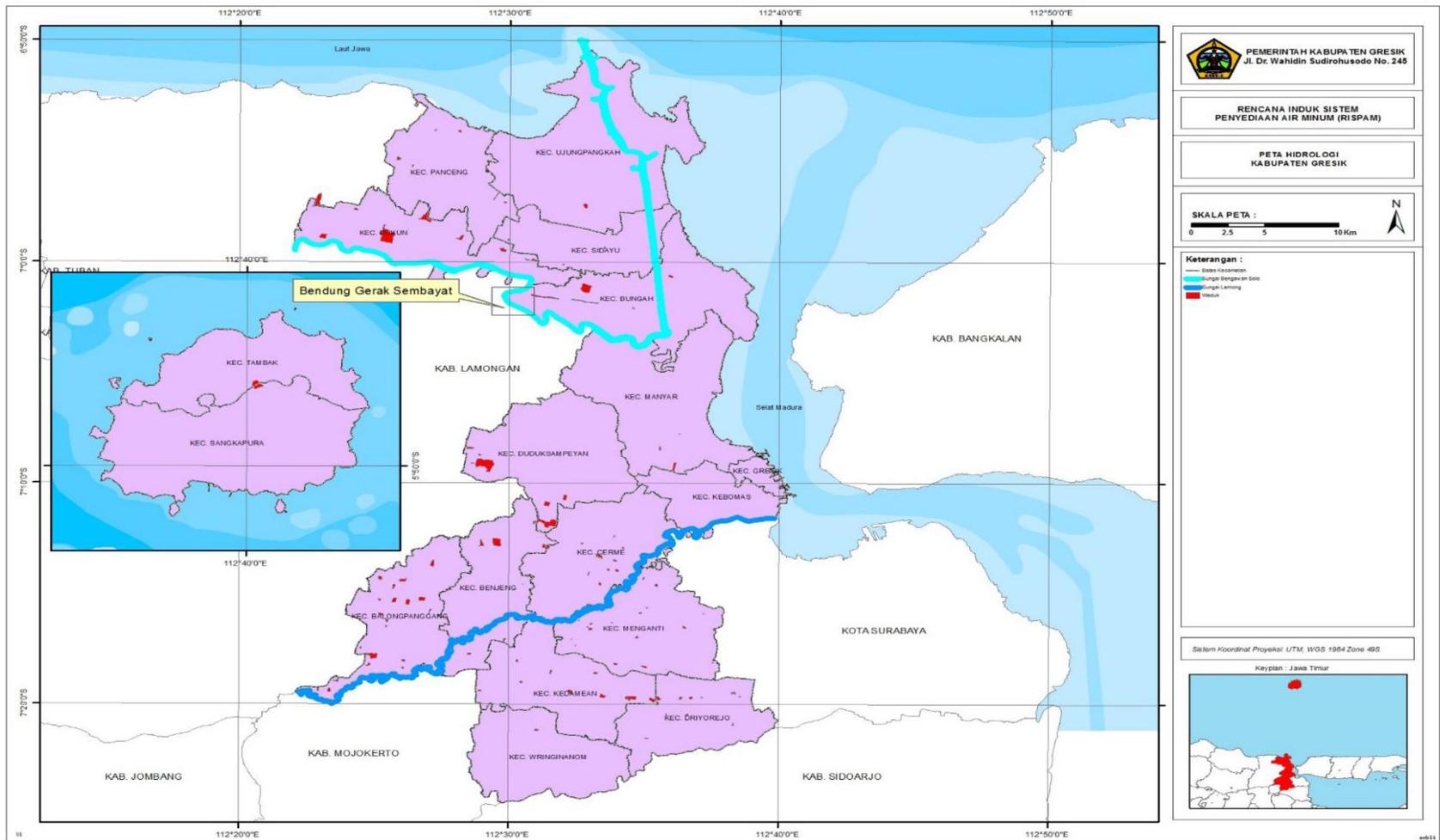


Gambar 5. 2 Foto Kondisi Sungai Bengawan Solo mengering di Kabupaten Gresik (sumber: www.jawa pos.com)

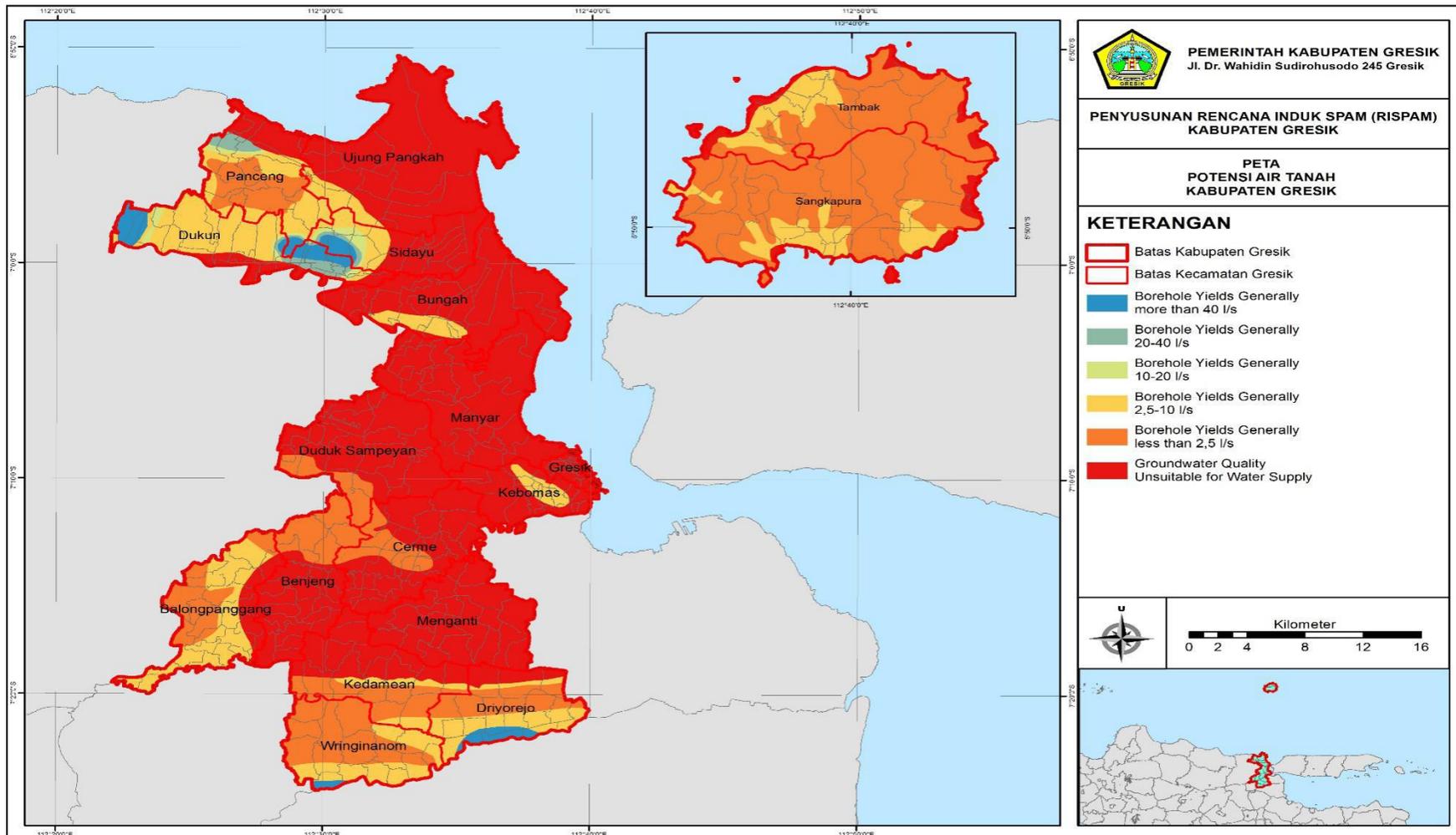
Kejadian kekeringan Sungai Bengawan Solo pada musim kemarau tahun 2019 ini membuktikan bahwa ketersediaan air semakin kritis dan lebih cepat dari prediksi diatas. Sehingga perlu ditinjau kembali pemanfaatan sungai bengawan solo sebagai alternatif utama air baku instalasi pengolahan air minum untuk memenuhi kebutuhan domestik dan industri di Kabupaten Gresik khususnya di Kecamatan Manyar.

Keberadaan potensi air tanah di Kecamatan Manyar memiliki kedalaman yang cukup dalam dan kebanyakan payau. Hal ini sesuai dengan jenis tanah dan bebatuan atau hidrogeologi yang ada di Kecamatan Manyar. Tes geolistrik untuk mengetahui potensi air tanah yang ada di Kecamatan Manyar sudah banyak dilakukan dan kebanyakan memiliki debit yang kecil dan payau.

Peta potensi air tanah dan air permukaan Kabupaten Gresik dapat dilihat pada Gambar 5.3 dan 5.4.



Gambar 5. 3 Potensi air permukaan Kabupaten Gresik



Gambar 5. 4 Potensi Air Tanah Kabupaten Gresik

Berdasarkan gambar 5.3 tentang potensi air permukaan yang ada di Kabupaten Gresik Khususnya di Kecamatan Manyar yaitu Sungai Bengawan Solo namun kondisi keberadaan airnya semakin kritis pada saat ini. Sedangkan pada gambar 5.4 tentang potensi air tanah di Kabupaten Gresik Khususnya Kecamatan Manyar kurang layak untuk dijadikan air baku karena memiliki debit yang sangat kecil.

Selain Air tanah dan air permukaan (DAS Bengawan Solo), Kabupaten Gresik khususnya Kecamatan Manyar masih memiliki alternatif lain yaitu pemanfaatan air payau atau air laut dimana Kecamatan Manyar memiliki wilayah garis pantai yang cukup panjang sehingga kuantitas dan kontinuitas dari air bakunya akan tetap terjamin.

B. Aspek Kualitas

Pedoman Penyusunan Studi Kelayakan Pengembangan SPAM Peraturan Menteri PU No.18 Tahun 2007 tentang Evaluasi Lokasi Sumber Air masuk ke dalam kategori sebagai berikut:

Beda tinggi antara sumber air dan daerah pelayanan	Jarak	Penilaian
Lebih kecil dari 3 m	<0,2 km	Diperlukan pompa

Berdasarkan hasil analisis kualitas air payau sebagai sumber air baku air minum maka secara kualitas air baku dinyatakan tidak layak sebelum melalui proses pengolahan yang tepat.

Tabel 5. 3 Kualitas Air Baku

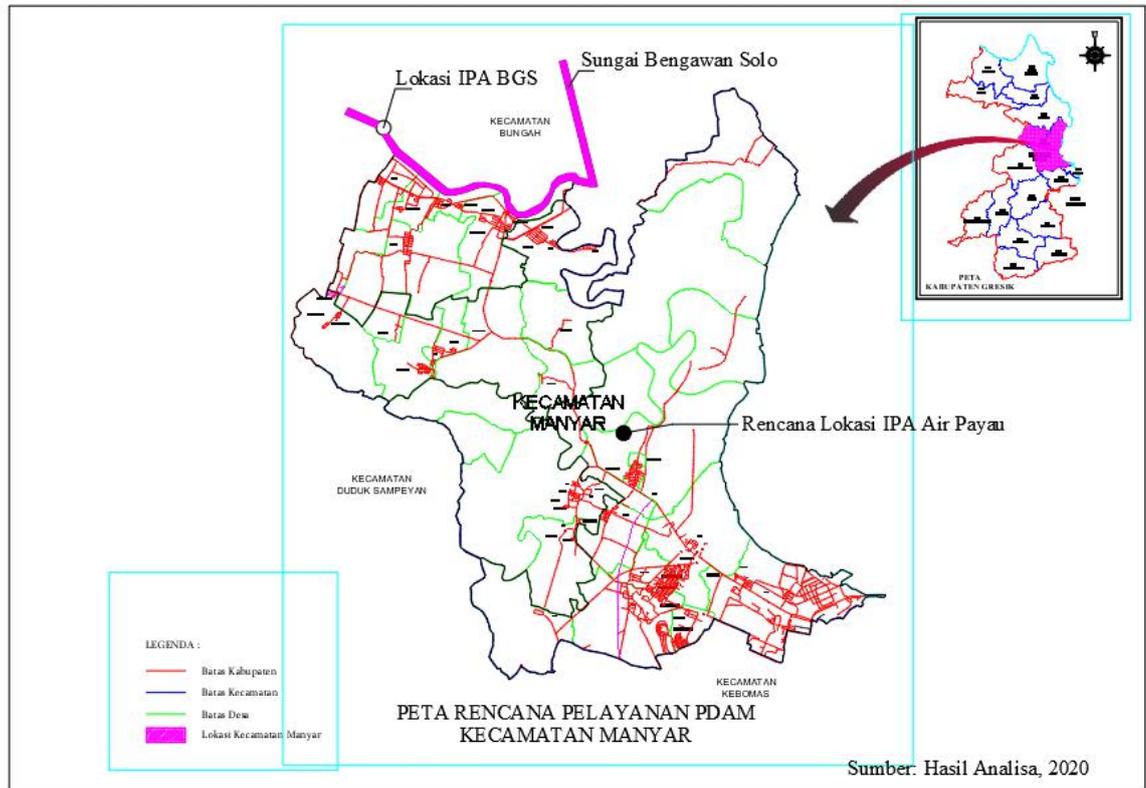
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air kelas I	Hasil Analisis
A FISIKA				
1	Temperatur	0C	deviasi 3	24
2	Total Dissolved Solid	mg/L	100	2450
3	TSS	mg/L	50	550
B KIMIA				
1	Ph	-	6,0-9,0	7,5
2	Barium	mg/L	1	-
3	Besi	mg/L	0,3	5,9
4	Boron	mg/L	1	-

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air kelas I	Hasil Analisis
5	Mangan	mg/L	1	2
6	Tembaga	mg/L	0,02	0,02
7	Seng	mg/L	0,05	0,02
8	Krom Heksavalen	mg/L	0,05	0,05
9	Kadmium	mg/L	0,01	0
10	Raksa	mg/L	0,001	-
11	Timbal	mg/L	0,03	0
12	Arsen	mg/L	0,05	0
13	Selenium	mg/L	0,01	0
14	Kobalt	mg/L	0,2	-
15	klorida	mg/L	600	200
16	Sulfat	mg/L	400	50
17	Sianida	mg/L	0,02	0
18	Sulfida	mg/L	(-)	0
19	Fluorida	mg/L	0,5	0,5
20	Sisa klor Bebas	mg/L	0,03	0
21	Total Phospat	mg/L	0,2	7
22	Nitrat	mg/L	10	1,17
23	Nitrit	mg/L	0,06	0,5
24	Amonia Bebas	mg/L	0,5	0,6
25	BOD	mg/L	2	15
26	COD	mg/L	25	25
27	DO	mg/L	6	3
28	Detergen Anionik	mg/L	0,2	1,1
29	Fenol	mg/L	0,001	0
30	Minyak dan Lemak	mg/L	1	0
C	BAKTERIOLOGI			
1	Total Koliform	MPN/100 mL	5000	2500

C. Penetapan Lokasi

Penetapan lokasi ini menjadi sangat penting karena harus memperhatikan aspek kualitas karena mempengaruhi unit pengolahan yang akan digunakan, aspek kuantitas dan kontinuitas karena mempengaruhi ketersediaan air baku untuk pemenuhan kebutuhan air. Dengan mempertimbangkan ketiga aspek tersebut, maka lokasi yang ditetapkan yaitu daerah sekitar pantai yang memiliki sungai yang langsung mengalir ke laut. Metode yang digunakan yaitu menggunakan sumur intake dimana air yang diambil bukan dari air sungainya tetapi resapan dari air laut dan sungai tersebut sehingga kualitas airnya lebih bagus dari pada

langsung mengambil di laut. Selain itu, dengan berdekatan dengan laut maka kuantitas dan kontinuitas air bakunya tetap terjamin. Lokasi IPA Air payau ini dapat dilihat pada gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Rencana Lokasi Rencana IPA Air Payau

Berdasarkan Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Gresik 2015-2030, tingkat pelayanan air minum untuk penduduk di akhir tahun perencanaan adalah 100%. Wilayah yang perlu mendapat prioritas pelayanan dan masuk pada rencana pengembangan wilayah prioritas adalah wilayah tertinggal atau kurang berkembang. Berdasarkan peruntukan lahan, pelayanan jaringan air minum diprioritaskan pada daerah pemukiman yang saat ini masih belum berkembang, namun direncanakan sebagai pemukiman. Selain prioritas pada daerah pemukiman, saat ini ada beberapa industri yang memerlukan pelayanan air minum.

Berdasarkan target diatas maka direncanakan tahapan pembangunan dari IPA Kecamatan Manyar sesuai dengan *demand* kebutuhan air domestik dan non domestik yang telah dihitung berdasarkan persebaran demografi daerah perencanaan. IPA Kecamatan Manyar akan dibangun dalam satu tahap dengan kapasitas 450 L/detik. Pertimbangan dalam menentukan pembangunan IPA dalam perencanaan ini adalah

1. Rencana pengembangan oleh badan usaha
2. Pelayanan eksisting yang masih di angka 26%
3. Rencana pembangunan jaringan perpipaan
4. Lokasi geografis masing-masing kelurahan
5. Kondisi eksisting masyarakat

5.1.2. Kebutuhan Air dan Rencana Tahapan Pembangunan

Berdasarkan rencana pengembangan dari Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kabupaten Gresik, Instalasi Pengolahan Air (IPA) Kecamatan Manyar akan mulai dibangun pada tahun 2020 dan direncanakan beroperasi mulai tahun 2022 secara bertahap sampai 2040. Untuk merencanakan kebutuhan air sampai tahun 2040 dibutuhkan proyeksi penduduk di Kecamatan Manyar.

A. Kebutuhan air

Perencanaan Dalam melakukan proyeksi kebutuhan air minum hal yang harus diketahui adalah terkait tingkat pelayanan yang diharapkan di wilayah tersebut kemudian dijadikan dasar untuk memproyeksikan kebutuhan hingga beberapa tahun mendatang. Tingkat pelayanan air minum eksisting di Kecamatan Manyar pada tahun 2018 adalah 21%. Proyeksi kebutuhan air minum pada penelitian ini didasarkan pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 01/PRT/M/2014 bidang pelayanan air minum.

Tabel 5. 4 Besar Unit Konsumsi Berdasarkan Jumlah Penduduk

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Penyediaan Air		Kehilangan
			SR	HU	
1	Metropolitan	>1.000.000	150-200	60	20%

No	Kategori Kota	Jumlah Penduduk	Penyediaan Air		Kehilangan
			SR	HU	
2	Besar	500.000-1.000.000	120-125	60	20%
3	Sedang	100.000-500.000	100-125	60	20%
4	Kecil	20.000-100.000	90-110	60	20%
5	IKK	< 20.000	100	60	20%

Sumber: Kementerian PUPR, 2007

Tabel 5. 5 Kebutuhan Non Rumah Tangga Kategori Kategori I-IV

No.	Fasilitas	Besar Kebutuhan	Satuan
1	Sekolah	40	Liter/murid/hari
2	Rumah sakit	200	Liter/TT/hari
3	Puskesmas	2000	Liter/hari
4	Masjid	3000	Liter/hari
5	Kantor	10	Liter/pegawai/hari
6	Pasar	12000	Liter/hektar/hari
7	Hotel	150	Liter/TT/hari
8	Rumah makan	100	Liter/pegawai/hari
9	Kompleks militer	60	Liter/orang/hari
10	Kawasan industri	0,2-0,8	Liter/detik/hari
11	Kawasan pariwisata	0,1-0,3	Liter/detik/hari

Sumber: Kementerian PUPR, 2007

Di dalam perencanaan ini terdapat dua macam fasilitas penyediaan air minum yaitu:

1. Sambungan Rumah (SR)

Fasilitas ini ditempatkan di daerah ramai, dengan mempertimbangkan pola tingkat sosial ekonomi masyarakat. Biasanya fasilitas sambungan rumah ini langsung menuju ke pelanggan.

2. Kran Umum (KU)

Fasilitas ini ditempatkan di daerah yang tidak terlalu padat dengan tetap memperhatikan tingkat sosial ekonomi masyarakat. Biasanya pada fasilitas ini, satu fasilitas umum akan mampu melayani beberapa orang pelanggan. Dalam perencanaan ini, yang mendapat pelayanan kran umum merupakan sisa dari yang tidak mendapat pelayanan sambungan rumah.

