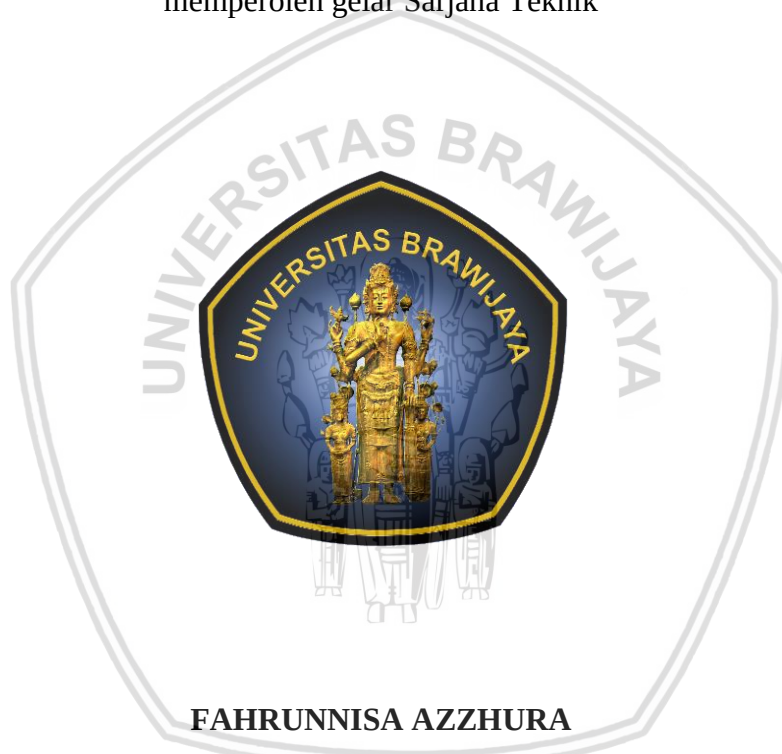


**STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK MARGASARI KECAMATAN BALIKPAPAN BARAT
KOTA BALIKPAPAN PROVINSI KALIMANTAN TIMUR**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI
SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



NIM. 125060401111012

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI EVALUASI INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH
DOMESTIK MARGASARI KECAMATAN BALIKPAPAN BARAT
KOTA BALIKPAPAN PROVINSI KALIMANTAN TIMUR

SKRIPSI TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI KONSERVASI SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



FAHRUNNISA AZZHURA
NIM. 125060401111012

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal: 30 Mei 2018

Dosen Pembimbing I
Dosen Pembimbing II

Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT.
NIP. 19720320 199512 1 001

Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D.
NIP. 19750723 20003 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawyaniti, MS
NIP. 19610113 198609 2 001



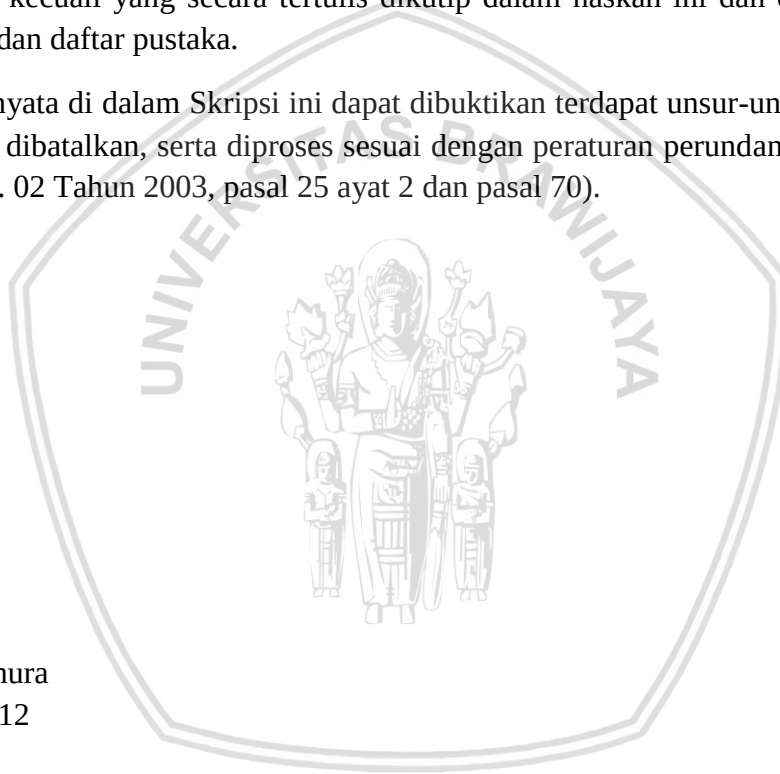
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 02 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang,
Mahasiswa,

Fahrunnisa Azzhura
125060401111012



RINGKASAN

Fahrunnisa Azzhura, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2018, *Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Margasari Kecamatan Balikpapan Barat Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur*, Dosen Pembimbing : Tri Budi Prayogo dan Emma Yuliani.

