



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI EVALUASI KINERJA INSTALASI
PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM KOTA
MOJOKERTO AKIBAT PERBEDAAN KUALITAS
AIR BAKU PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**

RESITA NADYA NOOR AZHAARI
0321164000016

Dosen Pembimbing
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR - RE 184804

**STUDI EVALUASI KINERJA INSTALASI
PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM KOTA
MOJOKERTO AKIBAT PERBEDAAN KUALITAS
AIR BAKU PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**

RESITA NADYA NOOR AZHAARI
0321164000016

Dosen Pembimbing
Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT - RE 184804

**STUDY OF WATER TREATMENT PLANT
PERFORMANCE EVALUATION OF PDAM
MOJOKERTO CITY DUE TO RAW WATER
QUALITY DIFFERENCE IN RAINY AND DRY
SEASONS**

**RESITA NADYA NOOR AZHAARI
0321164000016**

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

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering, Planning, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR
(IPA) PDAM KOTA MOJOKERTO AKIBAT PERBEDAAN
KUALITAS AIR BAKU PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU**

TUGAS AKHIR

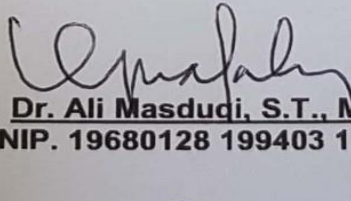
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RESITA NADYA NOOR AZHAARI
NRP. 0321164000016

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir


Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.
NIP. 19680128 199403 1 003



STUDI EVALUASI KINERJA INSTALASI PENGOLAHAN AIR (IPA) PDAM KOTA MOJOKERTO AKIBAT PERBEDAAN KUALITAS AIR BAKU PADA MUSIM HUJAN DAN KEMARAU

Nama Mahasiswa : Resita Nadya Noor Azhaari
NRP : 032164000016
Departemen : Teknik Lingkungan
Pembimbing : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk yang tinggi di Kota Mojokerto menyebabkan kebutuhan dasar akan air bersih semakin meningkat. PDAM Kota Mojokerto menyuplai kebutuhan air bersih dengan mengambil air baku yang berasal dari Sungai Brantas kemudian mengolahnya di Instalasi Pengolahan Air (IPA). Pada musim kemarau kualitas air baku berada pada kisaran 20 NTU sedangkan pada musim hujan kualitas air baku berada pada kisaran ratusan hingga mencapai kekeruhan maksimal 1000 NTU. Saat ini PDAM Kota Mojokerto belum memiliki unit pengolahan pendahuluan untuk kekeruhan dan untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku yang berfluktuasi terutama di musim hujan dilakukan dengan peningkatan konsentrasi koagulan (PAC) yang ditambahkan. Maka dari itu, maksud dan tujuan dari penelitian Tugas Akhir ini adalah mengurangi peningkatan penggunaan PAC pada musim hujan dengan menggunakan unit prasedimentasi.

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur terkait topik penelitian, pengumpulan, pengolahan data, pembahasan, dan penarikan kesimpulan dan saran. Hasil dalam Tugas Akhir ini adalah evaluasi kualitas air baku dan air produksi dengan parameter *E. coli*, total koliform, nitrat, kekeruhan, besi, kesadahan, khlorida, sulfat, suhu, dan zat organik berdasarkan standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. Evaluasi unit bangunan yang meliputi *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi berdasarkan kriteria desain dari beberapa literatur, serta DED bangunan prasedimentasi untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku antara musim hujan dan kemarau.

Berdasarkan hasil evaluasi air baku dan air produksi pada musim kemarau dan musim hujan, sebagian besar parameter telah memenuhi baku mutu, kecuali parameter *E. coli*, koliform, kekeruhan, dan besi pada air baku. Hasil evaluasi kinerja unit didapatkan bahwa semua parameter desain telah memenuhi kriteria desain. Peningkatan penggunaan PAC pada musim hujan dibandingkan musim kemarau menjadi dasar dalam perencanaan unit pengolahan kekeruhan yakni dua buah unit bangunan prasedimentasi. Dalam memaksimalkan *removal* kekeruhan dan ketersediaan lahan maka dilakukan perencanaan prasedimentasi yang mengacu pada kriteria desain dari beberapa literatur dengan *removal* kekeruhan sebesar 65%. Ukuran dimensi masing-masing unit prasedimentasi yang didapatkan dari perhitungan adalah panjang 36 m, lebar 4,5 m, dan kedalaman 2 m. Selain prasedimentasi juga dilakukan perencanaan saluran *by pass* dengan ukuran panjang 43,8 m, lebar 1 m, dan kedalaman 0,5 m yang akan difungsikan pada saat pembangunan prasedimentasi dan saat kekeruhan air baku rendah. Dengan adanya unit prasedimentasi, didapatkan dosis optimum PAC menurun dari 80 mg/L menjadi 50 mg/L. Proyek pembangunan unit prasedimentasi ini layak dilaksanakan karena nilai PV dari biaya pembangunan prasedimentasi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pembangunan prasedimentasi, yakni Rp 18.825.576.738 dalam 20 tahun.

Kata kunci: Evaluasi, IPA, Kekeruhan, PAC, Prasedimentasi.

STUDY OF WATER TREATMENT PLANT PERFORMANCE EVALUATION OF PDAM MOJOKERTO CITY DUE TO RAW WATER QUALITY DIFFERENCE IN RAINY AND DRY SEASONS

Name : Resita Nadya Noor Azhaari
NRP : 032164000016
Study Program : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ali Masduqi, S.T., M.T.

ABSTRACT

High population growth in Mojokerto city causes the increasing of clean water as the basic need. The regional water company (Perusahaan Daerah Air Minum / PDAM) of Mojokerto supplies clean water needs by taking raw water from the Brantas River and then processing it at Water Treatment Plant (Instalasi Pengolahan Air / IPA). In dry season, the turbidity quality of raw water is in the range of 20 NTU, while in rainy season the turbidity quality of raw water is in the range of hundreds up to the maximum of 1000 NTU. Currently, IPA PDAM of Mojokerto doesn't have a preliminary treatment unit for turbidity removal and to overcome the difference in raw water quality, which fluctuates especially in rainy season, by increasing the Poly Aluminium Chloride (PAC) concentration as a coagulant. Therefore, the purpose and the objective of this final project is to reduce the use of PAC which increases in rainy season by using pre-sedimentation unit.

This research begins with a literature study related to this topic, primary and secondary data collection, data processing, discussion, and drawing conclusions and suggestion. The outcome of this final project are the evaluation of raw water and produced water quality with parameters of *E. coli*, total coliform, nitrate, turbidity, iron, hardness, chloride, sulfate, temperature, and organic substances based on the quality standard of the Regulation of the Minister of Health of the Republic Indonesia number 492/MENKES/PER/IV/2010. Unit performances evaluation including intake, coagulation, flocculation, sedimentation, filtration, and disinfection based on design criteria from many literatures, and also

Detail Engineering Design (DED) of pre-sedimentation tank unit to overcome raw water quality difference in rainy and dry seasons.

Based on the evaluation result of raw water and produced water during dry and rainy seasons, most of the parameters have fulfilled the quality standard, except for *E. coli*, total coliform, turbidity, and iron of raw water. From unit performances evaluation result, only time detention of coagulation process that don't fulfill the design criteria. The increase of PAC that used in rainy season compared to dry season become the basis in the planning of the turbidity removal unit, pre-sedimentation tank. In order to maximize turbidity removal and land availability, pre-sedimentation units planning refers to design criteria from many literatures with turbidity removal of 65%. The dimension of each pre-sedimentation unit obtained from the calculation are 36 m long, 4,5 m wide, and 2 m deep. In addition to pre-sedimentation also carried out the planning of a by pass channel with a dimension 43,8 m long, 1 m wide, and 0,5 m deep. After the planning of pre-sedimentation unit, the optimum dose of PAC will be decreased from 80 mg/L to 50 mg/L. This pre-sedimentation unit construction project is feasible because Cost PV of this pre-sedimentation construction cost is lower than without the pre-sedimentation construction, which is Rp 18.825.576.738 in 20 years.

Keywords: Evaluation, PAC, Pre-sedimentation Tank, Turbidity, Water Treatment Plant (IPA).

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur Saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya Tugas Akhir dengan judul **“Studi Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto Akibat Perbedaan Kualitas Air Baku pada Musim Hujan dan Kemarau”** dapat Saya selesaikan. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam kesempatan ini, Saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ali Masuqi, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing mata kuliah Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan membimbing selama proses pengerjaan Tugas Akhir,
2. Bapak Ir. Bowo Djoko Marsono, M.Eng., Bapak Dr. Ir. Irwan Bagyo S, M.T., Bapak Alfan Purnomo, S.T., M.T., dan Ibu Harmin Sulistiyaning Titah, S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pengarah yang telah memberikan saran dan masukan pada Tugas Akhir ini,
3. Orang tua untuk segala doa dan dukungan yang telah diberikan,
4. Dosen-dosen pengajar di Departemen Teknik Lingkungan ITS,
5. PDAM Kota Mojokerto,
6. Teman-teman angkatan 2016 yang telah memberikan dukungan dan semangat,

Dalam penulisan tugas akhir ini telah diusahakan semaksimal dan sebaik mungkin, namun tentunya masih terdapat keterbatasan dan kekurangan, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna memperbaiki di kemudian hari.

Surabaya, Januari 2020

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Gambaran Umum Instalasi Pengolahan Air (IPA) di PDAM Kota Mojokerto.....	5
2.2 Karakteristik Air Baku.....	10
2.2.1 Karakteristik Fisika	10
2.2.2 Karakteristik Kimia	10
2.2.3 Karakteristik Biologi	11
2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum.....	11
2.4 Unit Pengolah Air Baku.....	14
2.4.1 <i>Intake</i>	15
2.4.2 Prasedimentasi.....	16
2.4.3 Koagulasi.....	16
2.4.4 Flokulasi	17
2.4.5 Sedimentasi	18
2.4.6 Filtrasi	19
2.4.7 Desinfeksi	19
2.4.8 <i>Reservoir</i>	20
2.5 Kriteria Desain Unit Pengolahan.....	20
2.5.1 Kriteria Desain <i>Intake</i>	20
2.5.2 Kriteria Desain Prasedimentasi	20
2.5.3 Kriteria Desain Koagulasi	21
2.5.4 Kriteria Desain Flokulasi	21

2.5.5 Kriteria Desain Sedimentasi	22
2.5.6 Kriteria Desain Filtrasi.....	23
2.6 <i>Poly Aluminium Chloride</i> (PAC)	24
2.7 <i>Removal</i> Kekeruhan	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Umum	27
3.2 Kerangka Penelitian Tugas Akhir.....	27
3.2.1 Judul Tugas Akhir.....	30
3.2.2 Rumusan Masalah dan Tujuan.....	30
3.2.3 Perijinan.....	31
3.2.4 Tinjauan Pustaka.....	31
3.2.5 Pengumpulan Data	31
3.2.6 Analisis dan Pembahasan	33
3.2.7 Kesimpulan dan Saran	36
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Analisis Kualitas Air	37
4.1.1 Analisis Data Primer Kualitas Air pada Musim Kemarau	37
4.1.2 Analisis Data Primer Kualitas Air pada Musim Hujan	40
4.1.3 Hubungan Parameter Kualitas Air yang Diuji dengan Kekeruhan	43
4.1.4 Analisis Data Sekunder Kualitas Air	51
4.2 Evaluasi Kinerja Instalasi	55
4.2.1 Evaluasi Unit <i>Intake</i>	55
4.2.2 Evaluasi Pompa <i>Intake</i>	56
4.2.3 Evaluasi Unit Koagulasi.....	58
4.2.4 Evaluasi Unit Flokulasi.....	59
4.2.5 Evaluasi Unit Sedimentasi.....	61
4.2.6 Evaluasi Pompa Filtrasi	62
4.2.7 Evaluasi Unit Desinfeksi	63
4.2.8 Analisis Kekeruhan Air dan Penggunaan PAC	66
4.3 Perencanaan Bangunan Prasedimentasi.....	70
4.3.1 Perhitungan Dimensi Saluran <i>By Pass</i>	71
4.3.2 Perhitungan Dimensi Unit Prasedimentasi	74
4.3.3 Pengolahan Lumpur	88

4.3.4 Perhitungan Profil Hidrolis Eksisting.....	89
4.3.5 Perhitungan Profil Hidrolis Perencanaan.....	91
4.3.6 Perbandinagn Dosis Optimum PAC Sebelum dan Setelah Perencanaan Unit Prasedimentasi	96
4.3.7 Perhitungan <i>Bill of Quantity</i> (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan PV dari Biaya.....	97
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	103
5.1 Kesimpulan.....	103
5.2 Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN 1	113
LAMPIRAN 2	115
LAMPIRAN 3	125
LAMPIRAN 4	127
LAMPIRAN 5	133
LAMPIRAN 6	135
LAMPIRAN 7	137
LAMPIRAN 8	139
LAMPIRAN 9	141
LAMPIRAN 10	143
LAMPIRAN 11	145
LAMPIRAN 12	147
LAMPIRAN 13	149
LAMPIRAN 14	151
LAMPIRAN 15	153
LAMPIRAN 16	155
BIOGRAFI PENULIS	157

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Lokasi IPA PDAM Kota Mojokerto	5
Gambar 2.2	<i>Layout</i> IPA PDAM Kota Mojokerto	6
Gambar 2.3	<i>Intake</i> IPA PDAM Kota Mojokerto	7
Gambar 2.4	Sumur Pengumpul dan Pompa IPA PDAM Kota Mojokerto	7
Gambar 2.5	Koagulator (Terjunan) IPA PDAM Kota Mojokerto	7
Gambar 2.6	Unit Flokulasi IPA PDAM Kota Mojokerto	8
Gambar 2.7	Unit Sedimentasi IPA PDAM Kota Mojokerto	8
Gambar 2.8	Unit Filtrasi IPA PDAM Kota Mojokerto	8
Gambar 2.9	Tabung Desinfeksi IPA PDAM Kota Mojokerto	9
Gambar 2.10	<i>Reservoir</i> IPA PDAM Kota Mojokerto	9
Gambar 2.11	Diagram Alir Pengolahan Eksisting IPA PDAM Kota Mojokerto	9
Gambar 2.12	Zona-Zona dalam Bak Sedimentasi	19
Gambar 3.1	Diagram Alir Kerangka Penelitian Tugas Akhir	27
Gambar 3.2	Diagram Langkah Analisis dan Pembahasan	34
Gambar 4.1	Perbandingan Konsentrasi Kekeruhan dengan <i>E. coli</i> pada Air Baku	44
Gambar 4.2	Perbandingan Rata-Rata Kekeruhan dengan Penggunaan PAC	68
Gambar 4.3	Alur Hasil Evaluasi Kualitas Air	69
Gambar 4.4	Rencana Lokasi Unit Prasedimentasi dan Saluran <i>By</i> <i>Pass</i>	70
Gambar 4.5	Rencana Denah Prasedimentasi dan Saluran <i>By</i> <i>Pass</i>	71
Gambar 4.6	Detail <i>Barscreen</i>	73
Gambar 4.7	Kecepatan Pengendapan dengan Fraksi Tersisa	75
Gambar 4.8	Denah Unit Prasedimentasi	76
Gambar 4.9	Grafik <i>Performance</i>	77
Gambar 4.10	Zona Inlet	79
Gambar 4.11	Sketsa <i>Perforated Baffle</i>	81
Gambar 4.12	Sketsa Ruang Lumpur	83
Gambar 4.13	Sketsa <i>Weir</i> dan <i>Gutter</i>	85
Gambar 4.14	Detail <i>Gutter</i>	85

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Standar Air Minum (EPA)	13
Tabel 2.2 Standar Air Minum (PERMENKES No. 492 Tahun 2010) Paramter Utama	13
Tabel 2.3 Koagulan yang Umum Digunakan.....	17
Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Prasedimentasi	21
Tabel 2.5 Kriteria Desain Bak Koagulasi.....	21
Tabel 2.6 Kriteria Desain Bak Flokulasi	22
Tabel 2.7 Kriteria Desain Bak Sedimentasi	22
Tabel 2.8 Kriteria Desain Bak Filtrasi	23
Tabel 3.1 Matriks Analisis dan Evaluasi Unit	35
Tabel 4.1 Hasil Uji Kualitas Air Baku Musim Kemarau.....	37
Tabel 4.2 Hasil Uji Kualitas Air Produksi Musim Kemarau	38
Tabel 4.3 Efisiensi <i>Removal</i> Beberapa Parameter pada Musim Kemarau	40
Tabel 4.4 Hasil Uji Kualitas Air Baku Musim Hujan	40
Tabel 4.5 Hasil Uji Kualitas Air Produksi Musim Hujan	41
Tabel 4.6 Efisiensi <i>Removal</i> Beberapa Parameter pada Musim Hujan	42
Tabel 4.7 Perbandingan Konsentrasi Kekeruhan dengan <i>E. coli</i> pada Air Baku dan Air Produksi.....	43
Tabel 4.8 Hasil Uji Kualitas Air Baku November 2014	51
Tabel 4.9 Hasil Uji Kualitas Air Produksi November 2014.....	52
Tabel 4.10 Hasil Uji Kualitas Air Baku April 2016.....	53
Tabel 4.11 Hasil Uji Kualitas Air Produksi April 2016.....	54
Tabel 4.12 Kebutuhan Desinfektan per Bulan Januari – Agustus 2019.....	64
Tabel 4.13 Hasil Evaluasi Kinerja Unit IPA PDAM Kota Mojokerto	65
Tabel 4.14 Hasil <i>Column Settling Test</i>	74
Tabel 4.15 Kecepatan dan Fraksi Tersisa Hasil Percobaan	75
Tabel 4.16 PV dari Biaya Tanpa Pembangunan Prasedimentasi	99
Tabel 4.17 PV dari Biaya Dengan Pembangunan Prasedimentasi	100

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kota Mojokerto merupakan kota kecil dengan luas 16,47 Km² dan jumlah penduduk sebanyak 143.377 jiwa (BPS Kota Mojokerto, 2019). Kebutuhan air bersih sebagai salah satu kebutuhan pokok manusia akan semakin meningkat diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk. Pemenuhan kebutuhan air bersih di Kota Mojokerto sebagian besar dilakukan oleh PDAM Kota Mojokerto. Jumlah pelanggan PDAM Kota Mojokerto pada tahun 2018 adalah sebesar 5.186, meningkat sebesar 239 pelanggan dari tahun sebelumnya (BPS Kota Mojokerto 2018; BPS Kota Mojokerto 2019). Adanya peningkatan populasi hari demi hari, urbanisasi dan industrialisasi, menyebabkan permintaan akan pasokan air meningkat (Sharma dan Bhatia, 2018). Peningkatan kebutuhan pasokan air bersih dapat menyebabkan *overload* kapasitas pengolahan pada instalasi pengolahan. Pertumbuhan penduduk ini juga menyebabkan penurunan kualitas air di sumber air baku karena aktivitas manusia dan penggunaan lahan di sekitar sumber (Bhaskoro dan Ramadhan, 2018). Semua air permukaan dan air tanah memerlukan pengolahan sebelum dikonsumsi untuk memastikan air tidak memberikan risiko kesehatan bagi pengguna (Saminu dkk, 2013). Air yang dapat dikonsumsi oleh penduduk di Indonesia harus memenuhi baku mutu yang ada dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No.492/MENKES/PER/IV/2010, yang meliputi syarat fisik, kimia dan bakteriologis.

Instalasi Pengolahan Air (IPA) di PDAM Kota Mojokerto menggunakan air baku yang berasal dari Sungai Brantas. Berdasarkan data tingkat kekeruhan air dari PDAM Kota Mojokerto (2019), kekeruhan air baku pada musim kemarau tercatat berada pada kisaran 20 NTU, sedangkan pada musim penghujan kekeruhan air baku tercatat berada pada kisaran 500 hingga 1000 NTU. Pada musim hujan, kekeruhan air permukaan menjadi lebih tinggi yang berasal dari kandungan partikel anorganik akibat limpasan erosi tanah (Kwak dkk, 2010). Fluktuasi tingkat kekeruhan dapat memengaruhi kualitas produksi air bersih dan

kinerja unit instalasi pengolahan. Tingkat kekeruhan air produksi akan berpengaruh terhadap pemenuhan air bersih di Kota Mojokerto. Untuk mengatasi permasalahan perbedaan kualitas air baku antara musim hujan dan kemarau PDAM Kota Mojokerto melakukan peningkatan konsentrasi penggunaan PAC yang digunakan sebagai koagulan dari 10% menjadi 80%. Peningkatan konsentrasi PAC yang digunakan akan kurang efektif dari segi biaya dan akan menimbulkan efek samping lain seperti penurunan pH. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga akan menyebabkan penurunan pH tetapi tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan (Kartika dkk, 2015).

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan studi untuk mengurangi penggunaan PAC yang meningkat pada musim hujan dengan upaya *pretreatment* menggunakan unit prasedimentasi. Unit prasedimentasi didesain berdasarkan evaluasi kualitas air baku dan air produksi di IPA PDAM Kota Mojokerto yang melebihi standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 terutama parameter kekeruhan untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau. Unit prasedimentasi berfungsi untuk mengurangi kandungan partikel diskret yang ada dalam input air baku. Partikel-partikel diskret mempunyai efek yang kurang baik apabila masuk kedalam sistem pengolahan, terutama pada unit-unit peralatan mekanik karena dapat mengganggu kerja unit-unit tersebut. Pasir dan lumpur disamping dapat menyumbat pompa, material inipun dapat merusak unit yang bergerak dan terendam di dalam air seperti bagian *impeller* pompa (Ambat dan Prasetyo, 2015).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana kualitas air baku dan air produksi beserta kinerja dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto?
2. Bagaimana *Detail Engineering Design* (DED) unit prasedimentasi untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini antara lain:

1. Mengevaluasi kualitas air baku dan air produksi beserta kinerja dari setiap instalasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto dengan cara membandingkan dengan standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.
2. Membuat *Detail Engineering Design* (DED) unit prasedimentasi untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini antara lain:

1. Lokasi evaluasi di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto.
2. Analisis kualitas air menggunakan parameter fisika, kimia, dan bakteriologis yang tertera dalam lampiran baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.
3. Evaluasi kinerja instalasi menggunakan kriteria desain dari beberapa literatur.
4. Kualitas air yang dibandingkan dengan baku mutu adalah sampel air baku dan air hasil produksi.
5. Pembuatan DED untuk unit prasedimentasi mengacu pada kriteria desain dari beberapa literatur.
6. Pembuatan DED mencakup perhitungan dimensi dan aspek hidrolika bangunan.
7. Perhitungan RAB mengacu pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Mojokerto Tahun 2020.

1.5 Manfaat

Manfaat penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi ilmiah terhadap kualitas air baku beserta kinerja dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto.
2. Memberikan rekomendasi desain unit prasedimentasi di IPA PDAM Kota Mojokerto.

Halaman ini sengaja dikosongkan

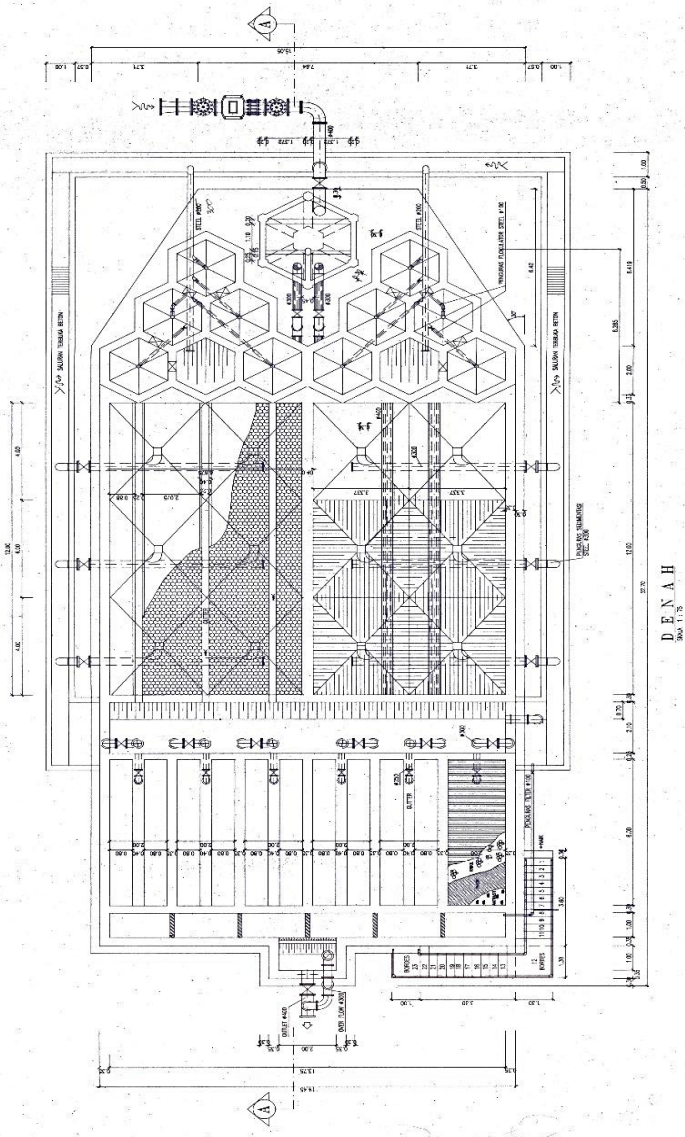
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Instalasi Pengolahan Air (IPA) di PDAM Kota Mojokerto

Persentase penggunaan air bersih suatu wilayah dapat digunakan sebagai tolak ukur tingkat kesejahteraan masyarakat. Semakin tinggi konsumsi air bersih suatu masyarakat, maka dapat dikatakan semakin tinggi tingkat kesejahteraan masyarakat di wilayah tersebut. Sebagian dari kebutuhan air bersih di Kota Mojokerto dilayani oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) “Maja Tirta” Kota Mojokerto, sedangkan sebagian lainnya masih menggunakan air sumur. Pengolahan air bersih oleh PDAM Kota Mojokerto dilakukan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) yang berlokasi di Kelurahan Wates dengan kapasitas 100 L/detik. Pada saat ini, IPA PDAM Kota Mojokerto mengalirkan air bersih sebesar 70 - 80 L/detik untuk didistribusikan di wilayah Kota Mojokerto. Input air baku yang digunakan di instalasi pengolahan ini adalah air Sungai Brantas. Unit pengolahan yang berada di IPA Kota Mojokerto adalah *intake*, 2 koagulator (terjunan), 2 flokulator, 2 bak sedimentasi, 6 filter, tabung desinfeksi, dan *reservoir*. **Gambar 2.1** merupakan lokasi IPA PDAM Kota Mojokerto. *Layout* IPA dapat dilihat pada **Gambar 2.2** sedangkan gambar tiap unit pengolahan dapat dilihat pada **Gambar 2.3 – Gambar 2.10**. Untuk saat ini, IPA PDAM Kota Mojokerto belum memiliki unit prasedimentasi. **Gambar 2.11** merupakan diagram alir pengolahan eksisting di IPA PDAM Kota Mojokerto.



Gambar 2.1 Lokasi IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.2 Layout IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.3 Intake IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.4 Sumur Pengumpul dan Pompa IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.5 Koagulator (Terjunan) IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.6 Unit Flokulasi IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.7 Unit Sedimentasi IPA PDAM Kota Mojokerto



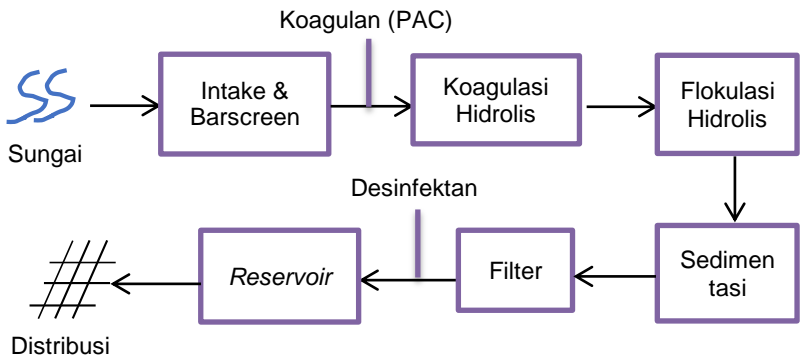
Gambar 2.8 Unit Filtrasi IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.9 Tabung Desinfeksi IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.10 Reservoir IPA PDAM Kota Mojokerto



Gambar 2.11 Diagram Alir Pengolahan Eksisting IPA PDAM Kota Mojokerto

2.2 Karakteristik Air Baku

Karakteristik air baku merupakan kualitas mutu air yang digunakan untuk pengolahan air minum. Kualitas air menyatakan tingkat kesesuaian air terhadap penggunaan untuk pemenuhan kebutuhan manusia. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan beberapa pengujian. Kualitas air mencakup tiga karakteristik, yaitu fisika, kimia, dan biologi (Suripin, 2001).

2.2.1 Karakteristik Fisika

Karakteristik fisik air baku meliputi suhu, kekeruhan, warna, zat padat terlarut, bau, dan rasa. Suhu merupakan salah satu faktor penting dalam pengolahan air. Semakin tinggi suhu, maka reaksi kimia akan semakin cepat, sedangkan konsentrasi gas akan semakin turun, termasuk kadar oksigen dalam air. Suhu pada suatu ekosistem air dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti intensitas cahaya matahari, pertukaran panas antara air dengan udara sekelilingnya, dan ketinggian geografis (Letterman, 1999). Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan tersuspensi berupa koloid partikel halus dan bahan tersuspensi yang berukuran lebih besar. Nilai kekeruhan yang tinggi dapat mempersulit usaha penyaringan dan mengurangi efektivitas desinfeksi pada proses penjernihan air (Effendi, 2003). Warna pada perairan ditimbulkan adanya bahan organik dan anorganik karena keberadaan plankton, humus, dan ion-ion logam misalnya besi dan mangan serta bahan-bahan lain. Zat padat terlarut (*Total Dissolved Solid/ TDS*) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan garam anorganik dan sejumlah kecil bahan organik yang terkandung dalam larutan (Islam dkk, 2017). Nilai TDS perairan sangat dipengaruhi oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik berupa limbah domestik dan industri. Bau dapat bersumber dari adanya hidrogen sulfida dan senyawa organik yang dihasilkan oleh dekomposisi anaerob. Sedangkan rasa dapat disebabkan juga oleh adanya padatan terlarut dalam air sehingga memengaruhi rasa dari air baku itu sendiri.