Berdasarkan jumlah penduduk menurut PELITA V (PU Cipta Karya), Kabupaten Gresik merupakan kategori kota metropolitan yaitu jumlah penduduknya berada pada

rentang >1.000.000 orang. Maka kebutuhan air minum untuk tiap orang sebesar 150 L/orang.hari untuk sambungan rumah dan 30 L/orang/hari untuk kran umum. Kebutuhan air non domestik didasarkan pada fasilitas non domestik yang ada sesuai dengan Tabel 5.15. Besarnya kebocoran diasumsikan yaitu sebesar 20% dari kebutuhan air domestik dan non domestik, sehingga :

$$Q_{\text{rata-rata harian}} = Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}} + Q_{\text{kebocoran air}}$$

Untuk kebutuhan air harian maksimum dipilih:

Faktor harian maksimum (f_{hm}) = 115% = 1.1

Sehingga:

$$Q_{\text{harimaksimum}} = 1,15 \times Q_{\text{rata-rata harian}}$$

Sedangkan untuk kebutuhan air jam puncak dipilih:

Faktor jam puncak (f_{jp}) = 150% = 1.5

Sehingga:

$$Q_{\text{jampuncak}} = 1,5 \times Q_{\text{rata-rata harian}}$$

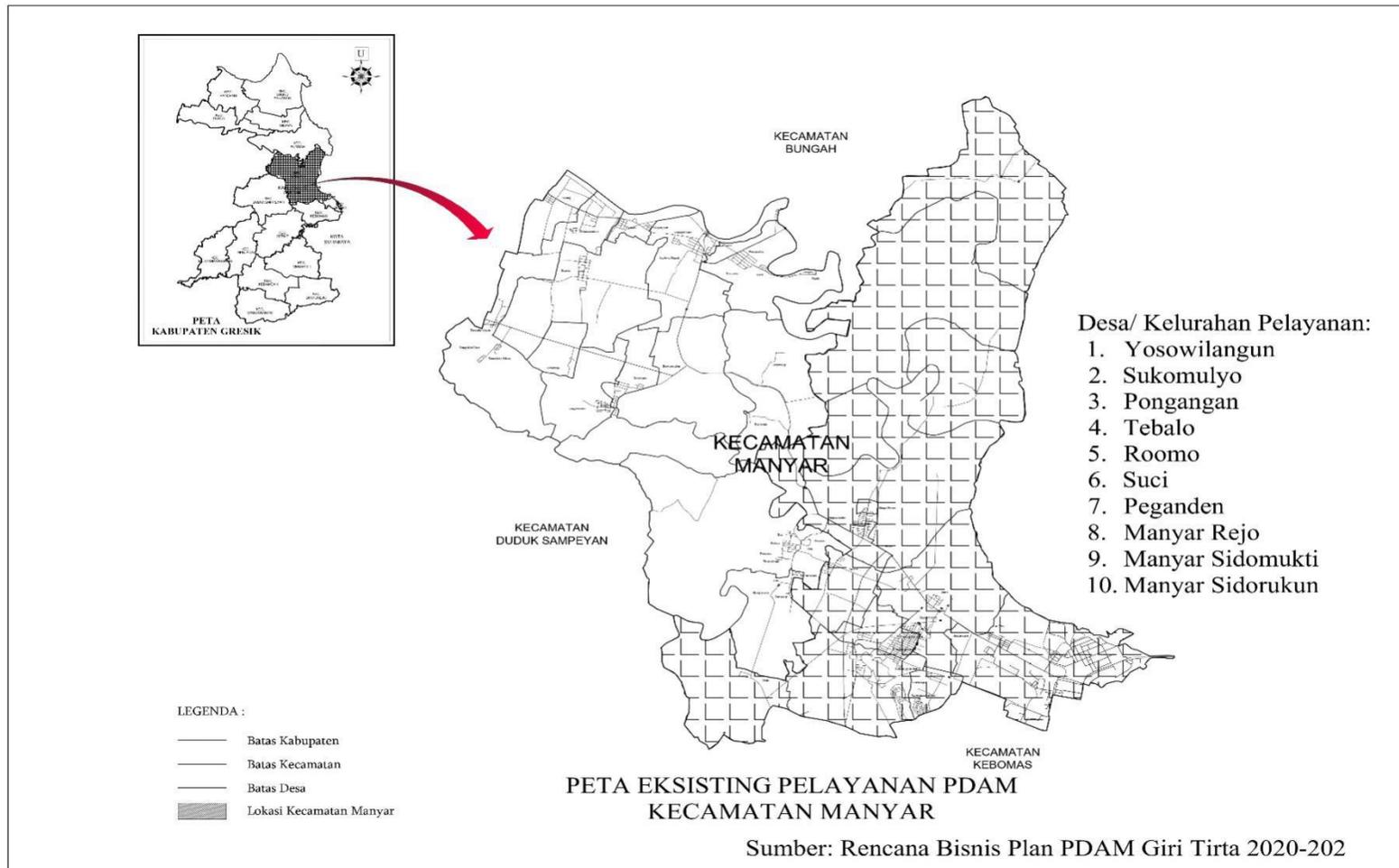
Tabel 5. 6 Kebutuhan Air Domestik

No.	Uraian Deskripsi	Satuan Unit	Tahun																							
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	
1	Jumlah Penduduk	Person	115986	116995	118310	119662	121052	122482	123950	125460	127013	128612	130256	131948	133689	135483	137330	139233	141195	143214	145295	147440	149654	150303	150963	
	Prosentase Pelayanan	%	21	25	28	32	35	39	43	46	50	53	57	61	64	68	71	75	78	82	86	89	93	96	100	
	Jumlah Penduduk Terlayani	Orang	24357	28770	33342	38020	42809	47712	52735	57883	63160	68574	74128	79828	85682	91697	97879	104235	110774	117500	124425	131557	138906	144906	150963	
1.1	Sambungan Rumah (HC)																									
	Prosentase	%	0	0	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	Jumlah Penduduk Terlayani	Orang	0	0	16671	20911	25685	31013	36915	43412	50528	58288	66715	75837	85682	91697	97879	104235	110774	117500	124425	131557	138906	144906	150963	
	Penduduk per Sambungan	Orang / HC	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
	Jumlah Sambungan	Unit	0	0	3334	4182	5137	6203	7383	8682	10106	11658	13343	15167	17136	18339	19576	20847	22155	23500	24885	26311	27781	28981	30193	
	Unit Konsumsi	Lt/Orang/ Hari	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	151	152
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	0,00	0,00	28,94	36,30	44,59	53,84	64,09	75,37	87,72	101,19	115,82	131,66	148,75	159,20	169,93	180,96	192,32	203,99	216,02	228,40	241,16	253,25	265,58	
	Prediksi Pertambahan HC	Unit	0	0	3334	848	955	1066	1180	1299	1423	1552	1685	1824	1969	1203	1236	1271	1308	1345	1385	1426	1470	1200	1211	
	Kran Umum (PT)																									
	Prosentase	%	100	100	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jumlah Penduduk Terlayani	Orang	24357	28770	16671	17109	17124	16699	15821	14471	12632	10286	7413	3991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Penduduk per Sambungan	Orang / KU	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
Jumlah Sambungan	Unit	244	288	167	171	171	167	158	145	126	103	74	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Unit Konsumsi	Lt/Orang/ Hari	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	31	32	
Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	8,46	9,99	5,79	5,94	5,95	5,80	5,49	5,02	4,39	3,57	2,57	1,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
Jumlah Pelanggan	Unit	244	288	3501	4353	5308	6370	7541	8827	10232	11760	13417	15207	17136	18339	19576	20847	22155	23500	24885	26311	27781	28981	30193		
Pemakaian Rata-Rata Domestik	Liter / detik	8,46	9,99	34,73	42,24	50,54	59,64	69,58	80,39	92,11	104,77	118,40	133,05	148,75	159,20	169,93	180,96	192,32	203,99	216,02	228,40	241,16	253,25	265,58		
Prosentase Pemakaian	%	8,911	9,765	25,565	28,798	32,076	35,149	38,044	40,810	43,410	45,801	48,055	50,152	52,186	53,358	54,471	55,484	56,526	57,476	58,407	59,217	60,317	61,588	62,842		
2	Non Domestik																									
a.	Pendidikan																									
	Jumlah Pelanggan	Unit	152	182	189	191	191	192	193	194	194	195	196	197	197	199	200	204	204	208	209	211	214	214	214	
	Unit Konsumsi	m ³ /Unit/Hari	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
	Jumlah Siswa	orang	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	402	
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	7,04	8,43	8,75	8,84	8,84	8,89	8,94	8,98	8,98	9,03	9,07	9,12	9,12	9,21	9,26	9,44	9,44	9,63	9,68	9,77	9,91	9,93	9,96	
Prosentase	%	7,41	8,24	6,44	6,03	5,61	5,24	4,89	4,56	4,23	3,95	3,68	3,44	3,20	3,09	2,97	2,90	2,78	2,71	2,62	2,53	2,48	2,42	2,36		
b.	Rumah sakit																									
	Jumlah Pelanggan	Unit	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	7	7	7		
	Unit Pemakaian	m ³ /Unit/Hari	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30,2	30,4	30,6	30,8	31	31,2	31,4	31,6	31,8	32	32,2	32,4	
	Jumlah Tempat Tidur	TT/Unit	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	1,39	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,08	2,10	2,11	2,13	2,14	2,15	2,17	2,18	2,19	2,58	2,59	2,61	2,63	2,63	
Prosentase Pemakaian	%	1,46	2,04	1,53	1,42	1,32	1,23	1,14	1,06	0,98	0,91	0,85	0,79	0,74	0,71	0,69	0,66	0,64	0,61	0,59	0,67	0,65	0,63	0,62		
c.	Puskemas																									
	Jumlah Pelanggan	Unit	11	13	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Unit Pemakaian	m ³ /Unit/Hari	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4	
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	0,25	0,30	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,69	0,93	
	Prosentase Pemakaian	%	0,268	0,294	0,324	0,300	0,279	0,259	0,240	0,223	0,207	0,192	0,179	0,166	0,154	0,147	0,141	0,142	0,136	0,130	0,125	0,120	0,116	0,169	0,219	

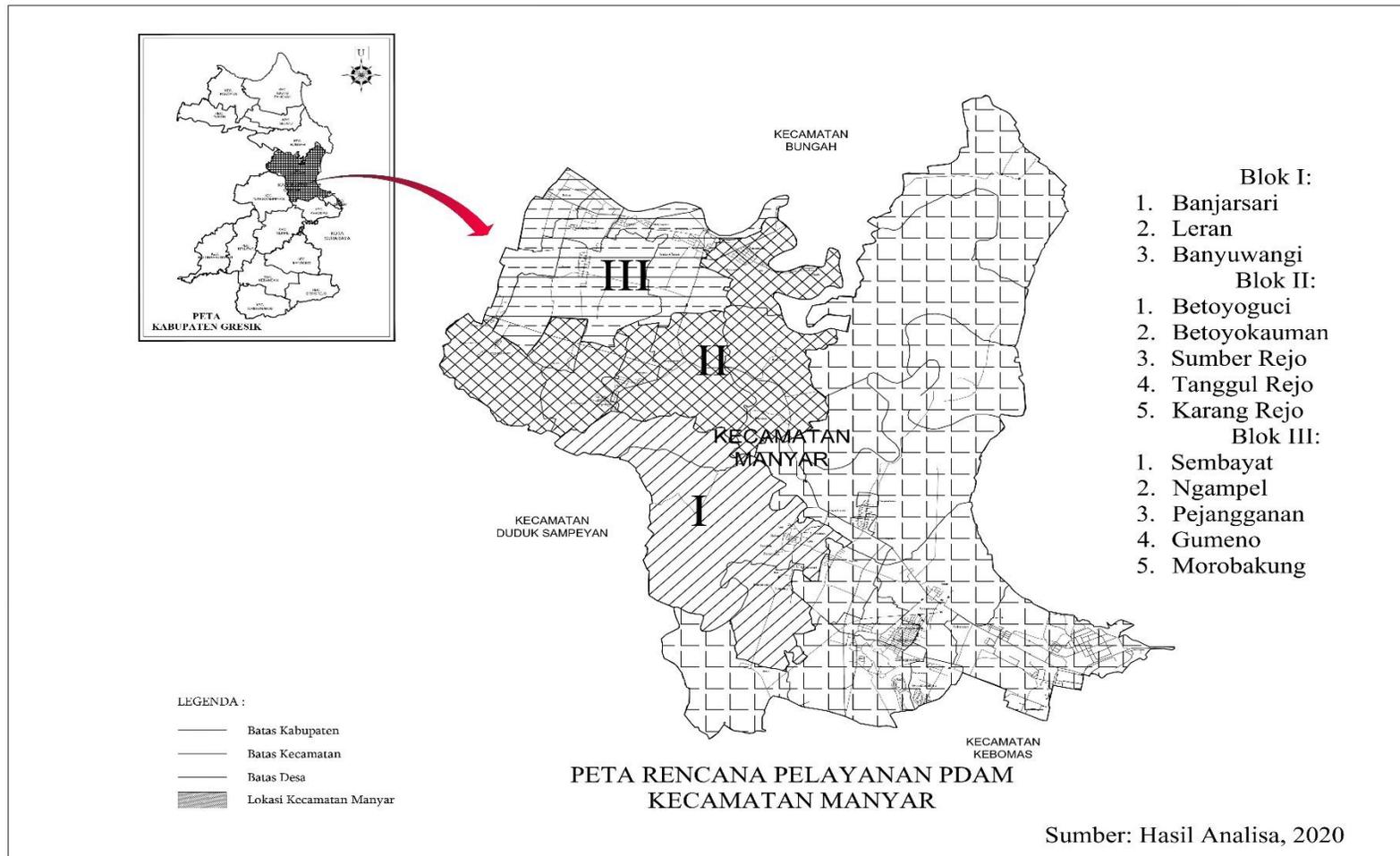
Lanjutan Tabel 5.6. Kebutuhan Air Domestik

No.	Uraian Deskripsi	Satuan Unit	Tahun																						
			2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
e.	Tempat Peribadatan																								
	Jumlah Pelanggan	Unit	230	250	260	265	266	268	268	272	276	279	281	283	284	288	289	295	298	302	302	306	311	311	311
	Unit Pemakaian	m ³ /Unit/Hari	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
	Prosentase Pemakaian	%	0,280	0,283	0,222	0,209	0,195	0,183	0,170	0,160	0,151	0,141	0,132	0,123	0,115	0,112	0,107	0,105	0,101	0,098	0,095	0,092	0,090	0,088	0,085
f.	Industri																								
	Jumlah Pelanggan	Unit	556	576	586	598	604	612	621	629	638	649	660	672	682	693	705	718	730	743	757	772	787	787	787
	Unit Pemakaian	m ³ /Unit/Hari	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64	8,64
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	55,60	57,60	58,60	59,80	60,40	61,20	62,10	62,90	63,80	64,90	66,00	67,20	68,20	69,30	70,50	71,80	73,00	74,30	75,70	77,20	78,70	78,70	78,70
	Prosentase Pemakaian	%	58,585	56,307	43,135	40,765	38,336	36,068	33,953	31,930	30,069	28,373	26,788	25,331	23,926	23,228	22,599	22,014	21,456	20,934	20,468	20,016	19,684	19,139	18,622
	Pemakaian Rata-Rata	Liter / detik	64,55	68,70	70,17	71,47	72,07	72,92	73,87	74,72	75,62	76,77	77,92	79,18	80,20	81,41	82,67	84,20	85,42	86,92	88,38	90,36	92,02	92,30	92,57
	Q Total (Domestik+Non Domestik)	Liter / detik	73,00	78,69	104,91	113,72	122,61	132,56	143,45	155,11	167,73	181,54	196,32	212,23	228,95	240,61	252,60	265,17	277,73	290,92	304,40	318,76	333,18	345,55	358,15
3	Kebocoran (Losses)	%	30	30	29,5	29	28,5	28	27,5	27	26,5	26	25,5	25	24,5	24	23,5	23	22,5	22	21,5	21	20	19	18
		Liter / detik	21,90	23,61	30,95	32,98	34,94	37,12	39,45	41,88	44,45	47,20	50,06	53,06	56,09	57,75	59,36	60,99	62,49	64,00	65,45	66,94	66,64	65,65	64,47
	Total Konsumen	Unit	1197	1315	4561	5432	6394	7467	8648	9947	11365	12908	14579	16384	18324	19544	20795	22090	23413	24779	26179	27627	29120	30320	31532
	Penambahan PLG	Unit	0	118	3246	871	962	1072	1182	1299	1418	1544	1671	1805	1940	1220	1250	1295	1323	1366	1400	1448	1493	1200	1211
	TOTAL PEMAKAIAN RATA-RATA	Liter / detik	95	102	136	147	158	170	183	197	212	229	246	265	285	298	312	326	340	355	370	386	400	411	423

Sumber: hasil analisa, 2020



Gambar 5. 6 Kondisi Pelayanan Air Minum Eksiting



Gambar 5. 7 Kondisi Pelayanan Air Minum Eksiting

B. Tahapan Pembangunan

Perencanaan IPA Kecamatan Manyar akan dimulai pada Tahun 2020. Tingkat pelayanan air bersih untuk penduduk di Kecamatan Manyar pada akhir tahun perencanaan harus mencapai 100%. Wilayah yang perlu mendapat prioritas pelayanan dan masuk pada rencana pengembangan wilayah prioritas adalah wilayah tertinggal atau kurang berkembang. Berdasarkan peruntukan lahan, pelayanan jaringan air bersih diprioritaskan pada daerah pemukiman yang saat ini masih belum berkembang, namun direncanakan sebagai pemukiman. Selain prioritas pada daerah pemukiman, saat ini ada beberapa industri yang memerlukan pelayanan air bersih. Salah satunya adalah kompleks perindustrian yang semakin pesat di Kecamatan Manyar.

IPA Manyar sesuai dengan *demand* kebutuhan air domestik dan non domestik yang telah dihitung berdasarkan persebaran demografi daerah perencanaan. IPA Manyar akan dibangun dalam satu tahap perencanaan, dengan kapasitas bangunan sebesar 450 liter/detik. Pertimbangan dalam menentukan tahapan pembangunan IPA dalam perencanaan ini adalah:

1. Rencana pengembangan
2. Pelayanan eksisting
3. Rencana pembangunan jaringan perpipaan
4. Lokasi geografis masing-masing kecamatan
5. Kondisi eksisting masyarakat

Debit yang digunakan dalam perencanaan tahapan pembangunan ini adalah debit di akhir tahun perencanaan yaitu tahun 2040. Kapasitas total IPA Manyar sampai tahap terakhir direncanakan sebesar 450 liter/detik. Kapasitas total tersebut mampu memenuhi kebutuhan di Kecamatan Manyar, sehingga pembangunan instalasi dinyatakan layak karena bisa memenuhi kebutuhan air di Kecamatan Manyar.

5.1.3. Perencanaan Alternatif Pengolahan

Sebelum merencanakan detail engineering design dari bangunan instalasi pengolahan air, dibutuhkan tahap pendahuluan yaitu perencanaan alternatif pengolahan, sehingga rangkaian unit pengolahan yang direncanakan merupakan

rangkaian yang paling efisien dan sesuai dari segi pemenuhan baku mutu, pemilihan teknologi, kebutuhan operasional dan kebutuhan lahan. Penentuan alternatif pengolahan dalam perencanaan ini ditentukan dengan tabel tabulasi antara kriteria penilaian, bobot, dan nilai yang diberikan.

A. Karakteristik Air

Hasil penilaian potensi sumber air baku dinyatakan bahwa kualitas air baku dinyatakan tidak layak karena masih terdapat beberapa parameter yang belum memenuhi baku mutu. Kemudian dilakukan perbandingan dengan karakteristik air baku dengan baku mutu air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum untuk menghasilkan air produksi yang siap minum. Hasil uji karakteristik air baku dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Karakteristik Air Baku

No	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum*	Hasil Analisis**
A	FISIKA			
1	Bau	-	-	tidak ada bau
2	Total Dissolved Solid	mg/L	500	2540
3	Kekeruhan	Skala NTU	5	550
4	Rasa	0C	-	tidak berasa
5	Suhu	Unit PtCo	Suhu Udara	24
6	Warna	µmhos/cm	15	15
B	KIMIA			
1	Besi	mg/L Fe	0,3	5,9
2	Fluorida	mg/L Fe	1,5	0,5
3	Kadmium	mg/L Cd	0,003	0
4	Kesadahan Total	mg/L CaCO3	500	0
5	klorida	mg/L Cl	250	200
6	Mangan	mg/L Mn	0,4	2
7	Natrium	mg/L Na	200	-
8	Nitrat	mg/L Na	50	1,17
9	Timbal	mg/L Pb	0,05	0
10	Ph	-	6,5-8,5	7,5
11	Amonia Bebas	mg/L NH3-N	1,5	0,6
12	Sisa klor	mg/L Cl2	5	0
13	Zat Organik	mg/L KmnO4	10	-
14	Detergen	mg/L LAS	0,05	1,1
C	BAKTERIOLOGI			

No	Parameter	Satuan	Syarat Air Minum*	Hasil Analisis**
1	Total Koliform	MPN/100 mL	0	2500
2	E. Coli	MPN/100 mL	0	-

Parameter yang belum memenuhi baku mutu berdasarkan uji laboratorium yang telah dilakukan terdapat pada Tabel 5.8 yang selanjutnya akan digunakan untuk penentuan alternatif pengolahan.