Untuk mengetahui kelayakan bangunan IPAL Margasari dalam mengelola limbah domestik, maka perlu adanya suatu penelitian tentang evaluasi instalasi pengolahan air limbah di Kelurahan Margasari ini. Evaluasi tersebut dapat dilihat dari parameter yang dikandung pada *inlet*, *outlet*, dan pada tiap bak IPAL, apakah sudah memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke sungai. Sebab hal tersebut dapat berguna untuk menganalisis kinerja masing-masing bangunan dan menentukan desain dari bangunan IPAL yang tepat didasarkan pada air limbah yang masuk agar unit pengolah limbah mampu bekerja secara efektif.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi pada IPAL Margasari untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang lebih tepatnya pada tahun 2026. Dari hasil survei data diperoleh bahwa kapasitas rencana untuk IPAL Margasari adalah sebesar 972 m³/hari. Kapasitas tampungan rencana IPAL Margasari ini tidak efektif untuk menampung debit pada tahun 2026 sebesar 1015,014 m³/hari. Permasalahan lain timbul yaitu lama waktu pengoperasian pompa aerator untuk bak equalisasi dan bak aerasi yang dilakukan hanya 6 jam dalam sehari dengan jeda selama 3 jam. Diindikasikan bahwa tidak dilakukan kesesuaian pengoperasian pompa aerator untuk waktu yang telah ditentukan pada bak equalisasi maupun aerasi maka terjadi kenaikan kadar *effluent* IPAL Margasari pada hasil akhir keluaran air limbah.

Hasil dari evaluasi IPAL Margasari adalah analisa penurunan efisiensi kualitas *effluent* IPAL Margasari, yang terdiri dari 4 parameter uji yaitu BOD, COD, NH₃, dan TSS. Berdasarkan Perda Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011, parameter COD mengalami kenaikan kadar melebihi batas baku mutu air limbah. Dan dari perhitungan evaluasi diketahui bahwa waktu tinggal air limbah pada bak equalisasi adalah 3 jam tidak sesuai dengan ketentuan yaitu 4-8 jam. Sementara pengoperasian pompa aerator didasarkan pada banyaknya suplai oksigen maksimum dalam 1 hari dengan kapasitas aerator 2,2 kw adalah sebesar 53,618 kg yang mana lebih besar dari kapasitas rencana oksigen yang dibutuhkan yaitu sebesar 53,481 kg. Sehingga, lama waktu pengoperasian aerator pada bak equalisasi adalah sebanyak 12 jam dalam satu kali suplai oksigen. Jika dibandingkan dengan bak aerasi, waktu tinggal air limbah pada bak aerasi sudah memenuhi kriteria yang ada yaitu 14-16 jam per hari.

Kata kunci : IPAL, kualitas air, efisiensi, efektivitas, evaluasi

SUMMARY

Fahrunnisa Azzhura, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Engineering, University Brawijaya, July 2018, Evaluation Study Of Margasari Domestic Wastewater Treatment Plant, West Balikpapan District, Balikpapan Regency, East Kalimantan Province, Academic Supervisor : Tri Budi Prayogo dan Emma Yuliani.

In order to understand the feasibility WWTP of Margasari on condition of 10 years come precisely in 2026, needs to be taken a research on evaluation a wastewater treatment plant of Margasari Subdistrict. The evaluation can be seen from parameters conceived on an inlet , outlet , and in each WWTP basin, is it meets of quality standard before issued into the river. This it will be useful to analyze performance each of Margasari WWTP basins and determine the design of the proper WWTP based on waste water that goes into WWTP that unit processing unable to perform effectively.

This study discusses of the evaluation of WWTP of Margasari on condition of 10 years to come precisely in 2026. Based on the survey results data is collected ipal margasari is that the capacity of a plan for non-competitive purchase will be its 972 m³/day. Reservoir capacity WWTP plan of Margasari is not effective for withstand the flow of in the year 2026 as much as 1015,014 m³/day. The existing condition of Margasari WWTP is an aerator pump operating time for aeration basin and equalization basin only 6 hours a day with breaks for 3 hours. In conclusion that has not been carried out the operation of the eligibility of the pump aerator for the time which has been set in a equalization basin nor aeration basin than increase the effluent system which waste water output in the final outcome.

The evaluation result of this research is about analysis efficiency quality effluent Margasari WWTP which consisting of 4 test parameters such as BOD, COD, NH₃, and TSS. Based on Perda Provinsi Kalimantan Timur No. 02 tahun 2011, COD parameters has decrease of content which exceeding the limit of the liquid waste quality standard. And the result of evaluation calculation is about detention time equalization basin which only 3 hours, that means not accordance with applicable regulations among 4-8 hours. The operation of aerator pump is 53,618 kg which supposed more than oxygen capability 53,481 kg and based on much of oxygen supply in a day with 2,2 kw aerator pump capacity. The duration operating aeration pump about 12 hours in a time of oxygen supply. When compared with aeration basin, detention time in aeration basin accordance with the regulation around 14-16 hours in a day.

Keywords : WWTP, water quality, efficiency, effectivity, evaluation

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat Rahmat dan Karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini dengan lancar dan sesuai waktu yang telah direncanakan.

Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Pengairan, Universitas Brawijaya. Judul yang penulis ajukan adalah **“Studi Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Margasari Kelurahan Margasari Kecamatan Balikpapan Barat Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur”**.