2.2.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia dalam air diantaranya meliputi pH, alkalinitas, dan kesadahan. pH merupakan salah satu parameter kualitas operasional penting untuk menentukan sifat korosif air.

Kontrol pH sangat penting dilakukan pada setiap tahapan pengolahan air untuk memastikan penjernihan air yang baik dan desinfeksi (Elevli dkk, 2016). Air yang diperuntukkan sebagai air minum sebaiknya memiliki pH netral (+7) karena nilai pH berhubungan dengan efektifitas klorinasi (Hasrianti dan Nurasia, 2016). Kesadahan dalam air ada dua macam, yakni kesadahan tetap (kesadahan non-bikarbonat) dan kesadahan sementara (kesadahan bikarbonat). Dua metode penurunan kesadahan yaitu dengan cara pemanasan (untuk kesadahan sementara) dan presipitasi (untuk kesadahan sementara maupun kesadahan tetap) (Masduqi dan Assomadi, 2012).

2.2.3 Karakteristik Biologi

Bakteri indikator menjadi parameter biologi dalam air baku. Keberadaan bakteri indikator dalam air maupun makanan menjadi penanda bahwa air atau makanan tersebut tercemar oleh kotoran hewan atau manusia. Kontaminasi *E.coli* menjadi perhatian yang penting dalam setiap uji sampel air minum karena bakteri ini digunakan sebagai bakteri indikator sanitasi (Prihatini, 2012). *E.coli* ditularkan ke manusia melalui jalur fekal oral, terutama oleh konsumsi makanan dan air yang terkontaminasi, atau melalui kontak dengan hewan, kotoran dan tanah yang terkontaminasi. Pada tempat pembuangan tinja yang tidak saniter, *E.coli* dapat dengan mudah mencemari air permukaan (Gultom, 2016).

2.3 Persyaratan Kualitas Air Minum

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, air diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

1. Kelas satu: air yang digunakan untuk air minum dan mutu airnya sama dengan mutu air minum.
2. Kelas dua: air yang digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, untuk mengairi tanaman dan mutu arinya sama dengan kegunaannya tersebut.
3. Kelas tiga: air yang digunakan untuk prasarana / sarana rekreasi, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, untuk mengairi tanaman dan mutu arinya sama dengan kegunaannya tersebut.

4. Kelas empat: air yang digunakan untuk mengairi, pertamanan dan mutu airnya sama dengan kegunaannya tersebut.

Standar kualitas air minum yang digunakan di Indonesia adalah Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 492/MENKES/PER/IV/2010 tanggal 09 April 2010 yang didalamnya sudah mencakup persyaratan fisik, kimia, bakteriologis dan radiologis, sebagai berikut:

1. Persyaratan Fisik

Parameter dalam persyaratan fisik untuk air minum yaitu warna, rasa dan bau, temperatur, dan kekeruhan.

2. Persyaratan Kimia

Syarat kimia dalam hal ini yaitu tidak adanya kandungan unsur atau zat kimia yang berbahaya bagi manusia. Keberadaan zat kimia berbahaya harus ditekan seminimal mungkin. Sedangkan zat-zat tertentu yang membantu terciptanya kondisi air yang aman dari mikroorganisme harus tetap dipertahankan keberadaannya dalam kadar tertentu. Parameter dalam persyaratan ini terbagi menjadi dua yaitu bahan kimia yang berpengaruh langsung pada kesehatan dan menimbulkan keluhan pada konsumen. Bahan kimia yang termasuk di dalam parameter ini adalah bahan anorganik, organik, pestisida, serta desinfektan dan hasil sampingannya (Gultom, 2016).

3. Persyaratan Bakteriologis

Parameter persyaratan bakteriologis adalah jumlah maksimum *E.coli* dan total bakteri *Coliform* per 100 ml sampel.

4. Persyaratan Radiologis

Persyaratan radiologis membatasi kadar maksimum alfa dan beta yang diperbolehkan dalam air minum. Air minum yang aman adalah air yang telah memenuhi semua persyaratan dilihat dari kualitas secara fisik, kimia, mikrobiologi maupun radiologis sesuai dengan standar. Parameter ini merupakan parameter tambahan dalam Permenkes.

Secara umum standar air minum dengan melihat batas minum kontaminan yang diperbolehkan dapat dilihat pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**.

Tabel 2.1 Standar Air Minum (EPA)

Kontaminan	Maksimal Kontaminan
Klorida	250 mg/l
Warna	15 color Unit
Tembaga	1 mg/l
Korosivitas	Tidak korosif
Foaming Agent	0,3 mg/l
Hydrogen Sulfide	0,05 mg/l
Besi	0,3 mg/l
Mangan	0,05 mg/l
Bau	3
pH	6,5 – 8
Sulfat	250 mg/l
TDS	500 mg/l
Zinc	5 mg/l

Sumber: Kawamura, 1991

Tabel 2.2 Standar Air Minum (PERMENKES No.492 Tahun 2010)
Parameter Utama

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1) E.Coli	100 ml sampel	0 ml sampel
	2) Total Bakteri Koliform	100 ml sampel	0 ml sampel
	b. Kimia an-organik		
	1) Arsen	mg/l	0,01
	2) Fluorida	mg/l	1,5
	3) Total Kromium	mg/l	0,05
	4) Kadmium	mg/l	0,003
	5) Nitrit	mg/l	3
	6) Nitrat	mg/l	50
	7) Sianida	mg/l	0,07
	8) Selenium	mg/l	0,01

No	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
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 ±3
	b. Parameter Kimiawi		
	1) Alumunium	mg/l	0,2
	2) Besi	mg/l	0,3
	3) Kesadahan	mg/l	500
	4) Khlorida	mg/l	250
	5) Mangan	mg/l	0,4
	6) pH		6,5-8,5
	7) Seng	mg/l	3
	8) Sulfat	mg/l	250
	9) Tembaga	mg/l	2
	10) Amonia	mg/l	1,5

Sumber: Permenkes No. 492 Tahun 2010

2.4 Unit Pengolah Air Baku

Jenis bangunan pengolahan air minum yang digunakan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) tergantung dari kualitas air baku dan kualitas air produksi yang diinginkan, untuk itu perlu dilakukan pemilihan jenis pengolahan yang tepat. Pemilihan pengolahan dilakukan atas beberapa macam alternatif pengolahan dan dipilih jenis pengolahan yang menghasilkan efluen yang paling baik dan memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan sesuai

dengan ruang lingkup. Menurut Masduqi dan Assomadi (2012), secara umum pengolahan air minum secara lengkap dapat dibagi menjadi tiga tahap pengolahan, yaitu tahap pendahuluan/pertama (*pretreatment/primary*), tahap kedua (*secondary treatment*), dan tahap lanjutan (*advanced treatment*). Pembagian ini didasarkan atas dimensi polutan. Pengolahan pendahuluan berfungsi untuk menghilangkan polutan berukuran besar seperti sampah, lumpur kasar, dan partikel diskret. Pengolahan tahap kedua bertujuan untuk menghilangkan polutan yang berdimensi lebih kecil dan sulit dihilangkan secara fisik, seperti partikel koloid atau tersuspensi. Pengolahan tahap lanjutan bertujuan untuk menghilangkan partikel berdimensi molekuler dan ionik yang berbentuk terlarut, seperti bahan organik, mineral/logam, nutrien, gas terlarut, dan sejenisnya. Ada beberapa unit bangunan pengolah air yang terdiri dari bangunan *intake*, prasedimentasi, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, desinfeksi, dan *reservoir* (Putri, 2013).

2.4.1 Intake

Intake dibangun pada sumber air baku dengan bertujuan untuk mengambil air baku dari sumbernya yang kemudian akan dialiri menuju instalasi pengolahan. Kapasitas *intake* harus dapat memenuhi jumlah kebutuhan hari maksimum harian sepanjang periode perencanaan (Ramadhani dkk, 2017). Pada *intake*, terdapat pompa yang akan menyalurkan air ke unit pengolahan selanjutnya. Pompa adalah salah satu bagian terpenting dari proses pengolahan air yang digunakan untuk menaikkan cairan dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau cairan dari tekanan tinggi (Supardi dan Renwarin, 2015). Umumnya, pompa dipilih berdasarkan debit dan *head* yang diperlukan, dan diperlukan tekanan untuk memompa cairan melalui sistem pada tingkat tertentu (Thorat, 2015).

Menurut Garbus dkk (2008), ada dua kelompok dasar pompa, yakni kinetik dan perpindahan positif (*positive displacement*). Pompa kinetik memberikan kecepatan dan tekanan ke fluida saat bergerak melewati atau melalui impeler pompa dan, selanjutnya, mengubah sebagian kecepatan itu menjadi tekanan tambahan. Pompa kinetik dibagi lagi menjadi dua yakni sentrifugal (atau *volute*) dan pompa vertical (atau turbin). Sedangkan dalam pompa *positive displacement*, elemen bergerak (piston, *plunger*,

rotor, lobe, atau gigi) memindahkan cairan dari selubung pompa (atau silinder) dan, pada saat yang sama, meningkatkan tekanan cairan. Pompa ini dibagi menjadi tiga jenis lagi, yakni pompa bolak-balik (*reciprocating pumps*), pompa putar (*rotary pumps*), dan pompa pneumatik (*pneumatic pumps*).

2.4.2 Prasedimentasi

Prasedimentasi merupakan proses awal yang berfungsi sebagai penghilang padatan tersuspensi penyebab kekeruhan melalui proses pengendapan tanpa penggunaan koagulan, melainkan secara gravitasi. Untuk mendapatkan kondisi pengendapan yang mendekati ideal, perencanaan mengikuti persyaratan bilangan Reynolds (N_{re}) dan bilangan Froud (N_{fr}). Zona pengendapan ideal mempunyai kondisi aliran laminer ($N_{re} < 2000$), serta stabil dan tidak terjadi aliran pendek ($N_{fr} > 10^{-5}$) (Dini dan Indarjanto, 2011).

$$N_{Re} = \frac{vh \times R}{\nu} \quad ; \quad N_{Fr} = \frac{vh^2}{g \times R} \quad ; \quad R = \frac{Ac}{P} \quad ; \quad Vh = \frac{Q}{Atube \times \sin 60^\circ}$$

Dimana:

N_{Re} = Bilangan Reynolds; Vh = Kecepatan horizontal (m/detik)

R = Jari-jari hidrolis (m); ν = Viskositas kinematis ($m^2/detik$)

N_{Fr} = Bilangan Froud; g = Gravitasi ($m^2/detik$)

2.4.3 Koagulasi

Koagulasi adalah proses kimia fisik dari pencampuran bahan kimia (koagulan) kedalam aliran air dan selanjutnya diaduk secara cepat dalam bentuk larutan tercampur. Beberapa jenis koagulan dalam praktik pengolahan air, antara lain aluminium sulfat ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 14,3H_2O$), ferri klorida ($FeCl_3/FeCl_3 \cdot 13,1H_2O/FeCl_3 \cdot 6H_2O$), ferri sulfat ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O/Fe_2(SO_4)_3 \cdot 36,9H_2O$), dan ferro sulfat ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) (Qasim *et al.*, 2000). Aluminium sulfat dan *poly aluminium chloride* (PAC) merupakan koagulan anorganik dengan produksi terbanyak. Aluminium sulfat biasanya disebut juga sebagai tawas. Bahan ini banyak dipakai, karena efektif untuk menurunkan kadar karbonat. Koagulasi dapat dilakukan dengan cara hidrolis, mekanis, maupun

pneumatis. Aliran masuk air (hL), semakin besar nilai hL maka makin besar pula nilai G.

$$G = \sqrt{\frac{\rho \times g \times hL}{\mu \times td}}$$

Dimana:

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹); ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Gravitasi (m²/detik); hL = Headloss (m)

td = Waktu detensi (detik); μ = Viskositas absolut (N.detik/m²)

Tabel 2.3 Koagulan yang Umum Digunakan

Koagulan	Rumus Kimia	Keterangan
Alumunium Sulfat	Al ₂ (SO ₄) ₃ .14H ₂ O	Koagulan yang banyak digunakan di Amerika dan sering digunakan bersamaan dengan polimer kation. Merupakan polimer sintetik, efisien pada beberapa air baku yang membutuhkan sedikit penyesuaian pH dan menghasilkan lumpur yang lebih sedikit. Dapat digunakan sebagai koagulan utama atau bersamaan dengan koagulan alumunium dan garam besi.
<i>Ferric Chloride</i>	FeCl ₃	
<i>Ferric Sulfate</i>	Fe ₂ (SO ₄) ₃	
<i>Polyaluminum Chloride</i>	Al(OH) _x (Cl) _y	
<i>Cationic Polymer</i>		

Sumber : American Water Work Association, 2005

2.4.4 Flokulasi

Flokulasi merupakan pengadukan lambat untuk menggabungkan partikel-partikel padat yang telah terdestabilisasi menjadi flok-flok yang dapat diendapkan pada unit pengolahan berikutnya dengan cepat (Reynolds, 1982). Flokulasi dapat dilakukan dengan cara pengadukan hidrolis, mekanik, dan pneumatik (BSN, 2008).

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

Dimana:

G = Gradien kecepatan (detik⁻¹); ρ = Massa jenis air (kg/m³)

g = Gravitasi (m²/detik); hL = Headloss (m)

V = Volume (m³); μ = Viskositas absolut (N.detik/m²)

2.4.5 Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut (Reynolds, 1982). Tujuan digunakannya unit sedimentasi yaitu untuk menghilangkan pasir atau kerikil halus, *particulate-matter*, *biological-foc*, *chemical foc* serta untuk pemekatan padatan dalam tangki pemekat lumpur. Bentuk bangunan sedimentasi secara umum berupa (Priambodo, 2016):

a. Segi empat (*rectangular*)

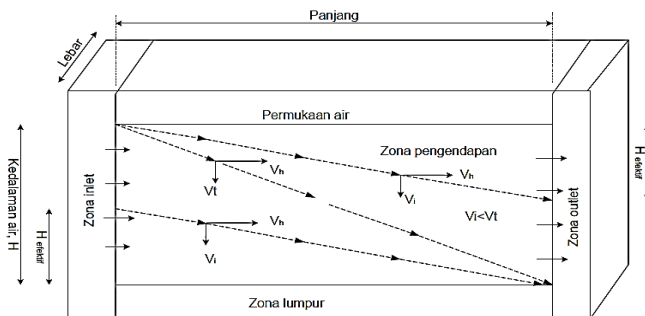
Air baku mengalir secara horizontal dari inlet menuju outlet. Partikel flokulen yang terbentuk diharapkan mengendap secara gravitasi ke *settling zone*.

b. Lingkaran (*circular*)

Air baku masuk melalui bagian tengah lingkaran dan secara horizontal menuju ke outlet di bagian keliling lingkaran. Partikel flokulen yang terbentuk mengendap secara gravitasi ke bawah.

$$\% \text{ Efisiensi removal} = \frac{\text{kekeruhan awal} - \text{kekeruhan akhir}}{\text{kekeruhan awal}}$$

Hal-hal yang menjadi pertimbangan dalam desain bak sedimentasi adalah proses pengolahan secara keseluruhan, sumber air baku (kekeruhan rendah, sedang, tinggi), kecepatan pengendapan partikel, kondisi iklim karakteristik geologi pada *site plan* (, 2010). **Gambar 2.12** merupakan pembagian zona dalam bak sedimentasi.



Gambar 2.12 Zona-zona Dalam Bak Sedimentasi

Sumber: Masduqi dan Assomadi, 2012

2.4.6 Filtrasi

Filtrasi merupakan proses pengolahan dengan cara mengalirkan air melewati suatu media filter yang disusun dari bahan-bahan butiran dengan diameter dan tebal tertentu. Filtrasi berfungsi sebagai penyaring flok-flok halus yang masih terdapat dalam air yang tidak terendapkan pada sedimentasi yang dapat menyaring bakteri atau mikroorganisme yang ada dalam air. Dilihat dari segi desain kecepatan, filtrasi dapat digolongkan menjadi saringan pasir cepat (filter bertekanan dan filter terbuka) dan saringan pasir lambat. Pada proses pengolahan secara filtrasi, terjadi masa pencucian ulang filter (*backwash*) dalam kurun waktu tertentu. Pencucian tersebut dilakukan apabila kemampuan filter dalam menyaring polutan yang ada memiliki efisiensi yang rendah dan media filtrasi mengalami titik jenuh (Asrifah 2015). Jumlah bak di hitung menggunakan rumus dari (SNI 6774: 2008),

$$N = 12 \times Q^{0.5}$$

Dimana:

N = Jumlah bak

Q = Debit (m³/detik)

Berdasarkan jenis media penyaring yang digunakan, saringan pasir cepat dapat dikategorikan menjadi tiga, yakni:

1. Filter media tunggal
Filter jenis ini menggunakan satu jenis media saja, biasanya merupakan antrasit atau pasir dengan gradasi yang baik (*well graded sand*).
2. Filter media ganda
Filter jenis ini menggunakan dua jenis media, biasanya merupakan gabungan dari pasir dan batu bara antrasit yang dihancurkan.
3. Filter multimedia
Filter jenis ini menggunakan tiga jenis media, biasanya sebagai tambahan dari kedua media yang telah disebutkan diatas diaplikasikan jenis media ketiga, yaitu batu akik (*garnet*).

2.4.7 Desinfeksi

Desinfeksi adalah memusnahkan mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit. Desinfeksi merupakan benteng

manusia terhadap paparan mikroorganisme patogen penyebab penyakit, termasuk di dalamnya virus, bakteri, dan protozoa parasit (Haq, 2018). Keefektifan desinfektan dalam membunuh dan menonaktifkan mikroorganisme berdasarkan pada tipe desinfektan yang digunakan, tipe mikroorganisme, waktu kontak air dengan desinfektan, suhu air, dan karakteristik kimia air lainnya. Beberapa bahan kimia untuk desinfeksi adalah klor dan ozon.

2.4.8 Reservoir

Reservoir adalah bangunan yang berfungsi sebagai tempat penampungan air bersih hasil produksi IPAM sebelum didistribusikan pada pelanggan atau konsumen. *Reservoir* digunakan pada sistem distribusi untuk meratakan aliran, untuk mengatur tekanan, dan untuk keadaan darurat. *Reservoir* terdiri dari dua jenis yaitu *ground storage reservoir* dan *elevated storage reservoir*. Waktu retensi untuk bak *reservoir* sebesar 4 jam (Darmasetiawan, 2001). Menurut Hammer (1986), kapasitas *reservoir* dapat langsung dihitung dengan memperkirakannya sebesar 15%-20% dari debit rata-rata.

2.5 Kriteria Desain Unit Pengolahan

Unit pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) perlu memerhatikan kriteria desain dalam pengoperasiannya agar dapat bekerja secara optimal. Berikut merupakan beberapa kriteria desain dari beberapa unit bangunan pengolahan air.

2.5.1 Kriteria Desain Intake

Kriteria desain *intake* adalah sebagai berikut (Qasim, 2000):

- Kecepatan aliran pada saringan kasar < 0,08 m/s.
- Kecepatan aliran pada pintu intake < 0,08 m/s.
- Kecepatan aliran pada saringan halus < 0,2 m/s.
- Lebar bukaan saringan kasar 5 - 8 cm.
- Lebar bukaan saringan halus \pm 5 cm.

2.5.2 Kriteria Desain Prasedimentasi

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perhitungan desain bangunan prasedimentasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.4 Kriteria Desain Bak Prasedimentasi

Parameter	Satuan	Nilai
Waktu detensi	Hari	0.5 - 3
Surface loading	Meter / hari	20 – 80
Kedalaman	Meter	1.5 – 2.5
Rasio panjang : lebar	-	4 : 1 – 6 : 1
Rasio panjang : kedalaman	-	5 : 1 – 20 : 1

Sumber: Schulz & Okun, 1984

2.5.3 Kriteria Desain Koagulasi

Koagulasi dapat berupa hidrolis (terjunan maupun *baffle*), mekanis (bilah maupun pedal), atau flotasi. Berikut ini merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam mendesain unit pengaduk cepat (koagulasi):

Tabel 2.5 Kriteria Desain Koagulasi

Unit	Kriteria
Pengaduk cepat <ul style="list-style-type: none">• Tipe	Hidrolis: <ul style="list-style-type: none">- Terjunan- Saluran bersekat- Dalam instalasi pengolahan air bersekat Mekanis: <ul style="list-style-type: none">- Bilah (<i>blade</i>), pedal (<i>paddle</i>) Instalasi Pengolahan Air- Flotasi
• Waktu pengadukan (detik)	1 – 5
• Nilai G/detik	>750

Sumber: SNI 6674: 2008

2.5.4 Kriteria Desain Flokulasi

Kriteria desain unit pengaduk lambat (flokulasi) berbeda-beda tergantung dari jenis pengadukannya yakni secara hidrolis, mekanis, dan *clarifier*. **Tabel 2.6** berikut merupakan tabel kriteria desain dari SNI 6774: 2008 untuk mendesain unit flokulasi:

Tabel 2.6 Kriteria Desain Flokulasi

Kriteria Umum	Flokulator Hidrolis	Flokulator Mekanis		Flokulator clarifier
		Sumbu horizontal dengan pedal	Sumbu vertikal dengan bilah	
G (gradien kecepatan) 1/detik	60 (menurun) – 5	60 (menurun) – 10	70 (menurun) – 10	100 – 10
Waktu tinggal (menit)	30 – 45	30 – 40	20 – 40	20 – 100
Tahap flokulasi (buah)	6 – 10	3 – 6	2 – 4	1
Pengendalian energi	Bukaan pintu/ sekat	Kecepatan putaran	Kecepatan putaran	Kecepatan aliran air
Kecepatan aliran max.(m/det)	0,9	0,9	1,8 – 2,7	1,5 – 0,5
Luas bilah/pedal dibandingkan luas bak (%)	-	5 – 20	0,1 – 0,2	-
Kecepatan perputaran sumbu (rpm)	-	1 – 5	8 – 25	-
Tinggi (m)				2 – 4 *

Sumber: SNI 6674: 2008

2.5.5 Kriteria Desain Sedimentasi

Unit sedimentasi memiliki kriteria desain yang harus diperhatikan, diantaranya adalah beban permukaan, kecepatan horizontal, kedalaman, waktu detensi, dan *weir loading* seperti berikut:

Tabel 2.7 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Deskripsi	Bak sedimentasi konvensional	Bak sedimentasi untuk high rate filter	
		Tanpa high-rate settler	Dengan high- rate settler
Beban permukaan ■ Untuk alum <i>flocs</i>			

Deskripsi	Bak sedimentasi konvensional	Bak sedimentasi untuk high rate filter	
		Tanpa high-rate settler	Dengan high-rate settler
m ³ /m ² /hari Gpm/ft ²	18 – 36 0,3 – 0,6	30 – 60 0,5 – 1,0	60 – 160 1 – 2,5
<ul style="list-style-type: none"> ■ Untuk <i>heavy floccs</i> m ³ /m ² /hari Gpm/ft ²	30 – 60 0,5 – 1,0	45 – 75 0,75 – 1,25	90 – 180 1,5 – 3
Kecepatan horizontal rata-rata			
m/min	0,15 – 0,9	0,3 – 1,2	0,05 – 0,13
Fpm	0,5 – 3	1 – 4	0,15 – 0,5
Kedalaman air, m	3 – 5	3 – 5	3 -5
Waktu detensi, min	120 -240	60 – 120	6 – 25
<i>Weir loading</i>			
m ³ /d.m	140 – 270	210 – 330	90 – 360
Gpm/ft	8 – 15	12 – 18	5 – 20

Sumber: J.M Montgomery Eng, 1985

2.5.6 Kriteria Desain Filtrasi

Berikut ini merupakan hal-hal yang harus diperhatikan dalam mendesain unit filter, diantaranya adalah:

Tabel 2.8 Kriteria Desain Filtrasi

No	Kriteria	Saringan Pasir Cepat
1	Kecepatan filtrasi	(1,4 – 3,47)10 ⁻³ m/dt
2	Luas permukaan	40,5 – 105 m ²
3	Kedalaman Filter	Kerikil 0,45 m Pasir 0,76 m
4	Ukuran pasir	≥ 0,45 mm Koefisien ketidak seragaman ≤ 1,5 tergantung pada sistem underdrainnya

No	Kriteria	Saringan Pasir Cepat
5	Distribusi ukuran butir dalam filter	Beraturan, dengan butiran yang paling kecil diatas dan butiran kasar pada bagian bawah
6	Sistem under drain	Pipa perforated lateral dihubungkan dengan pipa induk Pelat berlubang diatas inlet
7	Kehilangan Tekanan	0,3 – 2,73 m
8	Waktu pengoperasian sebelum pencucian	12 – 24 – 72 jam
9	Penetrasi partikel	Lapisan bawah
10	Metode pencucian	Backwash dengan menggunakan air atau penyemprotan udara.
11	Jumlah air yang digunakan pencucian	1 – 4 – 6 % air filtrasi
12	Pengolahan sebelumnya	Koagulasi, flokulasi, sedimentasi

Sumber: Fair dkk, 1966

2.6 Poly Aluminium Chloride (PAC)

Salah satu jenis koagulan yang paling sering digunakan untuk penjernihan air adalah PAC. PAC adalah garam khusus pada pembuatan aluminium klorida yang mampu memberikan daya koagulasi dan flokulasi yang lebih kuat daripada aluminium yang biasa dan garam-garam besi seperti aluminium sulfat atau ferri klorida (Budiman dkk, 2008). PAC memiliki rumus umum $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$ (Rahimah dkk, 2016). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Indriyati (2008), pemberian koagulan PAC memiliki pH akhir yang lebih stabil dibandingkan dengan alum, selain itu PAC juga menghasilkan kekeruhan akhir yang lebih rendah dengan dosis yang sama dengan alum.

Keuntungan penggunaan menurut (Ramadhani, 2013) adalah PAC lebih efektif dalam menurunkan turbiditas karena endapan yang dihasilkan banyak dan padat, PAC efektif dalam menurunkan kadar warna karena muatan positif pada PAC yang diberikan kedalam air menyebabkan terjadinya proses netralisasi

dan adsorpsi partikel warna dalam air melebihi jenis koagulan lain, dan PAC juga menurunkan konsentrasi TSS yang cukup tinggi.

2.7 Removal Kekeruhan

Kekeruhan merupakan parameter penting dalam pengolahan air bersih. Secara umum kekeruhan air disebabkan oleh koloid, namun saat curah hujan tinggi kekeruhan disebabkan oleh lumpur, tanah liat dan padatan tersuspensi oleh interaksi curah hujan, erosi dan aliran sedimen (Lee dkk, 2016). Kekeruhan yang berlebihan dalam air minum secara estetika tidak bagus dan merupakan penyebab masalah kesehatan (Kalavathy dan Giridhar, 2016). Menurut standar baku mutu yang telah ditetapkan di Indonesia yakni Permenkes No. 492 tahun 2010, batas kekeruhan air minum yang diperbolehkan yaitu maksimum sebesar 5 NTU.

Salah satu faktor yang memengaruhi tingkat kekeruhan air baku adalah musim. Pada musim penghujan, kekeruhan air baku akan menjadi lebih tinggi yang berasal dari kandungan partikel anorganik akibat limpasan erosi tanah (Kwak dkk, 2010). Untuk mengatasi permasalahan kekeruhan biasanya dilakukan dengan cara pengendapan dengan penambahan koagulan ataupun tanpa koagulan. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Afiatun dkk (2017) mengenai *removal* kekeruhan pada perbedaan kualitas air baku musim hujan dan kemarau, didapatkan kesimpulan bahwa efisiensi *removal* kekeruhan dengan cara pengendapan menggunakan unit prasedimentasi saja tanpa menggunakan koagulan paling tinggi yakni 85,02% yang dicapai dari kekeruhan awal 514 NTU menjadi 77 NTU, efisiensi *removal* kekeruhan dengan menggunakan koagulan saja tanpa prasedimentasi paling tinggi yakni 99,75% yang dicapai dari kekeruhan awal 147 NTU menjadi 0,36 NTU, sedangkan efisiensi *removal* kekeruhan dengan menggunakan prasedimentasi dan penambahan koagulan paling tinggi yakni 99,46% yang dicapai dari kekeruhan awal 514 NTU menjadi 2,78 NTU. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa *removal* kekeruhan dengan menggunakan unit prasedimentasi yang disertai dengan penambahan koagulan lebih efektif digunakan untuk menurunkan kekeruhan air baku awal yang tinggi saat kondisi kekeruhan tinggi di musim penghujan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Umum

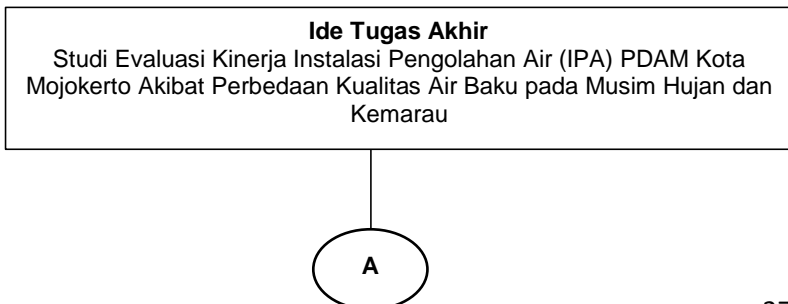
Tugas akhir ini bertujuan untuk mengatasi permasalahan perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau terutama parameter kekeruhan Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto. Selanjutnya, mengevaluasi air baku dan air produksi serta memberikan alternatif desain unit bangunan prasedimentasi berupa dokumen *Detail Engineering Design* (DED). Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan beberapa tahapan yang harus dilaksanakan, salah satunya melakukan pengumpulan data dari PDAM Kota Mojokerto yang berupa data primer dan data sekunder. Dari data-data yang telah diperoleh, dilakukan analisis dan pembahasan yang nantinya akan mengerucut pada sebuah permasalahan, yaitu perencanaan unit prasedimentasi sebagai hasil dari evaluasi kualitas air akibat perbedaan kualitas pada musim hujan dan kemarau di IPA PDAM Kota Mojokerto.