Tabel 5. 8 Karakteristik Air Baku

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Payau	Hasil Analisis
1	TDS	mg/L	500	2540
1	Kekeruhan	Skala NTU	5	500
2	Besi	mg/L Fe	0,3	1,59
3	Mangan	mg/L Mn	0,4	2
4	Total Koliform	MPN/100 mL	0	2500

B. Diagram alir pengolahan

Dalam penelitian ini akan dilakukan penentuan beberapa alternatif pengolahan yang digunakan sebagai referensi memilih alternatif pengolahan yang tepat. Berikut alternatif pengolahan untuk beberapa parameter yang belum sesuai dengan baku mutu Peraturan Menteri Kesehatan No. 492 Tahun 2010:

Alternatif 1

1) Sumur Intake

Digunakan sebagai bangunan sumur untuk pengambilan air baku. Sumur intake menggunakan pompa submersible.

2) Aerasi

Digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat seperti besi sebesar 95% dan mangan sebesar 75%. (Trisetyani, dkk., 2014). Aerasi merupakan proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat.

3) Koagulasi-flokulasi

Koagulasi digunakan untuk pencampuran koagulan dan destabilitas partikel sehingga ada bak flukulasi akan terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan di bak sedimentasi.

4) Sedimentasi

Digunakan untuk menyisahkan flok-flok yang terbentuk dari hasil pengadukan cepat dan lambat dengan proses pengendapan. Partikel tersuspensi lainnya yang masih tersisa sehingga beban yang diterima filtrasi lebih ringan.

5) Desinfeksi (UV)

Digunakan pada pretreatment untuk menghindari scaling dan fouling karena bakteri pada membran sehingga bisa berjalan dengan efektif.

6) Ultrafiltrasi

Digunakan untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid dengan melewati air melalui media berpori. Ultrafiltrasi memiliki range pori-pori ukuran 0,1-0,01 mikron sehingga material dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran pori tersebut akan tertahan dengan sendirinya. Material-material pengotor yang berada didalam air umumnya bersifat hydrophobic (takut air) misalnya koloid, protein, lempung, dan partikel-partikel minyak (hidrokarbon, surfaktan, dan grease).

7) Desinfeksi (UV)

Digunakan untuk menyisahkan mikroorganisme yang terkandung didalam air. Jenis desinfeksi yang digunakan pada alternative ini adalah UV. Proses desinfeksi menggunakan UV dilakukan dengan cara penyinaran UV dengan Panjang gelombang 254 mm atau kekuatan 2.5370 A. Dilakukan dengan melewati air ke dalam tabung atau pipa yang disinari dengan lampu UV.

8) Reservoir

Digunakan untuk menampung air hasil olahan.

Alternatif 2

1) Sumur Intake

Digunakan sebagai bangunan sumur untuk pengambilan air baku. Sumur intake menggunakan pompa submersible.

2) Aerasi

Digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat seperti besi sebesar 95% dan mangan sebesar 75%. (Trisetiyani, dkk., 2014). Aerasi merupakan proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat.

3) Koagulasi-flokulasi

Koagulasi digunakan untuk pencampuran koagulan dan destabilitas partikel sehingga ada bak flukulasi akan terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan di bak sedimentasi.

4) Sedimentasi

Digunakan untuk menyisahkan flok-flok yang terbentuk dari hasil pengadukan cepat dan lambat dengan proses pengendapan. Partikel tersuspensi lainnya yang masih tersisa sehingga beban yang diterima filtrasi lebih ringan.

5) Desinfeksi (Ozon)

Digunakan pada pretreatment untuk menghindari scaling dan fouling karena bakteri pada membran sehingga bisa berjalan dengan efektif.

6) Ultrafiltrasi

Digunakan untuk menghilangkan sebanyak mungkin zat padat halus yang tersuspensi dan koloid dengan melewati air melalui media berpori. Ultrafiltrasi memiliki range pori-pori ukuran 0,1-0,01 mikron sehingga material dengan ukuran yang lebih besar dari ukuran pori tersebut akan tertahan dengan sendirinya. Material-material pengotor yang berada didalam air umumnya bersifat hydrophobic (takut air) misalnya koloid, protein, lempung, dan partikel-partikel minyak (hidrokarbon, surfaktan, dan grease).

7) Desinfeksi (ozon)

Digunakan untuk membunuh bakteri setelah proses ultrafiltrasi

8) Reservoir

Digunakan untuk menampung air hasil olahan.

Alternatif 3

1) Sumur Intake

Digunakan sebagai bangunan sumur untuk pengambilan air baku. Sumur intake menggunakan pompa submersible.

2) Aerasi

Digunakan untuk mengurangi kandungan logam berat seperti besi sebesar 95% dan mangan sebesar 75%. (Trisetyani, dkk., 2014). Aerasi merupakan proses penambahan udara/oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat.

3) Koagulasi-flokulasi

Koagulasi digunakan untuk pencampuran koagulan dan destabilitas partikel sehingga ada bak flukulasi akan terjadi pembentukan flok yang berukuran besar hingga mudah diendapkan di bak sedimentasi.

4) Sedimentasi

Digunakan untuk menyisahkan flok-flok yang terbentuk dari hasil pengadukan cepat dan lambat dengan proses pengendapan. Partikel tersuspensi lainnya yang masih tersisa sehingga beban yang diterima filtrasi lebih ringan.

5) Desinfeksi (gas klor)

Digunakan pada pretreatment untuk menghindari scaling dan fouling karena bakteri pada membran sehingga bisa berjalan dengan efektif.

6) Reverse Osmosis (RO)

Proses Reverse Osmosis menggerakkan air dari konsentrasi kontaminan yang tinggi (sebagai air baku) menuju penampungan air yang memiliki konsentrasi kontaminan sangat rendah. Dengan menggunakan air bertekanan tinggi di sisi air baku, sehingga dapat menciptakan proses yang berlawanan (reverse) dari proses alamiah osmosis. Pada proses ini air akan menjadi tawar.

7) Desinfeksi (gas klor)

Digunakan untuk membunuh bakteri dan mikroorganisme yang ada setelah proses RO.

8) Reservoir

Digunakan untuk menampung air hasil olahan.

C. Kebutuhan koagulan

Penambahan dosis koagulan yang lebih baik tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan

melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. (Kristijarti, dkk., 2013).

Gebbie (2015) menyatakan bahwa koagulan berupa garam-garam logam (anorganik) atau polimer (organik). Polimer adalah senyawa-senyawa organik sintesis yang disusun dari rantai panjang molekul-molekul yang lebih kecil. Koagulan polimer ada yang kationik (bermuatan positif), anionik (bermuatan negatif), atau nonionik (bermuatan netral). Sedangkan koagulan anorganik mencakup bahan-bahan kimia umum berbasis aluminium atau besi. Ketika ditambahkan ke dalam contoh air, koagulan anorganik akan mengurangi alkalinitasnya sehingga pH air akan turun. Koagulan organik pada umumnya tidak mempengaruhi alkalinitas dan pH air. Koagulan anorganik akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada air yang diolah. Beberapa jenis koagulan yang dapat digunakan untuk penjernihan air di antaranya:

- *Aluminium Sulphate (Alum)*
- *Poly Aluminium Chloride (PAC)*
- *Ferric sulphate*
- *Ferrous sulphate*
- *Ferric chloride*
- *Polyelectrolyte*

D. Penilaian alternatif pengolahan

Dalam penentuan alternatif pengolahan perlu dilakukan penilaian terhadap masing-masing alternative pengolahan yang telah direncanakan untuk menentukan kelayakan pembangunan IPA. Metode penilaian dalam menentukan alternative pengolahan menggunakan table tabulasi dan pembobotan untuk setiap kriteria penilaian. Bobot ditentukan antara angka 1-5 dan masing-masing kriteria penilaian diasumsikan oleh perencana berdasarkan kondisi eksisting.

- a. Pemenuhan baku mutu (bobot 5)

Pemenuhan baku mutu merupakan tujuan utama dari pembangunan IPA untuk menghasilkan kualitas air siap minum atau air bersih.

b. Keterjangkauan bahan baku dan mesin (bobot 3)

Pemasokan bahan baku dan mesin akan dilaksanakan di awal pembangunan dan kontinyu selama masa operasi dan pemeliharaan IPA, sehingga harus terjangkau oleh PDAM Kabupaten Gresik.

c. Kebutuhan lahan (bobot 3)

Menurut Balai Besar Wilayah Sungai Brantas (BBWS), alokasi lahan IPA untuk seluas 0,7 Ha. Sehingga alternative pengolahan diharapkan dapat diterapkan dengan lahan yang tersedia.

d. Operasi dan pemeliharaan (bobot 4)

Operasi dan pemeliharaan merupakan salah satu factor penting yang berpengaruh dalam pelayanan ke pelanggan PDAM. Kemudahan dalam pengoperasian dan pemeliharaan alat dan bahan diharapkan dapat meningkatkan kinerja unit pengolahan.

e. Biaya investasi dan O&M (bobot 5)

Biaya merupakan hal yang paling penting dalam mempertimbangkan pembangunan IPA.

Penilaian dilakukan berdasarkan hasil perencanaan di sub-bab sebelumnya dengan skala yang digunakan yaitu 1-5.

Tabel 5. 9 Penilaian Alternative Pengolahan

Alternatif	Pemenuhan Baku Mutu	Keterjangkauan Bahan Baku	Ketersediaan Lahan	O&M	Biaya
Alternatif 1	4	5	3	4	5
Alternatif 2	4	4	4	3	2
Alternatif 3	5	5	5	5	3

Selanjutnya adalah mencari nilai total dengan mengalikan antara nilai dan bobot masing-masing kriteria penilaian.

Tabel 5. 10 Nilai Akhir Alternative Pengolahan

Alternatif	Pemenuhan Baku Mutu	Keterjangkauan Bahan Baku	Ketersediaan Lahan	O&M	Biaya	Total
Alternatif 1	20	15	9	16	15	75
Alternatif 2	20	20	12	12	10	74
Alternatif 3	25	20	15	20	15	95

Berdasarkan Tabel diatas dapat diketahui bahwa alternative pengolahan paling egektif digunakan adalah alternative 3 dengan nilai 95 poin. Jadi alternative ini dijadikan sebagai alternatif rencana pengolahan air untuk IPA yaitu pengolahan air siap minum menggunakan teknologi pengolahan intake, aerator, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, RO, dan UV kemudian dialirkan ke tangka penampung air hasil produksi.

5.2. Aspek Finansial

5.2.1. Aliran Kas

Aliran kas merupakan rangkuman dari total pendapatan dan pengeluaran. Dalam analisis ini ada beberapa kategori biaya pengeluaran sebagai berikut:

5.2.1.1. Biaya Investasi

Biaya investasi awal, yaitu biaya pengeluaran untuk mendirikan keseluruhan bangunan IPA di awal tahun investasi, termasuk pembelian mesin dan alat. Untuk menentukan biaya investasi yang dikeluarkan dalam membangun IPA di Kecamatan Manyar, digunakan referensi dari Lampiran III Peraturan Menteri Pekerjaan Umum RI No. 21 Tahun 2009 tentang Pedoman Teknis Kelayakan Investasi Pengembangan SPAM oleh PDAM.

Beberapa kriteria dalam menentukan biaya investasi tipikal adalah sebagai berikut:

- Pola Investasi Pengembangan: Green Field atau Pola pembangunan sistem baru
- Luas zona distribusi: 500 Ha
- Kepadatan: 50 rumah/ Ha
- Potensi pelanggan: 60%
- Panjang pipa transmisi air minum: 1.000 m

Gambar 5.15 menunjukkan beberapa macam harga satuan berdasarkan panjang pipa transmisi, kepadatan dan potensi pelanggan untuk Green Field (area pelayanan baru) 500 Ha. Sementara tabel 5.8 menunjukkan kurva harga satuan investasi per SR sesuai panjang pipa transmisinya.

Tabel 5. 11 Standar Harga Satuan Investasi SPAM

PERLUASAN JARINGAN : 500 HA		HARGA SATUAN INVESTASI (Juta Rp./SR)					
Panjang Pipa transmisi Air Minum	KOMPONEN INVESTASI SPAM	KEPADATAN 70 Rmh/Ha		KEPADATAN 50 Rmh/Ha		KEPADATAN 20 Rmh/Ha	
		POTENSI PELANGGAN		POTENSI PELANGGAN		POTENSI PELANGGAN	
		100%	60%	100%	60%	100%	60%
		70 SR/Ha	42 SR/Ha	50 SR/Ha	30 SR/Ha	20 SR/Ha	12 SR/Ha
1.000 m	Unit Air Baku (*)	0,14	0,15	0,15	0,17	0,17	0,19
	Unit Produksi	1,34	1,38	1,33	1,46	1,54	1,75
	Unit Distribusi	1,47	1,95	1,64	2,35	2,97	4,26
	Unit Pelayanan	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Total	3,88	4,41	4,05	4,91	5,61	7,13
5.000 m	Unit Air Baku (*)	0,14	0,15	0,15	0,17	0,17	0,19
	Unit Produksi	1,99	1,93	2,02	2,11	2,47	3,02
	Unit Distribusi	1,47	1,95	1,64	2,35	2,97	4,26
	Unit Pelayanan	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Total	4,53	4,96	4,74	5,56	6,54	8,40
10.000 m	Unit Air Baku (*)	0,14	0,15	0,15	0,17	0,17	0,19
	Unit Produksi	2,69	2,64	2,78	3,32	3,53	4,53
	Unit Distribusi	1,47	1,95	1,66	2,35	2,97	4,26
	Unit Pelayanan	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
	Total	5,23	5,67	5,52	6,77	7,60	9,91

Setelah mendapatkan harga satuan, dihitung harga investasi total yaitu berdasarkan pengalihan harga satuan dengan sambungan rumah. Hasil perhitungan total biaya investasi dirangkum dalam Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Biaya Investasi

TAHAPAN PEMBANGUNAN	Kuantitas	Satuan	Biaya	Total	Sumber Dana	
PRA KONSTRUKSI					APBN	APBD
Studi Kelayakan/Feasibility Study	1	Paket	Rp 500.000.000	Rp 500.000.000		Rp 500.000.000
Perencanaan Teknis/Detail Engineering Design	1	Paket	Rp 500.000.000	Rp 500.000.000		Rp 500.000.000
Pengadaan Lahan	1	Lokasi	Rp 4.000.000.000	Rp 4.400.000.000		Rp 4.400.000.000
Sub Total				Rp 5.400.000.000		
KONSTRUKSI						
Pembangunan unit IPA Pre-treatment 450 l/detik	1	Paket	Rp 30.000.000.000	Rp 30.000.000.000	Rp 30.000.000.000	
BWRO	1	Paket	Rp 45.000.000.000	Rp 45.000.000.000	Rp 45.000.000.000	
Training awal pegawai	1	Paket	Rp 150.000.000	Rp 150.000.000		Rp 150.000.000
Sub Total Kontruksi+PPN				Rp 82.500.000.000		
Inflasi	4,79%			Rp 3.951.750.000	Rp 3.951.750.000	
BIAYA KONSTRUKSI						
OVERHEAD				Rp 864.517.500		
BEBAN BUNGA SELAMA KONSTRUKSI	19,90%			Rp 17.203.898.250		
Biaya Investasi				Rp 109.920.165.750		

Sumber: hasil perhitungan, 2020

5.2.1.2. Biaya Pemeliharaan

Biaya operasional dan pemeliharaan merupakan biaya yang dikeluarkan setiap tahun untuk mengoperasikan dan memelihara mesin dan utilitas lainnya, biaya gaji dan tunjangan pegawai, penggunaan bahan kimia, serta biaya listrik. Biaya operasional dan pemeliharaan IPA Kecamatan Manyar dengan kapasitas 450 liter/detik per tahunnya di Tabel 5.13.

Tabel 5. 13 Biaya Pemeliharaan

OPERASIONAL & PEMELIHARAAN	Kuantitas	Satuan	Biaya	Total
Beban pegawai*	100	Orang.tahun	Rp 81.736.200	Rp 8.173.620.000
Beban listrik*		Tahun		Rp 3.000.000.000
Beban bahan kimia**:				
Kebutuhan gas klor	12088,8	Kg/tahun	Rp 3.000	Rp 36.266.400
Kebutuhan koagulan	496156,6667	Kg/tahun	Rp 3.100	Rp 1.538.085.667
Pembelian air curah	0,45	m3/detik	Rp 133	Rp 1.887.429.600
Beban pemeliharaan*				Rp 500.000.000
Beban pemakaian bahan pembantu*				Rp 7.500.000
Beban kantor*				Rp 500.000.000
Beban penyusutan*				Rp 1.000.000.000
Jumlah Beban Usaha/Operasional				Rp 16.642.901.667
Jumlah air terjual (m3)				8614260
Biaya operasional/m3 produksi				Rp 2.415

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

Kemudian biaya pemasukan yang terdiri dari beberapa sektor biaya antara lain; pendapatan per tahun, yaitu total pendapatan yang dihasilkan PDAM dari iuran dan retribusi konsumen atau pelanggan pemakai air. Berdasarkan Laporan Evaluasi Kinerja PDAM Kab. Gresik pada Tahun 2020, Harga Pokok Air ditentukan sebesar Rp 1.787 per m3 air produksi. Tingkat kebocoran diasumsikan 20% sehingga total volume air terjual dari tahun pertama hanya 0,8 m3/detik dari 1 m3/detik. Total pendapatan berdasarkan penjualan air dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5. 14 Pendapatan Penjualan Air

Tahun	S1	S2	R1	R2	R3	IP	NB	KH1/2	Jumlah
2018	-								
2019									
2020	50.989.804,48	59.988.005,27	13.949.640,03	20.924.460,05	35.037.063,16	480.383.921,48	726.631.141,74	10.592.876.892,05	11.980.780.928,25
2021	57.019.348,85	67.081.586,89	15.672.420,58	23.508.630,86	39.548.085,04	539.711.335,78	824.145.040,96	12.411.144.210,57	13.977.830.659,54
2022	63.617.302,08	74.843.884,80	17.568.037,16	26.352.055,74	44.538.676,73	604.990.706,87	931.750.393,47	14.479.281.605,66	16.242.942.662,51
2023	70.832.082,47	83.331.861,73	19.652.245,20	29.478.367,81	50.055.399,19	676.764.604,37	1.050.382.184,64	16.828.354.529,31	18.808.851.274,73
2024	78.716.001,22	92.607.060,26	21.942.158,99	32.913.238,49	56.149.099,96	755.622.393,05	1.181.056.849,65	19.493.075.791,97	21.712.082.593,59
2025	87.325.563,85	102.735.957,47	24.456.364,71	36.684.547,07	62.875.294,22	842.204.125,59	1.324.879.095,05	22.512.218.194,91	24.993.379.142,88
2026	96.721.794,52	113.790.346,50	27.215.042,65	40.822.563,97	70.294.578,94	937.204.750,96	1.483.049.276,24	25.929.072.645,38	28.698.170.999,17
2027	106.970.584,67	125.847.746,67	30.240.099,31	45.360.148,97	78.473.082,84	1.041.378.663,66	1.656.871.375,24	29.791.956.672,23	32.877.098.373,60
2028	118.143.067,96	138.991.844,66	33.555.310,20	50.332.965,30	87.482.955,31	1.155.544.620,86	1.847.761.626,64	34.154.778.783,56	37.586.591.174,50
2029	130.316.023,36	153.312.968,65	37.186.474,13	55.779.711,19	97.402.897,57	1.280.591.056,62	2.057.257.843,50	39.077.664.687,08	42.889.511.662,09
2030	143.572.308,49	168.908.598,22	41.161.579,98	61.742.369,97	108.318.739,54	1.417.481.824,74	2.287.029.498,74	44.627.652.033,74	48.855.866.953,43
2031	158.001.325,49	185.883.912,35	45.510.986,93	68.266.480,40	120.324.066,50	1.567.262.404,22	2.538.888.622,29	50.879.461.052,46	55.563.598.850,66
2032	173.699.521,70	204.352.378,48	50.267.619,12	75.401.428,67	133.520.899,60	1.731.066.603,89	2.814.801.578,60	57.916.349.225,14	63.099.459.255,20
2033	190.770.927,82	224.436.385,67	55.467.175,97	83.200.763,95	148.020.434,79	1.910.123.805,73	3.116.901.794,53	65.831.059.014,63	71.559.980.303,11
2034	209.327.736,26	246.267.925,01	61.148.359,45	91.722.539,17	163.943.845,20	2.105.766.789,47	3.447.503.512,96	74.726.868.612,37	81.052.549.319,88
2035	229.490.922,62	269.989.320,72	67.353.119,45	101.029.679,17	181.423.152,23	2.319.440.184,28	3.809.116.653,18	84.718.756.726,07	91.696.599.757,72
2036	251.390.913,52	295.754.015,90	74.126.918,89	111.190.378,34	200.602.171,18	2.552.709.597,10	4.204.462.865,82	95.934.693.592,15	103.624.930.452,89
2037	275.168.304,09	323.727.416,57	81.519.019,97	122.278.529,95	221.637.537,74	2.807.271.470,81	4.636.492.876,62	108.517.071.683,32	116.985.166.839,08
2038	300.974.628,82	354.087.798,61	89.582.793,30	134.374.189,94	244.699.822,07	3.084.963.729,82	5.108.405.220,89	122.624.291.002,16	131.941.379.185,61
2039	328.973.189,69	387.027.281,99	98.376.051,69	147.564.077,53	269.974.737,90	3.387.777.274,88	5.623.666.478,27	138.432.515.419,62	148.675.874.511,57
2040	359.339.945,66	422.752.877,25	107.961.410,57	161.942.115,86	297.664.454,61	3.717.868.393,97	6.186.033.126,10	156.137.618.250,12	167.391.180.574,13

Sumber: Hasil Perhitungan, 2020

5.2.2. Penentuan Kelayakan Finansial

Penentuan kelayakan finansial proyek berdasarkan Keputusan Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia mengenai Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi, berkisar rata-rata 13-15% dengan kenaikan tarif 5-6% atau disesuaikan dengan tingkat inflasi.