Tidak lupa penulis mengucapkan rasa hormat dan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada::

1. Bapak Dr. Eng. Tri Budi Prayogo, ST., MT. dan Ibu Emma Yuliani, ST., MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing dalam skripsi ini.
2. Bapak Dr. Eng. Doni Harisuseno, ST., MT. dan Bapak Jadfani Sidqi Fidari, ST., MT. selaku dosen penguji dalam skripsi ini.
3. Kedua orang tua yang selalu memberikan doa, support dan bantuannya serta kerabat keluarga yang selalu memberikan semangat dan doa restu dalam penyusunan skripsi ini.
4. Untuk Fahzaki yang menjadi semangat ku untuk menyelesaikan skripsi ini
5. Untuk anak-anak mama ike, atika, ajeng, mareta, kiki, gantar, dan wide untuk semangat sebelum komprenya
6. Dan teman-teman WRE 2012 lainnya atas segala dukungan dan bantuannya.

Akhirnya, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan-kekurangan, sehingga penulis mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan selanjutnya.

Malang, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR SIMBOL	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Tujuan Penelitian.....	4
1.6. Manfaat Penelitian	4
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Limbah Domestik	5
2.1.1. Definisi Limbah Domestik	5
2.1.2. Definisi IPAL Domestik.....	6
2.2. Analisa Debit Operasional.....	7
2.3. Jaringan Pembuangan Air Limbah	7
2.3.1. Komponen Jaringan IPAL Margasari.....	8
2.3.2. Sistem Pengolahan Air Limbah	11
2.4. Tahap Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik	11
2.4.1. <i>Screening</i>	12
2.4.2. <i>Equalisasi</i>	12
2.4.3. <i>Aerasi</i>	16
2.4.4. <i>Klorinasi</i>	18
2.4.5. <i>Sedimentasi</i>	19
2.5. Parameter Air Limbah	22
2.5.1. <i>COD (Chemical Oxygen Demand)</i>	22
2.5.2. <i>BOD (Biological Oxygen Demand)</i>	23
2.5.3. <i>Total Suspended Solid (TSS)</i>	24
2.5.4. <i>NH₃ (Ammonia)</i>	24
2.5.5. <i>pH (Derajat Keasaman)</i>	24
2.5.6. <i>Fosfor</i>	26
2.5.7. <i>DO (Dissolved Oxygen)</i>	26
2.6. Kuantitas dan Kualitas Air Limbah	27
2.6.1. <i>Proyeksi Penduduk</i>	27

2.6.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih.....	28
2.6.3. Proyeksi Debit Air Limbah	30
2.6.4. Effisiensi Pengurangan Parameter Limbah	33
2.6.5. Baku Mutu Air Limbah	33

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian	35
3.2. Kondisi Eksisting	36
3.3. Pendekatan Penelitian	37
3.4. Data yang dibutuhkan	38
3.4.1. Data Primer	38
3.4.2. Data Sekunder	38
3.5. Metode Pengolahan Data	38
3.5.1. Data Debit	38
3.5.2. Data Parameter Kualitas Air	38
3.6. Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir	39
3.6.1. Tahapan Pengumpulan Data	39
3.6.2. Tahapan Analisis Kualitas Air Limbah	40
3.6.2.1. Pengambilan Sampel	40
3.6.3. Pengujian Sampel	42
3.6.4. Evaluasi Kinerja IPAL	42
3.6.5. Perencanaan Teknis	43
3.7. Diagram Alir Penelitian	44

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah	45
4.4.1. Peta Jaringan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)	46
4.2. Tahapan Proses Pengolahan IPAL Margasari	46
4.2.1. Proses Pengolahan IPAL Margasari	47
4.3. Evaluasi Kualitas <i>Effluent</i> IPAL Margasari	55
4.3.1. Pengambilan sampel dan Pengukuran Sampel Air Limbah	55
4.3.2. Hasil Uji Laboratorium IPAL Domestik Margasari	60
4.3.3. Perhitungan dan Analisa Effisiensi Parameter Uji IPAL	63
4.4. Prediksi Kuantitas IPAL Domestik Margasari	68
4.4.1. Proyeksi Penduduk	68
4.4.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih	71
4.4.3. Proyeksi Debit Air Limbah	72
4.5. Kondisi terkini IPAL Margasari	75
4.5.1. Bak R.S.P.S. (<i>Raw Sawage Pump Station</i>)	75
4.5.2. Bak Equalisasi	77
4.5.3. Bak Aerasi	78
4.5.4. Bak Sedimentasi	80
4.6. Efektifitas bangunan pengolah limbah IPAL Margasari	82
4.6.1. Bak Equalisasi	83

4.6.2. Bak Aerasi	86
4.6.3. Bak R.S.P.S.	91
4.6.4. Bak Sedimentasi	92
4.6.5. Bak Klorin	94
4.7. Evaluasi Bangunan Pengolah Limbah	96
4.7.1. Bak Equalisasi	96
4.7.2. Bak Aerasi	102
4.7.3. Bak R.S.P.S.	104
4.7.4. Bak Sedimentasi	104
4.7.5. Bak Klorin	105
4.8. Kesimpulan Evaluasi IPAL Margasari	105