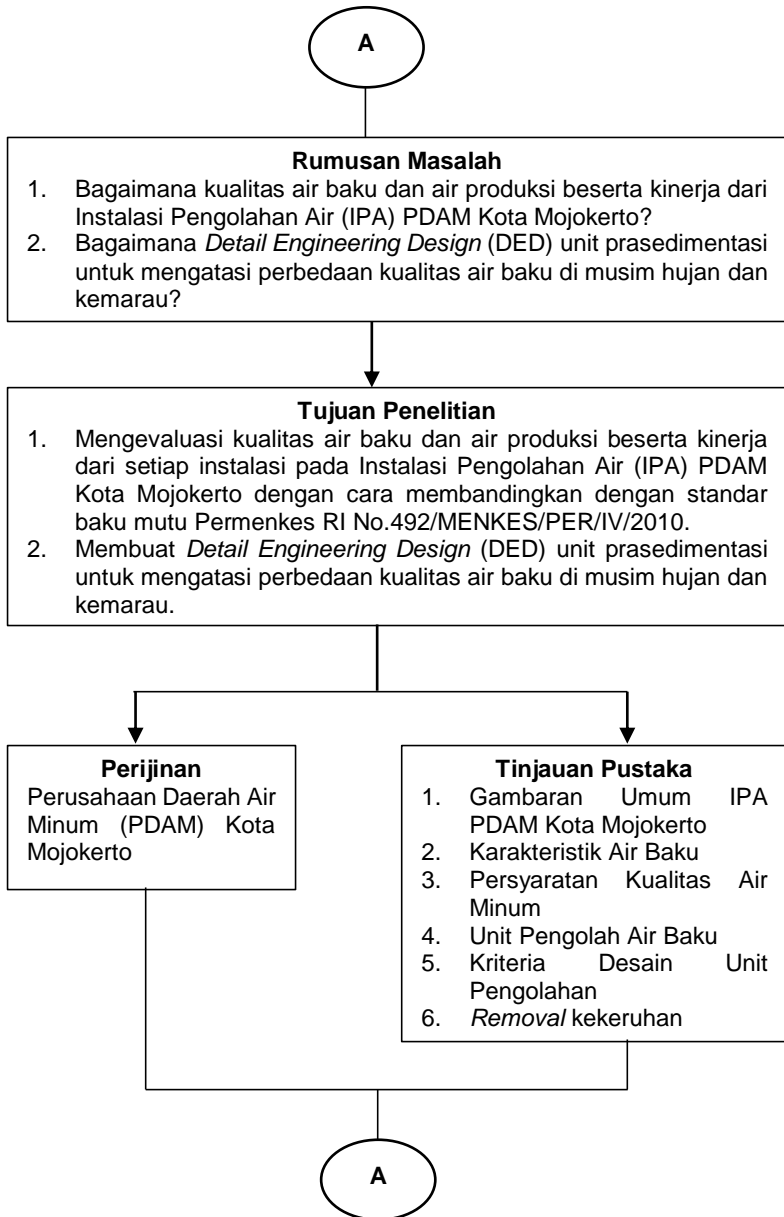
3.2 Kerangka Penelitian Tugas Akhir

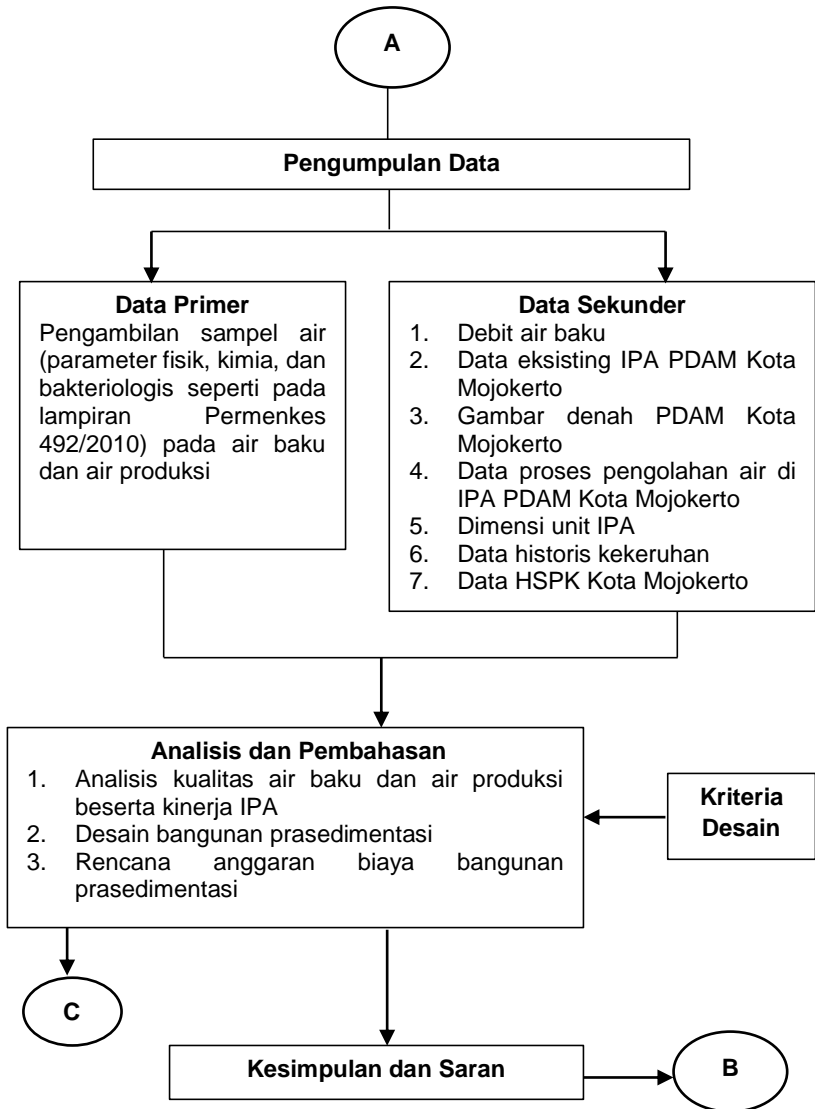
Kerangka penelitian ini disusun dengan tujuan:

1. Sebagai gambaran awal mengenai evaluasi kualitas air dan perencanaan bangunan agar penulisan laporan menjadi lebih teratur.
2. Mengetahui tahapan-tahapan yang harus dilakukan selama penelitian, dimulai dari penelitian pendahuluan hingga penulisan laporan akhir.
3. Menghindari dan mengurangi terjadinya kesalahan-kesalahan selama penelitian berlangsung.

Kerangka penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.







Catatan:

A : Lanjutan

B : Tujuan

C : Studi Literatur

Untuk Analisis Data dan Pembahasan mengacu pada Studi Literatur (C)
Kesimpulan dan Saran menjawab tujuan (B)

Gambar 3.1 Diagram Alir Kerangka Penelitian Tugas Akhir

Penjelasan diagram alir kerangka penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

3.2.1 Judul Tugas Akhir

Judul tugas akhir ini adalah “Studi Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto Akibat Perbedaan Kualitas Air Baku pada Musim Hujan dan Kemarau”. Ide tugas akhir ini ditindaklanjuti dengan proses persetujuan dengan perusahaan dan institusi. Kesepakatan antara pihak perusahaan dan institusi untuk menjalankan ide tugas akhir ini dilanjutkan dengan beberapa tahap, antara lain survey lokasi, studi literatur, dan pengumpulan data sekunder yang dilanjutkan dengan penelitian awal untuk mendapatkan data primer yang nantinya akan digunakan untuk mengetahui kondisi awal dari kinerja Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto dan membuat alternatif desain unit prasedimentasi.

3.2.2 Rumusan Masalah dan Tujuan

Penentuan rumusan masalah pada Tugas Akhir ini adalah mengacu dari latar belakang dan kondisi eksisting. Rumusan masalah tugas akhir penelitian ini mengenai evaluasi kinerja unit akibat perbedaan kualitas air baku pada musim hujan dan kemarau. Tujuan penelitian yang ingin dicapai berdasarkan rumusan masalah antara lain seperti berikut:

1. Mengevaluasi kualitas air baku dan air produksi beserta kinerja dari setiap instalasi pada Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto dengan cara membandingkan dengan standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.
2. Membuat *Detail Engineering Design* (DED) unit prasedimentasi untuk mengatasi perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau.

3.2.3 Perijinan

Perijinan dilakukan untuk keperluan pengambilan data primer atau pengumpulan data. Perijinan dimulai dengan pembuatan surat ijin yang telah ditandatangani oleh Departemen Teknik Lingkungan ITS, kemudian ditujukan kepada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Mojokerto untuk mengambil data primer.

3.2.4 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka yang dilakukan dalam tugas akhir ini dilaksanakan untuk mendapatkan dasar teori yang dapat digunakan sebagai dasar penelitian serta dalam pelaksanaan analisis dan pembahasan sehingga pada akhirnya didapatkan suatu kesimpulan dari hasil penelitian ini. Sumber literatur yang digunakan sebagai tinjauan pustaka penelitian ini meliputi buku-buku teks, jurnal nasional maupun internasional, penelitian terdahulu, dan lain-lain. Adapun data pendukung yang diperlukan adalah sebagai berikut:

1. Gambaran umum IPA PDAM Kota Mojokerto
2. Karakteristik Air Baku
3. Persyaratan Kualitas Air Minum
4. Unit Pengolah Air Baku
5. Kriteria Desain Unit Pengolahan
6. *Removal* kekeruhan

3.2.5 Pengumpulan Data

Data-data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengamatan langsung di lokasi penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data-data pendukung yang diperoleh dari instansi terkait. Data yang diambil meliputi:

1. Data primer
Pengumpulan data primer ini meliputi 2 tahapan, yaitu tahapan perencanaan (persiapan) dan tahapan pelaksanaan.
 - a. Tahapan Perencanaan (persiapan)
Pada tahap ini, disiapkan sampel air baku dan air produksi yang akan digunakan untuk analisis parameter fisik, kimia,

dan bakteriologis seperti pada lampiran Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010.

- b. Tahapan Pelaksanaan
 - Lokasi Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto.
 - Parameter yang diuji adalah parameter fisik, kimia, dan bakteriologis untuk sampel air baku dan air produksi.
 - Titik pengambilan sampel meliputi:
 - *Intake* (air baku)
 - *Reservoir* (air produksi)
2. Tahap analisis sampel
 - Analisis laboratorium

Mengambil sampel air baku dari *intake* dan air produksi dari *reservoir* pada IPA PDAM Kota Mojokerto dengan cara:

 - a. Menyiapkan botol yang digunakan untuk wadah sampel air yang akan diuji.
 - b. Mencuci botol dengan aquadest dan air membilasnya dengan air sampel yang akan dimasukkan kedalam botol.
 - c. Mengambil sampel air dengan mencelupkan botol searah dengan aliran air hingga botol penuh.
 - d. Tutup botol dengan penutupnya agar tidak terjadi kontak dengan udara.
 - e. Analisis sampel air sesegera mungkin atau dapat diawetkan sementara dengan cara pendinginan.
 - Analisis lapangan

Analisis lapangan dilakukan dengan mengambil data langsung dari lapangan untuk mengukur *removal* kekeruhan air baku, *column settling test*, yang digunakan sebagai dasar dalam merencanakan unit prasedimentasi dengan cara:

 - a. Mengukur kekeruhan awal air baku pada *intake*.
 - b. Untuk kondisi pada musim kemarau, air sampel dikondisikan agar kekeruhan awal yaitu ± 20 NTU, sedangkan untuk kondisi pada musim penghujan, air sampel yang digunakan harus memiliki kekeruhan awal lebih tinggi dibandingkan dengan kekeruhan pada musim kemarau (saat kekeruhan mencapai lebih dari 500 NTU).

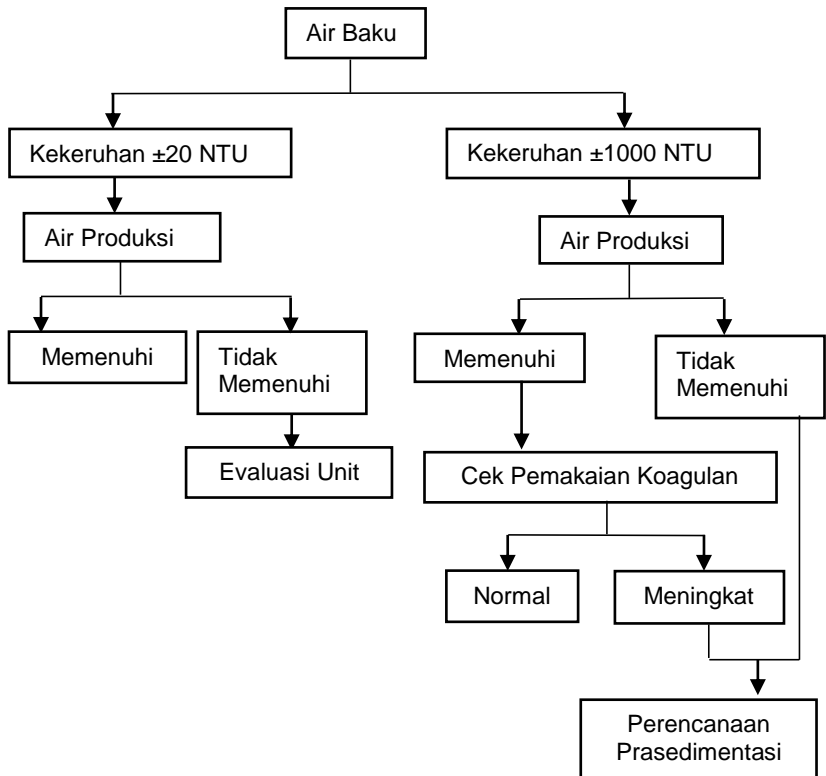
- c. Memasukkan sampel air pada *column settling* setinggi ± 2 meter.
 - d. Melakukan pengambilan sampel tiap 10 menit selama 2 jam dari kran yang ketinggiannya ± 45 cm dari dasar, kemudian dilakukan pengujian kekeruhan.
3. Data sekunder
- Pengumpulan dan pengamatan data sekunder yang dilaksanakan pada intinya berhubungan dengan data yang dimiliki oleh perusahaan yang disesuaikan dengan kebutuhan dalam penelitian ini, seperti:
- a. Debit air baku
 - b. Data eksisting IPA PDAM Kota Mojokerto
 - c. Gambar denah PDAM Kota Mojokerto
 - d. Data proses pengolahan air di IPA PDAM Kota Mojokerto
 - e. Dimensi unit IPA
 - f. Data historis kekeruhan
 - g. Data HSPK Kota Mojokerto

3.2.6 Analisis dan Pembahasan

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis dan dibahas secara keseluruhan kemudian hasilnya dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan dan kriteria desain pada literatur. Analisis dan pembahasan dilakukan agar hasil dari proses pengolahan data tersebut dapat dibandingkan dengan konsep dan teori yang mendasari ruang lingkup penelitian yang diperoleh dari studi literatur, sehingga dapat diaplikasikan di lapangan dengan mendesain unit prasedimentasi sebagai akibat dari perbedaan kualitas kekeruhan air baku pada musim hujan dan kemarau. Langkah pertama dalam mengevaluasi kualitas air baku dan air produksi adalah dengan membandingkan dengan baku mutu yang ada di Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 beserta evaluasi kinerja dari setiap instalasi untuk mengetahui kinerja instalasi yang tidak memenuhi kriteria desain dari berbagai literatur agar dapat dicapai suatu rekomendasi peningkatan kerja. Kemudian, dari hasil evaluasi kekeruhan kemudian digunakan menjadi dasar dalam merencanakan DED unit prasedimentasi. Perencanaan *Detail Engineering Design* (DED) berupa dimensi unit pengolahan dan gambar kerja. Gambar perencanaan meliputi gambar denah bangunan, gambar potongan melintang dan

memanjang, gambar detail bangunan unit prasedimentasi. Pembuatan gambar dilakukan dengan menggunakan *software Autocad 2014* dengan skala yang disesuaikan.

Gambar 3.2 dibawah ini merupakan diagram langkah analisis hasil dan pembahasan.



Gambar 3.2 Langkah Analisis Hasil dan Pembahasan

Tabel 3.1 berikut ini adalah matriks analisis dan evaluasi kinerja dari beberapa parameter evaluasi tiap unit instalasi seperti unit *intake*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi:

Tabel 3.1 Matriks Analisis dan Evaluasi Unit

Unit Bangunan	Parameter Evaluasi	Metode yang Digunakan
Intake	1. Kecepatan Aliran	Kecepatan (m/detik) = Panjang saluran / Waktu Detensi
	2. Waktu Detensi	Waktu detensi (detik) = Volume/Debit
Koagulasi	1. Waktu Detensi (td)	Waktu detensi (detik) = Volume/Debit
	2. Gradien Kecepatan (G)	$G = \frac{\sqrt{\frac{\text{Massa Jenis} \times \text{Gravitasi} \times \text{Headloss}}{\text{Viskositas Absolut} \times \text{Waktu Detensi}}}}{}$ (detik ⁻¹) =
Flokulasi	1. Kecepatan Aliran	Kecepatan (m/detik) = Debit/Luas permukaan
	2. Waktu Detensi (td)	Waktu detensi (detik) = Volume/Debit
	3. Gradien Kecepatan (G)	$G = \frac{\sqrt{\frac{\text{Headloss} \times \text{Kecepatan Gravitasi}}{\text{Viskositas Kinematis} \times \text{Waktu Detensi}}}}{}$ (detik ⁻¹) =
Sedimentasi	1. Beban Permukaan	$S_o(\text{m/detik}) = \frac{\text{Debit} \times \text{Jarak Settler}}{\text{Luas Settler} \times (\text{Tinggi Settler} \cdot \cos \alpha + \text{Jarak Settler} \cdot \cos^2 \alpha)}$ $\alpha = \text{sudut kemiringan settler}$
	2. Waktu Detensi (td)	Waktu detensi (detik) = Volume/Debit
	3. Bilangan Reynolds dan Bilangan Froude	$N_{Re} = \frac{\text{Kecepatan Horizontal} \times \text{Jari-jari Hidrolis}}{\text{Viskositas kinematis}}$ $N_{Fr} = \frac{\text{Kecepatan Horizontal}^2}{\text{Gravitasi} \times \text{Jari-jari Hidrolis}}$
Filtrasi	1. Persen Volume Air Pencucian	$\frac{\text{Volume (m}^3\text{) Volume Air Backwash}}{\text{Produksi 1 Filter dalam 1 Hari}} \times 100\%$
	2. Kecepatan Penyaringan	Kecepatan (m/detik) = Debit/Luas permukaan
Desinfeksi	1. Dosis Pembubuhan Desinfektan	Dosis(mg/L)= $\frac{\text{Kebutuhan Kaporit per hari} \times \% \text{ konsentrasi kap}}{\text{Debit}}$
	2. Removal E. coli	$\% \text{ Removal} = \frac{E.coli \text{ in} - E.coli \text{ out}}{E.coli \text{ in}} \times 100\%$

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan jawaban dari tujuan tugas akhir ini. Tugas akhir ini juga memamparkan saran mengenai alternatif rekomendasi pemecahan masalah terkait dengan perbedaan kualitas air baku pada musim hujan dan kemarau yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk perbaikan kedepannya. Kesimpulan dari tugas akhir ini meliputi:

1. Evaluasi kualitas air dan kinerja IPA PDAM Kota Mojokerto dari parameter yang melebihi baku mutu akibat perbedaan kualitas air baku di musim hujan dan kemarau.
2. *Detail Engineering Design* (DED) unit bangunan prasedimentasi.

BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kualitas Air

Pada bab ini akan dianalisis dan dibahas tentang hasil uji kualitas air baku dan air hasil produksi Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto yang dibandingkan dengan baku mutu yang berlaku dan kinerja unit bangunan. Data uji kualitas air yang dianalisis ada dua jenis, yakni kualitas air pada musim kemarau dan kualitas air pada musim penghujan. Dari evaluasi perbedaan data kekeruhan pada musim kemarau dan musim hujan akan dilakukan perencanaan unit prasedimentasi untuk mengurangi penggunaan PAC sebagai koagulan.

4.1.1 Analisis Data Primer Kualitas Air pada Musim Kemarau

Data primer yang diolah adalah data dari hasil uji laboratorium kualitas air baku dan air produksi untuk mengetahui kondisi eksisting di lapangan. Setelah dilakukan analisis maka selanjutnya adalah dibandingkan dengan data sekunder dari PDAM Kota Mojokerto dan kriteria desain untuk unit yang berkaitan dengan parameter yang melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Analisis parameter yang diuji antara lain: *E. coli*, total bakteri koliform, nitrat, kekeruhan, besi, kesadahan, khlorida, sulfat, suhu, dan zat organik (*Permanganate Value / PV*). Baku mutu yang digunakan sebagai acuan adalah Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010. Hasil analisis dari parameter diatas dapat dilihat pada **Tabel 4.1** dan **Tabel 4.2**:

Tabel 4.1 Hasil Uji Kualitas Air Baku Musim Kemarau

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) <i>E. coli</i>	100 mL sampel	0	240	Melebihi baku mutu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	2) Koliform	100 mL sampel	0	27	Melebihi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	1,55	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	6,18	Melebihi baku mutu
	a. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,37	Melebihi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	200	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	48	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	34,17	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	29 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	5,37	Memenuhi baku mutu

Tabel 4.2 Hasil Uji Kualitas Air Produksi Musim Kemarau

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	1) <i>E. coli</i>	100 mL sampel	0	0	Memenuhi baku mutu
	2) Koliform	100 mL sampel	0	0	Memenuhi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	1,67	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	2,3	Memenuhi baku mutu
	b. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,1	Memenuhi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	207,14	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	60	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	31,12	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	29 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	2,53	Memenuhi baku mutu

Dari kedua tabel diatas, didapatkan bahwa sebagian besar parameter yang diuji telah memenuhi standar baku mutu, namun ada beberapa parameter dari air baku yang belum memenuhi baku mutu, yaitu parameter *E. coli*, koliform, dan kekeruhan. **Tabel 4.3** berikut ini merupakan perhitungan efisiensi dari beberapa parameter yang ada.

Tabel 4.3 Efisiensi Removal Beberapa Parameter pada Musim Kemarau

No	Parameter	Efisiensi
1	<i>E. coli</i>	100%
2	Koliform	100%
3	Kekeruhan	62,78%
4	Besi	72,97%
5	Sulfat	8,93%
6	Zat Organik	52,89%

4.1.2 Analisis Data Primer Kualitas Air pada Musim Hujan

Data primer yang diolah adalah data hasil uji laboratorium kualitas air baku dan air produksi pada musim hujan. Analisis parameter yang diuji sama dengan uji kualitas air pada musim kemarau, yakni parameter *E. coli*, total bakteri koliform, nitrat, kekeruhan, besi, kesadahan, khlorida, sulfat, suhu, dan zat organik (*Permanganate Value / PV*).

Lokasi titik sampling air sama dengan lokasi sampling uji kualitas air pada musim kemarau yakni pada *intake* (di pipa yang menuju ke pengolahan sebelum pembubuhan PAC) dan pada *reservoir* (kran instalasi yang ada di IPA). Hasil analisis dari parameter diatas dapat dilihat pada **Tabel 4.4** dan **Tabel 4.5**:

Tabel 4.4 Hasil Uji Kualitas Air Baku Musim Hujan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) <i>E. coli</i>	100 mL sampel	0	220	Melebihi baku mutu
	2) Koliform	100 mL sampel	0	2.400	Melebihi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	1,93	Memenuhi baku mutu	
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	127	Melebihi baku mutu
	a. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	3,82	Melebihi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	107,14	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	32	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	20,66	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	26 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	7,90	Memenuhi baku mutu

Tabel 4.5 Hasil Uji Kualitas Air Produksi Musim Hujan

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) <i>E. coli</i>	100 mL sampel	0	0	Memenuhi baku mutu
	2) Koliform	100 mL sampel	0	0	Memenuhi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	0,56	Memenuhi baku mutu	

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	3,16	Memenuhi baku mutu
	a. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,15	Memenuhi baku mutu
	2) Kepadatan	mg/L CaCO ₃	500	121,43	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	32	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	30,70	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	26 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	2,84	Memenuhi baku mutu

Dari kedua tabel diatas, didapatkan bahwa sebagian besar parameter yang diuji telah memenuhi standar baku mutu, namun ada beberapa parameter dari air baku yang belum memenuhi baku mutu, yaitu parameter *E. coli*, koliform, kekeruhan, dan besi dari air baku. **Tabel 4.6** berikut ini merupakan perhitungan efisiensi dari beberapa parameter yang ada.

Tabel 4.6 Efisiensi *Removal* Beberapa Parameter pada Musim Hujan

No	Parameter	Efisiensi
1	<i>E. coli</i>	100%
2	Koliform	100%
3	Nitrat	70,98%
4	Kekeruhan	97,17%
5	Besi	96,07%
6	Zat Organik	64,05%

4.1.3 Hubungan Parameter Kualitas yang Diuji dengan Kekeruhan

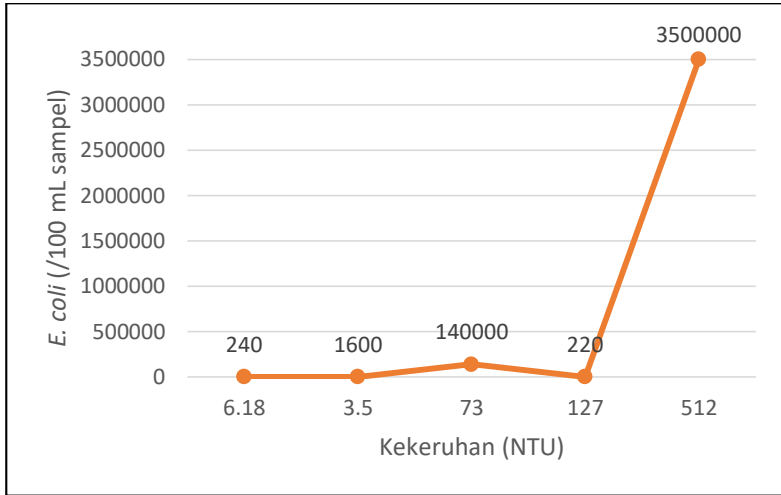
a. Parameter *E. coli*

Parameter *E. coli* merupakan salah satu parameter penting karena berhubungan langsung dengan kesehatan. Dari hasil uji kualitas air pada musim kemarau yang dilakukan pada unit *intake* dan *reservoir* didapatkan bahwa di unit *intake* kadar *E. coli* adalah 240 /100 mL sampel. Pada akhir pengolahan didapatkan kadar *E. coli* adalah 0 / 100 mL sampel, sehingga efisiensi *removal E. coli* pada unit-unit pengolahan di IPA PDAM Kota Mojokerto adalah 100%. Sedangkan pada musim hujan, kadar *E. coli* pada air baku adalah 220 / 100 mL sampel dan pada air produksi adalah 0 / 100 mL sampel, sehingga efisiensi *removalnya* adalah 100%. Hasil analisis jumlah *E. coli* telah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 sehingga dapat dikatakan layak untuk digunakan sebagai air minum.

Tabel 4.7 dan **Gambar 4.1** berikut ini merupakan perbandingan antara kekeruhan dengan kandungan *E. coli* dalam air baku dan air produksi IPA PDAM Kota Mojokerto. Dari tabel dan grafik, dapat diketahui bahwa kekeruhan dan *E. coli* memiliki hubungan langsung, semakin tinggi kekeruhan pada air baku, maka akan semakin tinggi pula kadar *E. coli* didalamnya. Akan tetapi terjadi suatu penyimpangan pada salah satu data yakni pada saat keekruhan air baku 127 NTU, kadar *E. coli* lebih rendah dibandingkan dengan kekeruhan air yang yang lebih tinggi.