Tabel 5. 15 Aliran Kas

Tahun ke	Tahun	Investasi (Rp.)	Pengeluaran (Rp.-)			Pendapatan	Nett Cash flow
			O&M Manajemen	Pajak	Total		
0	2018						
0	2019						
0	2020	Rp 54.960.082.875					-Rp 54.960.082.875
0	2021	Rp 54.960.082.875					-Rp 54.960.082.875
1	2022		Rp 16.642.901.667	Rp 1.624.294.266	Rp 18.267.195.933	Rp 16.242.942.663	-Rp 2.024.253.270
2	2023		Rp 17.440.096.657	Rp 1.880.885.127	Rp 19.320.981.784	Rp 18.808.851.275	-Rp 512.130.509
3	2024		Rp 18.275.477.286	Rp 2.171.208.259	Rp 20.446.685.546	Rp 21.712.082.594	-Rp 1.265.397.048
4	2025		Rp 19.150.872.648	Rp 2.499.337.914	Rp 21.650.210.563	Rp 24.993.379.143	Rp 3.343.168.580
5	2026		Rp 20.068.199.448	Rp 2.869.817.100	Rp 22.938.016.548	Rp 28.698.170.999	Rp 5.760.154.451
6	2027		Rp 21.029.466.202	Rp 3.287.709.837	Rp 24.317.176.039	Rp 32.877.098.374	Rp 8.559.922.334
7	2028		Rp 22.036.777.633	Rp 3.758.659.117	Rp 25.795.436.750	Rp 37.586.591.175	Rp 11.791.154.424
8	2029		Rp 23.092.339.281	Rp 4.288.951.166	Rp 27.381.290.448	Rp 42.889.511.662	Rp 15.508.221.214
9	2030		Rp 24.198.462.333	Rp 4.855.586.695	Rp 29.084.049.028	Rp 48.855.866.953	Rp 19.771.817.925
10	2031		Rp 25.357.568.679	Rp 5.556.359.885	Rp 30.913.928.564	Rp 55.563.598.851	Rp 24.649.670.287
11	2032		Rp 26.572.196.219	Rp 6.309.945.926	Rp 32.882.142.144	Rp 63.099.459.255	Rp 30.217.317.111
12	2033		Rp 27.845.004.417	Rp 7.155.998.030	Rp 35.001.002.448	Rp 71.559.980.303	Rp 36.558.977.855
13	2034		Rp 29.178.780.129	Rp 8.105.254.932	Rp 37.284.035.061	Rp 81.052.549.320	Rp 43.768.514.259
14	2035		Rp 30.576.443.697	Rp 9.169.659.976	Rp 39.746.103.673	Rp 91.696.599.758	Rp 51.950.496.085
15	2036		Rp 32.041.055.350	Rp 10.362.493.045	Rp 42.403.548.396	Rp 103.624.930.453	Rp 61.221.382.057
16	2037		Rp 33.575.821.902	Rp 11.698.516.684	Rp 45.274.338.585	Rp 116.985.166.839	Rp 71.710.828.254
17	2038		Rp 35.184.103.771	Rp 13.194.137.919	Rp 48.378.241.689	Rp 131.941.379.186	Rp 83.563.137.496
18	2039		Rp 36.869.422.341	Rp 14.867.587.451	Rp 51.737.009.792	Rp 148.675.874.512	Rp 96.938.864.719
19	2040		Rp 38.635.467.671	Rp 16.739.118.057	Rp 55.374.585.729	Rp 167.391.180.574	Rp 112.016.594.845
NPV							
FIRR							

Tahun ke	Tahun	Nett Cash flow	NPV			NPV KUMULATIF		
			Tingkat Bunga (% per Tahun)			Tingkat Bunga (% per Tahun)		
			12	13	14	12	13	14
0	2018							
0	2019							
0	2020	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875	-Rp 54.960.082.875
0	2021	-Rp 54.960.082.875	-Rp 49.071.502.567	-Rp 48.637.241.482	-Rp 48.210.599.013	-Rp 104.031.585.442	-Rp 103.597.324.357	-Rp 103.170.681.888
1	2022	-Rp 2.024.253.270	-Rp 1.613.722.314	-Rp 1.585.287.235	-Rp 1.557.597.161	-Rp 105.645.307.756	-Rp 105.182.611.592	-Rp 104.728.279.049
2	2023	-Rp 512.130.509	-Rp 364.524.381	-Rp 354.932.133	-Rp 345.673.506	-Rp 106.009.832.137	-Rp 105.537.543.725	-Rp 105.073.952.555
3	2024	Rp 1.265.397.048	Rp 804.182.700	Rp 776.091.707	Rp 749.216.635	-Rp 105.205.649.436	-Rp 104.761.452.017	-Rp 104.324.735.920
4	2025	Rp 3.343.168.580	Rp 1.897.003.636	Rp 1.814.537.965	Rp 1.736.337.000	-Rp 103.308.645.801	-Rp 102.946.914.053	-Rp 102.588.398.920
5	2026	Rp 5.760.154.451	Rp 2.918.273.508	Rp 2.766.708.904	Rp 2.624.248.880	-Rp 100.390.372.293	-Rp 100.180.205.149	-Rp 99.964.150.040
6	2027	Rp 8.559.922.334	Rp 3.872.074.151	Rp 3.638.486.098	Rp 3.420.864.443	-Rp 96.518.298.142	-Rp 96.541.719.051	-Rp 96.543.285.597
7	2028	Rp 11.791.154.424	Rp 4.762.249.510	Rp 4.435.359.018	Rp 4.133.495.951	-Rp 91.756.048.631	-Rp 92.106.360.033	-Rp 92.409.789.646
8	2029	Rp 15.508.221.214	Rp 5.592.420.040	Rp 5.162.451.635	Rp 4.768.901.203	-Rp 86.163.628.592	-Rp 86.943.908.398	-Rp 87.640.888.443
9	2030	Rp 19.771.817.925	Rp 6.365.996.211	Rp 5.824.547.182	Rp 5.333.325.488	-Rp 79.797.632.381	-Rp 81.119.361.216	-Rp 82.307.562.955
10	2031	Rp 24.649.670.287	Rp 7.086.191.181	Rp 6.426.111.196	Rp 5.832.540.322	-Rp 72.711.441.200	-Rp 74.693.250.020	-Rp 76.475.022.634
11	2032	Rp 30.217.317.111	Rp 7.756.032.678	Rp 6.971.312.971	Rp 6.271.879.217	-Rp 64.955.408.522	-Rp 67.721.937.049	-Rp 70.203.143.416
12	2033	Rp 36.558.977.855	Rp 8.378.374.142	Rp 7.464.045.525	Rp 6.656.270.728	-Rp 56.577.034.380	-Rp 60.257.891.525	-Rp 63.546.872.689
13	2034	Rp 43.768.514.259	Rp 8.955.905.186	Rp 7.907.944.193	Rp 6.990.268.955	-Rp 47.621.129.193	-Rp 52.349.947.332	-Rp 56.556.603.733
14	2035	Rp 51.950.496.085	Rp 9.491.161.406	Rp 8.306.403.936	Rp 7.278.081.743	-Rp 38.129.967.788	-Rp 44.043.543.395	-Rp 49.278.521.990
15	2036	Rp 61.221.382.057	Rp 9.986.533.582	Rp 8.662.595.465	Rp 7.523.596.714	-Rp 28.143.434.206	-Rp 35.380.947.931	-Rp 41.754.925.276
16	2037	Rp 71.710.828.254	Rp 10.444.276.319	Rp 8.979.480.246	Rp 7.730.405.328	-Rp 17.699.157.888	-Rp 26.401.467.685	-Rp 34.024.519.948
17	2038	Rp 83.563.137.496	Rp 10.866.516.149	Rp 9.259.824.489	Rp 7.901.825.119	-Rp 6.832.641.739	-Rp 17.141.643.196	-Rp 26.122.694.829
18	2039	Rp 96.938.864.719	Rp 11.255.259.138	Rp 9.506.212.169	Rp 8.040.920.233	-Rp 4.422.617.399	-Rp 7.635.431.027	-Rp 18.081.774.596
19	2040	Rp 112.016.594.845	Rp 11.612.398.023	Rp 9.721.057.162	Rp 8.150.520.420	-Rp 16.035.015.422	-Rp 2.085.626.135	-Rp 9.931.254.176
NPV			Rp 16.035.015.422	Rp 2.085.626.135	-Rp 9.931.254.176			
FIRR			13,15%					

Sumber: Hasil perhitungan, 2020

1. *Net Present Value (NPV)*

Berikut adalah perhitungan NPV untuk suku bunga 12%:

$$\begin{aligned}\text{NPV air siap minum} &= \sum NPV 12\% \\ &= \sum (\text{Net Cash Flow} \times DF 12\%) \\ &= \text{Rp. 16.035.015.422}\end{aligned}$$

Nilai NPV > 0 sehingga proyek ini **LAYAK** berdasarkan parameter *net present value* dengan jangka waktu 20 tahun dan suku bunga 12%.

2. *Benefit Cost Ratio (BCR)*

Berikut merupakan *benefit cost ratio (BCR)* dengan suku bunga 12% IPA Kecamatan Manyar:

$$\begin{aligned}\text{BCR air siap minum} &= \text{PV}^+ / \text{PV}^- \\ &= \text{Rp. 122.044.847.559} / \text{Rp. 106.009.832.137} \\ &= 1,15\end{aligned}$$

3. *Financial Internal Rate of Return*

Financial Internal Rate of Return pada perencanaan ini ditentukan *discount factor* yang digunakan adalah 12% dan 13%. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan nilai IRR pada rencana investasi pembangunan IPA ini adalah

$$\begin{aligned}\text{IRR air siap minum} &= (0,12 + (\text{NPV}_{12\%} / (\text{NPV}_{12\%} - \text{NPV}_{13\%})) \times (0,13 - 0,12)) \times 100\% \\ &= (0,12 + (\text{Rp. 16.035.015.422} / (\text{Rp. 16.035.015.422} - \\ &\quad \text{Rp. 2.085.66.1351})) \times (0,13 - 0,12)) \times 100\% \\ &= 13,15\%\end{aligned}$$

Nilai IRR proyek berkisar rata-rata 13-15% sehingga pada rencana proyek ini dinyatakan **LAYAK** karena masih berada di kisaran yang telah ditetapkan oleh Keputusan Direktorat Jenderal Bina Konstruksi Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia mengenai Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017.

4. Payback Period Analysis

Tahap terakhir dari penentuan kelayakan finansial menentukan *payback period analysis* berdasarkan arus kas bersih dan kumulatif arus kas yang telah disusun yaitu

$$PP_{\text{air siap minum}} = (n-1) + \left[I - \sum_1^{n-1} An \left(\frac{1}{An} \right) \right]$$

$$PP_{\text{air siap minum}} = (18-1) + [109.920.165.750 - 96.938.864.719 \times (1/97.198.943.703)]$$

$$PP_{\text{air siap minum}} = 17,13 \text{ tahun} = 17 \text{ tahun}$$

Berdasarkan perhitungan kelayakan diatas proyek investasi sistem penyediaan air minum **LAYAK** untuk dilaksanakan.

5. Analisis Sensitivitas

merupakan analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter-parameter produksi terhadap perubahan kinerja sistem produksi dalam menghasilkan keuntungan. Dalam penelitian ini nilai yang paling mendekati untuk perubahan tersebut yaitu -5 % dan +5%. Nilai sensitivitasnya dapat dilihat pada tabel 5.16.

Tabel 5. 16 Tabel nilai sensitivitas

Aspek Finansial	-5%	Basis	+5%	Signifikansi terhadap Basis	
				-5%	+5%
NPV12%	Rp 1.171.988.195	Rp 16.035.015.422	Rp 31.858.766.331	93%	99%
BCR	1,012415919	1,1512597	1,306241284	12,1%	13,5%
FIRR	12,10%	13,15%	14,02%	8,0%	6,6%
PP (tahun)	18,3	17,1	16,8		

Sumber: Hasil Perhitungan

Jika nilai sensitivitasnya diturunkan menjadi dibawah 5% maka hasil yang didapat menjadi tidak layak dimana nilai NPV akan menjadi minus, nilai BCR menjadi kurang dari 1 serta nilai dari PP menjadi lebih besar dari 20 tahun. Nilai yang dimasukkan dalam dalam menentukan nilai sensitivitas disesuaikan mendekati kondisi riil.

5.3. Aspek Analisis Risiko

5.3.1. Analisis Diagram *Fishbone*

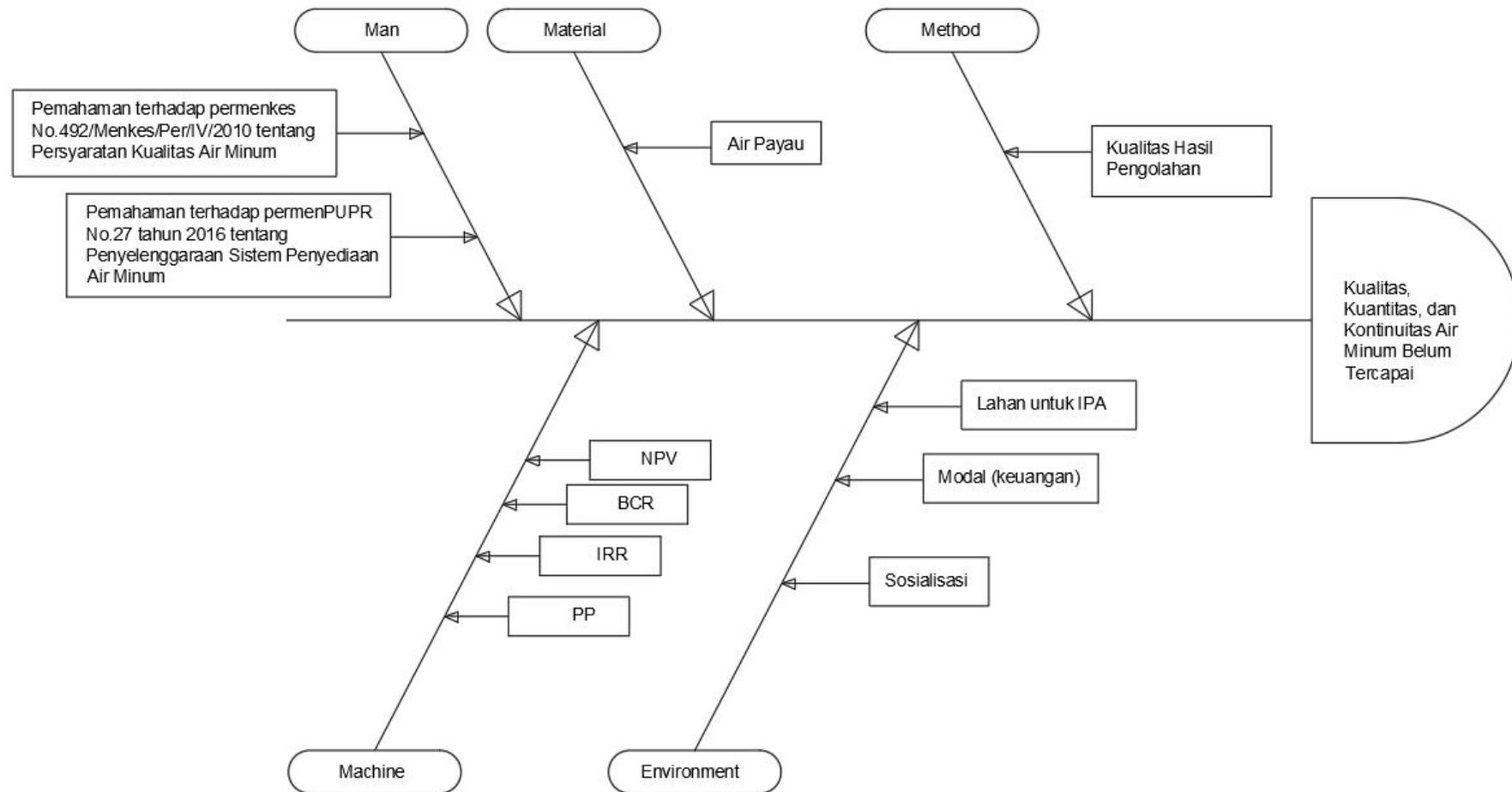
Berdasarkan *Fishbone analysis* digunakan untuk mempermudah dalam mengidentifikasi penyebab kegagalan dan dampak yang diberikan pada air hasil

produksi. Selain itu fishbone analysis juga mempermudah dalam memperoleh nilai RPN serta pengambilan kesimpulan sehingga upaya pencegahan kegagalan dapat dirumuskan. Permasalahan yang dimasukkan kedalam *fishbone analysis* merupakan permasalahan yang telah dibuat pada saat identifikasi risiko. Dalam pembuatan *fishbone analysis* berikut ini didasarkan pada kuisisioner yang telah diisi oleh pegawai PDAM, pengurus KPSPAM, dan Dinas PUPR yang kemudian dijadikan sebagai sebuah permasalahan yang dianalisis. Adapun aspek yang diidentifikasi dalam *fishbone* analisis berikut ini adalah

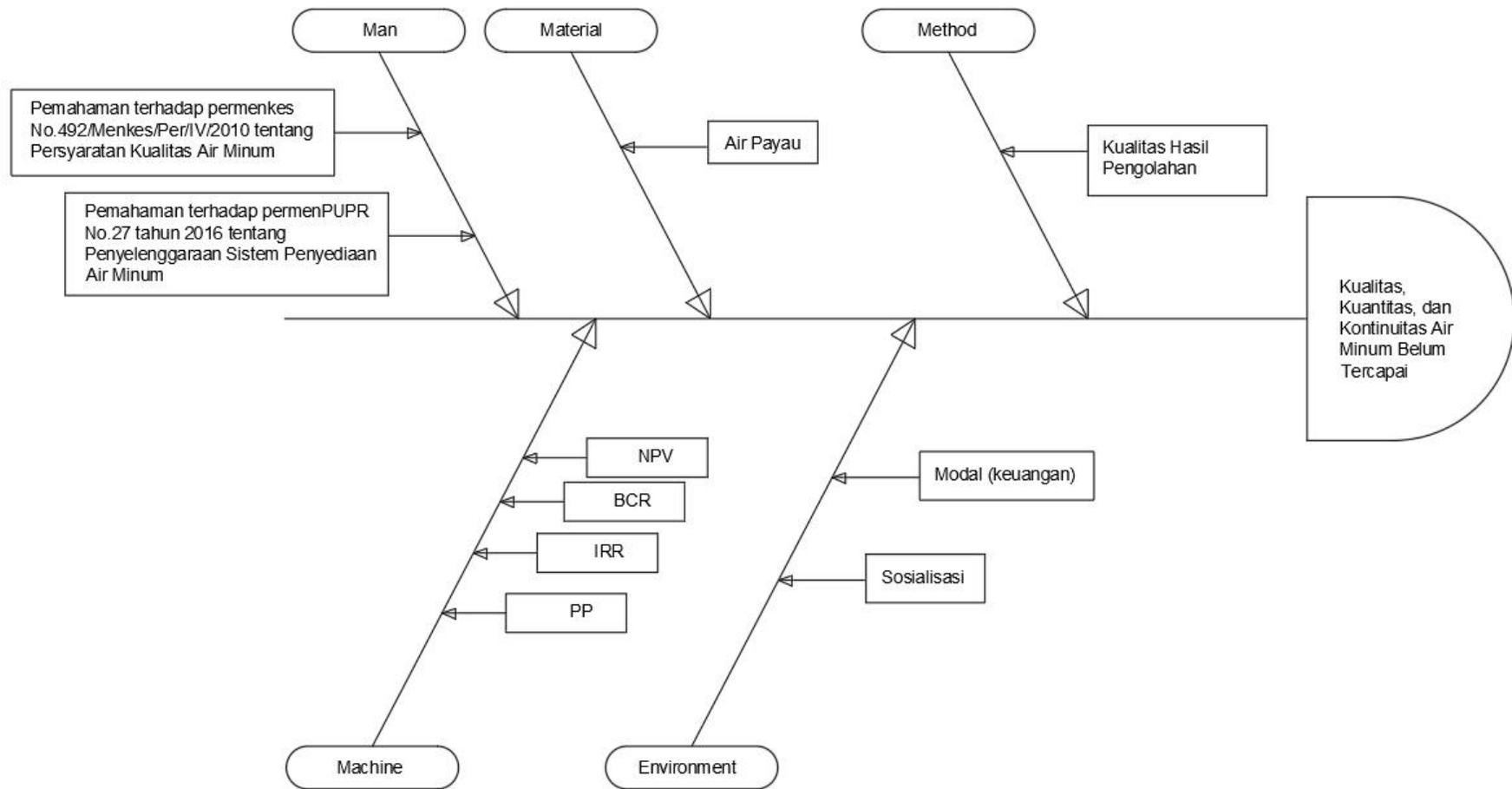
1. *Man* : pemahaman terkait
 - a. Peraturan Menteri Kesehatan No.492/MENKES/PER/IV/2010
 - b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat No. 27 Tahun 2016 tentang sistem penyediaan air minum
2. *Material* : Sumber air baku yang digunakan dalam hal ini adalah air payau
3. *Method* : Kontroling air hasil olahan.
4. *Machine* : Teknologi pengolahan yang digunakan serta analisa finansialnya. Teknologi pengolahan dan analisa finansialnya dibagi menjadi 12 bagian yaitu: intake, aerator, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, desinfeksi dengan klor, RO, desinfeksi dengan klor, reservoir, NPV, BCR, IRR, dan PP.
5. *Environment* : Faktor eksternal yang berhubungan dengan pengelolaan air minum di Kecamatan Manyar. Dalam analisa ini dibagi menjadi 3 yaitu Lahan untuk IPA, modal (keuangan), dan sosialisasi.