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	107
5.2. Saran	108

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1.	Pengaruh suhu terhadap konsentrasi jenuh oksigen terlarut	16
Tabel 2.2.	Dimensi bak aerasi bentuk persegi untuk beberapa kapasitas aerator	18
Tabel 2.3.	Dosis klorinasi umum yang dipakai untuk beberapa proses	19
Tabel 2.4.	Konsentrasi padatan lumpur berdasarkan berat jenis butiran	20
Tabel 2.5.	Kriteria waktu detensi pada Unit Pengendap	21
Tabel 2.6.	Kebutuhan air bersih berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah	28
Tabel 2.7.	Baku Mutu Limbah Domestik Indonesia	33
Tabel 2.8.	Baku Mutu Limbah Domestik Provinsi Kalimantan Timur	33
Tabel 4.1.	Hasil Uji Laboratorium Parameter IPAL Margasari	61
Tabel 4.2.	Rekapitulasi hasil uji parameter IPAL Margasari Kota Balikpapan	62
Tabel 4.3.	Hasil uji parameter TSS pada Bak Sedimentasi	63
Tabel 4.4.	Hasil uji parameter pada titik <i>inlet</i> dan <i>outlet</i> IPAL Margasari	63
Tabel 4.5.	Perhitungan analisa efisiensi parameter uji IPAL Margasari	64
Tabel 4.6.	Effisiensi parameter TSS pada Bak Sedimentasi	67
Tabel 4.7.	Tabel jumlah penduduk Kelurahan Margasari	68
Tabel 4.8.	Proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan	69
Tabel 4.9.	Uji Kesesuaian Metoode Proyeksi Jumlah penduduk	70
Tabel 4.10.	Proyeksi air bersih Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan	72
Tabel 4.11.	Proyeksi debit air limbah Kelurahan Margasari, Kecamatan	73
Tabel 4.12.	Rincian fungsi dan kapasitas tiap bagian pada Bak R.S.P.S.	76
Tabel 4.13.	Rincian fungsi dan kapasitas tiap bagian pada Bak Equalisasi	78
Tabel 4.14.	Rincian fungsi dan kapasitas tiap bagian pada Bak Aerasi	80
Tabel 4.15.	Rincian fungsi dan kapasitas tiap bagian pada Bak Sedimentasi	82
Tabel 4.16.	Data suhu dan kapasitas aerator untuk bak pengolah IPAL	82
Tabel 4.17.	Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan	83
Tabel 4.18.	Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan	83
Tabel 4.19.	Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan	86
Tabel 4.20.	Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan	87
Tabel 4.21.	Perhitungan nilai F/M Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap	89
Tabel 4.22.	Perhitungan nilai F/M Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap	89
Tabel 4.23.	Data perhitungan Bak R.S.P.S. IPAL Margasari	90
Tabel 4.24.	Data pendukung untuk mengetahui nilai efektifitas	92
Tabel 4.25.	Perhitungan efektifitas Bak Sedimentasi IPAL Margasari	93
Tabel 4.26.	Analisa kapasitas volume air limbah IPAL Margasari Kota	96
Tabel 4.27.	Evaluasi Bak Equalisasi IPAL Margasari terhadap penurunan	97
Tabel 4.28.	Evaluasi Bak Equalisasi IPAL Margasari terhadap penurunan	97
Tabel 4.29.	Hasil Evaluasi Bak R.S.P.S.	104





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
Gambar 2.1.	Flowchart bagian-bagian IPAL Margasari	10
Gambar 2.2.	<i>Simple Manually Raked Screen (flow is from left to right)</i>	12
Gambar 2.3.	<i>Two Typical Flowrate Pattern</i>	13
Gambar 2.4.	<i>Average wastewater flow (excluding infiltration/inflow)</i>	31
Gambar 3.1.	Peta Lokasi IPAL Margasari Balikpapan	35
Gambar 3.2.	Peta Pelayanan IPAL Margasari Balikpapan 2028	36
Gambar 3.3.	Peta Pelayanan IPAL Margasari Balikpapan	37
Gambar 3.4.	Denah IPAL Margasari Balikpapan	37
Gambar 3.5.	Peta Pelayanan IPAL Margasari	40
Gambar 3.6.	Botol KOB	41
Gambar 3.7.	Botol Jerigen	41
Gambar 3.8.	Botol Mikro	41
Gambar 3.9.	Sarung Tangan	42
Gambar 3.10.	Diagram Alir Penelitian	44
Gambar 4.1.	Peta Administrasi Kelurahan Margasari Kecamatan	45
Gambar 4.2.	Peta Jaringan Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari	46
Gambar 4.3.	Diagram Sirkulasi IPAL Margasari Kota Balikpapan	47
Gambar 4.4.	Skema proses air buangan dari kloset dan dapur tiap rumah	48
Gambar 4.5.	Skema proses air limbah tiap rumah	48
Gambar 4.6.	Skema proses air limbah menuju <i>manhole</i>	49
Gambar 4.7.	<i>Manhole</i> IPAL Margasari Kecamatan Balikpapan Barat	49
Gambar 4.8.	Skema proses air limbah yang masuk ke <i>pump station</i>	49
Gambar 4.9.	<i>Pump station</i> IPAL Margasari Kecamatan Balikpapan	50
Gambar 4.10.	Skema proses air limbah yang masuk ke pipa induk	50
Gambar 4.11.	Proses pengolahan air limbah pada IPAL Margasari	50
Gambar 4.12.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak R.S.P.S.	51
Gambar 4.13.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Equalisasi	51
Gambar 4.14.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Aerasi	52
Gambar 4.15.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Sedimentasi	53
Gambar 4.16.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Flokulasi	53
Gambar 4.17.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Air Olahan	54
Gambar 4.18.	Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Lumpur	54
Gambar 4.19.	Botol Jerigen	55
Gambar 4.20.	Botol Mikro	55
Gambar 4.21.	Botol Minyak	56
Gambar 4.22.	Pengambilan sampel pada titik <i>inlet</i>	56
Gambar 4.23.	Pengambilan sampel pada titik bak equalisasi.....	57
Gambar 4.24.	Pengambilan sampel pada titik bak aerasi	57