Tabel 4.7 Perbandingan Konsentrasi Kekeruhan dengan *E. coli* pada Air Baku dan Air Produksi

No	Kekeruhan <i>in</i> (NTU)	Kekeruhan <i>out</i> (NTU)	<i>E. coli in</i> (/100 mL sampel)	<i>E. coli out</i> (/100 mL sampel)
1	3,5	1,4	1.600	0
2	6,18	2,3	240	0
3	73	1,1	140.000	0
4	127	3,6	220	0
5	512	1,7	3.500.000	0



Gambar 4.1 Perbandingan Konsentrasi Kekeruhan dengan *E. coli* pada Air Baku

Penelitian yang dilakukan oleh Huey dan Meyer (2010) menghitung *Spearman Rank Correlations* antara kekeruhan dengan *E. coli* dan menunjukkan bahwa ada hubungan yang signifikan antara kekeruhan dan *E. coli* dan antara TSS, kekeruhan, dan *E. coli*. Semakin tinggi kekeruhan, maka semakin tinggi pula jumlah bakteri *E. coli*, hal ini dapat digunakan untuk mempertimbangkan kekeruhan sebagai indikator bakteri *fecal coliform* dalam mengembangkan penggunaannya sebagai alat untuk mengelola pengolahan air permukaan sebagai sumber air baku air minum.

b. Parameter Total Koliform

Parameter total koliform juga merupakan salah satu parameter penting yang berhubungan langsung dengan kesehatan. Dari hasil uji kualitas air pada musim kemarau yang dilakukan pada unit *intake* dan *reservoir* didapatkan bahwa di unit *intake* jumlah total koliform adalah 27 /100 mL sampel. Pada *reservoir* didapatkan bahwa jumlah total koliform adalah 0 /100 mL sampel, sehingga efisiensi removal penurunan total koliform pada unit-unit pengolahan di IPA PDAM Kota

Mojokerto adalah 100%. Pada musim hujan, total koliform pada air baku *intake* adalah 2.400 / 100 mL sampel, total koliform pada air produksi *reservoir* adalah 0 / 100 mL sampel, sehingga *removal*-nya adalah 100%. Dari kedua hasil yang didapatkan pada musim kemarau dan hujan, dapat dikatakan bahwa air produksi telah memenuhi baku mutu yang diperuntukkan sebagai air minum.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Habuda-Stanic (2013) menunjukkan bahwa ada hubungan positif antara kekeruhan dan kehadiran populasi mikroorganisme, nilai kekeruhan yang tinggi berhubungan kuat dengan nilai total koliform yang lebih tinggi. Menurut Irvine dkk (2002), konsentrasi antara TSS dan koliform berhubungan dengan resuspensi sedimen dasar, faktor lainnya yang memengaruhi adalah input limpasan kejadian badai (termasuk kegagalan pembuangan sistem septik, gabungan luapan selokan, dan limpasan dari lahan perkotaan dan pertanian).

c. Parameter Nitrat

Nitrat merupakan parameter kimia organik yang berhubungan langsung dengan kesehatan. Nitrat dapat menimbulkan beberapa penyakit seperti *Blue Baby Syndrome* dan *Methaemoglobinemia* (Jamaludin dkk, 2013). Berdasarkan Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, batas maksimum kadar nitrat yang diperbolehkan dalam air minum adalah 50 mg/L. Jumlah kandungan nitrat dalam air baku dan air produksi IPA PDAM Kota Mojokerto pada musim kemarau masih memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, namun kandungan nitrat bertambah pada air produksi jika dibandingkan dengan air baku, hal ini dapat disebabkan oleh oksidasi senyawa ammonia yang berasal dari limbah buangan yang terkandung dalam air baku menjadi nitrit dan nitrat. Sedangkan pada musim hujan terjadi penurunan kandungan nitrat sebesar 70,98%, dari 1,93 mg/L pada air baku menjadi 0,56 mg/L pada air produksi.

Konsentrasi nitrat dalam air memiliki hubungan positif tetapi tidak signifikan terhadap kekeruhan seperti fosfat (Marttila dan Klove, 2012). Hal ini didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Zare dkk (2013), kekeruhan air di *inlet* WTP pada musim dingin, semi, panas, dan gugur tahun

2002 berturut-turut adalah 103 NTU, 155 NTU, 25,50 NTU, dan 8,66 NTU, sedangkan konsentrasi nitratnya berturut-turut adalah sebesar 19 mg/L, 10 mg/L, 11 mg/L, dan 5 mg/L. Kekeruhan pada *inlet* WTP pada musim dingin, semi, panas, dan gugur tahun 2003 berturut-turut adalah 92,10 NTU, 48,50 NTU, 42,80 NTU, dan 45,70 NTU, sedangkan konsentrasi nitratnya berturut-turut adalah 15 mg/L, 8 mg/L, 22 mg/L, dan 17 mg/L. Dari data-data tersebut, terlihat bahwa konsentrasi nitrat dan kekeruhan tidak memiliki hubungan yang signifikan.

d. Parameter Kekeruhan

Faktor kekeruhan merupakan faktor terpenting dalam pengolahan air minum meskipun bukan termasuk parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan. Tingkat kekeruhan yang tinggi sering dikaitkan dengan tingkat virus, parasit dan beberapa bakteri yang lebih tinggi karena mereka kadang-kadang dapat menempel pada kotoran dalam air (Kale, 2016). Dalam baku mutu yang ditetapkan, batas maksimum yang diperbolehkan yakni 5 NTU. Berdasarkan hasil analisis uji kualitas air pada musim kemarau, kekeruhan air baku telah melebihi baku mutu, akan tetapi setelah air diolah, kekeruhan air produksi turun dan memenuhi baku mutu dengan efisiensi *removal* yakni 62,78%. Pada musim hujan, *removal* kekeruhannya adalah sebesar 97,17% dari 127 NTU menjadi 3,6 NTU akibat peningkatan dosis penggunaan koagulan. Kekeruhan ini dapat turun akibat penggunaan koagulan pada proses koagulasi dan flokulasi. Pada musim kemarau, kekeruhan air baku rendah sehingga koagulan yang digunakan tidak sebanyak di musim penghujan.

e. Parameter Besi

Logam berat Fe merupakan logam berat esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebih dapat menimbulkan efek racun (Supriyantini dan Endrawati, 2015). Batas maksimum kadar besi yang diperbolehkan adalah 0,3 mg/L. Berdasarkan hasil analisis uji kualitas air pada musim kemarau, kandungan besi pada air baku telah melebihi baku mutu yakni 0,37 mg/L, akan tetapi setelah air diolah, kandungan besi air produksi turun dan memenuhi baku mutu menjadi 0,1 mg/L dengan efisiensi *removal* yakni

72,97%. Sedangkan pada musim hujan, kandungan besi pada air baku *intake* sangat tinggi dan melebihi baku mutu yakni 3,82 mg/L, namun persen *removal*nya yang tinggi yakni 96,07% membuat kandungan besi pada air produksi turun menjadi 0,15 mg/L dan memenuhi baku mutu. Proses *pretreatment* aerasi untuk menurunkan kadar besi tidak diperlukan pada IPA PDAM Kota Mojokerto karena parameter besi telah memenuhi baku mutu dan dapat digunakan menjadi sumber air minum.

Konsentrasi besi dalam air memiliki pengaruh pada tingkat kekeruhan. Makhmudah dan Notodarmojo (2010) mengatakan bahwa Fe^{3+} dan Mn^{4+} merupakan bentuk presipitat yang dapat menyebabkan terjadinya kekeruhan. Penyisihan kadar Fe^{3+} dan Mn^{4+} pada air baku dapat memberikan kontribusi pada penyisihan kadar kekeruhan pada air terolah. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Surbakti (2015), pada kekeruhan 58 NTU, kadar besi dalam air adalah 1,55 mg/L, pada kekeruhan 275 NTU, kadar besi dalam air adalah 3,09 mg/L, air dengan kekeruhan 0,97 NTU mengandung besi dengan konsentrasi 0,01 mg/L, air dengan kekeruhan 1,90 NTU mengandung besi dengan konsentrasi 0,21 mg/L. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kadar logam maka semakin tinggi kekeruhan pada air.

f. Parameter Kesadahan

Kesadahan dalam air dapat diakibatkan oleh adanya ion kalsium atau magnesium. Kesadahan yang tinggi dalam air dapat menyebabkan beberapa penyakit salah satu diantaranya adalah diare (Sengupta, 2013). Kesadahan dapat dihilangkan dengan cara pemanasan atau penambahan kapur maupun soda. Batas maksimum kesadahan yang diperbolehkan dalam baku mutu adalah 500 mg/L $CaCO_3$. Hasil uji kualitas air baku dan air produksi pada musim kemarau didapatkan bahwa kadar kesadahan air baku adalah 200 mg/L sedangkan air produksi adalah 207,14 mg/L. Sedangkan pada musim hujan, kesadahan pada air baku adalah 107,17 mg/L $CaCO_3$ dan pada air produksi adalah 121,43 mg/L $CaCO_3$. Kedua sampel air pada musim kemarau dan hujan telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan, akan

tetapi terjadi peningkatan kadar kesadahan pada air produksi di IPA PDAM Kota Mojokerto, hal ini dapat diakibatkan oleh penambahan PAC yang digunakan sebagai koagulan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Bhandari dan Nayal (2008), parameter kekeruhan memiliki nilai r (koefisien korelasi Karl-Pearson) = 0,91 dan t (korelasi signifikansi) = 4,3896 dengan kesadahan. Nilai tersebut dapat memiliki hubungan yang signifikan bila $t > 2,132$. Maka dari itu, parameter kekeruhan memiliki hubungan positif signifikan dengan parameter kesadahan. Kedua parameter tersebut saling berpengaruh satu sama lain. Endapan dari senyawa-senyawa tidak terlarut ini akan memengaruhi konsentrasi kekeruhan dalam air.

g. Parameter Khlorida

Khlorida merupakan anion yang mudah larut dalam air dan merupakan anion anorganik utama yang terdapat dalam sampel perairan, kelebihan ion klorida dalam air minum dapat menimbulkan penyakit pada manusia yakni dapat merusak ginjal (Ngibad dan Herawati, 2019). Kadar maksimum khlorida yang diperbolehkan baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010 adalah 250 mg/L. Air baku pada musim kemarau di IPA PDAM Kota Mojokerto mengandung kadar khlorida sebesar 48 mg/L sedangkan air produksinya sebesar 60 mg/L, keduanya berada dibawah ambang batas maksimum baku mutu yang ditetapkan, akan tetapi terjadi peningkatan kadar khlorida pada air produksi, hal ini diakibatkan oleh penambahan gas khlor sebagai desinfektan pada proses desinfeksi. Selain itu, penambahan PAC sebagai koagulan juga meningkatkan kadar khlorida dalam air produksi. Pada musim hujan, air baku di *intake* mengandung khlorida sebesar 32 mg/L, sama halnya pada air produksi di *reservoir*. Tidak ada *removal* khlorida pada air di musim hujan.

Bhandari dan Nayal (2008) mengatakan bahwa kekeruhan juga memiliki hubungan positif yang signifikan karena memiliki nilai $r = 0,7405$ dan $t = 2,203$. Hubungan antara kekeruhan dan konsentrasi klorida dapat diakibatkan karena air dengan kekeruhan tinggi memiliki konsentrasi mikrobiologi yang tinggi pula, maka dari itu klorinasi sebagai

desinfeksi akan meningkat dan berpengaruh pada konsentrasi akhir khlorida dalam air.

h. Parameter Sulfat

Sulfat merupakan salah satu parameter kimia yang tidak berhubungan langsung dengan kesehatan, namun jika berlebihan kadarnya tetap akan bisa berdampak pada kesehatan. Keberadaannya dalam air biasanya terdapat dalam bentuk mineral. Kadar maksimum sulfat yang diperbolehkan baku mutu adalah 250 mg/L. Pada air baku musim kemarau di IPA PDAM Kota Mojokerto yang berasal dari Sungai Brantas, kadar sulfatnya cukup rendah, yakni 34,17 mg/L sedangkan pada air produksinya memiliki kadar sulfat sebesar 31,12 mg/L. Efisiensi removal sulfat pada pengolahan air baku di IPA adalah sebesar 8,93%. Sedangkan pada musim hujan, air baku mengandung sulfat sebesar 20,66 mg/L dan air produksi sebesar 30,7 mg/L. Walaupun pada musim hujan kandungan sulfat pada air baku dan air produksi telah memenuhi baku mutu, namun terjadi peningkatan sebesar 48,6%, hal ini diakibatkan kekeruhan air yang lebih tinggi pada musim hujan akibat oksidasi senyawa sulfur yang terjadi selama pengolahan air.

Bhandari dan Nayal (2008) menyebutkan bahwa sulfat memiliki hubungan positif yang kuat dengan kekeruhan karena memiliki nilai $r = 0,8543$ dan $t = 3,2871$. Sulfat merupakan padatan yang terlarut dalam air sehingga akan menambah kekeruhan air jika konsentrasinya meningkat.

i. Parameter Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter fisik dalam standar air minum. Suhu berpengaruh pada kimia air, laju reaksi kimia umumnya meningkat pada suhu yang lebih tinggi (Kale, 2016). Standar baku mutu untuk suhu air adalah $\pm 3^{\circ}\text{C}$ dari suhu udara. Suhu air baku dan air produksi pada musim kemarau yang diuji telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan yakni 29°C karena suhu udara pada waktu pengambilan sampel adalah 30°C . Pada musim hujan, terjadi penurunan suhu pada air baku dan air produksi, suhu pada musim hujan terukur sebesar 26°C . Parameter suhu pada musim hujan telah memenuhi baku mutu karena suhu udara yang terukur pada saat tersebut adalah 28°C .

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Paaijmans dkk (2008), ada hubungan yang signifikan antara suhu dan tingkat kekeruhan, suhu meningkat dengan meningkatnya kekeruhan. Hal ini dikarenakan partikel-partikel yang ada dalam kekeruhan air akan menyerap cahaya matahari yang mengakibatkan menurunnya tingkat *Dissolved Oxygen* (DO). Mandal (2014) juga menjelaskan melalui penelitiannya bahwa suhu dan kekeruhan memiliki saling berhubungan, kekeruhan yang tinggi akan menghambat sinar matahari yang bisa menembus perairan sehingga mengurangi laju fotosintesis. Ketika air menjadi keruh, sinar matahari akan meningkatkan suhu lebih efisien karena partikel tersuspensi dalam air akan menyerap sinar matahari.

j. Parameter Zat Organik (PV)

Zat organik adalah zat yang pada umumnya merupakan bagian dari binatang atau tumbuh-tumbuhan dengan komponen utamanya adalah karbon, protein, dan lemak lipid dan mudah sekali mengalami pembusukan oleh bakteri dengan menggunakan oksigen terlarut. Tingginya kadar zat organik menunjukkan pencemaran yang terjadi pada air tersebut oleh kotoran maupun sumber lain (Haitami dkk, 2016).

Kadar zat organik dalam bentuk *Permanganate Value* (PV) maksimum yang diperbolehkan baku mutu adalah sebesar 10 mg/L KMnO_4 . Air baku pada musim kemarau yang digunakan pada proses produksi di IPA PDAM Kota Mojokerto beserta air produksinya memiliki kadar zat organik dibawah batas baku mutu, yakni 5,37 mg/L untuk air baku dan 2,53 mg/L untuk air produksi dengan efisiensi removal sebesar 52,89%. Pada musim hujan, air baku mengandung kandungan zat organik sebesar 7,9 mg/L dan air produksi sebesar 2,84 mg/L, terjadi *removal* sebesar 64,05% pada proses pengolahan. Air produksi memiliki kadar zat organik jauh dibawah batas maksimum yang diperbolehkan sehingga dapat dikatakan bahwa air ini layak untuk digunakan sebagai air minum. Pada musim hujan, kandungan zat organik lebih tinggi dibandingkan dengan saat musim kemarau akibat kekeruhan pada musim hujan yang jauh lebih tinggi dibandingkan musim kemarau.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Basuki (2015), parameter zat organik (KMnO_4) memiliki hubungan yang kuat dan positif dengan kekeruhan yakni 0,871. Pernyataan ini didukung juga oleh penelitian pendahulunya yang dilakukan oleh N'diaye (2013) yang menyatakan bahwa kandungan zat organik dengan kekeruhan juga memiliki hubungan yang kuat yang positif yakni sebesar 0,868. Nilai konsentrasi permanganat yang tinggi terutama pada musim hujan diakibatkan oleh adanya limpasan dari air hujan yang mengandung lumpur, puing-puing tanaman, hewan mati sehingga membuat sungai berlumpur yang mengandung banyak padatan tersuspensi.

4.1.4 Analisis Data Sekunder Kualitas Air

Data sekunder diperoleh dari data hasil uji kualitas air yang dimiliki oleh PDAM Kota Mojokerto. Data sekunder ini digunakan sebagai gambaran awal pada kondisi eksisting di lapangan. Berikut ini merupakan hasil uji kualitas air pada Bulan November 2014 dan Bulan April 2016 dari beberapa parameter dapat dilihat pada **Tabel 4.8** sampai **Tabel 4.11**:

Tabel 4.8 Hasil Uji Kualitas Air Baku November 2014

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) Koliform	100 mL sampel	0	> 1600	Melebihi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$	50	2,5	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	3,5	Memenuhi baku mutu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	b. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,035	Memenuhi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	185,472	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	44,0781	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	27,7617	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	29 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	9,5827	Memenuhi baku mutu

Tabel 4.9 Hasil Uji Kualitas Air Produksi November 2014

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) Koliform	100 mL sampel	0	-	-
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	10,6286	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	1,4	Memenuhi baku mutu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	b. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,018	Memenuhi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	47,6788	Memenuhi baku mutu
	3) Klorida	mg/L Cl	250	< 0,25	Memenuhi baku mutu
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	32,3044	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	29 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	2) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	5,9396	Memenuhi baku mutu

Tabel 4.10 Hasil Uji Kualitas Air Baku April 2016

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) Koliform	100 mL sampel	0	1,6 × 10 ⁷	Melebihi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	2,8	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,063	Memenuhi baku mutu

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	2) Klorida	mg/L Cl	250	16,13	Memenuhi baku mutu
	3) Sulfat	mg/L SO ₄	250	29,051	Memenuhi baku mutu
	4) Suhu	°C	Suhu udara ±3	28 °C	Memenuhi baku mutu

Tabel 4.11 Hasil Uji Kualitas Air Produksi April 2016

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
1	Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan				
	a. Parameter mikrobiologi				
	1) <i>E coli</i>	100 mL sampel	0	< 1,8	Memenuhi baku mutu
	2) Koliform	100 mL sampel	0	< 1,8	Memenuhi baku mutu
	b. Kimia anorganik				
	1) Nitrat	mg/L NO ₃ -N	50	10,629	Memenuhi baku mutu
2	Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan				
	a. Parameter fisik				
	1) Kekeruhan	NTU	5	1,7	Memenuhi baku mutu
	b. Parameter kimiawi				
	1) Besi	mg/L Fe	0,3	0,006	Memenuhi baku mutu
	2) Kesadahan	mg/L CaCO ₃	500	161,92	Memenuhi baku mutu
3) Klorida	mg/L Cl	250	14,67	Memenuhi baku mutu	

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang Diperbolehkan	Hasil Analisis	Keterangan
	4) Sulfat	mg/L SO ₄	250	49,272	Memenuhi baku mutu
	5) Suhu	°C	Suhu udara ±3	30 °C	Memenuhi baku mutu
3	Parameter tambahan				
	1) Zat organik (PV)	mg/L KMnO ₄	10	4,445	Memenuhi baku mutu

Keterangan: Hasil < 1,8 MPN/100 mL = 0 MPN/100 mL.

Dari hasil uji kualitas air baku dan air produksi Bulan November 2014 dan Bulan April 2016, dapat disimpulkan bahwa kualitas air hasil produksi IPA PDAM Kota Mojokerto telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

4.2 Evaluasi Kinerja Instalasi

Setelah menganalisis kualitas air baku dan air produksi, maka selanjutnya dalam sub bab ini akan dibahas mengenai evaluasi kinerja unit-unit Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto untuk membandingkan kondisi di lapangan dengan kriteria desain dari berbagai literatur. Selain itu, pada sub bab ini juga akan dievaluasi dan dianalisis mengenai perbedaan kekeruhan air baku dan penggunaan koagulan akibat perbedaan kualitas air pada musim kemarau dan hujan. Unit-unit yang dievaluasi antara lain adalah unit *intake*, pompa, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Dari hasil evaluasi diharapkan dapat diketahui efektivitas dari kinerja unit-unit pengolahan dan memberi saran terhadap unit yang tidak memenuhi kriteria desain, sehingga tidak hanya kualitas air saja yang telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan tetapi juga unit pengolahan telah memenuhi kriteria desain.

4.2.1 Evaluasi Unit *Intake*

Di IPA PDAM Kota Mojokerto terdapat sebuah saluran *intake* yang mengalirkan air baku dari Sungai Brantas menuju sumur pengumpul yang akan memompa air menuju unit

selanjutnya. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari unit *intake* adalah:

1. Kecepatan aliran horizontal (vh)
2. Waktu detensi (Td)

Berikut merupakan data mengenai unit *intake*:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Panjang (p) = 43,8 m
- Lebar (l) = 2 m
- Kedalaman (h) = 2 m

Perhitungan parameter kinerja unit *intake*:

- Volume (V) = p × l × h
= 43,8 m × 2 m × 2 m = 175,2 m³
- Td = V / Q
= 175,2 m³ / 0,1 m³/detik
= 1.752 detik = 29,2 menit
- A = l × h
= 2 m × 2 m = 4 m²
- vh = Q / A
= 0,1 m³/detik / 4 m² = 0,025 m/detik

Dari perhitungan hasil evaluasi, didapatkan waktu detensi pada unit *intake* adalah 29,2 menit dan kecepatan horizontalnya adalah 0,025 m/detik.

4.2.2 Evaluasi Pompa *Intake*

Air yang melalui saluran *intake* kemudian disalurkan menuju sumur pengumpul. Di saluran pengumpul, air selanjutnya akan dipompa menuju ke unit pengolahan koagulasi yang berlokasi berseberangan jalan dengan unit *intake* dan sumur pengumpul. Pompa yang digunakan di sumur pengumpul IPA PDAM Kota Mojokerto ini berjumlah 2, yakni pompa Grundfos tipe S1.80.125.260.4.58H.S.341.Q.N.D dan pompa Ebara tipe 150 DL 522. Berikut merupakan data mengenai elevasi dan pompa:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Elevasi muka air sungai = + 20 m
- Elevasi unit koagulasi = + 24 m
- Ketinggian unit koagulasi dari muka tanah = + 10,75 m
- Kapasitas pompa 1 = 85 L/detik

- Kapasitas pompa 2 = 1,5 m³/menit
= 25 L/detik
- Kapasitas pompa total = 110 L/detik
- *Head* pompa 1 = 48,4 m
- *Head* pompa 2 = 33 m

Perhitungan *head* pompa:

Pompa 1:

- Q pompa 1 = 0,075 m³/detik
- *Head* statik = 14,75 m
- Mayor Losses (Hf)
 - L *discharge* = 144 m
 - Diameter = 6" = 152,4 mm
 - Luas (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2$
 - v = Q / A = 4,17 m/detik
 - C (*coated cast iron*) = 133
 - Hf = $\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$
 - Hf = $\frac{10,666 \times 0,075^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 13,76 \text{ m}$
 - H_{Lm} (belokan 90°) = $K \times \frac{v^2}{2g}$
 - Jumlah belokan = 3
 - K belokan 90° = 0,9
 - H_{Lm} belokan = $3 \times 0,9 \times \frac{(4,17 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2}$
 - = 2,39 m
 - Hf total = 13,76 m + 2,39 m
 - = 16,15 m
 - Hp = 14,75 m + 16,15 m
 - = 30,9 m

Pompa 2:

- Q pompa 2 = 0,025 m³/detik
- *Head* statik = 14,75 m
- Mayor Losses (Hf)
 - L *discharge* = 144 m
 - Diameter = 6" = 152,4 mm
 - Luas (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2$
 - v = Q / A = 1,39 m/detik
 - C (*coated cast iron*) = 133

$$\begin{aligned}
H_f &= \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L \\
H_f &= \frac{10,666 \times 0,025^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 1,8 \text{ m} \\
H_{Lm} \text{ (belokan } 90^\circ) &= K \times \frac{v^2}{2g} \\
\text{Jumlah belokan} &= 3 \\
K \text{ belokan } 90^\circ &= 0,9 \\
H_{Lm} \text{ belokan} &= 3 \times 0,9 \times \frac{(1,39 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
&= 0,27 \text{ m} \\
H_f \text{ total} &= 1,8 \text{ m} + 0,27 \text{ m} \\
&= 2,07 \text{ m} \\
H_p &= 14,75 \text{ m} + 2,07 \text{ m} \\
&= 17,82 \text{ m}
\end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan *head* pompa masing-masing sebesar 30,9 m dan 17,82 m, sedangkan pompa eksisting mempunyai *head* pompa 1 adalah 48,4 m dan pompa 2 adalah 33 m, sehingga *head* pompa berlebih pada pompa 1 sebesar 17,5 m dan pompa 2 sebesar 15,18 m. Maka dari itu, pompa yang digunakan sudah sesuai dengan kebutuhan.

4.2.3 Evaluasi Unit Koagulasi

Setelah unit *intake*, air baku dari Sungai Brantas kemudian dipompa menuju unit koagulasi hidrolis yang berupa terjunan. Pembubuhan koagulan dilakukan dalam pipa yang menyalurkan air dari *intake* menuju bak koagulasi. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari unit koagulasi adalah:

- Waktu pengadukan (t)
- Gradien kecepatan (G)

Berikut merupakan data mengenai unit koagulasi:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Jumlah unit (n) = 2
- Panjang (p) = 1,8 m
- Lebar (l) = 0,8125
- Kedalaman (H) = 0,551 m
- T = 29 °C
- μ = 0,0008181 N.detik/m²

- $\rho = 995,97 \text{ kg/m}^3$

- $h \text{ terjunan (h)} = 0,721 \text{ m}$

Perhitungan parameter kinerja unit koagulasi:

- $Q \text{ per unit} = 0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$

- $\text{Volume (V)} = \text{Luas alas} \times H$
 $= (1/2 \times 1,8 \text{ m} \times 0,8125 \text{ m}) \times 0,551 \text{ m}$
 $= 0,403 \text{ m}^3$

- $T_d = V / Q$
 $= 0,403 \text{ m}^3 / 0,05 \text{ m}^3/\text{detik}$
 $= 8 \text{ detik}$

- $G = \sqrt{\frac{\rho \times g \times h}{\mu \times T_d}} = 1.034 / \text{detik}$

Dari perhitungan hasil evaluasi, didapatkan waktu pengadukan pada unit koagulasi adalah 8 detik dan gradien kecepataannya adalah 1.034 /detik. Berdasarkan kriteria desain dalam SNI 6774: 2008, kriteria untuk waktu pengadukan adalah 1 – 5 detik dan gradien kecepatan adalah > 750/detik. Sedangkan berdasarkan Reynolds (1982) disebutkan bahwa waktu detensi untuk pengadukan cepat dapat berkisar antara 20 – 60 detik, maka dari itu dapat disimpulkan bahwa waktu pengadukan cepat dan gradient kecepatan unit koagulasi di IPA PDAM Kota Mojokerto telah memenuhi kriteria desain.

4.2.4 Evaluasi Unit Flokulasi

Setelah dari melalui tahap koagulasi, tahap selanjutnya yakni flokulasi. Di IPA PDAM Kota Mojokerto, terdapat 2 bak flokulasi hidrolis dengan aliran vertikal. Setiap unit flokulasi terdiri dari 6 buah kompartemen berbentuk persegi enam. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari unit flokulasi adalah:

- Kecepatan aliran (v)
- Waktu detensi (Td)
- Gradien kecepatan (G)

Berikut merupakan data mengenai unit flokulasi:

- $\text{Debit (Q)} = 100 \text{ L/detik} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$

- $\text{Panjang sisi kompartemen (S)} = 1,17 \text{ m}$

- $\text{Kedalaman (h)} = 4,8 \text{ m}$

- $\text{Headloss kompartemen 1} = 0,282 \text{ m}$

- *Headloss* kompartemen 2 = 0,193 m
- *Headloss* kompartemen 3 = 0,127 m
- *Headloss* kompartemen 4 = 0,082 m
- *Headloss* kompartemen 5 = 0,053 m
- *Headloss* kompartemen 6 = 0,037 m
- T = 29 °C
- $v = 8,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$

Perhitungan parameter kinerja unit flokulasi:

- Q per bak = 0,05 m³/detik
- Volume per kompartemen = $\frac{3}{2} \times S^2 \times \sqrt{3} \times h$
= 17,07 m³
- Volume total per bak = 17,07 m³ × 6 = 102,43 m³
- Td = V / Q
= 102,43 m³ / 0,05 m³/detik
= 2.049 detik = 34 menit
- As = V / h = 3,56 m²
- v = Q / As = 0,014 m/detik
- $G_1 = \sqrt{\frac{hL1 \times g}{v \times Td}} = 41 \text{ /detik}$
- $G_2 = \sqrt{\frac{hL2 \times g}{v \times Td}} = 34 \text{ /detik}$
- $G_3 = \sqrt{\frac{hL3 \times g}{v \times Td}} = 27 \text{ /detik}$
- $G_4 = \sqrt{\frac{hL4 \times g}{v \times Td}} = 22 \text{ /detik}$
- $G_5 = \sqrt{\frac{hL5 \times g}{v \times Td}} = 18 \text{ /detik}$
- $G_6 = \sqrt{\frac{hL6 \times g}{v \times Td}} = 15 \text{ /detik}$

Dari perhitungan hasil evaluasi, didapatkan waktu detensi pada unit flokulasi adalah 34 menit, gradien kecepatannya adalah 0,014 m/detik dan $G_1, G_2, G_3, G_4, G_5, G_6$ berturut-turut adalah 41 /detik, 34 /detik, 27 /detik, 22 /detik, 18 /detik, dan 15 /detik. Menurut kriteria desain SNI 6774: 2008, kecepatan maksimal unit flokulasi adalah 0,9 m/detik. Berdasarkan kriteria desain yang disebutkan pada Reynolds (1982), waktu detensi flokulasi dari air yang bersumber dari sungai adalah minimal 20 menit dan gradient

kecepatan berkisar antara 10 hingga 50 /detik. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa kriteria waktu detensi, kecepatan unit flokulasi, dan gradien kecepatan flokulasi di IPA PDAM Kota Mojokerto telah memenuhi kriteria desain.