Pada analisis risiko ini dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap prakonstruksi, tahap konstruksi, dan tahap pasca konstruksi. Pembagian tahap tersebut dilakukan untuk mengantisipasi risiko dengan lebih tepat.

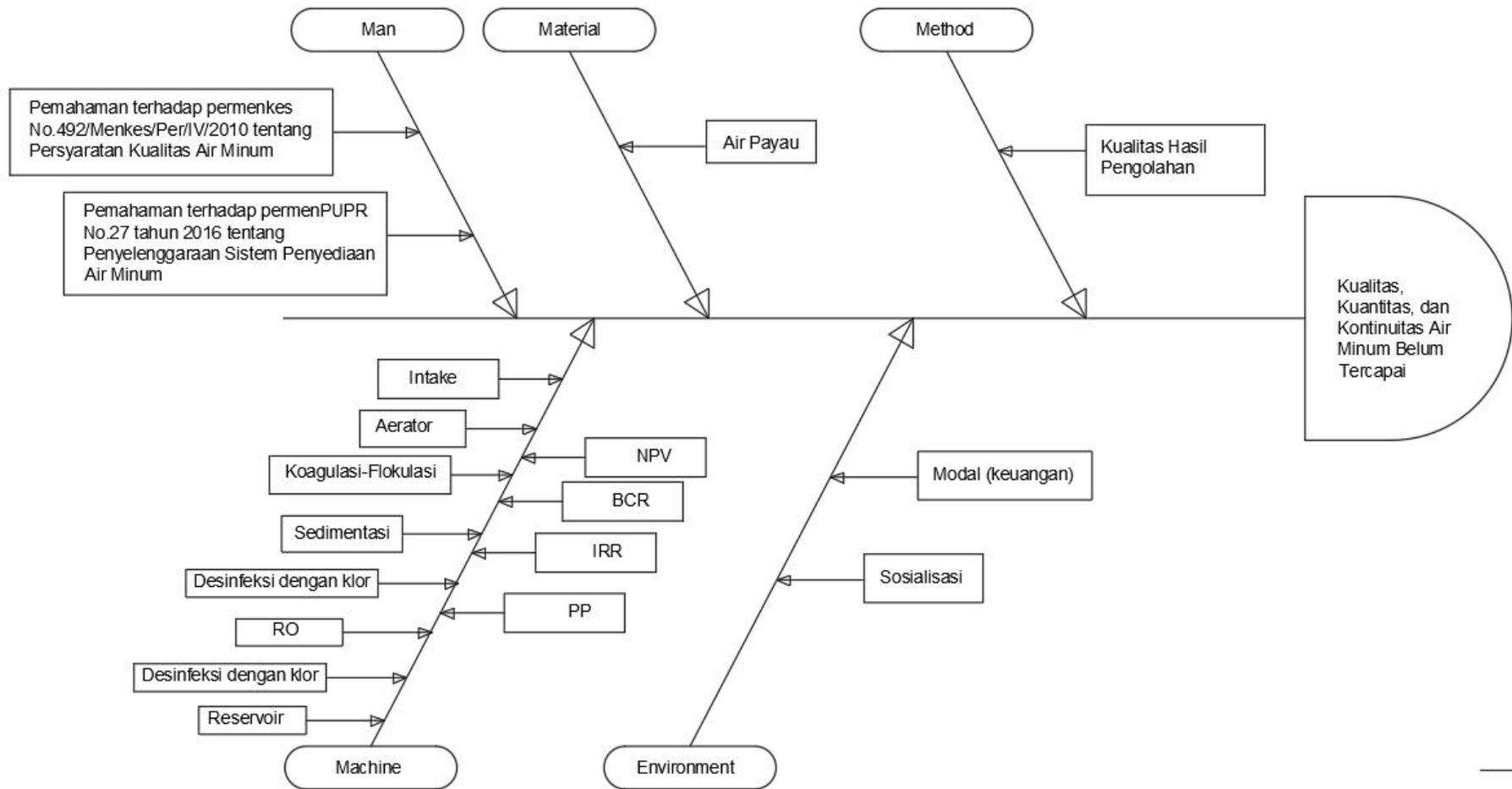
Aspek-aspek yang dianalisa untuk risiko kegagalan pembangunan instalasi pengelolaan air minum di Kecamatan Manyar mulai tahap prakonstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi yang disajikan dengan menggunakan diagram fishbone dapat dilihat pada Gambar 5.8, 5.9, dan 5.10.



Gambar 5. 8 Diagram Fishobone Analysis Tahap Pra-Konstruksi



Gambar 5. 9 Diagram Fishobone Analysis Tahap Konstruksi



Gambar 5. 10 Diagram Fishobone Analysis Tahap Pasca Konstruksi

5.3.2. Penentuan Prioritas Kegagalan FMEA

5.3.2.1. 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. Semakin besar dampak yang dihasilkan maka semakin besar pula nilai yang diberikan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Immamoto (2008), pembobotan kepentingan dalam analisis ini paling besar adalah pada aspek *man*, *material*, *method*, *machine*, dan *environment*. Hal ini disesuaikan pada *fishbone analysis* yang telah dibuat. Selain itu pembobotan setiap entitas digunakan untuk mempermudah menentukan prioritas apabila nantinya terdapat hasil perhitungan nilai RPN sama. Pembobotan kepentingan risiko dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap prakonstruksi, tahap konstruksi, dan tahap pasca konstruksi.

A. Tahap Pra Konstruksi

Pada tahap pra konstruksi untuk pembobotannya dapat dilihat pada tabel 5.17 dan 5.18 sebagai berikut.

Tabel 5. 17 Pembobotan Kepentingan Risiko Tahap Prakonstruksi

Faktor	Bobot
<i>Man</i>	0.3
<i>Material</i>	0.15
<i>Method</i>	0.2
<i>Machine</i>	0.1
<i>Environment</i>	0.25
	1

Tabel 5. 18 Pembobotan Kepentingan Setiap Risiko Tahap Prakonstruksi

Man	Bobot
Pemahaman tentang Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	0.45
Pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum	0.55
	1
Method	Bobot

Adanya hasil uji laboratorium kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010	1
	1
Material	Bobot
Hasil laboratorium air Payau	1
	1
Machines	Bobot
Net Present Value	0,26
Benefit Cost Ratio	0,14
Internal Rate of Return	0,32
Payback Periode	0,28
	1
ENVIRONMENT	Bobot
Lahan untuk IPA	0,5
Modal (Keuangan)	0,25
Sosialisasi	0,25
	1

Pada tahap prakonstruksi ini yang menjadi point penting yaitu kegiatan-kegiatan yang berdampak besar sebelum pekerjaan konstruksi dilakukan. Nilai-nilai entitas pada masing-masing faktor mempengaruhi pada pembobotan. Pada faktor *man* nilai yang besar yaitu tentang pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum. Pada faktor *method* dan *material* memiliki satu item sehingga memiliki yang 1. Faktor *machine* nilai yang paling mendominasi yaitu IRR dan dilanjutkan PP. Sedangkan faktor pada *environment*, nilai yang berdampak yaitu pada kebutuhan lahan untuk IPA.

B. Tahap Pra Konstruksi

Pada tahap pra konstruksi untuk pembobotannya dapat dilihat pada tabel 5.19 dan 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5. 19 Pembobotan Kepentingan Risiko Tahap konstruksi

Faktor	Bobot
<i>Man</i>	0.3
<i>Material</i>	0.15
<i>Method</i>	0.2
<i>Machine</i>	0.1
<i>Environment</i>	0.25
	1

Tabel 5. 20 Pembobotan Kepentingan Setiap Risiko Tahap konstruksi

Man	Bobot
Pemahaman tentang Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	0.45
Pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum	0.55
	1
Method	Bobot
Adanya hasil uji laboratorium kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010	1
	1
Material	Bobot
Hasil laboratorium air Payau	1
	1
Machines	Bobot
Net Present Value	0,26
Benefit Cost Ratio	0,14
Internal Rate of Return	0,32
Payback Periode	0,28
	1

ENVIRONMENT	Bobot
Modal (Keuangan)	0,6
Sosialisasi	0,4
	1

Pada tahap konstruksi ini yang menjadi point penting yaitu kegiatan-kegiatan yang berdampak besar selama pekerjaan konstruksi dilakukan. Nilai-nilai entitas pada masing-masing faktor mempengaruhi pada pembobotan. Pada faktor *man* nilai yang besar yaitu tentang pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum. Pada faktor *method* dan *material* memiliki satu item sehingga memiliki yang 1. Faktor *machine* nilai yang paling mendominasi yaitu IRR dan dilanjutkan PP. Sedangkan faktor pada *environment*, nilai yang berdampak yaitu modal (keuangan) yang akan digunakan.

5.3.2.2. Penentuan Nilai Severity

Severity adalah langkah awal untuk menganalisis risiko dengan menghitung seberapa besar dampak atau intensitas kejadian mempengaruhi *output* proses. *Severity* digunakan dalam analisis proses produksi air minum didasarkan pada hasil pengamatan untuk setiap jenis gangguan. Batasan nilai pada skala risiko pada analisis ini adalah 1-5 untuk setiap kriteria. Pembuatan tabel *severity* disesuaikan dengan tabel *severity* pada tinjauan pustaka, dimana rating dibagi hanya menjadi 5. Hal ini dikarenakan adanya proses penyesuaian dengan kondisi penilaian serta penamaan untuk sistem depot air minum tanpa mengubah konsep penilaian *severity* itu sendiri. Tabel penilaian *severity* dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5. 21 Penilaian *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

Range Nilai	Severity of effect for FMEA	Rating
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

Langkah selanjutnya adalah skala besaran risiko pada penelitian ini dibuat masing-masing sesuai dengan faktor-faktor kemungkinan yang mempengaruhi proses pengolahan air minum. Penjabaran skala risiko dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan skala kondisi lingkungan dapat dilihat pada Tabel 5.23. Hasil perhitungan *severity* pada masing-masing tahap dapat dilihat pada Tabel 5.24, 5.25, dan 5.26.

Tabel 5. 22 Skala Besaran Risiko yang ditimbulkan

Skala Besar Risiko yang Ditimbulkan				
0	1	2	3	4
Sangat kecil	Kecil	Sedang	Besar	Sangat Besar
Risiko yang ditimbulkan tidak berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat berpengaruh kepada proses selanjutnya dan hasil produksi	Risiko yang ditimbulkan dapat menyebabkan fungsi unit selanjutnya dan 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

Tabel 5. 23 Skala Kondisi Lingkungan

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

Rumus untuk perhitungan nilai severitynya dapat dilihat sebagai berikut.

$$\text{Prosentase kondisi eksisting} = \frac{(\text{Jumlah skor maksimal} - \text{Jumlah skor})}{\text{Jumlah skor maksimal}} \times 100\%$$

$$\text{Prosentase kondisi Severity} = \frac{(\text{Kondisi ideal} - \text{Kondisi eksisting})}{\text{Kondisi ideal}} \times 100\%$$

penilaian severity untuk tahap pra konstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi dapat dilihat pada tabel 5.24, 5.25, dan 5.25.

Tabel 5. 24 Severity Tahap Pra Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Pra Konstruksi)				Method	Material	Environment		
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2	3
Responden 1	2	1	2	3	2	2	3	1	1	1	5
Responden 2	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1
Responden 3	2	1	1	3	1	1	2	2	1	1	1
Responden 4	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1
Responden 5	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1	1
Responden 6	1	1	1	2	3	1	3	1	1	1	1
Responden 7	1	1	2	1	1	2	4	1	1	1	2
Responden 8	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2
Responden 9	1	1	2	1	1	2	3	1	1	1	2
Responden 10	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	2
Jumlah Skor	13	10	15	15	17	15	26	11	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	74%	80%	70%	70%	66%	70%	48%	78%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	2	2	2	2	2	2	3	2	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase severity	60%	60%	60%	60%	60%	60%	40%	60%	80%	80%	60%
SEVERITY	3	4	3	3	3	3	2	3	4	4	3

Tabel 5. 25 Severity tahap Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Konstruksi)				Method	Material	Environment	
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2
Responden 1	2	1	2	3	2	2	3	1	1	5
Responden 2	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1
Responden 3	2	1	1	3	1	1	2	2	1	1
Responden 4	2	1	1	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	1	1	1	1	3	1	2	1	1	1
Responden 6	1	1	1	2	3	1	3	1	1	1
Responden 7	1	1	2	1	1	2	4	1	1	2
Responden 8	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
Responden 9	1	1	2	1	1	2	3	1	1	2
Responden 10	1	1	2	1	1	2	2	1	1	2
Jumlah Skor	13	10	15	15	17	15	26	11	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	74%	80%	70%	70%	66%	70%	48%	78%	80%	64%
Kondisi eksisting	2	2	2	2	2	2	3	2	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase severity	60%	60%	60%	60%	60%	60%	40%	60%	80%	60%
SEVERITY	3	4	3	3	3	3	2	3	4	3

Tabel 5. 26 Severity tahap Pasca Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Pasca Konstruksi)											Method	Material	Environment	
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	2
Responden 1	2	1	3	2	3	3	3	1	3	2	3	2	2	3	1	1	5
Responden 2	1	1	2	3	2	2	2	1	3	1	1	3	1	2	1	1	1
Responden 3	2	1	3	2	3	3	1	2	3	1	3	1	1	2	2	1	1
Responden 4	2	1	3	3	1	2	1	1	4	1	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	1	1	3	2	1	2	2	2	2	1	1	3	1	2	1	1	1
Responden 6	1	1	2	3	2	2	2	1	2	1	2	3	1	3	1	1	1
Responden 7	1	1	2	2	1	2	3	1	3	2	1	1	2	4	1	1	2
Responden 8	1	1	3	4	1	3	1	2	4	2	1	1	2	2	1	1	2
Responden 9	1	1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	1	2	3	1	1	2
Responden 10	1	1	3	3	1	3	1	2	3	2	1	1	2	2	1	1	2
Jumlah Skor	13	10	26	26	17	24	18	14	29	15	15	17	15	26	11	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	74%	80%	48%	48%	66%	52%	64%	72%	42%	70%	70%	66%	70%	48%	78%	80%	64%
Kondisi eksisting	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase severity	60%	60%	40%	40%	60%	40%	60%	60%	40%	60%	60%	60%	60%	40%	60%	80%	60%
SEVERITY	3	4	2	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	3	4	3

5.3.2.3. Penentuan Nilai Occurrence

Occurrence merupakan suatu tingkat frekuensi kejadian dari dampak yang disebabkan dari kegagalan. *Occurrence* digambarkan sebagai berapa kali kejadian dalam satuan waktu. Penilaian *occurrence* didapatkan dari hasil kuisioner dimana penentuan peluang muncul kegagalan berdasarkan skala 1-5. Nilai 5 artinya tingkat frekuensi dampak sangat tinggi atau jumlah kejadian sering terjadi dan nilai 1 artinya tingkat frekuensi dampak sangat rendah atau jumlah kejadian jarang terjadi. Apabila telah didapatkan range nilai selanjutnya adalah menentukan rating terhadap occurrence dari masing-masing faktor. Tabel penilaian *occurrence* pembangunan IPA Kecamatan Manyar dari tahap pra konstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi dapat dilihat pada Tabel 5.27, 5.28, dan 5.29.

Tabel 5. 27 Penilaian *Occurrence*

<i>Occurrence</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 berdampak 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

Tabel 5. 28 Occurence tahap Pra Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Pra Konstruksi)				Method	Material	Environment		
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2	3
Responden 1	3	3	2	3	1	1	3	1	1	1	5
Responden 2	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1
Responden 3	2	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1
Responden 4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	1	1
Responden 5	4	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1
Responden 6	4	3	4	2	1	1	3	1	1	1	1
Responden 7	3	4	4	1	1	1	4	1	1	1	2
Responden 8	3	4	2	1	1	1	2	1	1	1	2
Responden 9	3	3	4	1	1	1	3	1	1	1	2
Responden 10	4	4	3	1	1	1	2	1	1	1	2
Jumlah Skor	32	30	30	15	10	10	26	10	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36%	40%	40%	70%	80%	80%	48%	80%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	4	2	1	1	3	1	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Occurence	20%	60%	20%	60%	80%	80%	40%	80%	80%	80%	60%
OCCURRENCE	1	3	1	3	4	4	2	4	4	4	3

Tabel 5. 29 Occurence tahap konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (konstruksi)				Method	Material	Environment	
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2
Responden 1	3	3	2	3	1	1	3	1	1	5
Responden 2	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 3	2	2	3	3	1	1	2	1	1	1
Responden 4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	4	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 6	4	3	4	2	1	1	3	1	1	1
Responden 7	3	4	4	1	1	1	4	1	1	2
Responden 8	3	4	2	1	1	1	2	1	1	2
Responden 9	3	3	4	1	1	1	3	1	1	2
Responden 10	4	4	3	1	1	1	2	1	1	2
Jumlah Skor	32	30	30	15	10	10	26	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36%	40%	40%	70%	80%	80%	48%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	4	2	1	1	3	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Occurence	20%	60%	20%	60%	80%	80%	40%	80%	80%	60%
OCCURRENCE	1	3	1	3	4	4	2	4	4	3

Tabel 5. 30 Occurence tahap pasca konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Kinerja Unit Pengolahan dan Pemeliharaan Alat)											Method	Materia l	Environmen t	
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	2
Responden 1	3	3	1	1	3	3	3	1	3	2	3	1	1	3	1	1	5
Responden 2	3	2	1	1	2	2	2	1	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 3	2	2	1	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1	2	1	1	1
Responden 4	3	3	1	1	1	2	1	1	4	2	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	4	2	2	1	1	2	2	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 6	4	3	1	1	2	2	2	1	2	4	2	1	1	3	1	1	1
Responden 7	3	4	2	1	1	2	3	1	3	4	1	1	1	4	1	1	2
Responden 8	3	4	1	1	1	3	1	1	4	2	1	1	1	2	1	1	2
Responden 9	3	3	1	1	2	2	2	1	2	4	1	1	1	3	1	1	2
Responden 10	4	4	1	1	1	3	1	1	3	3	1	1	1	2	1	1	2
Jumlah Skor	32	30	12	10	17	24	18	10	29	30	15	10	10	26	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36 %	40 %	76 %	80 %	66 %	52 %	64 %	80 %	42 %	40 %	70 %	80 %	80 %	48%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	2	1	2	3	2	1	3	4	2	1	1	3	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Occurence	20 %	60 %	60 %	80 %	60 %	40 %	60 %	80 %	40 %	20 %	60 %	80 %	80 %	40%	80%	80%	60%
OCCURRENCE	1	3	3	4	3	2	3	4	2	1	3	4	4	2	4	4	3

5.3.2.4. Penentuan Nilai Detection

Detection merupakan pengukuran terhadap kemampuan mengendalikan atau mengontrol kegagalan yang dapat terjadi. Nilai *detection* diasosiasikan dengan pengendalian saat ini. Nilai *detection* diambil sesuai dengan hasil kuisioner untuk *occurrence*. Hal dikarenakan apabila nilai peluang kegagalan semakin besar maka kemampuan mendeteksi kegagalan semakin kecil. Nilai *detection* untuk pembangunan IPA Kecamatan Manyar mulai dari tahap pra konstruksi, konstruksi, dan pasca konstruksi dapat dilihat pada Tabel 5.31, 5.32, dan 5.33.