Gambar 4.25. Pengambilan sampel pada titik <i>outlet</i>	58
Gambar 4.26. Pengumpulan sampel pada <i>igloo box</i>	58
Gambar 4.27. Pengujian sampel untuk parameter pH.....	59
Gambar 4.28. Pengujian sampel untuk parameter BOD	59
Gambar 4.29. Pengujian sampel untuk parameter COD	60
Gambar 4.30. Grafik rekapitulasi proyeksi pertumbuhan penduduk Kelurahan.....	70
Gambar 4.31. Grafik proyeksi debit air limbah IPAL Margasari, Kelurahan.....	74
Gambar 4.32. Bak R.S.P.S. (<i>Raw Sawage Pump Station</i>)	75
Gambar 4.33. Denah Bak R.S.P.S. (<i>Raw Sawage Pump Station</i>).....	75
Gambar 4.34. Denah potongan A-A Bak R.S.P.S. (<i>Raw Sawage Pump Station</i>).....	76
Gambar 4.35. Denah potongan B-B Bak R.S.P.S. (<i>Raw Sawage Pump Station</i>)	76
Gambar 4.36. Bak Equalisasi	77
Gambar 4.37. Denah Bak Equalisasi.....	77
Gambar 4.38. Denah potongan A-A Bak Equalisasi	78
Gambar 4.39. Denah potongan B-B Bak Equalisasi	78
Gambar 4.40. Bak Aerasi	79
Gambar 4.41. Denah Bak Aerasi.....	79
Gambar 4.42. Denah potongan A-A Bak Aerasi.....	79
Gambar 4.43. Denah potongan B-B Bak Aerasi	80
Gambar 4.44. Bak Sedimentasi	80
Gambar 4.45. Denah Bak Sedimentasi.....	81
Gambar 4.46. Denah potongan A-A Bak Sedimentasi.....	81
Gambar 4.47. Denah potongan B-B Bak Sedimentasi.....	81
Gambar 4.48. Bak Equalisasi	102
Gambar 4.49. Denah potongan A-A Bak Equalisasi.....	103
Gambar 4.50. Denah potongan B-B Bak Equalisasi	103
Gambar 4.51. PAC (<i>Poly Alumunium Chloride</i>)	105
Gambar 4.52. Denah IPAL Margasari	107

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Laporan Operasional IPAL Margasari tahun 2016	109
Lampiran 2.	Denah Bangunan Utama IPAL Margasari	110
Lampiran 3.	Baku Mutu Air Limbah	111
Lampiran 4.	Hasil Uji Laboratorium IPAL Margasari	112





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR SIMBOL

Besaran Dasar	Satuan dan Singkatan	Simbol
Berat	Milligram atau mg	W
Daya	Watt atau W	P
Lebar	Meter atau m	l
Luas	Meter persegi atau m ²	L
Massa	Kilogram atau kg	m
Panjang	Meter atau m	p
Suhu	Celsius atau C	T
Volume	Liter atau L	V
Waktu	Hari	t





(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini, Balikpapan merupakan kota yang sedang mengalami kemajuan yang sangat pesat diberbagai bidang. Kemajuan ini mengakibatkan dampak yang sangat serius terhadap penurunan daya dukung dan daya tampung lingkungan. Hal ini dikarenakan kemajuan di berbagai bidang tersebut secara tidak langsung menuntut peningkatan kebutuhan dasar seperti air dan menghasilkan limbah dalam jumlah yang lebih besar dari sebelumnya baik berbentuk padat, cair, maupun gas. Maka dari itu, Pemerintah mengambil langkah konkret dan kebijakan yang proaktif untuk mengatasi permasalahan limbah-limbah dari warga kota Balikpapan agar pencemaran lingkungan dapat diminimalisir.

Kementerian Lingkungan Hidup pada tahun 2003, mendefinisikan air limbah domestik sebagai air limbah yang berasal dari perumahan atau pemukiman, perkantoran, pusat perbelanjaan, perdagangan, *restaurant* atau rumah makan dan tempat rekreasi. Air limbah rumah tangga adalah limbah yang berasal dari permukiman penduduk yang pada umumnya terdiri atas buangan dari dapur, air kamar mandi, air cucian, dan kotoran manusia. Salah satu solusi efisien untuk masalah ini adalah pembangunan IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) bagi masyarakat.