4.2.5 Evaluasi Unit Sedimentasi

Setelah unit flokulasi, air kemudian mengalir menuju unit sedimentasi aliran vertikal menggunakan tabung pengendap (*tube settler*). Jumlah unit bak sedimentasi adalah 2 buah. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari unit sedimentasi adalah:

- Beban permukaan (S_o)
- Waktu detensi (T_d)
- Bilangan Reynold (N_{re})
- Bilangan Fraude (N_{fr})

Berikut merupakan data mengenai unit sedimentasi:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Panjang (p) = 12,5 m
- Lebar (l) = 6,65 m
- Kedalaman (t) = 5,3 m
- Jarak *settler* (w) = 0,05 m
- Tinggi *settler* (h) = 1,04 m
- Sudut (α) = 60°
- T = 29 °C
- v = 8,21 × 10⁻⁷ m³/detik

Perhitungan parameter kinerja unit sedimentasi:

- Q per bak = 0,05 m³/detik
- Volume per bak = $p \times l \times t$
= 12,5 m × 6,65 m × 5,3 m = 440,5625 m³
- As = V / t
= 440,5625 m³ / 5,3 m = 83,125 m²
- T_d = V / Q
= 440,5625 m³ / 0,05 m³/detik
= 8.811 detik = 2,4 jam
- S_o = $\frac{Q \times w}{As \times (h \cos \alpha + w \cos^2 \alpha)}$
= 0,00006 m³/m².detik = 5 m³/m².jam
- vh = $\frac{Q}{As \times \sin \alpha}$

- R

$$\begin{aligned}
 &= 0,00069 \text{ m/detik} \\
 &= (l \times t) / (2l + t) \\
 &= (6,65 \text{ m} \times 5,3 \text{ m}) / (2 \times 6,65 \text{ m} + 5,3 \text{ m}) \\
 &= 2,04 \text{ m}
 \end{aligned}$$
- Nre

$$\begin{aligned}
 &= \frac{vh \times R}{v} \\
 &= \frac{0,00069 \frac{\text{m}}{\text{detik}} \times 2,04 \text{ m}}{8,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}} = 1.720
 \end{aligned}$$
- Nfr

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{\frac{vh^2}{g \times R}} \\
 &= \sqrt{\frac{\left(0,00069 \frac{\text{m}}{\text{detik}}\right)^2}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{detik}^2} \times 2,04 \text{ m}}} = 1,54 \times 10^{-4}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan hasil evaluasi, didapatkan waktu detensi pada unit sedimentasi adalah 2,4 jam, beban permukaannya adalah $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$, bilangan Reynold adalah 1.720 dan bilangan Fraude adalah $1,54 \times 10^{-4}$. Berdasarkan kriteria desain dalam Rynolds (1981), kriteria untuk waktu detensi adalah 2 – 8 jam, beban permukaan untuk bak sdimentasi dengan *tube settler* pada kriteria desain AWWA (2005) adalah $2,4 - 7,3 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{jam}$, bilangan Reynold adalah < 2000 , dan bilangan Fraude adalah $> 10^{-5}$. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa kriteria beban permukaan, bilangan Reynold, bilangan Froude, dan waktu detensi unit sedimentasi di IPA PDAM Kota Mojokerto sudah memenuhi kriteria desain.

4.2.6 Evaluasi Unit Filtrasi

Setelah dari melalui tahap sedimentasi, tahap selanjutnya yakni filtrasi. Di IPA PDAM Kota Mojokerto, terdapat 6 bak saringan pasir cepat dengan pencucian antar saringan. Jenis media yang digunakan pada unit filtrasi adalah antrasit, pasir, dan kerikil. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari unit filtrasi adalah:

- Kecepatan penyaringan (v)
- % volume air pencucian

Berikut merupakan data mengenai unit filtrasi:

- Debit (Q) = 100 L/detik = $0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Panjang (p) = 6 m
- Lebar (l) = 2 m

- Kedalaman (h) = 3,145 m
- Jumlah bak = 6 buah
- Waktu operasi = 22 jam/hari
- Lama pencucian = 15 menit = 900 detik
- Tebal media pasir = 300 mm
- Tebal media kerikil = 300 mm
- Tebal media antrasit = 500 mm

Perhitungan parameter kinerja unit filtrasi:

- Q per bak = $0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / 6 = 0,0167 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Volume per bak = $p \times l \times h = 6 \text{ m} \times 2 \text{ m} \times 3,145 \text{ m} = 37,74 \text{ m}^3$
- As = $p \times l = 6 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 12 \text{ m}^2$
- v = $V / Q = 0,00139 \text{ m}/\text{detik} = 5 \text{ m}/\text{jam}$
- Produksi 1 filter dalam 1 hari = $Q \times \text{waktu operasi} = 0,0167 \text{ m}^3/\text{detik} \times 22 \text{ jam}/\text{hari} = 1.320 \text{ m}^3/\text{hari}$
- $Q_{\text{backwash}} = Q \text{ per bak} = 0,0167 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Volume $_{\text{backwash}} = Q_{\text{backwash}} \times \text{lama}_{\text{backwash}} = 0,0167 \text{ m}^3/\text{detik} \times 900 \text{ detik} = 15,03 \text{ m}^3$
- % volume air pencucian = $\frac{\text{volume air}_{\text{backwash}}}{\text{produksi 1 filter dalam 1 hari}} \times 100\% = \frac{15,03 \text{ m}^3}{1.320 \text{ m}^3} \times 100\% = 1,14\%$

Dari perhitungan hasil evaluasi, didapatkan kecepatan penyaringan pada unit filtrasi adalah 5 m/jam dan % volume air pencucian adalah 1,14%. Berdasarkan kriteria desain dalam AWWA (2005), kriteria untuk kecepatan penyaringan cepat adalah lebih dari 5 m/jam. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa kriteria kecepatan penyaringan unit filtrasi di IPA PDAM Kota Mojokerto sudah memenuhi kriteria desain.

4.2.7 Evaluasi Unit Desinfeksi

Setelah unit filtrasi, air kemudian mengalir menuju *reservoir*. Dalam pipa yang menuju *reservoir*, dilakukan pembubuhan *liquid chlorine* sebagai desinfektan. Beberapa parameter kinerja yang dievaluasi untuk mengetahui kinerja dari proses desinfeksi adalah:

- % removal *E. coli*
- Dosis pembubuhan desinfektan

Berikut merupakan data mengenai unit desinfeksi:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Konsentrasi desinfektan = 60%
- *E. coli in* saat musim kemarau = 240 /100 mL sampel
- *E. coli out* saat musim kemarau = 0 /100 mL sampel
- *E. coli in* saat musim hujan = 220 / 100 mL sampel
- *E. coli out* saat musim hujan = 0 / 100 mL sampel

Tabel 4.12 dibawah ini merupakan data kebutuhan desinfektan pada Bulan Januari – Agustus 2019 IPA PDAM Kota Mojokerto.

Tabel 4.12 Kebutuhan Desinfektan per Bulan Januari – Agustus 2019

No	Bulan	Kebutuhan Desinfektan (kg/bulan)
1	Januari 2019	270,8
2	Februari 2019	236,8
3	Maret 2019	292,4
4	April 2019	273,8
5	Mei 2019	338,3
6	Juni 2019	315,95
7	Juli 2019	308,2
8	Agustus 2019	263,75

Dari data pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa rata-rata kebutuhan desinfektan per bulan adalah 287,5 kg/bulan. Maka dari itu, rata-rata kebutuhan desinfektan adalah 9,583 kg/hari.

Perhitungan parameter kinerja desinfeksi:

- % removal *E. coli* musim kemarau = $\frac{E.coli\ in - E.coli\ out}{E.coli\ in} \times 100\%$
 $= \frac{240 - 0}{240} \times 100\% = 100\%$
- % removal *E. coli* musim hujan = $\frac{E.coli\ in - E.coli\ out}{E.coli\ in} \times 100\%$
 $= \frac{220 - 0}{220} \times 100\% = 100\%$

- Dosis desinfektan

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Kebutuhan desinfektan per hari} \times \% \text{ konsentrasi desinfektan}}{\text{Debit}} \\
 &= \frac{9,583 \frac{\text{kg}}{\text{hari}} \times 60\%}{0,1 \text{ m}^3/\text{detik}} \times \frac{10^6 \text{ mg/kg}}{10^3 \text{ L/m}^3} \times \frac{1}{86400 \text{ detik/hari}} \\
 &= 0,67 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Tabel 4.13 dibawah ini merupakan rangkuman dari keseluruhan hasil evaluasi kinerja unit IPA yang dibandingkan dengan kriteria desain.

Tabel 4.13 Hasil Evaluasi Kinerja Unit IPA PDAM Kota Mojokerto

Unit Bangunan	Parameter Evaluasi	Hasil	Kriteria Desain	Keterangan
Intake	Kecepatan aliran	0,025 m/detik	-	-
	Waktu detensi	29,2 menit	-	-
Koagulasi	Waktu detensi	8 detik	Hingga 60 detik	Memenuhi kriteria desain
	Gradien kecepatan	1.034/detik	>750 /detik	Memenuhi kriteria desain
Flokulasi	Kecepatan aliran	0,014 m/detik	Maks. 0,9 m/detik	Memenuhi kriteria desain
	Waktu detensi	34 menit	Lebih dari 20 menit	Memenuhi kriteria desain
	Gradien kecepatan	G ₁ = 41/detik G ₂ = 34/detik G ₃ = 27/detik G ₄ = 22/detik G ₅ = 18/detik G ₆ = 15/detik	10 – 50 /detik	Memenuhi kriteria desain
Sedimentasi	Beban permukaan	5 m ³ /m ² .jam	2,4 – 7,3 m ³ /m ² .jam	Memenuhi kriteria desain
	Waktu detensi	2,4 jam	2 – 8 jam	Memenuhi kriteria desain

Unit Bangunan	Parameter Evaluasi	Hasil	Kriteria Desain	Keterangan
	Nre	1.720	<2000	Memenuhi kriteria desain
	Nfr	$1,54 \times 10^{-4}$	$>10^{-5}$	Memenuhi kriteria desain
Filtrasi	Kecepatan penyaringan	5 m/jam	Lebih dari 5 m/jam	Memenuhi kriteria desain
	% volume pencucian	1,14%	-	-
Desinfeksi	% <i>removal E. coli</i>	- Musim kemarau = 100% - Musim hujan = 100%	-	-
	Dosis desinfektan	0,67 mg/L	-	-
Pompa	<i>Head pompa</i>	- Sisa <i>head</i> pompa 1 = 17,15 m - Sisa <i>head</i> pompa 2 = 15,18 m	-	Memenuhi kebutuhan <i>head</i>

4.2.8 Analisis Keekeruhan Air dan Penggunaan PAC

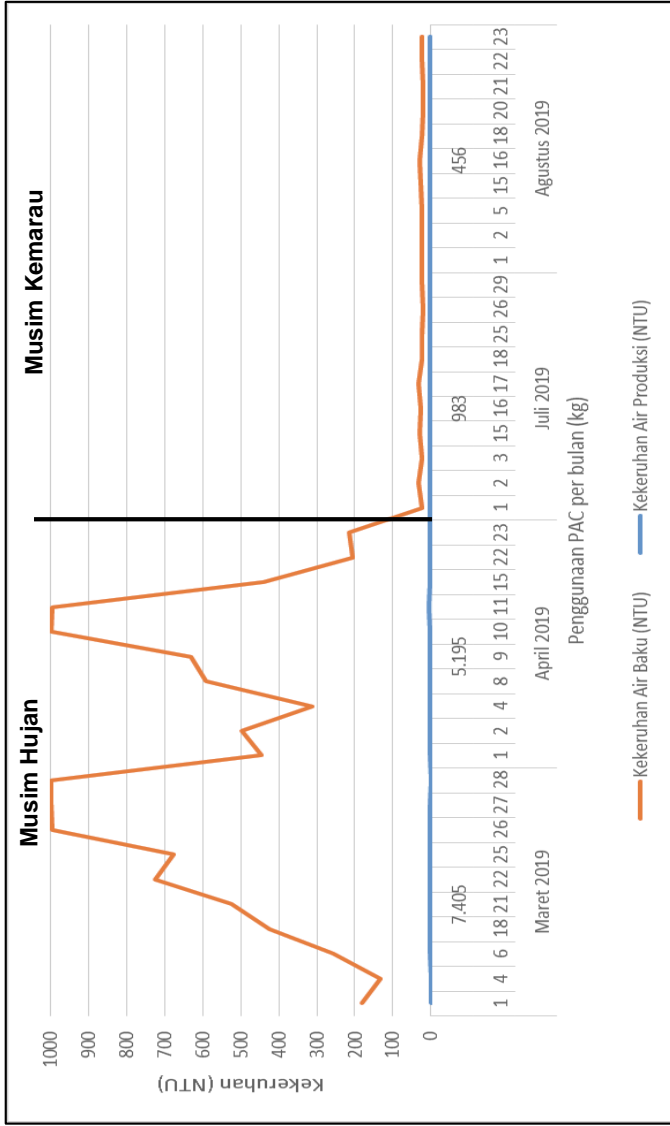
Data sekunder keekeruhan air baku dan air produksi diperoleh dari data pengukuran keekeruhan harian yang dimiliki oleh PDAM Kota Mojokerto. Sementara itu, data penggunaan PAC diperoleh dari data laporan bulanan PDAM Kota Mojokerto. Data sekunder ini digunakan sebagai gambaran awal kondisi eksisting di lapangan yang kemudian akan digunakan sebagai dasar perencanaan unit bangunan prasedimentasi di IPA PDAM Kota Mojokerto. **Gambar 4.2** berikut ini merupakan grafik rata-rata keekeruhan air baku dengan penggunaan PAC per bulan yang diambil dari data Bulan Maret, April, Juli, dan Agustus 2019.

Penggunaan PAC dalam satu bulan meningkat dengan meningkatnya rata-rata keekeruhan bulanan. Keekeruhan pada

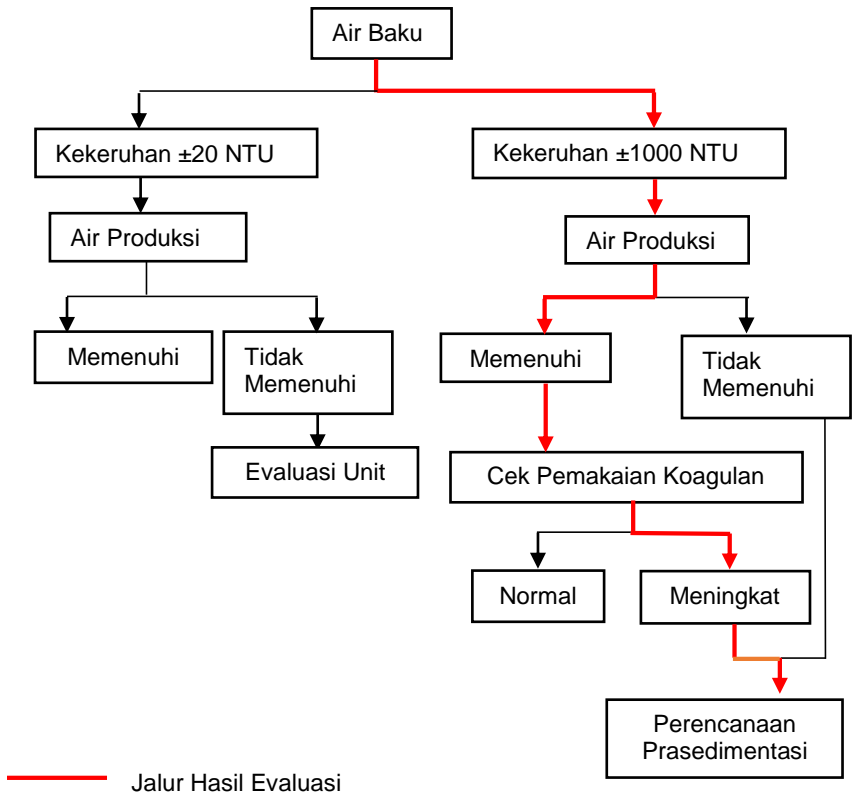
musim hujan paling tinggi yang terukur yakni 1000 NTU sedangkan rata-rata kekeruhan pada musim hujan berkisar diatas 500 NTU dengan penggunaan PAC lebih dari 5000 kg/bulan. Pada musim hujan di Bulan Maret 2019, rata-rata kekeruhannya mencapai 591,9 NTU dengan penggunaan PAC sebesar 7.405 kg/bulan, Bulan April 2019 rata-rata kekeruhannya 533,3 NTU dengan penggunaan PAC sebesar 5.195 kg/bulan. Rata-rata kekeruhan bulanan pada musim kemarau adalah sekitar 20 NTU dengan penggunaan PAC bulanan tidak melebihi 1000 NTU. Pada musim kemarau di Bulan Juli 2019, rata-rata kekeruhan air baku adalah 25,855 NTU dengan penggunaan PAC sebesar 983 NTU, Bulan Agustus 2019 rata-rata kekeruhannya adalah 23,607 NTU dengan penggunaan PAC sebesar 456 kg/bulan. Semakin tinggi intensitas hujan, maka kekeruhan air baku akan semakin meningkat, hal tersebut akan berpengaruh terhadap peningkatan koagulan PAC yang digunakan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Budiman dkk (2008), dengan kekeruhan air baku pada musim hujan sebesar 98,3 NTU, dosis PAC yang optimum adalah 75 ppm sedangkan pada saat musim kemarau dengan kekeruhan air baku 6,3 NTU, dosis PAC optimum yang harus ditambahkan adalah 50 ppm. Perbedaan dosis optimum PAC ini akan memengaruhi kebutuhan PAC per bulan yang ditambahkan sebagai koagulan. Penelitian yang telah dilakukan oleh Jahanshahi dan Taghizadeh (2018) menjelaskan bahwa kekeruhan pada saat musim hujan terutama saat hujan deras akan meningkat secara tiba-tiba dan drastis, sehingga perlu dioperasikannya unit prasedimentasi. Jika tidak menggunakan unit prasedimentasi maka kekeruhan air akan masuk menuju unit filtrasi dan menyebabkan penurunan interval waktu pencucian (tiga kali sehari), akan tetapi unit prasedimentasi ini jika dioperasikan pada saat kekeruhan air rendah akan mengakibatkan peningkatan konsumsi energi tambahan dan peningkatan konsumsi gas khlor.

Data kekeruhan air baku dan produksi beserta penggunaan PAC per bulan pada Bulan Maret, April, Juli, dan Agustus 2019 secara lebih rinci terdapat pada **Lampiran 1**.



Gambar 4.2 Perbandingan Rata-Rata Kekeruhan dengan Penggunaan PAC



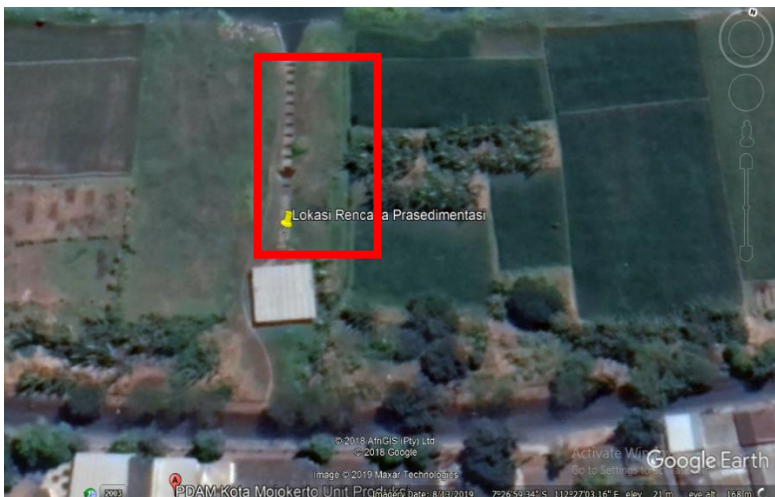
Gambar 4.3 Alur Hasil Evaluasi Kualitas Air

Pada lampiran II Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26/PRT/M/2014 tentang Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum dijelaskan bahwa apabila kekeruhan air baku > 600 NTU, maka perlu diolah terlebih dahulu menggunakan unit prasedimentasi sebelum dilakukan pembubuhan zat kimia pada proses pengadukan cepat. Berdasarkan hal tersebut, maka pada IPA PDAM Kota Mojokerto perlu direncanakan unit prasedimentasi sebagai unit pengolahan pendahuluan untuk kekeruhan. Penjelasan mengenai perencanaan unit prasedimentasi akibat peningkatan kekeruhan air di musim hujan diperinci dalam alur

bagan **Gambar 4.3** diatas. Dari bagan tersebut dapat diketahui bahwa kekeruhan air baku yang tinggi akan menjadi dasar dalam perencanaan bangunan prasedimentasi. Pada sub bab selanjutnya akan dibahas mengenai perencanaan bangunan prasedimentasi di IPA PDAM Kota Mojokerto untuk mengatasi peningkatan penggunaan PAC yang meningkat pada musim hujan dan juga analisis perbandingan dosis optimum PAC sebelum dan setelah adanya unit prasedimentasi.

4.3 Perencanaan Bangunan Prasedimentasi

Unit prasedimentasi yang akan direncanakan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto berlokasi di saluran *intake* tepat di pinggir Sungai Brantas. Selain unit prasedimentasi, sebuah saluran *bypass* juga akan direncanakan di IPA PDAM Kota Mojokerto. Saluran *by pass* ini akan difungsikan saat pembangunan prasedimentasi sedang berlangsung sehingga tidak mengganggu aktivitas pengolahan air dan saat musim kemarau atau saat kekeruhan air baku rendah sehingga dapat mengurangi konsumsi energi tambahan dari penggunaan prasedimentasi. **Gambar 4.4** merupakan lokasi rencana unit prasedimentasi dan saluran *bypass* di IPA PDAM Kota Mojokerto.

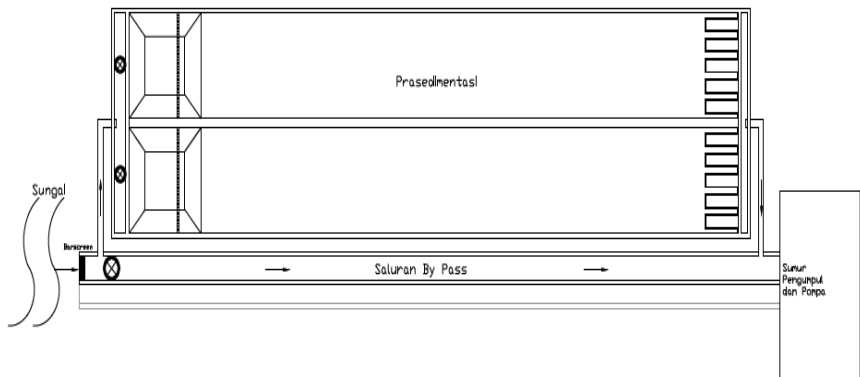


Gambar 4.4 Rencana Lokasi Unit Prasedimentasi dan Saluran *By Pass*

Lokasi unit prasedimentasi dan saluran *by pass* akan berada di unit *intake* eksisting yang berupa saluran dengan panjang $\pm 43,8$ meter dan lebar 2 meter. Letak saluran *by pass* tepat bersebelahan dengan prasedimentasi dan direncanakan terdapat pengaturan pintu air dari saluran *intake* menuju prasedimentasi dan saluran *by pass* sehingga memudahkan saat pengaturan penggunaan unit yang akan digunakan. Gambar *layout* eksisting IPA PDAM Kota Mojokerto dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

4.3.1 Perhitungan Dimensi Saluran *By Pass*

Saluran *by pass* yang direncanakan merupakan saluran yang akan difungsikan saat pembangunan prasedimentasi berlangsung sehingga tidak mengganggu jalannya proses pengolahan air. Selain itu, saluran ini juga akan digunakan saat musim kemarau atau pada saat kekeruhan air baku rendah sehingga air tidak memerlukan *pretreatment* untuk menurunkan tingkat kekeruhan. Hal ini juga dapat menurunkan kebutuhan energi untuk pengoperasionalan prasedimentasi.



Gambar 4.5 Rencana Denah Prasedimentasi dan Saluran *By Pass*

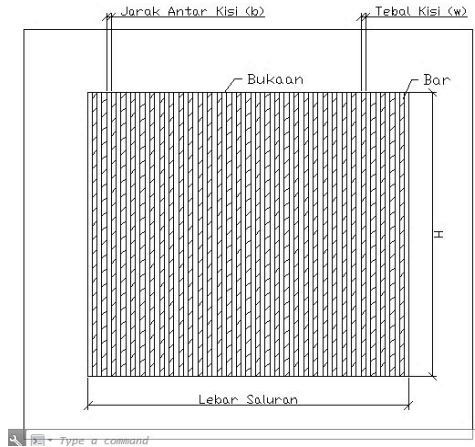
Dalam perencanaan saluran *by pass* ini, saluran ini akan direncanakan berlokasi bersebelahan dengan prasedimentasi, sehingga akan ada pengaturan menggunakan pintu air untuk pengoperasian saluran *by pass* dan prasedimentasi. Berikut ini merupakan perhitungan saluran *by pass*:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- V rencana = 0,2 m/detik
- Koefisien kekasaran Manning (n) = 0,013
- Panjang saluran (l) = 43,8 m
- A = Q / v
= 0,1 m³/detik / 0,2 m/detik = 0,5 m²
- Lebar : Kedalaman = 2 : 1
- H muka air = $\sqrt{\frac{A}{2}}$ = $\sqrt{\frac{0,5 \text{ m}^2}{2}}$ = 0,5 m
- Lebar saluran (w) = 2 x H muka air
= 2 x 0,5 m = 1 m
- R = (w x h) / (2h + w)
= (0,5 m x 1 m) / (2 x 0,5 m + 1 m)
= 0,25 m
- Slope (S) = $\left(\frac{v \times n}{R^3}\right)^2$
= $\left(\frac{0,2 \frac{\text{m}}{\text{detik}} \times 0,013}{(0,25 \text{ m})^3}\right)^2 = 0,00004 \text{ m/m}$
- H saluran = H muka air + *free board* 0,3 m
= 0,5 m + 0,3 m = 0,8 m
- Volume (V) = l x w x h muka air
= 43,8 m x 1 m x 0,5 m = 21,9 m³
- td = V / Q
= 21,9 m³ / 0,1 m³/detik
= 219 detik = 3,7 menit
- hL = l x S
= 43,8 m x 0,00004 m/m = 0,00188 m

Pintu air:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Lebar pintu (l) = lebar saluran = 1 m
- H pintu air = $\left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times 0,6 \times l}\right)^{\frac{2}{3}}$
= 0,15 m = 0,2 m
- hL = $\left(\frac{Q}{0,8 \times H \times l}\right)^2 \times \frac{1}{2} g$
= 0,00307 m

Barscreen:



Gambar 4.6 Detail *Barscreen*

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Jarak antar kisi (b) = 0,015 m
(kriteria desain Metcalf dan Eddy = 10 – 15 mm)
- Kemiringan (α) = 60°
(kriteria desain Metcalf dan Eddy = 30 – 60°)
- Tebal kisi (w) = 0,015 m
(kriteria desain Metcalf dan Eddy = 13 – 17 mm)
- Lebar saluran (l) = 1 m
- β = 1,79
- H rencana = 0,9 m
- Jumlah bar (n) = $\frac{(l - b)}{(b + w)}$ = 33 bar
- Jumlah bukaan (s) = n + 1 = 34 bukaan
- Lebar bukaan antar bar total (Lt) = b × (n + 1) = 0,51 m
- A = Lt × H = 0,459 m²
- Kecepatan melalui bar (vs) = Q / A = 0,22 m/detik
- hL = $\beta \times \left[\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \frac{vs^2}{2g} \times \sin \alpha$
= 0,00367 m

Gambar *layout* rencana saluran *by pass* dan prasedimentasi dapat dilihat pada **Lampiran 7**, sedangkan gambar denah saluran *by pass* beserta potongan dapat dilihat pada **Lampiran 8** dan **Lampiran 9**.

4.3.2 Perhitungan Dimensi Unit Prasedimentasi

Sebelum merencanakan unit prasedimentasi, terlebih dahulu dilakukan percobaan *column settling test* dengan kekeruhan saat musim hujan untuk mendapatkan kecepatan pengendapan. Kekeruhan awal dalam *column settling test* ini adalah 532 NTU. **Tabel 4.14** merupakan hasil dari percobaan pengendapan dengan *column settling*.

Tabel 4.14 Hasil *Column Settling Test*

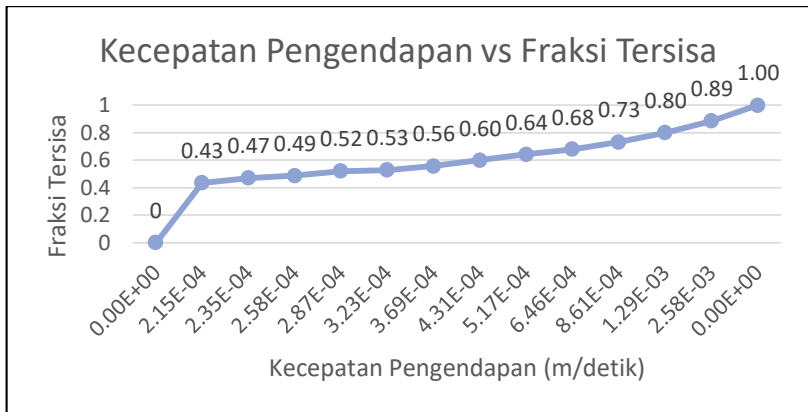
Waktu (menit)	Kekeruhan (NTU)
0	532
10	471
20	426
30	389
40	361
50	342
60	319
70	296
80	281
90	277
100	259
110	250
120	231

Setelah didapatkan data seperti pada tabel diatas, selanjutnya dihitung kecepatan pengendapan dan fraksi tersisa pada tiap waktu. Kemudian, kecepatan pengendapan dan fraksi tersisa diplot menjadi sebuah grafik dan dibagi menjadi beberapa irisan bagian. Dari grafik maka dapat dihitung persen *removal* yang akan digunakan dalam perencanaan unit prasedimentasi. Waktu detensi (td) dapat dihitung dari ketinggian *column settling* dibagi dengan V_0 yang didapatkan. Perhitungan dan grafik dari kecepatan pengendapan dengan persen *removal* terdapat pada **Lampiran 2**. **Tabel 4.15** merupakan data kecepatan dan fraksi

tersisa dari hasil percobaan dan **Gambar 4.7** merupakan grafik dari kecepatan pengendapan dengan fraksi tersisa.