Tabel 5. 31 *Detection* Tahap Pra konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Pra Konstruksi)				Method	Material	Environment		
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2	3
Responden 1	3	3	2	3	1	1	3	1	1	1	5
Responden 2	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1
Responden 3	2	2	3	3	1	1	2	1	1	1	1
Responden 4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	1	1
Responden 5	4	2	3	1	1	1	2	1	1	1	1
Responden 6	4	3	4	2	1	1	3	1	1	1	1
Responden 7	3	4	4	1	1	1	4	1	1	1	2
Responden 8	3	4	2	1	1	1	2	1	1	1	2
Responden 9	3	3	4	1	1	1	3	1	1	1	2
Responden 10	4	4	3	1	1	1	2	1	1	1	2

Responden	Man		Machine (Pra Konstruksi)				Method	Material	Environment		
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2	3
Jumlah Skor	32	30	30	15	10	10	26	10	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36%	40%	40%	70%	80%	80%	48%	80%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	4	2	1	1	3	1	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Detection	20%	60%	20%	60%	80%	80%	40%	80%	80%	80%	60%
DETECTION	1	3	1	3	4	4	2	4	4	4	3

Tabel 5. 32 *Detection* tahap konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (konstruksi)				Method	Material	Environment	
	1	2	1	2	3	4	1	1	1	2
Responden 1	3	3	2	3	1	1	3	1	1	5
Responden 2	3	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 3	2	2	3	3	1	1	2	1	1	1
Responden 4	3	3	2	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	4	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 6	4	3	4	2	1	1	3	1	1	1
Responden 7	3	4	4	1	1	1	4	1	1	2
Responden 8	3	4	2	1	1	1	2	1	1	2
Responden 9	3	3	4	1	1	1	3	1	1	2
Responden 10	4	4	3	1	1	1	2	1	1	2
Jumlah Skor	32	30	30	15	10	10	26	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36%	40%	40%	70%	80%	80%	48%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	4	2	1	1	3	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Detection	20%	60%	20%	60%	80%	80%	40%	80%	80%	60%
DETECTION	1	3	1	3	4	4	2	4	4	3

Tabel 5. 33 Detection tahap pasca konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Responden	Man		Machine (Kinerja Unit Pengolahan dan Pemeliharaan Alat)											Method	Material	Environment	
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1	1	1	2
Responden 1	3	3	1	1	3	3	3	1	3	2	3	1	1	3	1	1	5
Responden 2	3	2	1	1	2	2	2	1	3	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 3	2	2	1	1	3	3	1	1	3	3	3	1	1	2	1	1	1
Responden 4	3	3	1	1	1	2	1	1	4	2	1	1	1	3	1	1	1
Responden 5	4	2	2	1	1	2	2	1	2	3	1	1	1	2	1	1	1
Responden 6	4	3	1	1	2	2	2	1	2	4	2	1	1	3	1	1	1
Responden 7	3	4	2	1	1	2	3	1	3	4	1	1	1	4	1	1	2
Responden 8	3	4	1	1	1	3	1	1	4	2	1	1	1	2	1	1	2
Responden 9	3	3	1	1	2	2	2	1	2	4	1	1	1	3	1	1	2
Responden 10	4	4	1	1	1	3	1	1	3	3	1	1	1	2	1	1	2
Jumlah Skor	32	30	12	10	17	24	18	10	29	30	15	10	10	26	10	10	18
Jumlah Skor Maks	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Persentase	36%	40%	76%	80%	66%	52%	64%	80%	42%	40%	70%	80%	80%	48%	80%	80%	64%
Kondisi eksisting	4	2	2	1	2	3	2	1	3	4	2	1	1	3	1	1	2
Ideal	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Prosentase Detection	20%	60%	60%	80%	60%	40%	60%	80%	40%	20%	60%	80%	80%	40%	80%	80%	60%
DETECTION	1	3	3	4	3	2	3	4	2	1	3	4	4	2	4	4	3

5.3.2.5. Risk Priority Number

Berdasarkan hasil pengolahan data dari perkalian antara nilai severity, occurrence, dan detection maka didapatkan hasil yang dapat dijadikan pertimbangan dalam menentukan strategi dan prioritas perbaikan. Pada masing-masing tahap mulai dari tahap pra konstruksi, tahap konstruksi dan tahap pasca konstruksi memiliki strategi dan prioritas penanganan yang berbeda berdasarkan nilai dari RPN, jika nilai RPN memiliki persamaan maka prioritas penanganan didasarkan pada nilai pembobotan. Penilaian tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.34, 5.35, dan 5.36.

Tabel 5.34 Risk Priority Number Tahap Pra-Konstruksi IPA pembangunan Kecamatan Manyar

Identifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Lahan untuk IPA	4	4	4	64	Memastikan lahan bukan lahan sengketa sebelum membeli lahan
Modal (Keuangan)	4	4	4	64	Melakukan kerjasama dengan pihak swasta
Hasil laboratorium air Payau	3	4	4	48	Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
Internal Rate of Return	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Payback Periode	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen

Indentifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum	4	3	3	36	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Benefit Cost Ratio	3	3	3	27	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Sosialisasi	3	3	3	27	Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
Adanya hasil uji laboratorium kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010	2	2	2	8	Pemilihan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien
Pemahaman tentang Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	3	1	1	3	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Net Present Value	3	1	1	3	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen

Tabel 5.35 Risk Priority Number Tahap Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Indentifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Modal (Keuangan)	4	4	4	64	Melakukan kerjasama dengan pihak swasta
Hasil laboratorium air Payau	3	4	4	48	Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
Internal Rate of Return	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Payback Periode	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum	4	3	3	36	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Benefit Cost Ratio	3	3	3	27	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Sosialisasi	3	3	3	27	Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait

Identifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Adanya hasil uji laboratorium kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010	2	2	2	8	Penggunaan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien
Pemahaman tentang Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	3	1	1	3	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Net Present Value	3	1	1	3	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen

Tabel 5.36 Risk Priority Number Tahap Pasca Konstruksi pembangunan IPA Kecamatan Manyar

Identifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Modal (Keuangan)	4	4	4	64	Melakukan kerjasama dengan pihak swasta
Hasil laboratorium air Payau	3	4	4	48	Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
Unit RO	3	4	4	48	Melakukan pembersihan dan penggantian RO secara berkala sesuai dengan spesifikasi yang digunakan
Internal Rate of Return	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen

Indentifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Payback Periode	3	4	4	48	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Pemahaman terhadap permen PUPR No.27 Tahun 2016 tentang Sistem Penyediaan Air Minum	4	3	3	36	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Unit Aerator	2	4	4	32	Melakukan pemeliharaan dan penggantian unit yang telah usang
Unit Koagulasi-Flokulasi	3	3	3	27	Melakukan kontrol dan pembersihan secara berkala
Unit Desinfeksi (Klor)	3	3	3	27	Melakukan perhitungan kebutuhan klor secara tepat sesuai kebutuhan
Benefit Cost Ratio	3	3	3	27	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
Sosialisasi	3	3	3	27	Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
Pembuatan sumur intake	2	3	3	18	Melakukan penggantian pompa secara berkala
Adanya hasil uji laboratorium kualitas air minum sesuai Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010	2	2	2	8	Melakukan perawatan seluruh unit proses sesuai SOP yang berlaku

Indentifikasi Kegagalan	Severity	Occurance	Detection	RPN	STRATEGI
Unit Sedimentasi	2	2	2	8	Melakukan kontrol dan pembersihan secara berkala
Reservoir	2	2	2	8	Melakukan kontrol dan pembersihan secara berkala
Pemahaman tentang Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang persyaratan kualitas air minum	3	1	1	3	Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
Net Present Value	3	1	1	3	Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen

Berdasarkan perhitungan diatas maka strategi untuk memperkecil kegagalan pada pembangunan IPAM Kecamatan Manyar yaitu:

A. Tahap Pra-konstruksi

- Memastikan lahan bukan lahan sengketa sebelum membeli lahan
- Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
- Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
- Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
- Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Pemilihan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien

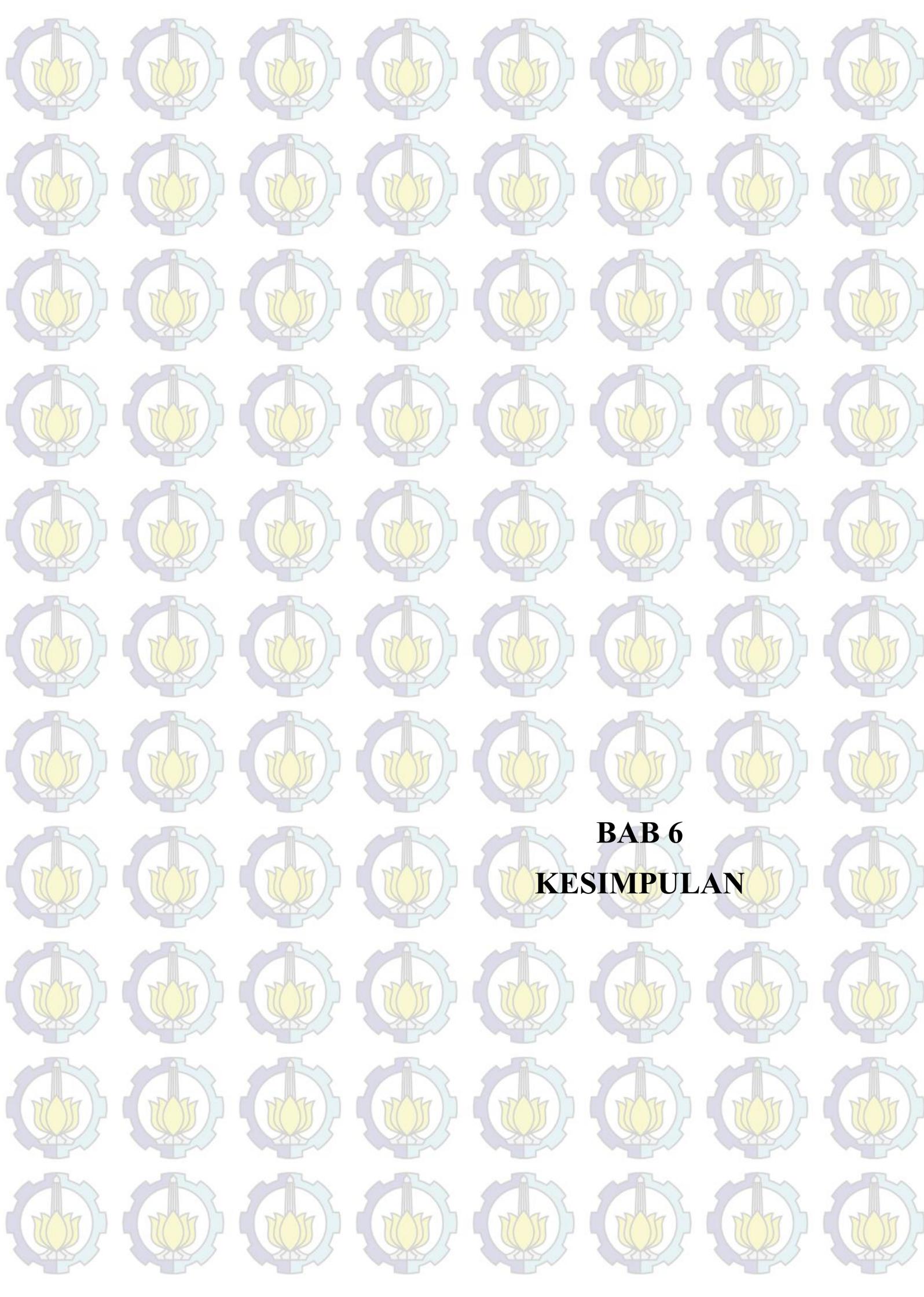
B. Tahap Kontruksi

- Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
- Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala

- Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
- Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Penggunaan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien

C. Tahap Pasca Konstruksi

- Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
- Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
- Melakukan pembersihan dan penggantian RO secara berkala sesuai dengan spesifikasi yang digunakan
- Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
- Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
- Melakukan pemeliharaan dan penggantian unit yang telah usang
- Melakukan kontrol dan pembersihan secara berkala
- Melakukan perhitungan kebutuhan klor secara tepat sesuai kebutuhan
- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Melakukan penggantian pompa secara berkala
- Melakukan perawatan seluruh unit proses sesuai SOP yang berlaku
- Penggunaan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien.



BAB 6
KESIMPULAN

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah

1. Sumber air baku yang sesuai untuk pemenuhan kebutuhan air minum Kecamatan Manyar berdasarkan aspek kualitas, kuantitas, dan kontinuitas yaitu air payau yang berasal dari resapan air laut. Kebutuhan untuk pelayanan Kecamatan Manyar sampai tahun 2040 yaitu 450 l/dtk.
2. Rencana Pembangunan IPAM dengan bahan baku air payau dinyatakan layak secara finansial dikarenakan:
 - a. Nilai Net Present Value (NPV) > 0 yaitu Rp. 16.035.015.422,00 dengan jangka waktu 20 tahun dan suku bunga 12%
 - b. Nilai Benefit Cost Ratio (BCR) > 1 yaitu 1,15
 - c. Nilai Internal Rate of Return (IRR) yaitu 13,15% lebih besar dari suku bunga yaitu 12%
 - d. Nilai Payback Period (PP) yaitu pada tahun ke-17
 - e. Nilai sensitivitas yang diizinkan yaitu -5 % dan +5%
3. Cara memperkecil kegagalan pada investasi pembangunan IPAM di Kecamatan Manyar melalui manajemen risiko yaitu dengan menggunakan strategi sebagai berikut:
 - a. Tahap pra-konstruksi
 - Memastikan lahan bukan lahan sengketa sebelum membeli lahan
 - Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
 - Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
 - Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
 - Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum

- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Pemilihan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien

b. Tahap konstruksi

- Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
- Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
- Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
- Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Penggunaan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien

c. Tahap Pasca-konstruksi

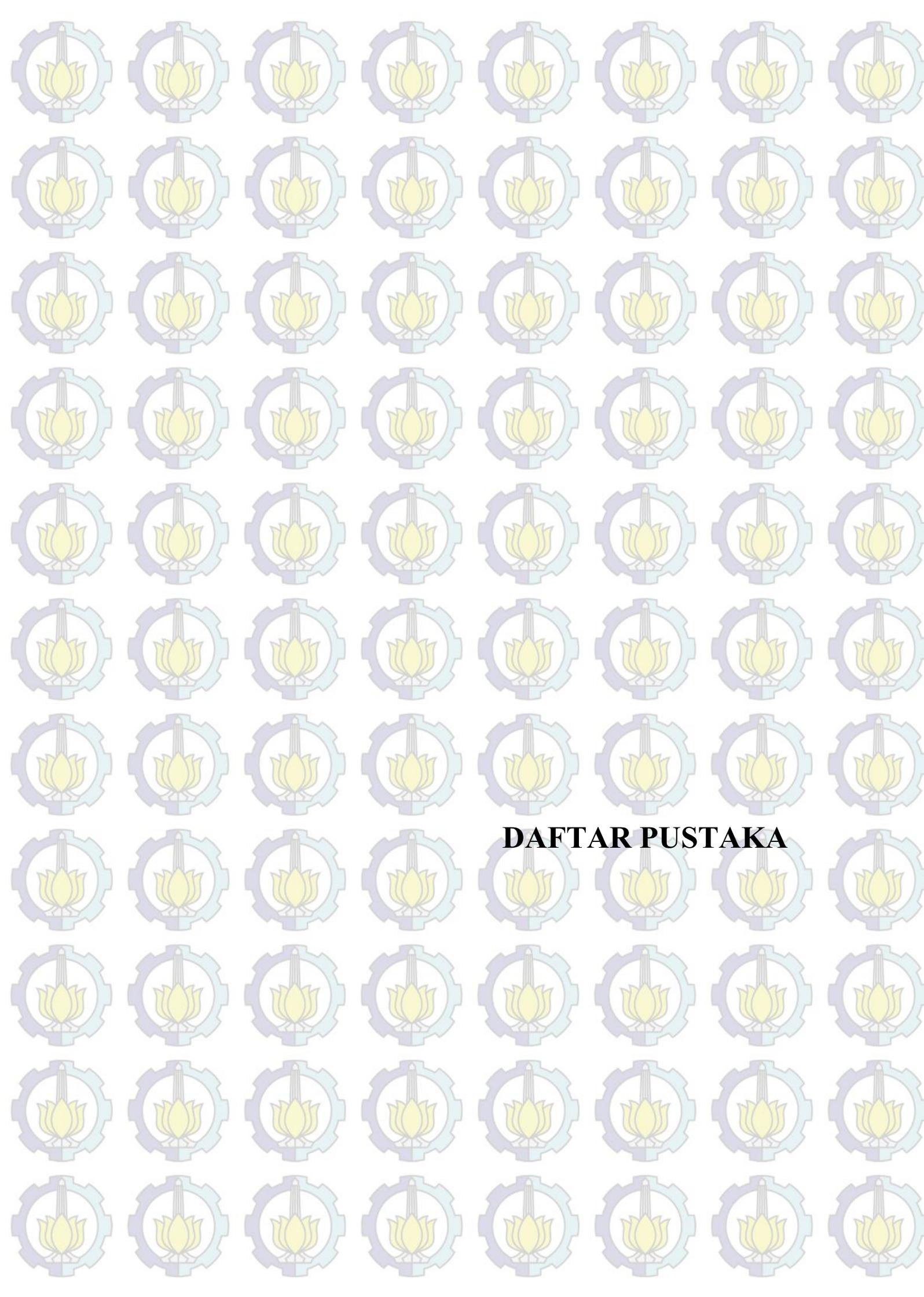
- Melakukan kerjasama dengan pihak swasta terkait permodalan
- Melakukan pemantauan kualitas air payau secara berkala
- Melakukan pembersihan dan penggantian RO secara berkala sesuai dengan spesifikasi yang digunakan
- Menaikkan pendapatan dengan melakukan efisiensi pada unit proses serta melakukan penyesuaian tarif. perlu dilakukan studi ekonomi manajemen
- Mengikutsertakan penanggungjawab IPA untuk mengikuti pelatihan terkait sistem penyediaan air minum
- Melakukan pemeliharaan dan penggantian unit yang telah usang
- Melakukan kontrol dan pembersihan secara berkala
- Melakukan perhitungan kebutuhan klor secara tepat sesuai kebutuhan
- Melakukan sosialisasi secara rutin terkait pengelolaan air minum kepada stakeholder terkait
- Melakukan penggantian pompa secara berkala

- Melakukan perawatan seluruh unit proses sesuai SOP yang berlaku
- Penggunaan Unit Pengolahan yang tepat dan efisien.

6.2. Saran

Saran yang diberikan penulis adalah menambahkan untuk analisa willingness to ability dan willingness to pay sehingga kajian yang dilakukan semakin mendekati riil. Selain itu, perlu dilakukan uji pemompaan untuk sumur intake sehingga bisa dipastikan secara akurat untuk kuantitas dan kontinuitas air bakunya.