Seiring berjalannya waktu sisa dari hasil usaha dan atau kegiatan masyarakat yang berwujud cair semakin hari semakin bertambah dan mengkhawatirkan. Penyebabnya adalah kurangnya kesadaran masyarakat sekitar akan bahaya limbah cair yang mereka hasilkan terhadap pembuangan yang bermuara ke sungai. Terlebih lagi bagi warga kampung atas air yang memiliki masalah pembuangan limbah sanitasi yang belum terkoordinir sebelum adanya Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari. Hal seperti ini terjadi dikarenakan terkendala pengetahuan dan pemahaman akan air olahan dari Instalasi Pengelolaan Limbah maka tidak sedikit warga sekitar kawasan Instalasi Pengolahan Air Limbah yang menggunakan sanitasi tidak baik akan mencemari lingkungan. Adanya penambahan penduduk setiap tahun yang mengakibatkan bertambahnya debit air limbah yang dihasilkan. Maka, perlu adanya evaluasi. IPAL Margasari.

Untuk mengetahui efektifitas bangunan IPAL Margasari terhadap penurunan parameter-parameter fisika maupun kimia yang disesuaikan dengan kadar maksimum yang telah ditetapkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 02 Tahun 2011.

1.2. Identifikasi Masalah

Tujuan dibangunnya instalasi pengolahan air limbah di Kelurahan Margasari ini merupakan salah satu wujud dari usaha untuk menaggulangi terjadinya pencemaran lingkungan. Keberadaan instalasi pengolahan air limbah ini, diharapkan dapat memperkecil dampak negatif yang ditimbulkan oleh pencemaran air limbah hasil kegiatan rumah tangga, hotel maupun pasar.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi pada IPAL Margasari untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang lebih tepatnya pada tahun 2026. Permasalahan yang terjadi pada IPAL Margasari antara lain kepadatan penduduk setiap tahunnya yang mengakibatkan bertambahnya debit air limbah hasil kegiatan rumah tangga. Dari hasil survei data diperoleh bahwa kapasitas rencana untuk IPAL Margasari adalah sebesar 972 m³/hari. Kapasitas tampungan rencana IPAL Margasari ini tidak efektif untuk menampung debit pada jangka waktu 10 tahun yang akan datang, lebih tepatnya debit proyeksi air limbah pada tahun 2026 sebesar 1015,014 m³/hari. Permasalahan lain timbul yaitu lama waktu pengoperasian pompa aerator untuk bak equalisasi dan bak aerasi yang dilakukan hanya 6 jam dalam sehari dengan jeda selama 3 jam. Sementara penoperasikan pompa aerator bak equalisasi maupun aerasi seharusnya lebih dari 12 jam sehari dan dilakukan tanpa jeda waktu pengoperasian. Diindikasikan bahwa tidak dilakukan kesesuaian pengoperasian pompa aerator untuk waktu yang telah ditentukan pada bak equalisasi maupun aerasi maka terjadi kenaikan kadar *effluent* IPAL Margasari pada hasil akhir keluaran air limbah.

Untuk mengetahui kelayakan bangunan IPAL Margasari dalam mengelola limbah domestik, maka perlu adanya suatu penelitian tentang evaluasi instalasi pengolahan air limbah di Kelurahan Margasari ini. Evaluasi tersebut dapat dilihat dari parameter yang dikandung pada *inlet*, *outlet*, dan pada tiap bak IPAL, apakah sudah memenuhi baku mutu sebelum dibuang ke sungai. Sebab hal tersebut dapat berguna untuk menganalisis kinerja masing-masing bangunan dan menentukan desain dari bangunan IPAL yang tepat didasarkan pada air limbah yang masuk agar unit pengolah limbah mampu bekerja secara efektif.

1.3. Batasan Masalah

Dalam Studi ini, untuk menghindari permasalahan yang menyimpang maka penulis membatasi masalah yang akan dibahas berupa :

1. Pembahasan hanya meliputi bak equalisasi, aerasi, sedimentasi, dan klorinasi. Hal ini dikarenakan empat bangunan tersebut adalah bangunan utama pada IPAL Margasari yang menggunakan sistem pengolahan *Extended Aeration*.
2. Untuk menentukan jumlah air limbah yang dihasilkan, maka perlu dihitung proyeksi jumlah penduduk dan proyeksi debit air limbah rata-rata.
3. Perhitungan debit air limbah domestik dihitung didasarkan pada kepadatan penduduk dan kapasitas produksi dari IPAL Margasari mulai beroperasi sampai sekarang.
4. Proyeksi jumlah penduduk dihitung dengan menggunakan metode Aritmatik, Geometrik dan Eksponensial. Dengan membandingkan hasil simpangan mana yang mendekati dengan nilai 1 maka metode tersebut lah yang akan di gunakan sebagai acuan.
5. Parameter yang dikaji adalah COD, BOD, NH_3 , TSS, dan pH. Hal ini didasarkan atas Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 02 tahun 2011.
6. Tidak membahas rembesan COD, BOD, NH_3 , TSS, dan pH pada tanah.
7. Tidak membahas pengaruh velositas atau kecepatan partikel mengendap pada suatu zat seperti yang terdapat dalam 5 parameter uji pada penelitian ini yang berupa COD, BOD, NH_3 , TSS, dan pH.
8. Mengkaji perbandingan kebutuhan IPAL dengan ketersediaan IPAL secara kualitatif untuk penduduk selaku pengguna IPAL Margasari di Kecamatan Balikpapan Barat. Yang mana kesesuaian kebutuhan IPAL untuk ketersediaan limbah yang ringan haruslah tercukupi. Maupun kesesuaian kebutuhan IPAL untuk ketersediaan limbah yang berbahaya juga terpenuhi.
9. Tidak membahas mengenai perhitungan pipa pada IPAL Maergasari.
10. Tidak membahas Rancangan Anggaran Biaya redesain bangunan IPAL apabila hasil evaluasi dari IPAL tidak layak dalam menurunkan kadar parameter pencemar dan tidak efektif dalam mengolah debit yang semakin bertambah setiap tahunnya.