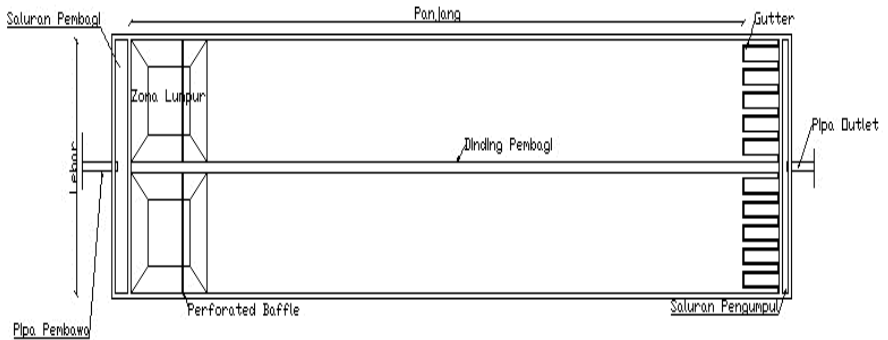
Tabel 4.15 Kecepatan dan Fraksi Tersisa Hasil Percobaan

Waktu (menit)	Kekeruhan (NTU)	Kecepatan Pengendapan (m/detik)	Fraksi Tersisa
0	532	0	1,00
10	471	$2,6 \times 10^{-3}$	0,89
20	426	$1,3 \times 10^{-3}$	0,80
30	389	$8,6 \times 10^{-4}$	0,73
40	361	$6,5 \times 10^{-4}$	0,68
50	342	$5,2 \times 10^{-4}$	0,64
60	319	$4,3 \times 10^{-4}$	0,60
70	296	$3,7 \times 10^{-4}$	0,56
80	281	$3,2 \times 10^{-4}$	0,53
90	277	$2,9 \times 10^{-4}$	0,52
100	259	$2,6 \times 10^{-4}$	0,49
110	250	$2,3 \times 10^{-4}$	0,47
120	231	$2,2 \times 10^{-4}$	0,43



Gambar 4.7 Kecepatan Pengendapan dengan Fraksi Tersisa

Menurut Metcalf & Eddy (2014), efisiensi *removal* unit prasedimentasi adalah 50 hingga 70%. Untuk menyesuaikan dengan ketersediaan lahan maka dari itu persen *removal* yang digunakan dalam perencanaan bangunan prasedimentasi ini adalah 65% dengan kecepatan pengendapan sebesar 0,00039 m/detik. Berikut ini merupakan perhitungan *Detail Engineering Design* (DED) bangunan prasedimentasi:



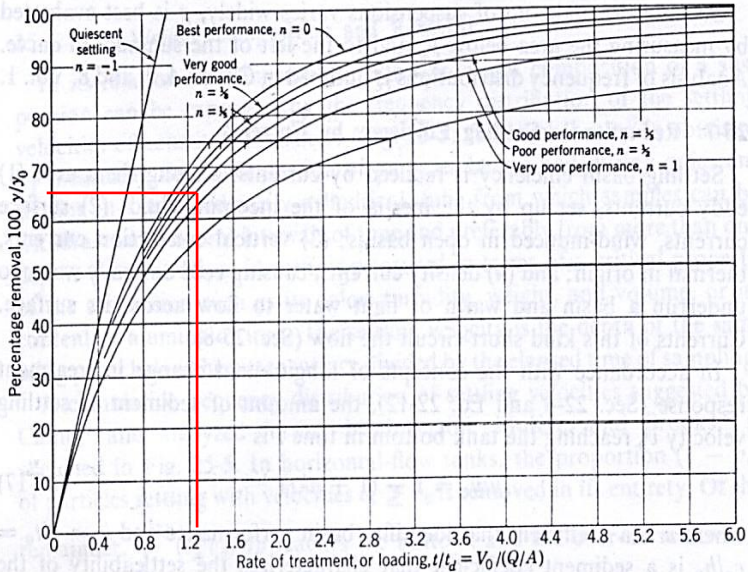
Gambar 4.8 Denah Unit Prasedimentasi

Perhitungan Dimensi

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Jumlah unit = 2 unit (1 unit dengan sekat pemisah di tengah)
- Q per unit = 0,05 m³/detik
- Suhu = 29 °C
- μ = 0,0008181 N.detik/m²
- ν = 8,21 × 10⁻⁷ m³/detik
- ρ air = 995,97 kg/m³
- g = 9,81 m/detik²
- V_0 = 0,00039 m/detik
- S_0 = 1,404 m³/m².jam
- % *removal* = 65%
- t_d = 1,42 jam = 5.112 detik
- Kedalaman (h) = 2 m

Dari % *removal* yang telah ditentukan selanjutnya diplotkan pada grafik *performance* dengan tujuan sebagai angka keamanan sekaligus mengetahui t (bak) untuk pengendapan pada aliran

karena dalam percobaan digunakan *column settling test* yang tidak memiliki aliran horizontal, sedangkan di lapangan pengendapan dilakukan pada air yang mengalir horizontal. Dalam grafik *performance* digunakan kriteria *good performance* karena di rencanakan aliran linier pada prasedimentasi. **Gambar 4.6** berikut merupakan plot % *removal* pada grafik *performance*.



Gambar 4.9 Grafik *Performance*

Sumber: Fair dkk, 1966

- $V_0 / (Q/A) = 1,25$ (didapatkan dari grafik *performance*)
- $V_s = V_0 / (V_0 / (Q/A)) = 0,00039 \text{ m/detik} / 1,25 = 0,00031 \text{ m/detik}$
- Luas (A) = $Q / V_s = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00031 \text{ m/detik} = 321 \text{ m}^2$
- Panjang : lebar = 4 : 1
- Lebar (w) = $\sqrt{\frac{A}{4}} = \sqrt{\frac{321 \text{ m}^2}{4}} = 9 \text{ m}$
- Panjang (l) = $4 \times w = 4 \times 9 \text{ m} = 36 \text{ m}$
- Cek td = V / Q

- $$= (9 \text{ m} \times 36 \text{ m} \times 2 \text{ m}) / 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 6.410 \text{ detik} = 1,8 \text{ jam (kriteria desain SNI 6774 – 2008 = 1,5 – 3 jam)}$$
- $$\bullet \text{ Vh} = \text{Panjang} / \text{td}$$

$$= 36 \text{ m} / 4.410 \text{ detik} = 0,00559 \text{ m/detik}$$

(Vh > Vs, tidak mengendap)
- $$\bullet \text{ k} = 0,04$$
- $$\bullet \text{ f} = 0,02$$
- $$\bullet \text{ Ss} = \text{Sg} = 2,65$$
- $$\bullet \text{ Diameter partikel} = \left[\frac{18 \times V_s \times v}{g \times (s_g - 1)} \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{18 \times 0,00031 \text{ m/detik} \times 8,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}}{9,81 \text{ m/detik}^2 \times (2,65 - 1)} \right]^{1/2}$$

$$= 1,69 \times 10^{-5} \text{ m}$$
- $$\bullet \text{ Vsc} = \left[\frac{8 \times k \times (S_g - 1) \times g \times d}{f} \right]^{1/2}$$

$$= \left[\frac{8 \times 0,04 \times (2,65 - 1) \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{detik}^2} \times 1,69 \times 10^{-5} \text{ m}}{0,02} \right]^{1/2}$$

$$= 0,06612 \text{ m/detik}$$
- $$\bullet \text{ Jari-jari hidrolis (R)} = (w \times h) / (w + 2h)$$

$$= (9 \text{ m} \times 2 \text{ m}) / (9 \text{ m} + 2(2 \text{ m})) = 1,38 \text{ m}$$
- $$\bullet \text{ Nre partikel} = (V_s \times d) / v$$

$$= (0,00031 \text{ m/detik} \times 1,69 \times 10^{-5} \text{ m}) / 8,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$= 0,006$$
- $$\bullet \text{ Nre} = (V_h \times R) / v$$

$$= (0,00559 \text{ m/detik} \times 1,38 \text{ m}) / 8,21 \times 10^{-7} \text{ m}^3/\text{detik}$$

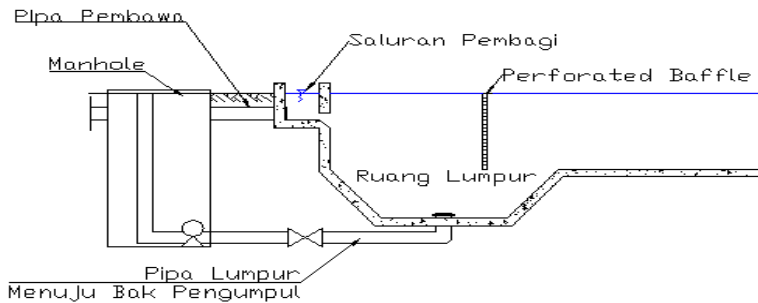
$$= 9.400 (> 2.000, \text{ tidak memenuhi syarat})$$
- $$\bullet \text{ Nfr} = V_h / (g \times R)^{1/2}$$

$$= 0,00559 \text{ m/detik} / (9,81 \text{ m/detik}^2 \times 1,38 \text{ m})^{1/2}$$

$$= 1,52 \times 10^{-3} (> 10^{-5}, \text{ memenuhi syarat})$$

Gambar denah unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Lamiran 10**.

Zona Inlet



Gambar 4.10 Zona Inlet

Pipa pembawa:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- v rencana = 1 m/detik
- Luas (A) = Q / v
= 0,1 m³/detik / 1 m/detik = 0,1 m²
- Panjang (L) = 5,7 m
- D pipa = $\sqrt{\frac{4A}{\pi}}$
= 0,357 m = 357 mm

Pipa yang digunakan adalah pipa galvanis dengan diameter dalam 350 mm (diameter luar 355,6 mm).

- v cek = $\frac{1}{4} \times \pi \times (0,350 \text{ mm})^2 = 1 \text{ m/detik}$
- n Manning = 0,015
- Headloss pipa pembawa
 1. $H_f = \frac{10,2936 \times Q^2 \times n^2}{D^{5,333}} \times L$
 $H_f = \frac{10,2936 \times 0,1^2 \times 0,015^2}{0,350^{5,333}} \times 5,7 = 0,03565 \text{ m}$
 2. $H_{Lm} (\text{belokan } 90^\circ) = K \times \frac{v^2}{2g}$
 $K \text{ belokan } 90^\circ = 0,9$
 $H_{Lm} = 0,9 \times \frac{(1 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2}$
 $= 0,04587 \text{ m}$
 3. Headloss total = 0,03565 m + 0,04587 m
= 0,08152 m

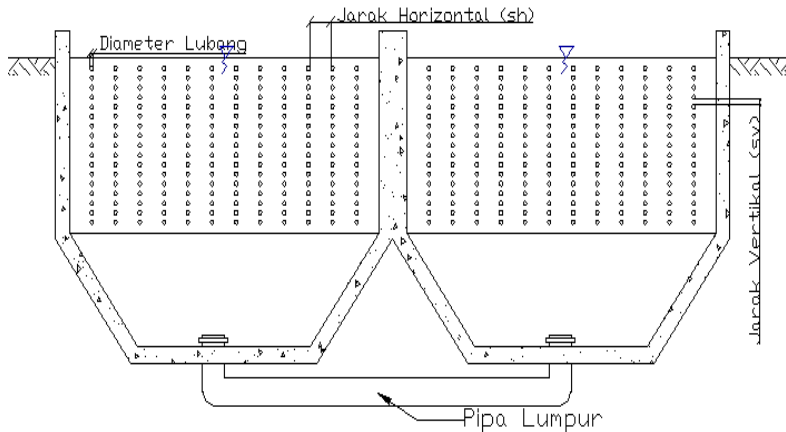
Saluran pembagi:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- v rencana = 0,2 m/detik
- Panjang saluran = lebar zona pengendapan + sekat
= 9,4 m
- Luas (A) = Q / v
= 0,1 m³/detik / 0,2 m/detik = 0,5 m²
- Lebar : kedalaman = 1 : 1
- Lebar (w) = $\sqrt{\frac{A}{2}}$
= $\sqrt{\frac{0,5 \text{ m}^2}{2}}$ = 0,7 m
- H muka air = 0,7 m
- H saluran = H muka air + fb 0,3 m
= 1 m
- Headloss saluran pebagi
 1. Major losses
 - A = w × h
= 0,7 m × 0,7 m = 0,5 m²
 - P = w + 2h
= 0,7 m + (2 × 0,7 m) = 2,1 m
 - R = A / P
= 0,5 m² / 2,1 m = 0,24 m
 - v = $\frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
 - S = $\frac{Hf}{L}$
 - Hf = $\left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}}\right)^2 \times L$
 - Hf = $\left(\frac{0,2 \text{ m/detik} \times 0,013}{0,24 \text{ m}^{\frac{2}{3}}}\right)^2 \times 9,4 \text{ m} = 0,00044 \text{ m}$
 2. Headloss kecepatan
 - Hv = $\frac{v^2}{2g}$
= $\frac{(0,2 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2}$ = 0,00204 m
 3. Headloss total = 0,00044 m + 0,00204 m
= 0,00248 m

Pintu air:

- Debit (Q) = 100 L/detik = 0,1 m³/detik
- Lebar pintu (l) = lebar saluran = 0,7 m
- H pintu air = $\left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times 0,6 \times l} \right)^{\frac{2}{3}}$
= 0,19 m = 0,2 m
- hL = $\left(\frac{Q}{0,8 \times H \times l} \right)^2 \times \frac{1}{2} g$
= 0,00150 m

Perforated Baffle:



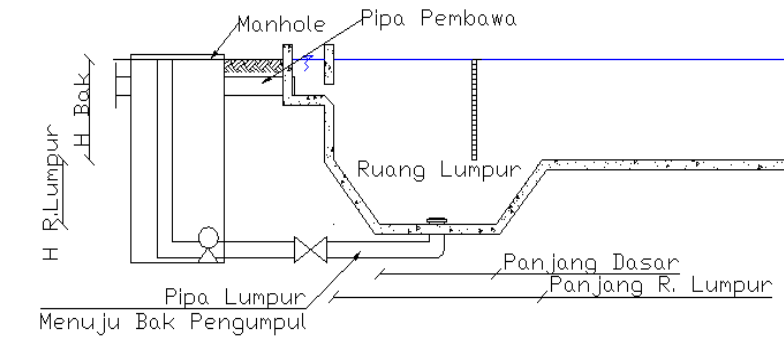
Gambar 4.11 Sketsa *Perforated Baffle*

Nilai Nre yang lebih besar dari 2000 akan mengakibatkan aliran menjadi turbulen dan partikel akan sukar mengendap, maka dari itu perlu ditambahkan *perforated baffle* di bagian inlet agar aliran air menjadi lebih laminar dan partikel bisa mengendap lebih baik.

- Diameter lubang = 5 cm = 0,05 m
- Lebar *baffle* (w) = lebar bak = 9 m
- Tinggi *baffle* (h) = tinggi bak = 2 m
- Kecepatan rencana melalui lubang = 0,2 m/detik
- Jarak *baffle* dari inlet = 3 m
- Koefisien kontraksi (c) = 0,6

- Luas tiap lubang $= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$
 $= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,05^2 = 0,002 \text{ m}^2$
- Luas *baffle* terendam air $= w \times h$
 $= 9 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 18 \text{ m}^2$
- Luas total lubang $= \frac{Q}{c \times v \text{ rencana}}$
 $= \frac{0,1 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,6 \times 0,2 \text{ m/detik}} = 0,83 \text{ m}^2$
- Jumlah lubang $= \frac{\text{Luas total lubang}}{\text{luas tiap lubang}}$
 $= \frac{0,83 \text{ m}^2}{0,002 \text{ m}^2} = 425 \text{ lubang}$
- Susunan lubang
 Horizontal $= 25$
 Vertikal $= 17$
- Jarak horizontal antar lubang (sh) $= \frac{\text{lebar baffle} - (\Sigma \text{ lubang} \times d)}{(\Sigma \text{ lubang} + 1)}$
 $= \frac{9 \text{ m} - (25 \times 0,05)}{(25 + 1)} = 0,30 \text{ m}$
- Jarak vertikal antar lubang (sv) $= \frac{\text{tinggi baffle} - (\Sigma \text{ lubang} \times d)}{(\Sigma \text{ lubang} + 1)}$
 $= \frac{2 \text{ m} - (17 \times 0,05)}{(17 + 1)} = 0,06 \text{ m}$
- Jari-jari hidrolis (R) $= A / P = 0,25 \times d \text{ lubang}$
 $= 0,25 \times 0,05 \text{ m}$
 $= 0,0125 \text{ m}$
- Vh cek $= Q / A$
 $= 0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,83 \text{ m}^2$
 $= 0,12 \text{ m/detik}$
- Nre cek $= (Vh \times R) / v$
 $= (0,12 \text{ m/detik} \times 0,0125 \text{ m}) / 8,21 \times 10^{-7}$
 m^3/detik
 $= 1.826 (<2000, \text{memenuhi kriteria})$
- Nfr cek $= Vh / (g \times R)^{0,5}$
 $= 0,12 \text{ m/detik} / (9,81 \text{ m/detik}^2 \times 0,0125 \text{ m})^{0,5}$
 $= 0,34268 (>10^{-5}, \text{memenuhi kriteria})$

Zona Lumpur



Gambar 4.12 Sketsa Ruang Lumpur

- Kekeruhan air baku = 1000 NTU
 - TSS = 709 mg/L
 - Removal kekeruhan = 65%
 - ρ padatan = 2.650 kg/m³
- Dalam perencanaan unit prasedimentasi ini, direncanakan ruan lumpur berbentuk limas terpancung dengan periode pengurasan lumpur 3 bulan sekali.
- Kadar solid = 4
 - Kadar air = 96%
 - *Removal* TSS = 65% × 709 mg/L = 461 mg/L
 - Partikel yang masih lolos = 709 mg/L – 461 mg/L = 248 mg/L
 - Berat solid terendapkan per hari = 0,1 m³/detik × 461 mg/L × 86.400 detik/hari × 10⁻³ kg/m³ = 3.980 kg/hari
 - Berat lumpur = $\left(\frac{100}{4}\right) \times 3.980$ kg/hari = 66.341 kg/hari
 - Densitas lumpur = $\left(\frac{4\%}{2.650 \text{ kg/m}^3}\right) + \left(\frac{96\%}{995,97 \text{ kg/m}^3}\right)$ = 1.095,21 kg/m³
 - Volume lumpur = Berat lumpur / densitas lumpur = 66.341 kg/hari / 1.095,21 kg/m³ = 60,6 m³/hari

Pompa untuk menyedot lumpur direncanakan menggunakan pompa Sulzer *heavy-duty slurry pumps* tipe Ensival Moret EMW.

- Kapasitas pompa = 1.450 m³/jam
= 24,17 m³/menit = 0,403 m³/detik
- Waktu pemompaan = 2,5 menit/hari
- Lumpur yang dipompa = 24,17 m³/menit × 2,5 menit/hari
= 60,42 m³/menit
- Volume sisa lumpur = 60,6 m³/hari - 60,42 m³/hari
= 0,16 m³/hari
- Volume lumpur 3 bulan = 0,16 m³/hari × 90 hari
= 14,1 m³
- Panjang ruang lumpur = lebar satu bak pengendap
= 4,5 m
- Lebar ruang lumpur = panjang ruang lumpur
= 4,5 m
- Panjang dasar ruang lumpur = 2,5 m
- Lebar dasar ruang lumpur = 2,5 m
- *A surface* ruang lumpur = 4,5 m × 4,5 m = 20,25 m²
- *A surface* dasar ruang lumpur = 2,5 m × 2,5 m = 6,25 m²
- Kedalaman ruang lumpur = $3 \times V / (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 + A_2})$
= $3 \times 14,1 \text{ m}^3 / (20,25 \text{ m}^2 + 6,25 \text{ m}^2 + \sqrt{20,25 \text{ m}^2 + 6,25 \text{ m}^2})$
= 1,3 m
- v pipa rencana = 6 m/detik
- *A surface* pipa = 0,403 m³/detik / 6 m/detik
= 0,0672 m²
- Diameter pipa = $\sqrt{\frac{4 \times 0,0672 \text{ m}^2}{\pi}}$
= 0,292 m = 292 mm

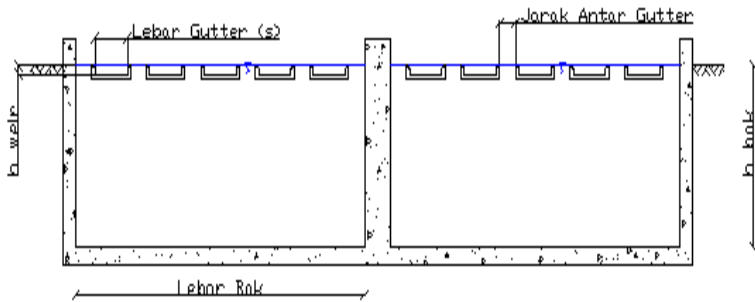
Pipa yang dipakai adalah pipa galvanis dengan diameter dalam 300 mm (diameter luar 323,0 mm).

- v cek = $(0,403 \text{ m}^3/\text{detik}) / (\frac{1}{4} \times \pi \times (0,300 \text{ m})^2)$
= 5,7 m/detik

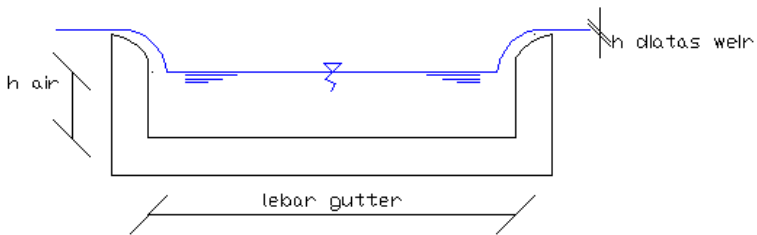
Zona Outlet

Zona outlet yang direncanakan di unit prasedimentasi ini adalah *weir*, *gutter*, dan saluran pengumpul outlet.

Weir dan gutter.



Gambar 4.13 Sketsa Weir dan Gutter



Gambar 4.14 Detail Gutter

- WLR = $10 \text{ m}^3/\text{m.jam} = 0,00278 \text{ m}^3/\text{m.detik}$
(Kriteria desain SNI 6774 – 2008 adalah $<11 \text{ m}^3/\text{m.jam}$)
- Panjang gutter rencana = 2 m
- Tebal dinding gutter rencana (t) = 0,05 m
- Panjang total weir (L) = Q / WLR
= $0,05 \text{ m}^3/\text{detik} / 0,00278 \text{ m}^3/\text{m.detik}$
= 18 m
- Jumlah sisi gutter yang dibutuhkan = $L / \text{panjang gutter}$
= $18 \text{ m} / 2 \text{ m} = 9$
- Jumlah gutter (n) = jumlah sisi gutter / 2 sisi
= $9 / 2 = 4,5 \rightarrow 5$
- Lebar gutter (s)
W = $n \times s + (n - 1) \times s$

- 4,5 m = $5 \times s + (5 - 1) \times s$
- s = 0,5 m
- Jarak antar *gutter* = $(\text{Lebar bak} - (n \times (s + (2 \times t))) / (n + 1)$
 = $(4,5 \text{ m} - (5 \times (0,5 + (2 \times 0,05))) / (5 + 1)$
 = 0,25 m
- Tinggi air diatas *weir* (h)
 Cd = 0,6
 Q = $(2/3 \times Cd \times L \times \sqrt{2g}) \times h^{3/2}$
 h = $(0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / (2/3 \times 0,6 \times 36 \text{ m} \times \sqrt{2 \times 9,81 \text{ m}/\text{detik}^2}))^{2/3}$
 = 0,006 m
- Dimensi saluran *weir* =
 Q = $1,84 \times \text{panjang gutter} \times h^{3/2}$
 h = $(0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / (1,84 \times 2 \text{ m}))^{2/3} = 0,09 \text{ m}$

Saluran pengumpul outlet:

- Lebar : kedalaman = 1 : 1
- Panjang saluran = lebar bak pengendap
 = 9 m
- Kedalaman (h)
 Q = $1,375 \times w \times h^{3/2}$
 = $1,375 \times h \times h^{3/2}$
 h = $(0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / (1,375))^{2/5} = 0,35 \text{ m}$
- Lebar (w) = 0,35 m
- v = $0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / (0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m})$
 = 0,8 m/detik
- Headloss saluran pengumpul outlet
 1. Major losses
 - A = $w \times h$
 = $0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m} = 0,12 \text{ m}^2$
 - P = $w + 2h$
 = $0,35 \text{ m} + (2 \times 0,35 \text{ m}) = 1,05 \text{ m}$
 - R = A / P
 = $0,12 \text{ m}^2 / 1,05 \text{ m} = 0,12 \text{ m}$
 - v = $\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$
 - S = $\frac{Hf}{L}$

$$H_f = \left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L$$

$$H_f = \left(\frac{0,8 \text{ m/detik} \times 0,013}{0,12 \text{ m}^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times 9 \text{ m} = 0,01755 \text{ m}$$

2. Headloss kecepatan

$$\begin{aligned} - H_v &= \frac{v^2}{2g} \\ &= \frac{(0,8 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} = 0,03377 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \text{ Headloss total} &= 0,01755 \text{ m} + 0,03377 \text{ m} \\ &= 0,05132 \text{ m} \end{aligned}$$

Pipa outlet:

- Q = 0,1 m³/detik
- Panjang pipa = 5,7 m
- v rencana = 1 m/detik
- A = Q / v = 0,1 m²
- Diameter pipa (D) = $\sqrt{\frac{4A}{\pi}}$ = 0,357 m = 357 mm

Pipa yang digunakan adalah pipa galvanis dengan diameter dalam 300 mm (diameter luar 323,0 mm).

- v cek = $\frac{1}{4} \times \pi \times (0,300 \text{ mm})^2 = 0,07 \text{ m/detik}$
- n Manning = 0,015
- Headloss pipa pembawa

$$\begin{aligned} - H_f &= \frac{10,2936 \times Q^2 \times n^2}{D^{5,333}} \times L \\ H_f &= \frac{10,2936 \times 0,1^2 \times 0,015^2}{0,300^{5,333}} \times 5,7 = 0,08112 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - H_{Lm} (\text{belokan } 90^\circ) &= K \times \frac{v^2}{2g} \\ K \text{ belokan } 90^\circ &= 0,9 \\ H_{Lm} &= 0,9 \times \frac{(0,07 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\ &= 0,00023 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Headloss total} &= 0,08112 \text{ m} + 0,00023 \text{ m} \\ &= 0,08135 \text{ m} \end{aligned}$$

Gambar potongan A – A, potongan B – B, dan potongan C – C dari unit prasedimentasi dapat dilihat pada **Lampiran 11**, **Lampiran 12**, dan **Lampiran 13**.

4.3.3 Pengolahan Lumpur

Fungsi utama dari bangunan bak prasedimentasi (*Plain Sedimentation Basins*) adalah untuk menghilangkan/mencegah *gravel*, pasir, lumpur maupun material kasar lainnya agar tidak masuk kedalam Instalasi Pengolahan Air (IPA) (Ambat dan Prasetyo, 2015). Penurunan kekeruhan ini berlangsung dengan cara pengendapan secara gravitasi. Hasil dari pengendapan ini berupa lumpur yang terdiri dari partikel-partikel diskret. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, lumpur hasil pengolahan air minum harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang.

Lumpur di IPA dapat dihasilkan dari unit sedimentasi (lumpur koagulan), unit filtrasi (flok halus dari air *backwash filter*), dan unit-unit lain seperti unit pelunakan air dan netralisasi (EPA, 1996). Pada umumnya unit pengolahan lumpur meliputi *thickening* (pemekatan), *conditioning* (pengkondisian), *digestion* (stabilisasi), *dewatering* (pengeringan), dan *disposal* (pembuangan). Pemilihan jenis pengolahan ini didasarkan pada jenis lumpur yang akan diolah dan ketersediaan lahan. Pada IPA PDAM Kota Mojokerto, lumpur yang dihasilkan oleh unit sedimentasi dan filtrasi ditampung pada penampung lumpur yang kemudian langsung dibuang. Lumpur dari unit prasedimentasi yang direncanakan ini nantinya juga akan dipompa ke penampungan lumpur sementara dan diharapkan untuk kedepannya akan ada perencanaan mengenai bangunan pengolahan lumpur. Dari penampung lumpur prasedimentasi, lumpur dapat langsung diolah dengan cara *dewatering* (pengeringan) sedangkan lumpur dari unit sedimentasi dan filtrasi diolah terlebih dahulu dengan cara pemekatan (*thickening*) ataupun pengondisian (*conditioning*) sebelum dilakukan pengeringan. Proses pengeringan yang umum digunakan adalah pengeringan dengan menggunakan *drying beds*. Setelah lumpur dikeringkan, lumpur dapat dibuang atau diaplikasikan di lahan pertanian, lahan perhutanan, lahan yang

rusak, atau di wilayah yang dikhususkan untuk pembuangan lumpur (Metcalf dan Eddy, 2014).