“halaman ini sengaja dikosongkan”



DAFTAR PUSTAKA

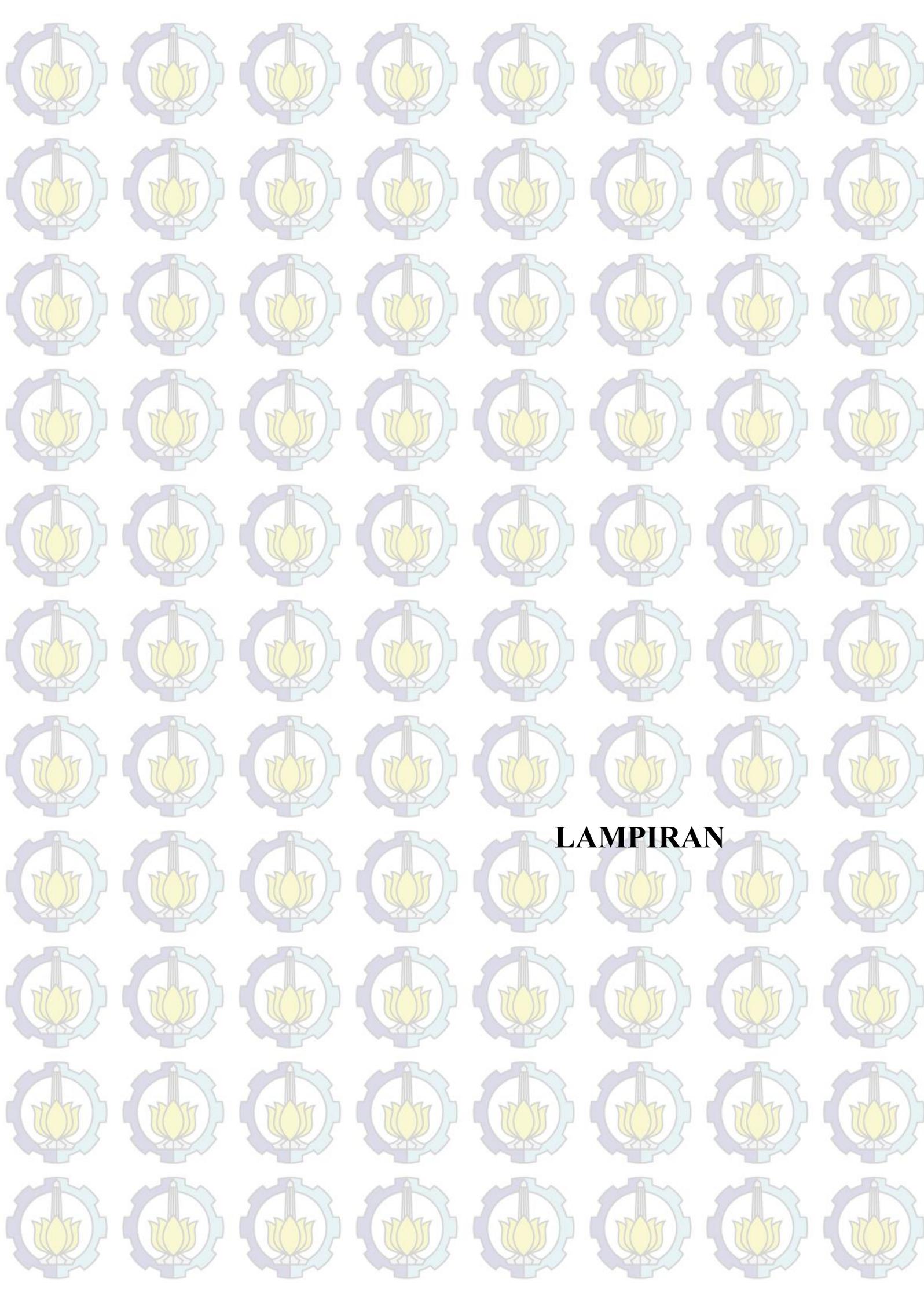
DAFTAR PUSTAKA

- BAPPENAS. 2006. Prakarsa Strategis Pengelolaan Sumber Daya Air untuk Mengatasi Banjir dan Kekeringan di Pulau Jawa: Strategi Pengelolaan Sumber Daya Air di Pulau Jawa (BUKU 1). Direktorat Pengairan dan Irigasi BAPPENAS. 183 hal.
- Barafort, B., Mesquida, A., and Mas, A. 2017. Integrating Risk Management In IT Settings From ISO Standards And Management Sისტems Perspectives. *Computer Standards & Interfaces* Vol. 54 Page 76-185.
- BBWS Bengawan Solo. 2011. Studi Neraca Air Bengawan Solo. Laporan Akhir Perencanaan dan Program Balai Besar Wilayah Sungai Bengawan Solo.
- Carbone, T. A., and Tippet, D. D. 2004. Project risk management using the project risk FMEA. *Engineering Management Journal* Vol. 16 No. 4.
- Chanamool, N., and Naena, T. 2016. Fuzzy FMEA Application To Improve Decision-Making Process In An Emergency Department. *Applied Soft Computing* No 43 Page 441-453.
- Chiozza, M. L., and Ponzetti, C. 2009. FMEA: A Model For Reducing Medical Errors. *Clinica Chimica Acta Article* Vol. 404 Issue 1 Page 75-78.
- Daekyun, Kim, Amy, Gary L., Karanfil, Tanju. Disinfection by-product formation during seawater desalination: A review. *Water Research* 81 (2015) page 343-355.
- Departemen Kesehatan. 2010. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 492/Menkes/Per/IV/2010 Tentang Kualitas Air Minum. Departemen Kesehatan Republik Indonesia. Jakarta.
- Badan Pusat statistik. 2019. Kecamatan Manyar Dalam Angka 2018. Badan Pusat statistik Kabupaten Gresik.
- Dagsuyu, C., Gocmen, E., Narli, M., dan Kokangul, A. 2016. Classical and fuzzy FMEA risk analysis in a sterilization unit. *Journal of Computers and Industrial Engineering* No. 101 page 286-294.
- Darmawi, H. 2010. Manajemen Risiko. Jakarta: Bumi Aksara.
- Fritzmann, C. J., Lowenberg, T., Wintgens, dan Melin, T. 2007. State Of The Art Of Reverse Osmosis Desalination. *Desalination* No. 216 Page 1-76.

- Geraldin, L. H., Pujawan, I. N., dan Dewi, D. S. 2007. Manajemen Risiko Dan Aksi Mitigasi Untuk Menciptakan Rantai Pasok Yang Robust. Jurnal Teknologi Dan Rekayasa Teknik Sipil.
- International Meteorological Organization. 2000.
- Into, M., Jonsson, A. S., dan Lengden, G. 2004. Reuse of industrial wastewater following treatment with reverse osmosis. Membrane Science No. 242 Page 21-25.
- Iswanto, Adi., Rambe, A. Jabbar M., dan Ginting, Elisabeth. 2013. aplikasi
- Jun, L., Huibin, X. 2012. Reability Analysis Of Aircraft Equipment Based On FMECA.
- Lokobal, A. 2014. Manajemen Risiko Pada Perusahaan Jasa Praktisi Konstruksi Di Propinsi Papua (Studi Kasus Di Kabupaten Sarmi). Jurnal Ilmiah Engineering Vol. 4 No. 2.
- Masduqi, A., dan Assomadi, A.F. 2012. Operasi Dan Proses Pengolahan Air. Jurusan Teknik Lingkungan Institute Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia No. 38 Tahun 2015 Tentang Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur.
- Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia No.73/PMK.08/2018 tentang fasilitas untuk penyiapan dan pelaksanaan transaksi proyek kerjasama pemerintah dengan badan usaha dalam penyediaan infrastruktur.
- Peraturan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/ Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional Republik Indonesia No. 4 Tahun 2015 tentang tata cara pelaksanaan kerjasama pemerintah dengan badan usaha dalam penyediaan infrastruktur.
- Pradana, Y.A., dan Marsono, B.D. 2013. Uji Kualitas Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Sukodono, Sidoarjo Ditinjau Dari Perilaku Dan Pemeliharaan Alat. Jurnal Teknik POMITS Vol. 2 No. 2.
- Pratiwi, A. W. 2007. Gambaran Kualitas Bakteriologis Air Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Wilayah Kota Bogor 2007. Skripsi Program Sarjana. FKM-UI. Depok.
- Rejekiningrum, P. 2011. Pengembangan Model Alokasi Air untuk Mendukung Optimal Water Sharing, Kasus DAS Cicitih-Cimandiri, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

- Rejekiningrum, P. 2014. Identifikasi Kekritisn Air Untuk Perencanaan Penggunaan Air Agar Tercapai Ketahanan Air Di Das Bengawan Solo. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Rencana Induk Sistem Penyediaan Air Minum Kabupaten Gresik. 2014.
- Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik. 2009. Jangka waktu perencanaan 2010-2030.
- Rumondor, P. P., Porotu'o, J., dan Waworuntu, O. 2014. Identifikasi Bakteri Pada Depot Air Minum Isi Ulang Di Kota Manado. Jurnal e- Biomedik (eBM) Vol. 2 No. 2.
- Said N. I. 2007. Desinfeksi Untuk Proses Pengolahan Air Minum. Pusat Teknologi Lingkungan 3 (1): 15-28.
- Severian, V. 2014. Risk Management And Evaluation And Qualitative Method Within The Projects. Ecoforum Vol. 3 Issue 1 (4).
- Simamora, Y., dan Kurniati, N. 2016. Analisis Risiko Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Ajinomoto Berdasarkan Konsep Manajemen Risiko Lingkungan. Surabaya: Teknik Industri ITS.
- Sosiawan, H. 2005. Proportional Water Sharing: Tantangan dan Strategi Pemecahannya. Buletin Hasil Penelitian Agroklimat dan Hidrologi Vol. 2 No. 2. Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi. p. 19-33
- Sugandhy, A. 1997. Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Sumberdaya Air. Makalah pada Seminar Pengembangan dan Pengelolaan Sumberdaya Air Tingkat Nasional diselenggarakan oleh Deputi Bidang Prasarana BAPPENAS, di Jakarta tanggal 30 September 1997.
- Sulistiyandari, H. 2009. Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kontaminasi Deterjen Pada Air Minum Isi Ulang di Depot Air Minum Isi Ulang (DAMIU) di Kabupaten Kendal Tahun 2009. Tesis Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang.
- Suprihatin, B., dan Adriyani, R. 2008. Hygiene Sanitasi Depot Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Tanjung Redep Kabupaten Berau Kalimantan Timur. Jurnal Kesehatan Lingkungan Vo. 4 No. 2.
- Sutrisno T., dan Suciastuti E. 2002. Teknologi Penyediaan Air Bersih. Rineka Cipta: Jakarta.

- Usada, W., dan Purwadi, A. 2007. Prinsip Dasar Teknologi Oksidasi Maju: Teknologi Hibrida Ozon Dengan Titania. Yogyakarta: Pustek Akselerator dan Proses Bahan.
- Utami, E. A. Y., Moesriati, A., dan Karnaningroem, N. 2016. Risiko Kegagalan Produksi Air Minum Isi Ulang Di Kecamatan Sukolilo Surabaya Menggunakan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA).Jurnal Teknik ITS Vol. 5 No. 2.
- Wenten, I. G., Khoirudin, K., dan Hakim, A. N. 2014. Osmosis Balik. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Widayat, W., dan Yudo, S. 2002. Pengolahan Air Payau Menggunakan Teknologi Osmosa Balik. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 3 No. 1 Hal 69-81.
- Winata, N. A. 2016. Teknologi Membrane Untuk Purifikasi Air. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Yakup dan Nusyrwan. 1997. “ Reaktualisasi Pengelolaan Air dan Kelembagaan Petani”, dalam Dinamika Petani No.30 Tahun 1997. hlm.1-4. Jakarta: Pusat Studi Pengembangan Sumberdaya Air dan Lahan (PSDL), LP3ES.
- Yudo, S., dan Rahardjo, P. N. 2005. Evaluasi Teknologi Air Minum Isi Ulang Di DKI Jakarta. JAI Vol. 1 No. 3.
- Yoshi, L. A., dan Widiassa, I. N. 2016. Sistem desalinasi membrane reverse osmosis (RO) untuk penyediaan air bersih. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. ISSN 1693-4393.



LAMPIRAN

LAMPIRAN

Kebutuhan lahan untuk IPA dapat diperkirakan dengan merencanakan preliminary sizing masing-masing unit operasi.

Alternatif pengolahan 1

Intake

Intake yang digunakan pada perencanaan ini adalah direct intake. Kapasitas total dari seluruh instalasi adalah 450 L/detik dan disadap oleh sumur intake.

Aerator

Aerator merupakan pengolahan pendahuluan yang dipilih untuk mengurangi Fe dan mengoksidasi ammonia bebas. Aerator yang digunakan merupakan tipe diffuser.

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$td = 40 \text{ menit} = 2.400 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times td \\ &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 2.400 \text{ detik} \\ &= 1080 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\ &= 1080 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} = 360 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 18 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

Koagulasi

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$td = 2 \text{ menit} = 120 \text{ detik}$$

$$\text{Volume} = Q \times td$$

$$\begin{aligned}
 &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 120 \text{ detik} \\
 &= 54 \text{ m}^3 \\
 \text{Tinggi} &= 3 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\
 &= 54 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} = 18 \text{ m}^2 \\
 \text{Dimensi} & \\
 \text{Panjang} &= 9 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 2 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Flokuasi

Flokulator yang digunakan pada perencanaan ini adalah tipe hidrolis dengan baffle.

$$\begin{aligned}
 Q &= 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \\
 t_d &= 15 \text{ menit} = 900 \text{ detik} \\
 \text{Volume} &= Q \times t_d \\
 &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ detik} \\
 &= 405 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tinggi} &= 4 \text{ m} \\
 \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\
 &= 405 \text{ m}^3 : 4 \text{ m} = 101,25 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Dimensi} & \\
 \text{Panjang} &= 12 \text{ m} \\
 \text{Lebar} &= 8 \text{ m} \\
 \text{Tinggi} &= 4 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Saluran pembawa dari flokulasi sampai sedimentasi dengan pipa

$$\begin{aligned}
 Q &= 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \\
 \text{Kecepatan} &= 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)} \\
 Q &= A \times v \\
 0,45 \text{ m}^3 &= A \times 0,4 \text{ m}^2 \\
 A &= 1,125 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$A = 1/4\pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}}$$

$$D = 1,2 \text{ m} \approx 120 \text{ mm}$$

Sedimentasi

$$td = 2 \text{ jam} = 7.200 \text{ detik}$$

Dibagi dalam dua persegi Panjang

$$Q \text{ per bak} = Q \text{ total} : \text{jumlah bak}$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} : 2$$

$$= 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Volume} = Q \times td$$

$$= 0,225 \text{ m}^3/\text{s} \times 7.200 \text{ detik}$$

$$= 1.620 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \text{volume} : \text{tinggi}$$

$$= 1.620 \text{ m}^3 : 5 \text{ m} = 324 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas total} = 324 \text{ m}^2 \times 2$$

$$= 648 \text{ m}^2$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 17 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

Saluran pembawa sedimentasi ke filter dengan pipa

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan} = 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)}$$

$$Q = A \times v$$

$$0,45 \text{ m}^3 = A \times 0,4 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
A &= 1,125 \text{ m}^2 \\
A &= 1/4\pi D^2 \\
D &= \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}} \\
D &= \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}} \\
D &= 1,2 \text{ m} \quad \approx 120 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Ultraviolet

Desinfeksi menggunakan UV direncanakan dilakukan menggunakan sinar dengan Panjang gelombang 254 mm atau kekuatan 2.537⁰ A. Pradana dan Marsono (2013) menegaskan bahwa sumber sinar UV berasal dari lampu mercury bertekanan rendah yang berfungsi sebagai pusat energi listrik ultraviolet. Lampu tersebut lebih banyak digunakan karena sekitar 85% panas lamou adalah monokromatik pada Panjang gelombang 253 mm. lama penyinaran merupakan factor penting dalam desinfeksi air minum. Semakin lama kontak semakin banyak bakteri yang terbunuh. Suprihatin dan Adriyani (2008), juga menjelaskan bahwa factor-faktor yang mempengaruhi daya kerja UV adalah kekeruhan, kontaminasi zat padat, jarak lampu dengan air permukaan, temperature, dan jenis mikroorganisme.

Unit desinfeksi ultraviolet yang akan digunakan dalam perencanaan ini adalah UV dengan kapasitas 108 GPM dengan daya sebesar 275 W. Jumlah lampu UV yang akan digunakan adalah 4 buah lampu UV dan 2 lampu UV cadangan.

Ultrafiltrasi

$$\begin{aligned}
Q \text{ per bak} &= 0,3 \text{ m}^3/\text{s} \\
\text{Fluks} &= 1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam} \\
\text{Kecepatan} &= 11,98 \text{ m/jam} \quad = 0,0033 \text{ m/detik} \\
\text{Luas 1 unit membran} & \\
\text{Luas} &= 5 \text{ m}^2 \\
\text{Luas membrane yang dibutuhkan} & \\
&= \text{Debit} : \text{Kecepatan} \\
&= 0,3 \text{ m}^3 : 0,0033 \text{ m/detik}
\end{aligned}$$

$$= 90,90 \text{ m}^2$$

Jumlah membrane yang dibutuhkan

$$= \text{kebutuhan luas} : \text{luas spesifikasi}$$

$$= 90,90 \text{ m}^2 : 5 \text{ m}^2$$

$$= 18 \text{ unit}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,2 \text{ m}$$

Asumsi tabung membran ditumpuk 3

Luas yang dibutuhkan

$$= (18 \text{ unit} : 3) \times 1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 130 \% (\text{jarak aman antar membrane})$$

$$= 1,56 \text{ m}^2$$

Reservoir

$$V \text{ reservoir} = 27,66\% \times Q \text{ rata-rata} \times t_d$$

$$= 27,66\% \times 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s}$$

$$= 10.754,208 \text{ m}^3$$

$$= 10.755 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = V \text{ reservoir} : \text{tinggi}$$

$$= 10.755 \text{ m}^3 : 10 \text{ m}$$

$$= 1.075,5 \text{ m}^2$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 36 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 10 \text{ m}$$

Total luas yang dibutuhkan untuk bangunan IPA alternatif adalah

$$\text{Luas lahan IPA 1} =$$

aerator+koagulasi+flokulasi+sedimentasi+ultrafiltrasi+reservoir

$$= 360 \text{ m}^2 + 18 \text{ m}^2 + 101,25 \text{ m}^2 + 648 \text{ m}^2 + 1,56 \text{ m}^2 + 1.075,5$$

m^2

$$= 2.204,31 \text{ m}^2$$

Jumlah instalasi = 1 buah

Kapasitas instalasi = 450 L/s

Luas lahan yang dibutuhkan untuk pengolahan dan non pengolahan diperkirakan 150-200% dari luas lahan pengolahan (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Total luas lahan = 180% x luas lahan pengolahan
= 180% x 2.204,31 m²
= 3.967,76 m²
= 0,3968 Ha

Alternatif pengolahan 2

Intake

Intake yang digunakan pada perencanaan ini adalah direct intake. Kapasitas total dari seluruh instalasi adalah 450 L/detik dan disadap oleh sumur intake.

Aerator

Aerator merupakan pengolahan pendahuluan yang dipilih untuk mengurangi Fe dan mengoksidasi ammonia bebas. Aerator yang digunakan merupakan tipe diffuser.

Q = 450 L/s = 0,45 m³/s

td = 40 menit = 2.400 detik

Volume = Q x td
= 0,45 m³/s x 2.400 detik
= 1080 m³

Tinggi = 3 m

Luas = volume : tinggi
= 1080 m³ : 3 m = 360 m²

Dimensi

Panjang = 20 m

Lebar = 18 m

Tinggi = 3 m

Koagulasi

$$\begin{aligned}
Q &= 450 \text{ L/s} &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \\
td &= 2 \text{ menit} &= 120 \text{ detik} \\
\text{Volume} &= Q \times td \\
&= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 120 \text{ detik} \\
&= 54 \text{ m}^3 \\
\text{Tinggi} &= 3 \text{ m} \\
\text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\
&= 54 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} &= 18 \text{ m}^2 \\
\text{Dimensi} & \\
\text{Panjang} &= 9 \text{ m} \\
\text{Lebar} &= 2 \text{ m} \\
\text{Tinggi} &= 3 \text{ m}
\end{aligned}$$

Flokuasi

Flokulator yang digunakan pada perencanaan ini adalah tipe hidrolis dengan baffle.

$$\begin{aligned}
Q &= 450 \text{ L/s} &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \\
td &= 15 \text{ menit} &= 900 \text{ detik} \\
\text{Volume} &= Q \times td \\
&= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ detik} \\
&= 405 \text{ m}^3 \\
\text{Tinggi} &= 4 \text{ m} \\
\text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\
&= 405 \text{ m}^3 : 4 \text{ m} &= 101,25 \text{ m}^2 \\
\text{Dimensi} & \\
\text{Panjang} &= 12 \text{ m} \\
\text{Lebar} &= 8 \text{ m} \\
\text{Tinggi} &= 4 \text{ m}
\end{aligned}$$

Saluran pembawa dari flokulasi sampai sedimentasi dengan pipa

$$\begin{aligned}
Q &= 450 \text{ L/s} &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \\
\text{Kecepatan} &= 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Q &= A \times v \\
0,45 \text{ m}^3 &= A \times 0,4 \text{ m}^2 \\
A &= 1,125 \text{ m}^2 \\
A &= 1/4\pi D^2 \\
D &= \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}} \\
D &= \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}} \\
D &= 1,2 \text{ m} \quad \approx 120 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Sedimentasi

$$td = 2 \text{ jam} = 7.200 \text{ detik}$$

Dibagi dalam dua persegi Panjang

$$\begin{aligned}
Q \text{ per bak} &= Q \text{ total : jumlah bak} \\
&= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} : 2 \\
&= 0,225 \text{ m}^3/\text{s}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Volume} &= Q \times td \\
&= 0,225 \text{ m}^3/\text{s} \times 7.200 \text{ detik} \\
&= 1.620 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\
&= 1.620 \text{ m}^3 : 5 \text{ m} = 324 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Luas total} &= 324 \text{ m}^2 \times 2 \\
&= 648 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 17 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

Saluran pembawa sedimentasi ke filter dengan pipa

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kecepatan} &= 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)} \\
Q &= A \times v \\
0,45 \text{ m}^3 &= A \times 0,4 \text{ m} \\
A &= 1,125 \text{ m}^2 \\
A &= 1/4\pi D^2 \\
D &= \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}} \\
D &= \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}} \\
D &= 1,2 \text{ m} \quad \approx 120 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Ozon

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No. 905 tahun 2002 tentang standar penggunaan dosis ozon untuk *mineral water* adalah 3-5 gram/m³. Proses desinfeksi menggunakan ozon berlangsung dalam tangka pencampur ozon minimal 0,1 ppm dan residu ozon sesaat setelah pengisian berkisar antara 0,006-0,1 ppm. Ozoniser adalah suatu unit alat yang menghasilkan arus listrik 5000-20.000 V dan 50-500 Hz dengan mengubah O₂ yang bersih dan kering menjadi ozon (O₃). Ozon bersifat bakterisida, virusida, algasida serta mengubah senyawa kompleks menjadi sederhana sehingga setelah proses ozonasi, air minum siap untuk dikonsumsi.