1.4. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kualitas *effluent* dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari jika dibandingkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air ?

2. Bagaimana kinerja IPAL Margasari berdasarkan kemampuan kapasitas eksisting jika dilihat dari kondisi limbah harian yang masuk ?
3. Bagaimana hasil evaluasi instalasi pengolahan air limbah IPAL Margasari berdasarkan analisa penurunan kadar parameter terkait dan solusi teknis seperti apa yang dapat diberikan dalam perkembangan IPAL Margasari kedepannya ?

1.5. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kualitas *effluent* dari pemanfaatan hasil pengolahan air limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari.
2. Mengetahui kinerja IPAL Margasari berdasarkan kemampuan kapasitas eksisting jika dilihat dari kondisi limbah yang masuk.
3. Mengetahui kinerja instalasi pengolahan air limbah di lokasi penelitian berdasarkan analisa penurunan kadar parameter terkait.
4. Memberikan rekomendasi berupa upaya teknis yang akan dilakukan agar instalasi tersebut dapat berfungsi baik untuk waktu yang akan datang.

1.6. Manfaat Penelitian

1. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan khususnya mengenai pengolahan air limbah domestik terlebih pada kawasan perkotaan padat penduduk.
2. Diharapkan dapat memberikan solusi terhadap apa yang menjadi keluhan di kalangan masyarakat sekitar Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari mengenai pencemaran yang diindikasikan berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah tersebut.
3. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, semakin bertambahnya penduduk tidak membuat kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari setiap tahun semakin menurun. Namun, penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan terhadap kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah pada masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Domestik

2.1.1. Definisi Limbah Domestik

Menurut Udin Djabu (1990, p.9) limbah cair adalah air yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi. Definisi lain mengatakan bahwa limbah cair adalah air yang membawa sampah dari tempat tinggal, bangunan perdagangan, dan industri berupa campuran air dan bahan padat terlarut atau bahan tersuspensi.

Dari beberapa definisi limbah cair tersebut, dapat disimpulkan bahwa limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan. Air tanah, air permukaan, dan air hujan pada kondisi tertentu masuk sebagai komponen limbah cair, karena pada keadaan sistem saluran pengumpulan limbah cair sudah rusak atau retak, air alam itu dapat menyatu dengan komponen limbah cair lainnya dan harus diperhitungkan upaya penanganannya (Suparman dan Suparmin, 2002, p.12). Karakteristik limbah cair dari kegiatan perumahan, perkantoran, perdagangan, dan pelayanan jasa secara umum mempunyai kesamaan. Limbah cair dari keempat jenis kegiatan itu dimasukkan dalam kelompok limbah cair domestik (Suparman dan Suparmin, 2002, p.20).

Limbah domestik atau limbah rumah tangga terdiri dari pembuangan air kotor dari kamar mandi, kakus dan dapur. Kotoran-kotoran itu merupakan campuran dari zat-zat bahan mineral dan organik dalam banyak bentuk, termasuk partikel-partikel besar dan kecil, benda padat, sisa-sisa bahan-bahan larutan dalam keadaan terapan dan dalam bentuk koloid dan setengah koloid (Martopo, 1987, p.294). Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003 yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, *apartmen* dan asrama. Limbah domestik dapat berupa cairan. Limbah cair yang dihasilkan dari rumah tangga ini cenderung merupakan kotoran manusia. Air limbah domestik itu mengandung



lebih dari 90% cairan. Zat-zat yang terkandung di dalam air buangan di antaranya adalah unsur-unsur organik tersuspensi maupun terlarut seperti protein, karbohidrat dan lemak dan juga unsur-unsur anorganik seperti butiran, garam, dan metal serta mikroorganisme. Unsur-unsur tersebut memberikan corak kualitas air buangan dalam sifat fisik kimiawi maupun biologi (Sugiharto, 1987,p.156).

2.1.2. Definisi IPAL Domestik

Menurut Suparman dan Suparmin (1989, p.91) Penanganan limbah cair meliputi berbagai proses, yakni penyaluran, pengumpulan, pengolahan limbah cair, serta pembuangan lumpur yang di hasilkan. Penanganan limbah cair menjadi isu penting karena menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, baik kontaminasi sungai, kontaminasi air permukaan, maupun kontaminasi air tanah yang diakibatkan oleh limbah cair rumah tangga, limbah cair pertanian, dan limbah cair industri.

Pembuangan limbah cair secara langsung ke badan air akan menimbulkan masalah kesehatan sehingga perlu dibangun fasilitas pengolahan limbah cair. Saat ini, industri diwajibkan membangun Instalasi Pengolahan Limbah Cair (IPAL), baik secara sendiri-sendiri (*on site*) maupun terpusat (*off site*). Untuk penanganan limbah domestik di daerah perkotaan maupun pedesaan, beberapa paket teknologi telah tersedia, antara lain berupa tangki pembusuk. Setelah keluar dari unit pengolahan *effluent*nya telah memenuhi standar.