4.3.4 Perhitungan Profil Hidrolis Eksisting

Profil hidrolis merupakan gambaran perbandingan antara ketinggian muka air dan elevasi muka tanah. Profil hidrolis dihitung berdasarkan penurunan muka air akibat beberapa hal seperti belokan, penyempitan, pelebaran, atau perbedaan kecepatan aliran dalam bangunan. Perhitungan profil hidrolis dilakukan berdasarkan perhitungan *headloss* dari setiap unit bangunan. Berikut merupakan perhitungan profil hidrolis eksisting sebelum adanya unit prasedimentasi di IPA PDAM Kota Mojokerto:

- Elevasi muka air sungai = + 20 m
- Barscreen
 - Q = 0,1 m³/detik
 - Jarak antar kisi (b) = 0,05 m
 - Kemiringan = 80°
 - Tebal kisi (w) = 0,016 m
 - vs = 0,025 m/detik
 - Lebar saluran = 2 m
 - B = 1,79
 - H saluran = 2 m
 - A = Q / vs = 4 m²
 - Lebar bukaan antar bar total (Lt) = A / H = 2 m
 - Jumlah bar (n) = $\frac{(l-b)}{(b+w)}$ = 39 batang
 - Jumlah bukaan (s) = n + 1 = 40
 - hL = $\beta \times \left[\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \frac{vs^2}{2g} \times \sin \alpha = 0,000012 \text{ m}$
- Saluran Intake
 - Q = 0,1 m³/detik
 - n Manning = 0,013
 - v = 0,025 m/detik
 - Panjang saluran = 43,8 m
 - A = Q / v = 4 m²
 - H muka air = 2 m
 - Lebar saluran = 2 m
 - Jari-jari hidrolis (R) = (w × h) / (w + 2h) = 0,67 m

$$\text{Slope saluran} = \left(\frac{v \times n}{R^3} \right)^2 = 0,00000018 \text{ m/m}$$

$$\begin{aligned} hL &= \text{slope} \times \text{panjang saluran} \\ &= 0,000008 \text{ m} \end{aligned}$$

- Sumur Pengumpul dan Pompa

Panjang sumur = 8,4 m

Lebar sumur = 5,4 m

Kedalaman = 3,7 m

Ketinggian dari permukaan tanah = 0,7 m

Kedalaman muka air dari sumur = 1,7 m

Pompa yang digunakan = 2 buah

- Pompa Grundfos tipe S1.80.125.260.4.58H.S.341.Q.N.D

Head = 48,4 m

Kapasitas = 85 L/detik

- Pompa Ebara tipe 150 DL 522

Head = 33 m

Kapasitas = 1,5 m³/menit = 25 L/detik

Elevasi saluran = + 20 m

Elevasi unit selanjutnya (koagulasi) = + 24 m

Ketinggian koagulasi dari tanah = + 10,75 m

Jarak dari sumur ke koagulasi = 144 m

hL pompa:

Pompa 1:

- Q pompa 1 = 0,075 m³/detik

- *Head* statik = 14,75 m

- Mayor Losses (Hf)

L *discharge* = 144 m

Diameter = 6" = 152,4 mm

Luas (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2$

v = Q / A = 4,17 m/detik

C (*coated cast iron*) = 133

$$H_f = \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$$

$$H_f = \frac{10,666 \times 0,075^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 13,76 \text{ m}$$

$$H_{Lm} (\text{belokan } 90^\circ) = K \times \frac{v^2}{2g}$$

Jumlah belokan = 3

K belokan 90° = 0,9

$$\begin{aligned}
H_{Lm} \text{ belokan} &= 3 \times 0,9 \times \frac{(4,17 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
&= 2,39 \text{ m} \\
H_f \text{ total} &= 13,76 \text{ m} + 2,39 \text{ m} = 16,15 \text{ m} \\
H_p &= 14,75 \text{ m} + 16,15 \text{ m} \\
&= 30,9 \text{ m}
\end{aligned}$$

Pompa 2:

$$\begin{aligned}
- \text{ Q pompa 2} &= 0,025 \text{ m}^3/\text{detik} \\
- \text{ Head statik} &= 14,75 \text{ m} \\
- \text{ Mayor Losses (Hf)} & \\
\text{L discharge} &= 144 \text{ m} \\
\text{Diameter} &= 6'' = 152,4 \text{ mm} \\
\text{Luas (A)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2 \\
v &= Q / A = 1,39 \text{ m/detik} \\
C \text{ (coated cast iron)} &= 133 \\
H_f &= \frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L \\
H_f &= \frac{10,666 \times 0,025^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 1,8 \text{ m} \\
H_{Lm} \text{ (belokan } 90^\circ) &= K \times \frac{v^2}{2g} \\
\text{Jumlah belokan} &= 3 \\
K \text{ belokan } 90^\circ &= 0,9 \\
H_{Lm} \text{ belokan} &= 3 \times 0,9 \times \frac{(1,39 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
&= 0,27 \text{ m} \\
H_f \text{ total} &= 1,8 \text{ m} + 0,27 \text{ m} = 2,07 \text{ m} \\
H_p &= 14,75 \text{ m} + 2,07 \text{ m} \\
&= 17,82 \text{ m}
\end{aligned}$$

Gambar profil hidrolis eksisting dapat dilihat pada **Lampiran 14.**

4.3.5 Perhitungan Profil Hidrolis Perencanaan

Setelah dilakukan perencanaan unit bangunan prasedimentasi dan saluran *by pass*, profil hidrolis maka akan menjadi berubah, berikut merupakan perhitungan profil hidrolis setelah adanya bangunan prasedimentasi:

- Elevasi muka air sungai = + 20 m
- Saluran By Pass

- Barscreen:

$$Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Jarak antar kisi (b)} = 0,015 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan} = 60^\circ$$

$$\text{Tebal kisi (w)} = 0,015 \text{ m}$$

$$v_s = 0,025 \text{ m/detik}$$

$$\text{Lebar saluran} = 1 \text{ m}$$

$$B = 1,79$$

$$hL = \beta \times \left[\frac{w \times n}{b \times (n+1)} \right]^{\frac{4}{3}} \times \frac{v_s^2}{2g} \times \sin \alpha$$

$$= 0,00367 \text{ m}$$

- Pintu Air:

$$\text{Debit (Q)} = 100 \text{ L/detik} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Lebar pintu (l)} = \text{lebar saluran} = 1 \text{ m}$$

$$H \text{ pintu air} = \left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times 0,6 \times l} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0,15 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

$$hL = \left(\frac{Q}{0,8 \times H \times l} \right)^2 \times \frac{1}{2} g$$

$$= 0,00307 \text{ m}$$

- Saluran:

$$Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$n \text{ Manning} = 0,013$$

$$v = 0,025 \text{ m/detik}$$

$$\text{Panjang saluran} = 43,8 \text{ m}$$

$$A = Q / v = 4 \text{ m}^2$$

$$H \text{ muka air} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar saluran} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari hidrolis (R)} = (w \times h) / (w + 2h) = 0,25 \text{ m}$$

$$\text{Slope saluran} = \left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0,0000067 \text{ m/m}$$

$$hL = \text{slope} \times \text{panjang saluran}$$

$$= 0,000029 \text{ m}$$

- Prasedimentasi

- Pipa Pembawa:

$$\text{Debit (Q)} = 100 \text{ L/detik} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Diameter dalam} = 0,350 \text{ m}$$

$$L = 5,7 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,350 \text{ mm})^2 = 1 \text{ m/detik}$$

$$n \text{ Manning} = 0,015$$

$$K \text{ belokan } 90^\circ = 0,9$$

$$H_f = \frac{10,2936 \times Q^2 \times n^2}{D^{5,333}} \times L = 0,03565 \text{ m}$$

$$H_{Lm} \text{ (belokan } 90^\circ) = K \times \frac{v^2}{2g} = 0,04587 \text{ m}$$

$$\text{Headloss total} = 0,03565 \text{ m} + 0,04587 \text{ m} = 0,08152 \text{ m}$$

- Saluran Pembagi:

$$\text{Debit (Q)} = 100 \text{ L/detik} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$v \text{ rencana} = 0,2 \text{ m/detik}$$

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

$$\text{Lebar (w)} = 0,7 \text{ m}$$

$$H \text{ muka air} = 0,7 \text{ m}$$

$$n = 0,013$$

$$H_f = \left(\frac{v \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2 \times L = 0,00042 \text{ m}$$

$$H_v = \frac{v^2}{2g} = 0,00204 \text{ m}$$

$$\text{Headloss total} = 0,00042 \text{ m} + 0,00204 \text{ m} = 0,00246 \text{ m}$$

- Pintu Air:

$$\text{Debit (Q)} = 100 \text{ L/detik} = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Lebar pintu (l)} = \text{lebar saluran} = 0,7 \text{ m}$$

$$H \text{ pintu air} = \left(\frac{Q \times \frac{3}{2}}{\sqrt{2g} \times 0,6 \times l} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,19 \text{ m} = 0,2 \text{ m}$$

$$hL = \left(\frac{Q}{0,8 \times H \times l} \right)^2 \times \frac{1}{2} g = 0,00150 \text{ m}$$

- Saluran Pengumpul:

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

$$\text{Lebar} = \text{Kedalaman}$$

$$\text{Kedalaman (h)} = (Q / 1,375)^{2/5} = 0,35 \text{ m}$$

$$v = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik} / (0,35 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}) = 0,8 \text{ m/detik}$$

$$n = 0,013$$

$$H_f = \left(\frac{v \times n}{R^{2/3}} \right)^2 \times L = 0,01755 \text{ m}$$

$$H_v = \frac{v^2}{2g} = 0,03377 \text{ m}$$

$$\text{Headloss total} = 0,01755 \text{ m} + 0,03377 \text{ m} \\ = 0,05132 \text{ m}$$

- Pipa Outlet:

$$Q = 0,1 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Panjang pipa} = 5,7 \text{ m}$$

$$\text{Diameter dalam} = 0,300 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{4} \times \pi \times (0,300 \text{ mm})^2 = 0,07 \text{ m/detik}$$

$$n \text{ Manning} = 0,015$$

$$K \text{ belokan } 90^\circ = 0,9$$

$$H_f = \frac{10,2936 \times Q^2 \times n^2}{D^{5,333}} \times L = 0,08112 \text{ m}$$

$$H_{Lm} (\text{belokan } 90^\circ) = K \times \frac{v^2}{2g} = 0,00023 \text{ m}$$

$$\text{Headloss total} = 0,08112 \text{ m} + 0,00023 \text{ m} \\ = 0,08135 \text{ m}$$

- Sumur Pengumpul dan Pompa

$$\text{Panjang sumur} = 8,4 \text{ m}$$

$$\text{Lebar sumur} = 5,4 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman} = 3,7 \text{ m}$$

$$\text{Ketinggian dari permukaan tanah} = 0,7 \text{ m}$$

$$\text{Kedalaman muka air dari sumur} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Pompa yang digunakan} = 2 \text{ buah}$$

- Pompa Grundfos tipe S1.80.125.260.4.58H.S.341.Q.N.D

$$\text{Head} = 48,4 \text{ m}$$

$$\text{Kapasitas} = 85 \text{ L/detik}$$

- Pompa Ebara tipe 150 DL 522

$$\text{Head} = 33 \text{ m}$$

$$\text{Kapasitas} = 1,5 \text{ m}^3/\text{menit} = 25 \text{ L/detik}$$

$$\text{Elevasi saluran} = + 20 \text{ m}$$

$$\text{Elevasi unit selanjutnya (koagulasi)} = + 24 \text{ m}$$

$$\text{Ketinggian koagulasi dari tanah} = + 10,75 \text{ m}$$

$$\text{Jarak dari sumur ke koagulasi} = 144 \text{ m}$$

hL pompa:

Pompa 1:

- Q pompa 1 = 0,075 m³/detik
- Head statik = 14,75 m
- Mayor Losses (Hf)
 - L discharge = 144 m
 - Diameter = 6" = 152,4 mm
 - Luas (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2$
 - v = Q / A = 4,17 m/detik
 - C (coated cast iron) = 133
 - Hf = $\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$
 - Hf = $\frac{10,666 \times 0,075^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 13,76 \text{ m}$
 - H_{Lm} (belokan 90°) = $K \times \frac{v^2}{2g}$
 - Jumlah belokan = 3
 - K belokan 90° = 0,9
 - H_{Lm} belokan = $3 \times 0,9 \times \frac{(4,17 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2}$
= 2,39 m
 - Hf total = 13,76 m + 2,39 m = 16,15 m
 - H_p = 14,75 m + 16,15 m
= 30,9 m

Pompa 2:

- Q pompa 2 = 0,025 m³/detik
- Head statik = 14,75 m
- Mayor Losses (Hf)
 - L discharge = 144 m
 - Diameter = 6" = 152,4 mm
 - Luas (A) = $\frac{1}{4} \times \pi \times D^2 = 0,018 \text{ m}^2$
 - v = Q / A = 1,39 m/detik
 - C (coated cast iron) = 133
 - Hf = $\frac{10,666 \times Q^{1,85}}{C^{1,85} \times D^{4,85}} \times L$
 - Hf = $\frac{10,666 \times 0,025^{1,85}}{133^{1,85} \times 0,1524^{4,85}} \times 144 = 1,8 \text{ m}$
 - H_{Lm} (belokan 90°) = $K \times \frac{v^2}{2g}$
 - Jumlah belokan = 3
 - K belokan 90° = 0,9

$$\begin{aligned}
 H_{Lm} \text{ belokan} &= 3 \times 0,9 \times \frac{(1,39 \text{ m/detik})^2}{2 \times 9,81 \text{ m/detik}^2} \\
 &= 0,27 \text{ m} \\
 H_f \text{ total} &= 1,8 \text{ m} + 0,27 \text{ m} = 2,07 \text{ m} \\
 H_p &= 14,75 \text{ m} + 2,07 \text{ m} = 17,82 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Profil hidrolis untuk unit prasedimentasi dan saluran *by pass* dapat dilihat pada **Lampiran 15** dan **Lampiran 16**.

4.3.6 Perbandingan Dosis Optimum PAC Sebelum dan Setelah Perencanaan Unit Prasedimentasi

Perhitungan dosis optimum koagulan PAC digunakan sebagai penentuan efisiensi kinerja unit prasedimentasi yang direncanakan. Dosis optimum PAC ini didapatkan dari percobaan menggunakan metode *jarrest*. Dari hasil penentuan dosis optimum maka dapat diketahui selisih dari penggunaan koagulan PAC sebelum dan sesudah adanya unit prasedimentasi. Parameter kekeruhan yang digunakan sebagai penentuan dosis PAC adalah rata-rata kekeruhan pada saat musim hujan dan kekeruhan air setelah *di removal* dengan prasedimentasi. Tabel hasil percobaan beserta grafik penentuan dosis optimum dengan metode *jarrest* terdapat pada **Lampiran 3**.

Berikut ini merupakan hasil penentuan dosis optimum PAC:

- Rata-rata kekeruhan pada musim hujan = 600 NTU
- Kekeruhan setelah *di removal* prasedimentasi = 240 NTU
(Anggapan *removal* unit prasedimentasi adalah 60%)
- Dosis optimum PAC saat kekeruhan tinggi
(rata-rata kekeruhan musim hujan) = 80 mg/L
- Dosis optimum PAC saat kekeruhan rendah
(setelah ada unit prasedimentasi) = 50 mg/L

Setelah diketahui dosis optimum PAC sebelum dan sesudah adanya unit prasedimentasi, maka dapat dihitung selisih penggunaan koagulan PAC per bulan sebagai berikut:

- Kebutuhan PAC per bulan saat kekeruhan tinggi sebelum adanya unit prasedimentasi
 - = Dosis optimum saat kekeruhan tinggi × Debit
 - = 80 mg/L × 100 L/detik × 86400 detik/hari × 30 hari × 10⁻⁶ kg/mg = 20.736 kg/bulan

- Kebutuhan PAC per bulan setelah adanya unit prasedimentasi dengan *removal* kekeruhan 60%
 - = Dosis optimum saat kekeruhan rendah x Debit
 - = 50 mg/L x 100 L/detik x 86400 detik/hari x 30 hari x 10⁻⁶ kg/mg
 - = 12.960 kg/bulan
- Selisih penggunaan PAC setelah adanya unit prasedimentasi
 - = 20.736 kg/bulan – 12.960 kg/bulan
 - = 7.776 kg/bulan
- Harga PAC di pasaran = Rp 150.000 per 25 kg
- Selisih harga penurunan penggunaan PAC
 - = 7.776 kg/bulan x (Rp 150.000 / 25 kg)
 - = Rp 46.656.000 /bulan

Jadi, selisih biaya yang dibutuhkan dengan adanya unit prasedimentasi dan tanpa adanya prasedimentasi untuk mengurangi kekeruhan air baku dengan koagulan PAC adalah Rp 46.656.000 /bulan.

4.3.7 Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ), Rencana Anggaran Biaya (RAB), dan PV dari Biaya

Setelah diperoleh gambaran desain unit prasedimentasi dan saluran *by pass*, selanjutnya adalah menghitung kebutuhan bahan lalu menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) sebagai pertimbangan bagi PDAM Kota Mojokerto dalam pembangunan unit prasedimentasi dan saluran *by pass*. Proses perhitungan RAB didasarkan pada Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Pemerintah Kota Mojokerto Tahun 2020. Hasil perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) untuk prasedimentasi dan saluran *by pass* dapat dilihat pada **Lampiran 4**. Dari hasil perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ), maka dapat dihitung Rencana Anggaran Biaya (RAB) sesuai dengan volume pekerjaan. Hasil perhitungan RAB untuk unit prasedimentasi dan saluran *by pass* dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Hasil perhitungan dari RAB pembangunan unit prasedimentasi dan saluran *by pass* akan dibandingkan dengan selisih harga penurunan penggunaan koagulan PAC sebagai dasar pertimbangan yang kuat untuk pemilihan pembangunan unit prasedimentasi.

Berdasarkan perhitungan RAB pembangunan unit prasedimentasi dan saluran *by pass*, didapatkan bahwa anggaran untuk investasi pembangunan unit tersebut adalah sebesar Rp 646.305.727. Untuk menghitung kelayakan pembangunan unit prasedimentasi maka dilakukan perhitungan *Cost Present Value* (PV dari biaya) dari penambahan koagulan PAC dengan pembangunan prasedimentasi. Dosis PAC yang digunakan dalam satu tahun dihitung berdasarkan kekeruhan dengan anggapan kekeruhan tinggi selama 7 bulan dan kekeruhan rendah selama 5 bulan, sedangkan suku bunga yang digunakan dalam perhitungan ini merupakan rata-rata dari suku bunga Bank Indonesia dalam kurun waktu tiga tahun terakhir. PV dari biaya dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PV (Rp) = Cost (Rp) \times Discount Factor$$

dimana: $Discount Factor = \frac{1}{(1+r)^n}$

r = Persen Suku Bunga

n = Tahun

Berikut adalah data dari dari harga dan suku bunga yang digunakan untuk menghitung PV dari biaya.

Tanpa Pembangunan Prasedimentasi

- Dosis PAC Saat Kekeruhan Tinggi = 80 mg/L
- Kebutuhan PAC per Bulan (Kekeruhan Tinggi) = 20.736 Kg
- Harga PAC per Bulan (Kekeruhan Tinggi) =Rp124.416.000
- Dosis PAC Saat Kekeruhan Rendah = 50 mg/L
- Kebutuhan PAC per Bulan (Kekeruhan Rendah) = 12.960 Kg
- Harga PAC per Bulan (Kekeruhan Rendah) = Rp 77.760.000
- Rata-Rata Suku Bunga BI (r) = 5%
- Kenaikan Harga PAC per Tahun = 5%
- *Cost* per Tahun = (Harga PAC Kekeruhan Tinggi × 5 Bulan) + (Harga PAC Kekeruhan Rendah × 7 Bulan) + Kenaikan Harga PAC dari Tahun Sebelumnya

Tabel 4.16 PV dari Biaya Tanpa Pembangunan Prasedimentasi

Tahun	Cost PAC (Rp)	DF (5%)	PV 5% (Rp)
1	1.166.400.000	0,952	1.110.412.800
2	1.224.720.000	0,907	1.110.821.040
3	1.285.956.000	0,864	1.111.065.984
4	1.350.253.800	0,823	1.111.258.877
5	1.417.766.490	0,784	1.111.528.928
6	1.488.654.815	0,746	1.110.536.492
7	1.563.087.555	0,711	1.111.355.252
8	1.641.241.933	0,677	1.111.120.789
9	1.723.304.030	0,645	1.111.531.099
10	1.809.469.231	0,614	1.111.014.108
11	1.899.942.693	0,585	1.111.466.475
12	1.994.939.827	0,557	1.111.181.484
13	2.094.686.819	0,530	1.110.184.014
14	2.199.421.160	0,505	1.110.707.686
15	2.309.392.218	0,481	1.110.817.657
16	2.424.861.828	0,458	1.110.586.717
17	2.546.104.920	0,436	1.110.101.745
18	2.673.410.166	0,416	1.112.138.629
19	2.807.080.674	0,396	1.111.603.947
20	2.947.434.708	0,377	1.111.182.885
PV Total (Rp)			22.220.616.608

Dengan Pembangunan Prasedimentasi

- Dosis PAC = 50 mg/L
- Kebutuhan PAC per Bulan = 12.960 Kg
- Harga PAC per Bulan = Rp 77.760.000
- Rata-Rata Suku Bunga BI (r) = 5%
- Kenaikan Harga PAC per Tahun = 5%
- Harga PAC per Tahun =
(Harga PAC × 12 Bulan) + Kenaikan Harga PAC dari Tahun Sebelumnya
- Biaya Investasi (Tahun ke- 0) =Rp646.305.727
- Biaya *Maintenance* per Tahun (5% dari Biaya Investasi) = Rp 32.315.286
- Total cost = Harga PAC per Tahun + Biaya *Maintenance* per Tahun

Tabel 4.17 PV dari Biaya Dengan Pembangunan Prasedimentasi

Tahun	<i>Cost Maintenance dan Investasi (Rp)</i>	<i>Cost PAC (Rp)</i>	<i>Total Cost</i>	<i>DF (5%)</i>	<i>PV 5% (Rp)</i>
0	646.305.727	0	646.305.727	1	646.305.727
1	32.315.286	933.120.000	965.435.286	0,952	919.094.392
2	32.315.286	979.776.000	1.012.091.286	0,907	917.966.796
3	32.315.286	1.028.764.800	1.061.080.086	0,864	916.773.194
4	32.315.286	1.080.203.040	1.112.518.326	0,823	915.602.582
5	32.315.286	1.134.213.192	1.166.528.478	0,784	914.558.327
6	32.315.286	1.190.923.852	1.223.239.138	0,746	912.536.397
7	32.315.286	1.250.470.044	1.282.785.331	0,711	912.060.370
8	32.315.286	1.312.993.546	1.345.308.833	0,677	910.774.080
9	32.315.286	1.378.643.224	1.410.958.510	0,645	910.068.239
10	32.315.286	1.447.575.385	1.479.890.671	0,614	908.652.872
11	32.315.286	1.519.954.154	1.552.269.440	0,585	908.077.622
12	32.315.286	1.595.951.862	1.628.267.148	0,557	906.944.801
13	32.315.286	1.675.749.455	1.708.064.741	0,530	905.274.313
14	32.315.286	1.759.536.928	1.791.852.214	0,505	904.885.368
15	32.315.286	1.847.513.774	1.879.829.060	0,481	904.197.778
16	32.315.286	1.939.889.463	1.972.204.749	0,458	903.269.775
17	32.315.286	2.036.883.936	2.069.199.222	0,436	902.170.861
18	32.315.286	2.138.728.133	2.171.043.419	0,416	903.154.062
19	32.315.286	2.245.664.539	2.277.979.826	0,396	902.080.011
20	32.315.286	2.357.947.766	2.390.263.053	0,377	901.129.171
PV Total (Rp)					18.825.576.738

Dari kedua tabel diatas, dapat diketahui bahwa PV dari biaya dalam 20 tahun tanpa pembangunan prasedimentasi adalah Rp 22.260.616.608 sedangkan tanpa pembangunan unit prasedimentasi adalah Rp 18.825.576.738. Terdapat selisih PV sebesar Rp 3.395.039.870. PV dari biaya penambahan koagulan (tanpa pembangunan prasedimentasi) lebih besar daripada pembangunan unit prasedimentasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa proyek pembangunan prasedimentasi dan saluran *by pass* dapat diterima dan dilaksanakan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian perencanaan ini, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari tujuan pertama diperoleh dua kesimpulan, yaitu:
 - a. Air baku dan air produksi di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM Kota Mojokerto pada musim kemarau dan hujan sebagian besar telah memenuhi standar baku mutu Permenkes RI No.492/MENKES/PER/IV/2010, hanya ada beberapa parameter yang melebihi baku mutu pada air baku musim kemarau dan hujan yakni parameter *E. coli*, koliform, kekeruhan, dan besi namun telah memenuhi baku mutu pada air produksinya.
 - b. Hasil evaluasi unit bangunan diperoleh bahwa semua unit bangunan telah memenuhi parameter evaluasi berdasarkan kriteria desain dari beberapa literatur.
2. Dari evaluasi kekeruhan pada musim kemarau dan musim hujan beserta penggunaan PAC, dilakukan perencanaan dua unit bangunan prasedimentasi dan sebuah saluran *by pass*. Persen *removal* yang digunakan untuk mendesain prasedimentasi adalah 65% untuk memaksimalkan *removal* kekeruhan dan menyesuaikan dengan ketersediaan lahan. Dimensi masing-masing unit prasedimentasi adalah panjang 36 m, lebar 4,5 m, kedalaman 2 m, dan kedalaman ruang lumpur 1,3 m. Sedangkan untuk dimensi saluran *by pass* adalah panjang 43,8 m, lebar 1 m, dan kedalaman 0,5 m. Perbandingan dosis optimum PAC pada tanpa adanya unit prasedimentasi dengan adanya unit prasedimentasi yakni 80 mg/L menjadi 50 mg/L. Proyek pembangunan prasedimentasi ini dapat dilaksanakan karena nilai PV dari biaya pembangunan prasedimentasi lebih rendah dibandingkan dengan tanpa pembangunan prasedimentasi yakni Rp 18.825.576.738 dalam 20 tahun.

5.2 Saran

Pada penelitian ini, saran dari penulis yaitu perlunya perencanaan bangunan pengolahan lumpur dari unit prasedimentasi yang telah direncanakan serta unit-unit lain penghasil lumpur seperti sedimentasi dan filtrasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiatun, E., Pradiko, H., Prayoga, H., Jun. 2017. "A Turbidity Removal Strategy From The Water Resources of Bandung City, Indonesia". **International Journal of GEOMATE** 12, 34: 57-61.
- Ambat, R. E., dan Prasetyo, R. A., Mar. 2015. "Perancangan Bak Prasedimentasi". **Jurnal Potensi** 17, 1: 23-29.
- American Water Works Association. 2005. **Water Treatment Plant Design (4th Edition)**. New York: McGraw-Hill Co.
- Asrifah, D., Jan. 2015. "Pengolah Air *Backwash* Tangki Filtrasi Menggunakan Proses Koagulasi Flokulasi dan Sedimentasi (Studi Kasus Unit Pengolahan Air Bersih Rsup Dr. Sarjito)". **Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan** 7, 1: 29-40.
- Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto. 2018. **Kota Mojokerto Dalam Angka 2018**. Mojokerto: BPS Kota Mojokerto.
- Badan Pusat Statistik Kota Mojokerto. 2019. **Kota Mojokerto Dalam Angka 2019**. Mojokerto: BPS Kota Mojokerto.
- Basuki, T. M., Mar. 2015. "Penyederhanaan Kualitas Air Untuk Monitoring dan Evaluasi Kinerja Daerah Aliran Sungai". **Indonesian Forest Rehabilitation Journal** 3, 1: 13-21.
- Bhandari, N., S., Nayal, K., Apr. 2008. "Correlation Study on Physico-Chemical Parameters and Quality Assessment of Kosi River Water, Uttarakhand". **E-Journal of Chemistry** 5, 2: 342-346.
- Bhaskoro, R. G. E, dan Ramadhan, T., Sept. 2018. "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Karangpilang I PDAM Surya Sembada Kota Surabaya Secara Kuantitatif". **Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan** 15, 2: 62-68.
- Budiman, A., Wahyudi, C., Irawati, W., Hindarso, H. 2008. "Kinerja Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih". **Widya Teknik** 7, 1: 24-34.
- Darmasetiawan, M. 2001. **Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air**. Bandung: Yayan Suryono.