Peraturan menteri kesehatan No. 905 tahun 2002 menyatakan bahwa penggantian ozon generator dilakukan minimal setiap 3 tahun sekali. Summerfelt (1997) menyatakan bahwa dalam proses desinfeksi ozon memerlukan konsentrasi sebanyak 0.1-0.2 mg/L selama 30 menit. Efektifitas desinfeksi bergantung pada konsentrasi dan waktu kontak tersebut. Dimana selain digunakan untuk desinfeksi ozon ini mampu membersihkan dan meremoval logam berat yaitu besi, mangan, sisa klor, dekomposisi oksidatif bahan organik, menghilangkan ganggang, dan meningkatkan kualitas air, rasa, perlindungan lingkungan. Namun penggunaan ozon meninggalkan residu berupa klorin dioksida.

Ultrafiltrasi

$$Q \text{ per bak} = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Fluks} = 1,2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$$

$$\text{Kecepatan} = 11,98 \text{ m/jam} = 0,0033 \text{ m/detik}$$

Luas 1 unit membran

$$\text{Luas} = 5 \text{ m}^2$$

Luas membrane yang dibutuhkan

$$= \text{Debit} : \text{Kecepatan}$$

$$= 0,3 \text{ m}^3 : 0,0033 \text{ m/detik}$$

$$= 90,90 \text{ m}^2$$

Jumlah membrane yang dibutuhkan

$$= \text{kebutuhan luas} : \text{luas spesifikasi}$$

$$= 90,90 \text{ m}^2 : 5 \text{ m}^2$$

$$= 18 \text{ unit}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0,2 \text{ m}$$

Asumsi tabung membran ditumpuk 3

Luas yang dibutuhkan

$$= (18 \text{ unit} : 3) \times 1 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 130 \% \text{ (jarak aman antar membrane)}$$

$$= 1,56 \text{ m}^2$$

Reservoir

$$V \text{ reservoir} = 27,66\% \times Q \text{ rata-rata} \times t_d$$

$$= 27,66\% \times 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s}$$

$$= 10.754,208 \text{ m}^3$$

$$= 10.755 \text{ m}^3$$

Tinggi = 10 m

$$\text{Luas} = V \text{ reservoir} : \text{tinggi}$$

$$= 10.755 \text{ m}^3 : 10 \text{ m}$$

$$= 1.075,5 \text{ m}^2$$

Dimensi

Panjang = 36 m

Lebar = 30 m

Tinggi = 10 m

Total luas yang dibutuhkan untuk bangunan IPA alternatif adalah

Luas lahan IPA 1 =

aerator+koagulasi+flokulasi+sedimentasi+ultrafiltrasi+reservoir

$$= 360 \text{ m}^2 + 18 \text{ m}^2 + 101,25 \text{ m}^2 + 648 \text{ m}^2 + 1,56 \text{ m}^2 + 1.075,5$$

m^2

$$= 2.204,31 \text{ m}^2$$

Jumlah instalasi = 1 buah

Kapasitas instalasi = 450 L/s

Luas lahan yang dibutuhkan untuk pengolahan dan non pengolahan diperkirakan 150-200% dari luas lahan pengolahan (Masduqi dan Assomadi, 2016).

Total luas lahan = 180% x luas lahan pengolahan

$$= 180\% \times 2.204,31 \text{ m}^2$$

$$= 3.967,76 \text{ m}^2$$

$$= 0,3968 \text{ Ha}$$

Alternatif pengolahan 3

Intake

Intake yang digunakan pada perencanaan ini adalah direct intake. Kapasitas total dari seluruh instalasi adalah 450 L/detik dan disadap oleh sumur intake.

Aerator

Aerator merupakan pengolahan pendahuluan yang dipilih untuk mengurangi Fe dan mengoksidasi ammonia bebas. Aerator yang digunakan merupakan tipe diffuser.

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$td = 40 \text{ menit} = 2.400 \text{ detik}$$

$$\text{Volume} = Q \times td$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 2.400 \text{ detik}$$

$$= 1080 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\ &= 1080 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} &= 360 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 20 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 18 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

Koagulasi

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_d = 2 \text{ menit} = 120 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 120 \text{ detik} \\ &= 54 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\ &= 54 \text{ m}^3 : 3 \text{ m} &= 18 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 9 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 3 \text{ m}$$

Flokulasi

Flokulator yang digunakan pada perencanaan ini adalah tipe hidrolis dengan baffle.

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_d = 15 \text{ menit} = 900 \text{ detik}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= Q \times t_d \\ &= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 900 \text{ detik} \\ &= 405 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi} = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \text{volume} : \text{tinggi} \\ &= 405 \text{ m}^3 : 4 \text{ m} = 101,25 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 12 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 8 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 4 \text{ m}$$

Saluran pembawa dari flokulasi sampai sedimentasi dengan pipa

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan} = 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)}$$

$$Q = A \times v$$

$$0,45 \text{ m}^3 = A \times 0,4 \text{ m}^2$$

$$A = 1,125 \text{ m}^2$$

$$A = 1/4\pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}}$$

$$D = 1,2 \text{ m} \approx 120 \text{ mm}$$

Sedimentasi

$$t_d = 2 \text{ jam} = 7.200 \text{ detik}$$

Dibagi dalam dua persegi Panjang

$$Q \text{ per bak} = Q \text{ total} : \text{jumlah bak}$$

$$= 0,45 \text{ m}^3/\text{s} : 2$$

$$= 0,225 \text{ m}^3/\text{s}$$

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

$$= 0,225 \text{ m}^3/\text{s} \times 7.200 \text{ detik}$$

$$= 1.620 \text{ m}^3$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \text{volume} : \text{tinggi}$$

$$= 1.620 \text{ m}^3 : 5 \text{ m} = 324 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}\text{Luas total} &= 324 \text{ m}^2 \times 2 \\ &= 648 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 40 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 17 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 5 \text{ m}$$

Saluran pembawa sedimentasi ke filter dengan pipa

$$Q = 450 \text{ L/s} = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Kecepatan} = 0,4 \text{ m/s (dalam range 0,3-3 m/s)}$$

$$Q = A \times v$$

$$0,45 \text{ m}^3 = A \times 0,4 \text{ m}^2$$

$$A = 1,125 \text{ m}^2$$

$$A = 1/4\pi D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{A}{1/4\pi}}$$

$$D = \sqrt{\frac{1,125}{1/4\pi}}$$

$$D = 1,2 \text{ m} \approx 120 \text{ mm}$$

Reverse Osmosis

Into et al (2004) menyatakan bahwa reverse osmosis merupakan peristiwa perpindahan air atau larutan dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah (TDS rendah) yang dipisahkan oleh membran semi permeabel. Widayat dan Yudo (2002) juga menyatakan bahwa apabila dua buah larutan dengan konsentrasi encer dan pekat dipisahkan oleh membran semi permeabel, maka larutan dengan konsentrasi encer akan terdifusi melalui membran tersebut ke dalam larutan yang lebih pekat sehingga terjadi kesetimbangan konsentrasi. Daya penggerak yang menyebabkan terjadinya aliran atau difusi tersebut dinamakan tekanan osmosis. Besarnya tekanan osmosis dipengaruhi oleh karakteristik/ jenis membran, temperatur air, dan konsentrasi serta senyawa lain yang terlarut dalam air. Peraturan Menteri

Kesehatan No. 905 Tahun 2002 menyatakan bahwa penggantian membran reverse osmosis paling lambat dilakukan setiap 3 bulan sekali.

Reservoir

$$\begin{aligned} V \text{ reservoir} &= 27,66\% \times Q \text{ rata-rata} \times t_d \\ &= 27,66\% \times 0,45 \text{ m}^3/\text{s} \times 86.400 \text{ s} \\ &= 10.754,208 \text{ m}^3 \\ &= 10.755 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Tinggi} = 10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= V \text{ reservoir} : \text{tinggi} \\ &= 10.755 \text{ m}^3 : 10 \text{ m} \\ &= 1.075,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimensi

$$\text{Panjang} = 36 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 30 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 10 \text{ m}$$

Total luas yang dibutuhkan untuk bangunan IPA alternatif adalah

$$\begin{aligned} \text{Luas lahan IPA 1} &= \text{aerator} + \text{koagulasi} + \text{flokulasi} + \text{sedimentasi} + \text{reservoir} \\ &= 360 \text{ m}^2 + 18 \text{ m}^2 + 101,25 \text{ m}^2 + 648 \text{ m}^2 + 1.075,5 \text{ m}^2 \\ &= 2.202,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah instalasi} = 1 \text{ buah}$$

$$\text{Kapasitas instalasi} = 450 \text{ L/s}$$

Luas lahan yang dibutuhkan untuk pengolahan dan non pengolahan diperkirakan 150-200% dari luas lahan pengolahan (Masduqi dan Assomadi, 2016).

$$\begin{aligned} \text{Total luas lahan} &= 180\% \times \text{luas lahan pengolahan} \\ &= 180\% \times 2.202,75 \text{ m}^2 \\ &= 3.964,95 \text{ m}^2 \\ &= 0,3965 \text{ Ha} \end{aligned}$$

Kebutuhan Sumber Daya Manusia

Untuk instalasi dengan kapasitas 150 L/detik, dibutuhkan operator dan pengawas sebanyak 5 orang/shift (PDAM Kabupaten Sidoarjo, 2019).

$$\begin{aligned}
\text{Kapasitas instalasi} &= 450 \text{ L/detik} \\
\text{SDM yang dibutuhkan} &= \frac{5 \text{ orang}}{150 \text{ L/detik}} \times 450 \text{ L/detik} \\
&= 15 \text{ orang/shift} \\
\text{Jumlah shift/hari} &= 3 \text{ shift/hari} \\
\text{Kebutuhan SDM} &= 15 \text{ orang/shift} \times 3 \text{ shift/hari} \\
&= 45 \text{ orang/hari}
\end{aligned}$$

Kebutuhan Bahan Kimia

Bahan kimia dibutuhkan dalam instalasi ini adalah klor.

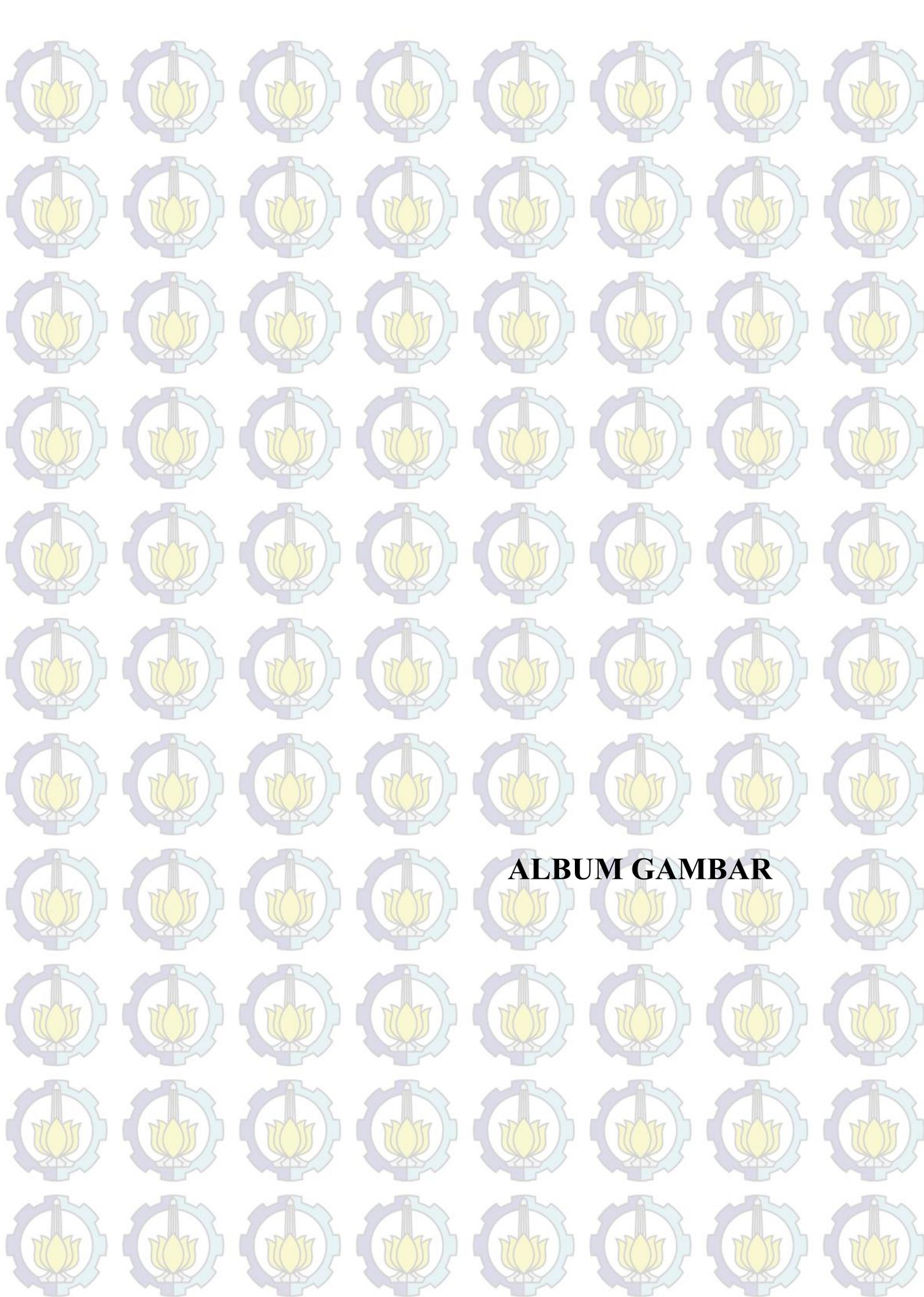
Dosis optimum (BPC) berdasarkan analisis laboratorium adalah 2 mg/L (Qasim, 2000)

$$\begin{aligned}
\text{Dosis klor yang dibutuhkan} &= \text{dosis klor optimum} + \text{sisa klor} \\
&= 2 \text{ mg/L} + 0,3 \text{ mg/L} \\
&= 2,3 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

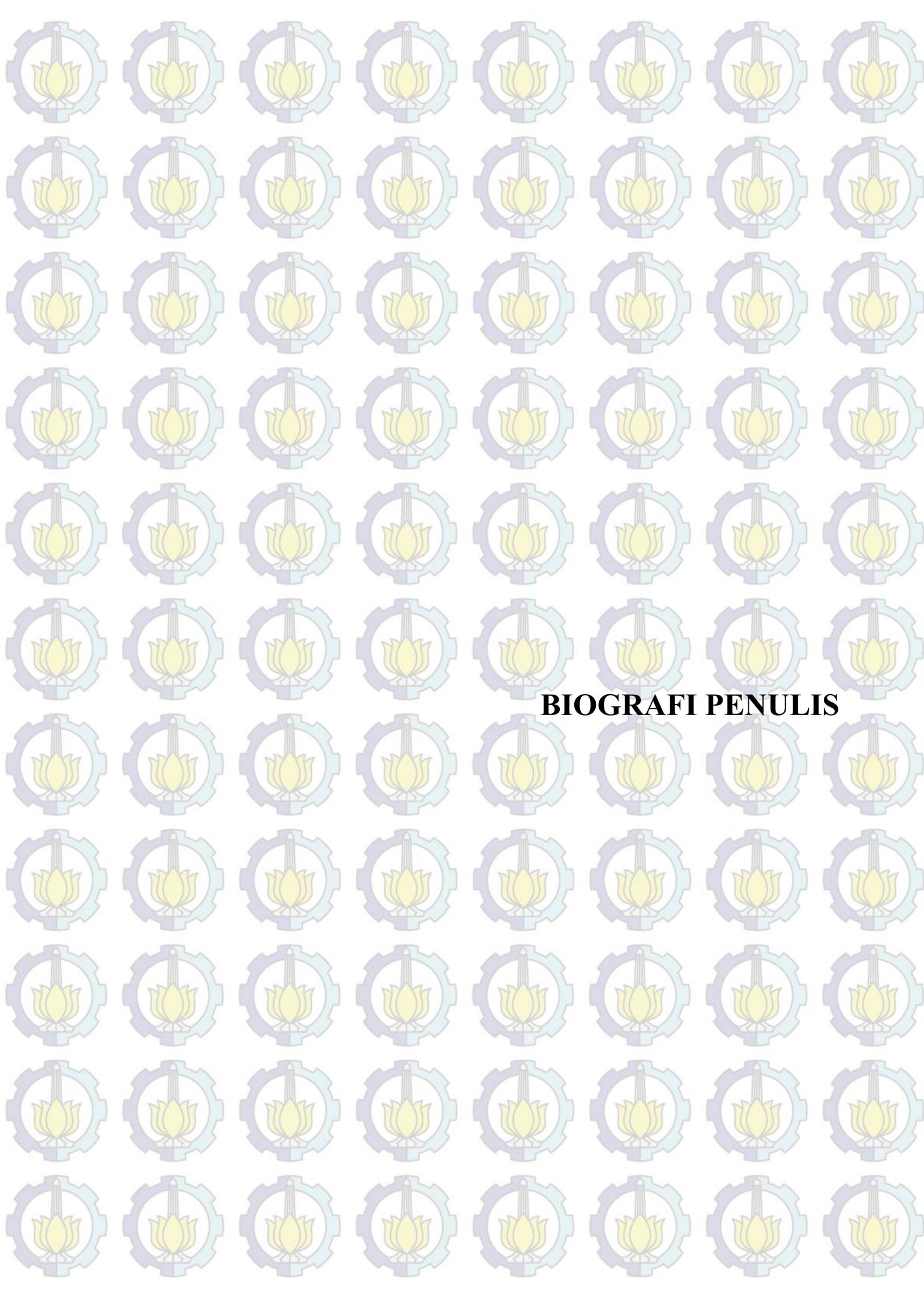
$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan klor dalam 1 hari} &= 2,3 \text{ mg/L} \times 21.600 \text{ m}^3/\text{hari} \times 10^{-6} \text{ kg/mg} \\
&\quad \times 450 \text{ L/m}^3
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Diasumsikan penampungan klor cukup selama 30 hari} & \\
&= 49,68 \text{ kg/hari} \times 30 \text{ hari} \\
&= 702,76 \text{ kg}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kebutuhan tabung klor} &= 702,76 \text{ kg/kapasitas tabung} \\
&= 702,76 \text{ kg}/615 \text{ kg} \\
&= 2 \text{ buah}
\end{aligned}$$



ALBUM GAMBAR



BIOGRAFI PENULIS

BIOGRAFI PENULIS



Mohamad Masykur Rifa'i dilahirkan di Gresik pada tanggal 25 Mei 1987 merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Untung Suratno dan Ibu Masrucha (alm). Penulis tumbuh dan besar di Desa Cerme Lor Kecamatan Cerme Kabupaten Gresik, Jawa Timur, Indonesia. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Cerme Lor II pada tahun 1993-1999. Kemudian penulis melanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMPN I Cerme pada tahun 1999-2002. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMAN 1 Gresik pada tahun 2002-2005. Penulis melanjutkan pendidikan sarjana Jurusan Teknik Lingkungan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2005-2010. Saat ini penulis telah bekerja dan bergerak pada bidang keteknikan khususnya yang berkaitan dengan teknik lingkungan. Penulis dapat dihubungi melalui *e-mail* dengan alamat: maskur.rifai.2@gmail.com