- Dini, P. R., dan Indarjanto, H. W., 2011. "Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Minum Legundi PDAM Gresik Unit 4 (100 Liter/detik)". **ITS Undergraduate Paper**.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Yogyakarta : Kanisius.
- Elevli, S., Uzgoren, N., Bingol, D., Elevli, B., Sept. 2016. "Drinking Water Quality Control: Control Charts for Turbidity and pH". **Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development**, 1-8.
- Environmental Protection Agency. 1996. **Technology Transfer Handbook – Management of Water Treatment Plant Residuals**. Ohio: American Society of Civil Engineers and the American Water Works Association.
- Fair, G. M., Geyer, J. C., Okun, D. A. 1966. **Water and Wastewater Engineering Volume 2**. New York: John Wiley.
- Garbus, R. O., Angle, T. L., Blanchard, K., Cusworth, R. L., Desai, K., Gottliebson, M., House, D. A., Jackson, J. K., Langteau, R. R., Martin, C., Miller, S. G., Nickel, R., Sloan, L. G., Smith, E. C., Starke, R. E. 2008. **Pumping Station Design**. California: Elsevier Ltd.
- Gultom, T. B. 2016. **Kajian Sifat Fisik, Kimia dan Mikrobiologi Air Minum Isi Ulang di Kecamatan Tanjungkarang Pusat Kota Bandar Lampung**. Tesis. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Habuda-Stanic, M., Santo, V., Sikora, M., Benkotic, S., Jan. 2013. "Microbiological Quality of Drinking Water in Public and Municipal Drinking Water Supply Systems in Osijek-Baranja County, Croatia". **Croat. J. Food Sci. Technol** 5, 2: 61-66.
- Haitami, Rakhmina, D., Fakhridani, S., Des. 2016. "Ketepatan Hasil dan Variasi Waktu Pendidihan Pemeriksaan Zat Organik". **Medical Laboratory Technology Journal** 2, 2: 61:65.
- Hammer M.J. 1986. **Water and Wastewater Technology**. New Jersey (US): Prentice-Hall Int. Inc.
- Haq, R. A. 2018. **Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Bersih di Pondok Pesantren Baiturrahman Ciparay Bandung**. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Hasrianti dan Nurasia. 2016. "Analisis Warna, Suhu, pH dan Salinitas Air Sumur Bor di Kota Palopo". **Prosiding Seminar Nasional**. ISSN 2443-1109 2, 1: 747-753.
- Huey, G. M., Meyer, M. L., Jun. 2010. "Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin". **Water** 2: 273-284.
- Indriyati, Mei. 2008. "Proses Pengolahan Limbah Organik Secara Koagulasi dan Flokulasi". **JRL** 4, 2: 125-130.
- Irvine, K. N., Somogyi, E. L., Pettibone, G. W. 2002. "Turbidity, Suspended Solids, and Bacteria Relationships in the Buffalo River Watershed". **Middle Sates Geographer**. 35: 42-51.
- Islam, R., Faysal, S. Md., Amin, Md. R., Juliana, F. M., Islam, M. J., Alam, Md. J., Hossain, M. N., Asaduzzaman, M., Oct. 2017. "Assessment of pH and Total Dissolved Substances (TDS) in the Commercially Available Bottled Drinking Water". **IOSR Journal of Nursing and Health Science** 6, 5: 35-40.
- Jahanshahi, M., Taghizadeh, M. M. 2018. "Pre-sedimentation Tank Effects on Water Treatment Unit Operation". **EQA – Environmental Quality**. 28: 35-42.
- Jamaludin, N., Sham, S. M., Ismail, S. N. S., Mei. 2013. "Health Risk Assessment of Nitrate Exposure in Well Water of Residents in Intensive Agriculture Area". **American Journal of Applied Sciences** 10, 5: 442-448.
- Joko, T. 2010. **Unit Produksi Dalam Sistem Penyediaan Air Minum**. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kalavathy, S. dan Giridhar, M. V. S. S., Jun. 2016. "A Study on the Use of Alum for Turbidity Removal in Synthetic Water". **3rd National Conference on Water, Environment and Society (NCWES)**. 263-266.
- Kale, V.S., Aug. 2016. "Consequence of Temperature, pH, Turbidity and Dissolved Oxygen Water Quality Parameters". **International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology** 3, 8: 186-190.
- Kartika, R. Y., Astuti, D., Darnoto, S. 2015. "Keefektifan Dosis Koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) Dalam Menurunkan Kadar *Total Suspended Solid* (TSS) Air

- Limbah *Laundry*". **Naskah Publikasi**. Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Kawamura, S. 1991. **Integrated Design of Water Treatment Facilities**. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Kwak, DH., Yoo, SJ., Sohn, BY, 2010. "Performance of Presedimentation and Dissolved Air Flotation to Overcome Highly Turbid Raw Water". **Environmental Engineering Science** 27, 2: 127-136.
- Lee, C.S., Lee, Y.C., Chiang, H.M., Jul. 2016. "Abrupt State Change of River Water Quality (Turbidity): Effect of Extreme Rainfalls and Typhoons". **Science of The Total Environment** 557-558. 91-101.
- Letterman, R.D. 1999. **Water Quality and Treatment: A Handbook of Community Water Supplies**. New York: McGraw-Hill.
- Makhmudah, N., Notodarmojo, S., Oct. 2010. "Penyisihan Besi-Mangan, Kekeruhan dan Warna Menggunakan Saringan Pasir Lambat Dua Tingkat pada Kondisi Aliran Tak Jenuh Studi Kasus: Air Sungai Cikapuncung". **Jurnal Teknik Lingkungan** 16, 2: 150-159.
- Mandal, H. K. 2014. "Assessment of Wastewater Temperature and Its Relationship with Turbidity". **Recent Research in Science and Technology** 6, 1: 258-262.
- Marttila, H., Klove, B., Dec. 2012. "Use of Turbidity Measurements to Estimate Suspended Solids and Nutrient Loads from Peatland Forestry Drainage". **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**. 138: 1088-1096.
- Masduqi, A., dan Assomadi, A. F. 2012. **Operasi dan Proses Pengolahan Air**. Surabaya: ITS Press.
- Metcalf & Eddy, Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., Burton, F. 2014. **Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery 5th Edition**. New York: McGraw-Hill Education.
- Montgomery, J.M. 1985. **Water Treatment : Principles and Design**. New York: John Wiley & Sons.
- N'diaye, A. D., El Kory, M. B., Ould Kankou, M. OS. A., Oct. 2013. "Water Quality Assessment of Senegal River in Mauritania by Turbidity and Chemical Parameters Analysis During

- Rainy Season". **Biological Science and Pharmaceutical Research** 1, 2: 16-21.
- Ngibad, K., dan Herawati, D., Oct. 2019. "Analisis Kadar Klorida Dalam Air Sumur dan PDAM di Desa Ngelom Sidoarjo". **Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia** 4, 1: 1-6.
- Paaijmans, K. P., Takken, W., Githeko, A. K., Jul. 2008. "The Effect of Water Turbidity on the Near-Surface Water Temperature of Larval Habitats of the Malaria Mosquito *Anopheles gambiae*". **International Journal Biometeorol.** 52: 727-753.
- Pemerintah Kota Mojokerto. 2019. **eHarga HSPK Kota Mojokerto Tahun 2020**, <URL:<http://e-harga.mojokertokota.go.id>>.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 26/PRT/M/2014. 2014. **Prosedur Operasional Standar Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Minum**. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16. 2005. **Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum**. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82. 2001. **Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air**. Jakarta.
- Permenkes RI. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan No. 492/MENKES/PER/IV/210**. Jakarta: Kementerian Kesehatan.
- Priambodo, E. A. 2016. **Perancangan Unit Bangunan Pengolahan Air Minum Kampus Institut Teknologi Sepuluh Nopember**. Tugas Akhir. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Prihatini, R. 2012. **Kualitas Air Minum Isi Ulang Di Depot Air Minum Di Wilayah Kabupaten Bogor 2008 – 2011**. Skripsi. Program Ilmu Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
- Putri, D. T. R. 2013. **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Bersih Unit 1 Sungai Ciapus di Kampus IPB Dramaga Bogor**. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Qasim. 2000. **Design Standard For Municipal Waste Water Treatment Plant**. Japan: Japan Sewage Works Association.

- Rahimah, Z., Heldawati, H., Syaughiah, I., Oct. 2016. "Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi – Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC". **Konversi** 5, 2: 13-19.
- Ramadhani, A. D. P., Prayogo, T. B., Dermawan, V., 2017. "Perencanaan Pengembangan Instalasi Pengolahan Air Baku PDAM Giri Tirta di Bendung Gerak Sembayat Kec. Bungah Kab. Gresik". **Jurnal Teknik Pengairan Konsentrasi Perencanaan Teknik Bangunan Air**.
- Ramadhani, S., Sutanahaji, A. T., Widiatmono, B. R., Oct. 2013. "Perbandingan Efektivitas Biji Kelor (*Moringa oleifera* Lamk), *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan Tawas Sebagai Koagulan untuk Air Jernih". **Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem** 1, 3: 186-193.
- Reynolds, R. 1982. **Unit Operations and Processes In Environmental Engineering**. California: Wadsworth, Inc.
- Saminu A., Tsoho U., Harunaand G., Sagir L., Jul. 2013. "Design and Cosntruction of a Model Sedimentation Tank Using Existing Slow Sand Filter For NDA Treatment Plant". **International Journal of Engineering Sciences & Research Technology** 2, 7: 1694-1699.
- Schulz, C. R., Okun, D. A. 1984. **Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries**. US : Wiley.
- Sengupta, P., Aug. 2013. "Potential Health Impacts of Hard Water". **International Journal of Preventive Medicine** 4, 8: 866-875.
- Sharma, A., dan Prof. R.K. Bathia, Oct. 2018. "Performance Study on Effect of Inclination & Length of Tube in Tube Settler Module on the Efflent Water Quality". **International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology** 7, 10: 10359-10364.
- SNI 6774: 2008. 2008. **Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air**. Jakarta : BSN.
- Supardi, Renwarin, M. M. 2015. "Pengaruh Variasi Debit Aliran dan Pipa Isap (Section) Terhadap Karakteristik Pompa Sentrifugal yang Dioperasikan Secara Paralel". **Mekanika Jurnal Teknik Mesin** 1, 1: 45-49.
- Supriyantini, E., Endrawati, H., Jun. 2015. "Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen, dan Kerang Hijau

- (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang”.
Jurnal Kelautan Tropis 18, 1: 38-45.
- Surbakti, K., BR. 2015. **Pengaruh Kadar Mangan dan Besi Terhadap Turbidity pada Air Baku, Air Reservoir, dan Air Konsumen Menggunakan Metode Spektrofotometri**. Tugas Akhir. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Suripin. 2001. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air**. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Thorat, R. A., Apr. 2015. “Performance Evaluation of Centrifugal Type Boiler Feed Pump by Varying Blade Number”.
International Journal of Scientific and Research Publications 4, 4: 1-6.
- Zare, M. R., Poureshgh, Y., Fatehizadeh, A., Shahriary, A., Toolabi, A., Rezaei, M., Jun. 2013. “Annual and Seasonal Variation of Turbidity, Total Dissolved Solids, Nitrate and Nitrite in the Parsabad Water Treatment Plant, Iran”.
International Journal of Environmental Health Engineering 2, 3: 1-5.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN 1
KEKERUHAN AIR BAKU DAN AIR PRODUKSI
BESERTA PENGGUNAAN PAC / BULAN

No	Bulan	Tanggal	Penggunaan PAC (kg)	Kekeruhan Air Baku (NTU)	Kekeruhan Air Produksi (NTU)
1	Maret 2019	1	7.405	182	0,85
		4		132	0,67
		6		258	2,89
		18		425	1,50
		21		525	3,26
		22		724	3,17
		25		677	1,46
		26		996	1,59
		27		1.000	1,44
		28		1.000	0,93
2	April 2019	1	5.195	446	1,05
		2		497	1,30
		4		313	1,36
		8		593	1,24
		9		631	1,79
		10		1.000	3,65
		11		994	4,88
		15		440	2,25
		22		205	2,36
		23		214	1,55
3	Juli 2019	1	983	24,23	2,34
		2		31,91	2,42
		3		24,03	2,71
		15		29,04	2,84
		16		25,45	1,94
		17		31,75	1,91
		18		23,15	1,89
		25		24,57	1,96
		26		21,93	1,90
		29		22,49	2,06
4	Agustus 2019	1	456	22,29	1,23
		2		23,08	1,84
		5		24,97	2,43

No	Bulan	Tanggal	Penggunaan PAC (kg)	Kekeruhan Air Baku (NTU)	Kekeruhan Air Produksi (NTU)
		15		25,32	2,34
		16		28,44	1,98
		18		24,65	1,67
		20		20,19	2,18
		21		20,84	2,11
		22		24,04	2,02
		23		22,25	2,19

LAMPIRAN 2 HASIL PERHITUNGAN PERSEN *REMOVAL* DAN KECEPATAN PENGENDAPAN

Dari hasil *column settling test* maka didapatkan kecepatan pengendapan dan fraksi tersisa yang kemudian diplot menjadi sebuah grafik. Grafik kecepatan pengendapan dan fraksi tersisa dibagi-bagi menjadi beberapa irisan agar dapat dihitung persen *removal*nya dengan rumus:

$$R = (1 - Fo) + \frac{1}{Vo} \int V. dF$$

Berikut merupakan perhitungan persen *removal*:



1. $V_o = 0,00258$ m/detik
 $F_o = 0,89$

dF	V	V. dF
0,02	0,00208	0,000042
0,02	0,00188	0,000038
0,02	0,00166	0,000033
0,03	0,0013	0,000039

dF	V	V. dF
0,03	0,0011	0,000033
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000391

$$R = (1 - 0,89) + \frac{1}{0,00258} \cdot 0,000391 = 26,14\%$$

2. $V_o = 0,00208$ m/detik
 $F_o = 0,87$

dF	V	V. dF
0,02	0,00188	0,000038
0,02	0,00166	0,000033
0,03	0,0013	0,000039
0,03	0,0011	0,000033
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007

dF	V	V. dF
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000349

$$R = (1 - 0,87) + \frac{1}{0,00208} \cdot 0,000349 = 29,78\%$$

3. $V_o = 0,00188$ m/detik
 $F_o = 0,85$

dF	V	V. dF
0,02	0,00166	0,000033
0,03	0,0013	0,000039
0,03	0,0011	0,000033
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000311

$$R = (1 - 0,85) + \frac{1}{0,00188} \cdot 0,000311 = 31,56\%$$

4. $V_o = 0,00166$ m/detik
 $F_o = 0,83$

dF	V	V. dF
0,03	0,0013	0,000039
0,03	0,0011	0,000033
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030

dF	V	V. dF
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000278

$$R = (1 - 0,83) + \frac{1}{0,00166} \cdot 0,000278 = 33,76\%$$

5. $V_o = 0,0013$ m/detik
 $F_o = 0,8$

dF	V	V. dF
0,03	0,0011	0,000033
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000239

$$R = (1 - 0,8) + \frac{1}{0,0013} \cdot 0,000239 = 38,40\%$$

6. $V_o = 0,0011$ m/detik
 $F_o = 0,77$

dF	V	V. dF
0,03	0,00092	0,000028
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000206

$$R = (1 - 0,77) + \frac{1}{0,0011} \cdot 0,000206 = 41,75\%$$

7. $V_o = 0,00092$ m/detik
 $F_o = 0,74$

dF	V	V. dF
0,04	0,00074	0,000030
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000179

$$R = (1 - 0,747) + \frac{1}{0,00092} \cdot 0,000179 = 45,41\%$$

8. $V_o = 0,00074$ m/detik
 $F_o = 0,7$

dF	V	V. dF
0,05	0,00056	0,000028
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000149

$$R = (1 - 0,7) + \frac{1}{0,00074} \cdot 0,000149 = 50,14\%$$

9. $V_o = 0,00056$ m/detik
 $F_o = 0,65$

dF	V	V. dF
0,05	0,00043	0,000022
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000121

$$R = (1 - 0,65) + \frac{1}{0,00056} \cdot 0,000121 = 56,61\%$$

10. $V_o = 0,00043$ m/detik

$F_o = 0,6$

dF	V	V. dF
0,05	0,00036	0,000018
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000100

$$R = (1 - 0,6) + \frac{1}{0,00043} \cdot 0,000100 = 63,14\%$$

11. $V_o = 0,00036$ m/detik

$F_o = 0,55$

dF	V	V. dF
0,05	0,00027	0,000014
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000082

$$R = (1 - 0,55) + \frac{1}{0,00036} \cdot 0,000082 = 67,74\%$$

12. $V_o = 0,00027$ m/detik

$F_o = 0,5$

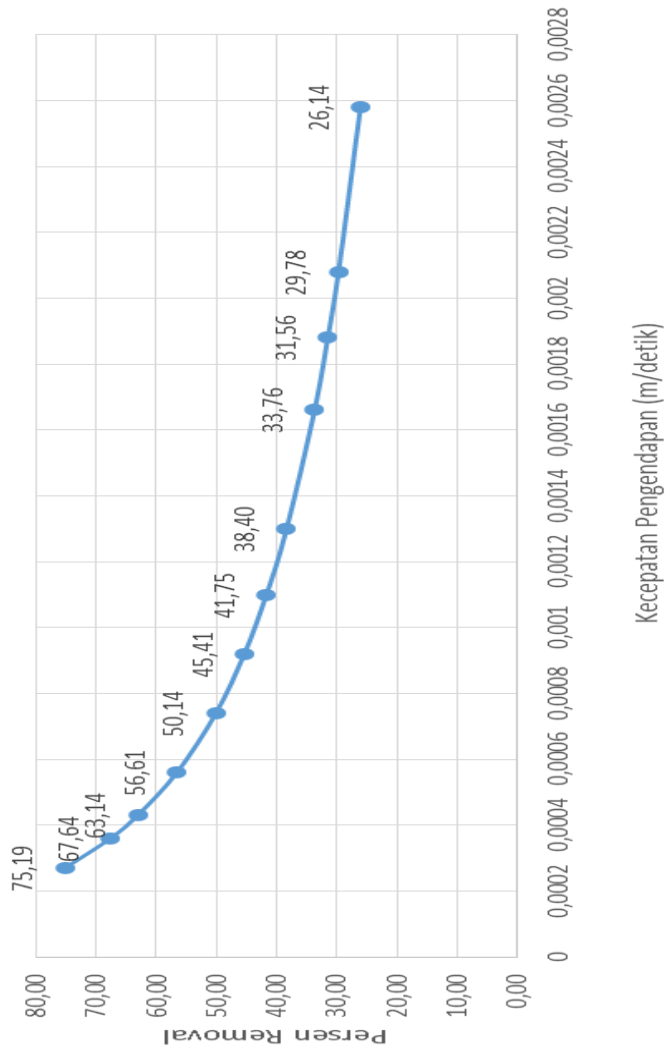
dF	V	V. dF
0,05	0,00023	0,000012
0,05	0,00021	0,000011
0,05	0,00019	0,000010
0,05	0,00017	0,000009
0,05	0,00016	0,000008
0,05	0,00014	0,000007
0,05	0,00011	0,000006
0,05	0,00009	0,000005
0,05	0,00006	0,000003
Jumlah		0,000068

$$R = (1 - 0,5) + \frac{1}{0,00027} \cdot 0,000068 = 75,19\%$$

Dari hasil perhitungan persen *removal* dan kecepatan pengendapan maka didapatkan grafik sebagai berikut yang digunakan untuk menentukan persen *removal* yang akan digunakan dalam perencanaan unit prasedimentasi sebagai berikut:

Vo (m/detik)	R (%)
0,00258	26,14
0,00208	29,78
0,00188	31,56
0,00166	33,76
0,0013	38,40
0,0011	41,75
0,00092	45,41
0,00074	50,14
0,00056	56,61
0,00043	63,14
0,00036	67,64
0,00027	75,19

Grafik



Halaman ini sengaja dikosongkan

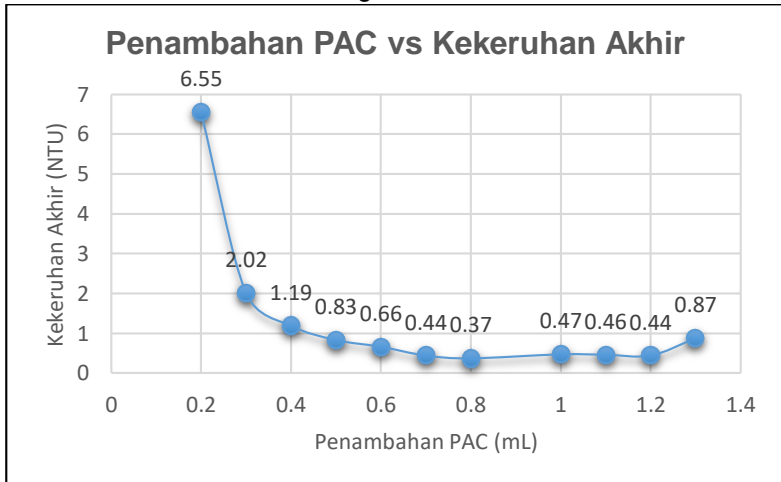
LAMPIRAN 3

HASIL PERCOBAAN PENENTUAN DOSIS OPTIMUM PAC

- Konsentrasi PAC = 10%
Kekeruhan awal = 600 NTU
pH awal = 7,62
pH akhir = 6,93

Penambahan PAC (mL)	Kekeruhan Akhir (NTU)
0,2	6,55
0,3	2,02
0,4	1,19
0,5	0,83
0,6	0,66
0,7	0,44
0,8	0,37
1	0,47
1,1	0,46
1,2	0,44
1,3	0,87

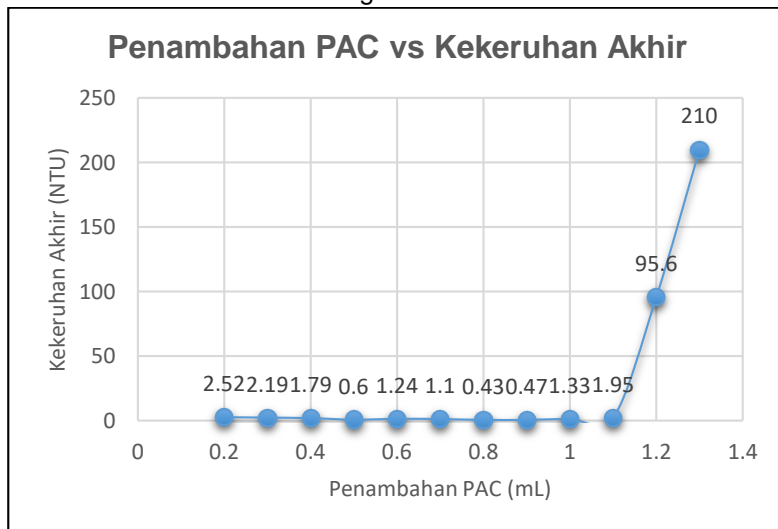
Grafik Penambahan PAC dengan Kekeruhan Akhir



2. Kekeruhan awal = 240 NTU
 pH awal = 7,62
 pH akhir = 7,14

Penambahan PAC (mL)	Kekeruhan Akhir (NTU)
0,2	2,52
0,3	2,19
0,4	1,79
0,5	0,60
0,6	1,24
0,7	1,10
0,8	0,43
0,9	0,47
1	1,33
1,1	1,95
1,2	95,60
1,3	210

Grafik Penambahan PAC dengan Kekeruhan Akhir



Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank		m		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,005	O.H	200.000	1.000
	Kepala tukang	0,010	O.H	150.000	1.500
	Tukang kayu	0,100	O.H	150.000	15.000
	Pekerja	0,100	O.H	100.000	10.000
	<u>Bahan</u>				
	Kayu kelas III – balok usuk (meranti) uk. 5 x 7 cm, 400 cm	0,012	m ³	6.181.900	74.182,80
	Kayu kelas III – papan uk. 3/20	0,007	m ³	6.181.900	43.273,30
	Paku biasa – uk. 2 – 5 inch	0,020	Kg	20.200	404
			Nilai HSPK:	145.360	
2	Pekerjaan Pembersihan Lapangan dan Perataan		m ²		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,025	O.H	200.000	5.000
	Pekerja	0,050	O.H	100.000	5.000
				Nilai HSPK:	10.000
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah Biasa (Termasuk Pembuangan Sisa Galian)		m ³		
	<u>Tenaga Kerja</u>				

LAMPIRAN 4
BILL OF QUANTITY (BOQ)

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Mandor	0,003	O.H	200.000	600
	Pekerja	0,006	O.H	100.000	600
	<u>Peralatan</u>				
	Excavator	0,026	Jam	191.785	4.986,41
	Dump truck	0,334	Jam	97.530,71	32.575,26
				Nilai HSPK:	38.762
2	Pekerjaan Pengurugan dengan Tanah Urug		m ³		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,010	O.H	200.000	2.000
	Pekerja	0,300	O.H	100.000	30.000
	<u>Bahan</u>				
	Tanah urug	1,200	m ³	174.900	209.880
			Nilai HSPK:	241.880	
III	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Pembuatan Beton K - 300		m ³		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,083	O.H	200.000	16.600
	Kepala tukang	0,028	O.H	150.000	4.200
	Tukang batu	0,275	O.H	150.000	41.250
	Pekerja	1,650	O.H	100.000	165.000
	<u>Bahan</u>				
Semen Portland – 50 Kg	413	Kg	1.000	413.000	

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Pasir beton	0,486	m ³	230.400	111.974,40
	Kerikil – max 30 mm	0,567	m ³	258.500	146.569,50
	Air	215	Liter	200	43.000
				Nilai HSPK:	941.594
2	Membuat Dinding Beton Bertulang (150 Kg Besi + Bekisting)		m ³		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,265	O.H	200.000	53.000
	Kepala tukang	0,262	O.H	150.000	39.300
	Tukang besi	1,050	O.H	150.000	157.500
	Tukang kayu	1,300	O.H	150.000	195.000
	Tukang batu	0,275	O.H	150.000	41.250
	Pekerja	5,300	O.H	100.000	530.000
	<u>Bahan</u>				
	Kayu kelas III – papan	0,200	m ³	6.181.900	1.236.380
	Paku biasa – uk. 2 – 5 inch	1,500	Kg	20.200	30.300
	Minyak bekisting	0,400	Liter	16.900	6.760
	Besi beton – polos/ulir	157,500	Kg	10.500	1.653.750
	Kawat beton	2,250	Kg	26.100	58.725
	Semen Portland – 50 Kg	336	Kg	1.000	336.000
	Pasir beton	0,540	m ³	230.400	126.416
	Kerikil – max 30 mm	0,810	m ³	258.500	209.385
				Nilai HSPK:	4.671.766

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
IV	PEKERJAAN SANITAIR				
1	Pekerjaan Pasang Pipa Galvanis Diameter 14 Inch		m		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,007	O.H	200.000	1.400
	Kepala tukang	0,023	O.H	150.000	3.450
	Tukang pipa	0,225	O.H	150.000	33.750
	Pekerja	0,135	O.H	100.000	13.500
	<u>Bahan</u>				
	Pipa Galvanis – medium dia. 14 inch. Panjang 600 cm	0,258	Batang	4.913.608	1.267.710,86
			Nilai HSPK:	1.319.811	
2	Pekerjaan Pasang Pipa Galvanis Diameter 12 Inch		m		
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,007	O.H	200.000	1.400
	Kepala tukang	0,023	O.H	150.000	3.450
	Tukang pipa	0,225	O.H	150.000	33.750
	Pekerja	0,135	O.H	100.000	13.500
	<u>Bahan</u>				
	Pipa Galvanis – medium dia. 12 inch. Panjang 600 cm	0,258	Batang	4.194.086	1.082.074,19
			Nilai HSPK:	1.134.174	
V	PEKERJAAN Pengerukan				
1	Pengerukan Saluran (Alat		m ³		

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Berat)				
	<u>Tenaga Kerja</u>				
	Mandor	0,001	O.H	200.000	200
	Pekerja	0,015	O.H	100.000	1.500
	Peralatan				
	Suction dredger	0,005	Jam	191.785	958,93
				Nilai HSPK:	2.659
VI	TAMBAHAN				
1	Pompa lumpur	1	Unit	12.622.500	12.622.500
2	Plat besi baja hitam tebal 10 mm untuk perforated baffle	2	Lembar	1.631.000	3.262.000
3	Pintu air	3	Unit	5.000.000	15.000.000
4	Besi beton dia. 15 mm panjang 15 m untuk <i>barscreen</i>	2	Batang	148.000	296.000

Halaman ini sengaja dikosongkan

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
I	PEKERJAAN PERSIAPAN				
1	Pengukuran dan Pemasangan Bouwplank	m	109,93	145.360	15.979.425
2	Pekerjaan Pembersihan Lapangan dan Perataan	m ²	556,26	10.000	5.562.600
II	PEKERJAAN TANAH				
1	Galian Tanah Biasa (Termasuk Pembuangan Sisa Galian)	m ³	836,34	38.762	32.418.211,1
2	Pekerjaan Pengurugan dengan Tanah Urug	m ³	162,18	241.880	39.228.098
III	PEKERJAAN BETON				
1	Pekerjaan Pembuatan Beton K – 300	m ³	87,06	941.594	81.975.173,64
2	Membuat Dinding Beton Bertulang (150 Kg Besi + Bekisting)	m ³	88,02	4.671.766	411.208.843,3
IV	PEKERJAAN SANITAIR				
1	Pekerjaan Pasang Pipa Galvanis Diameter 14 Inch	m	5,7	1.319.811	7.522.922,7
2	Pekerjaan Pasang Pipa Galvanis Diameter 12 Inch	m	18,7	1.134.174	21.209.053,8
V	PEKERJAAN Pengerukan				
1	Pengerukan Saluran (Alat	m ³	7,86	2.659	20.899,74

Prasedimentasi dan Saluran <i>By Pass</i>					
No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
	Berat)				
VI	TAMBAHAN				
1	Pompa Lumpur	1	Unit	12.622.500	12.622.500
2	Plat Besi Baja Hitam Tebal 10 mm untuk <i>Perforated Baffle</i>	2	Lembar	1.631.000	3.262.000
3	Pintu Air	3	Unit	5.000.000	15.000.000
4	Besi Beton	2	Batang	148.000	296.000
TOTAL RAB					646.305.727

BIOGRAFI PENULIS



Resita Nadya Noor Azhaari, penulis lahir di Kota Mojokerto pada tanggal 23 Mei 1998 dan merupakan anak tunggal. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Aisyah 3 Mojokerto pada tahun 2002 – 2004, SDN Meri 2 Mojokerto pada tahun 2004 – 2010, SMPN 1 Kota Mojokerto pada tahun 2010 – 2013, dan SMAN 1 Sooko Mojokerto pada tahun 2013 – 2016. Penulis menempuh pendidikan S1 Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya

angkatan 2016 dan terdaftar dengan NRP 03211640000016.

Selama masa perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten laboratorium mata kuliah Mikrobiologi Lingkungan pada tahun 2018 dan asisten laboratorium mata kuliah Teknik Analisis Pencemar Lingkungan (TAPL) pada tahun 2019. Penulis juga aktif di organisasi kemahasiswaan, yaitu sebagai staff bidang Inovasi dan Karya Divisi Riset dan Teknologi (Ristek) Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) ITS pada tahun 2017 – 2018 dan sebagai sekretaris Divisi Ristek HMTL ITS pada tahun 2019, beberapa kepanitian *event* yang diselenggarakan diluar maupun didalam Departemen Teknik Lingkungan, dan pelatihan yang pernah penulis ikuti. Penulis juga menimba pengalaman melalui magang di PDAM Kota Mojokerto pada tahun 2018 dan Kerja Praktik di PT. Cheil Jedang Indonesia, Jombang, di bagian *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) Divisi *Environment* pada tahun 2019.

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini serta memberikan kritik dan saran, penulis dapat dihubungi melalui *email*: resitanana23@gmail.com.