Effluent selanjutnya dibuang ke badan air dan diharapkan tidak mengganggu aspek kesehatan, estetika, dan kehidupan akuatik. *Effluent* itu dapat digunakan untuk irigasi lahan pertanian dan untuk air baku air minum tergantung pada jenis teknologi pengolahan dan mutu *effluent*nya.

Aspek kesehatan masyarakat menghendaki limbah cair yang terolah tidak akan menimbulkan masalah pencemaran air permukaan, pencemaran sumber air minum, kehidupan akuatik, dan gangguan kesehatan manusia. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan keahlian dalam bidang analisis kualitas limbah cair, kemampuan rekayasa dan teknik pengolahan, dan di dukung pembiayaan yang memadai.

Kesimpulannya adalah Instalasi Pengolahan Air Limbah adalah salah satu teknologi pengolahan limbah cair industri yang bertujuan untuk menghilangkan atau memisahkan cemar dalam air limbah sebelum dibuang ke lingkungan sampai memenuhi baku mutu lingkungan. Dengan adanya IPAL merupakan sebuah solusi yang dapat menurunkan tingkat pencemaran pada air sehingga menjaga ketersediaan air bersih untuk masyarakat Indonesia.

2.2. Analisa Debit Operasional

Metcalf and Eddy (2003, p.155) mengatakan bahwa sumber utama air limbah rumah tangga di masyarakat adalah daerah pemukiman dan kawasan industri komersial lainnya. Sumber penting lainnya mencakup fasilitas kelembagaan dan rekreasi. Untuk tiap daerah pengolahan sekarang telah disediakan tempat pengolahan awal limbah dengan sistem pengumpulan. Laju aliran air limbah biasanya ditentukan dari catatan yang ada atau dengan pengukuran langsung di lapangan.

Dalam penelitian ini data debit yang akan dianalisa adalah data debit harian maksimum, data debit harian minimum, dan data debit harian rata-rata yang didapatkan dari proyeksi debit didasarkan pada proyeksi penduduk yang mana selanjutnya akan digunakan dalam evaluasi instalasi pengolahan air limbah.

2.3. Jaringan Pembuangan Air Limbah

Metcalf and Eddy (2003,p.10) menyatakan bahwa air limbah yang dikumpulkan dari kota dan masyarakat haruslah dikembalikan lagi ke alam untuk di daur ulang dan dapat digunakan kembali. Untuk itu perlu adanya perancangan yang baik dengan pertimbangan terbaik untuk membangun jaringan pembuangan air limbah yang baik. Penyediaan pelayanan pembuangan air limbah domestik diprioritaskan bagi kawasan pemukiman, kawasan perdagangan, kawasan perkantoran dan pendidikan serta kawasan non industri lainnya.

Berdasarkan Model Penyiapan Program Pembangunan Prasarana dan Sarana Dasar Perkotaan Kota Balikpapan, pelayanan jaringan air limbah dibedakan atas dua macam jaringan sesuai kebutuhan yang timbul, yaitu :

1. Komponen jaringan air limbah dengan sistem peresapan setempat, meliputi :

- Tangki septik, mempunyai peran untuk pengenceran air tinja agar dapat diserapkan ke dalam tanah setelah mengalami proses dekomposisi.
- Sumur peresapan atau saringan pasir, pada daerah dengan muka air tanah dangkal. Khusus sistem jaringan pasir masih memerlukan pembuangan akhir, pengadaan sistem jaringan tersebar ini berkaitan dengan kondisi tanah setempat yang umumnya memberikan indikasi kemampuan resapan maupun luas area resapan, kurangnya kemiringan tanah serta daerah yang tidak mempunyai badan air atau sungai sebagai muara pembuangan.

2. Komponen jaringan air limbah dengan sistem terpusat, meliputi :

- *House sewer*, komponen jaringan yang menghubungkan antara *effluent* bangunan dengan jaringan kota.

- Jaringan Tersier, jaringan kolektor *effluent* dari setiap rumah tangga atau bangunan.
- Jaringan sekunder, jaringan kolektor tersier.
- Jaringan primer, jaringan kolektor sekunder, sekaligus menghubungkannya dengan titik akhir pembuangan pada jaringan yaitu badan air atau sungai. Apabila diperlukan sehubungan dengan kondisi yang telah dijelaskan di atas, maka unit pengolahan air limbah (IPAL) umumnya dibangun pada akhir jaringan primer.

Pengadaan jaringan terpusat akan efisien diterapkan pada wilayah yang mempunyai kepadatan bangunan dan penduduk yang relatif tinggi.

2.3.1. Komponen Jaringan IPAL Margasari

Teknologi pengolahan air limbah untuk IPAL Margasari ini menggunakan *Extended Aeration* (EA), yaitu sistem pemompaan oxygen dengan aerator ke dalam air limbah untuk mempercepat proses pengolahan dengan lumpur aktif.

Jaringan IPAL Margasari memiliki dimensi sebagai berikut :

1. Bak Kontrol atau *Internal Control*

Dimensi	: 60 cm x 60 cm x 60 cm
Lokasi	: Halaman rumah, gang jalan
Jumlah	: 62 unit
Struktur	: Beton & pasangan batu bata

2. Pipa Air Limbah

Pipa Ø 75 mm	: Pipa pelanggan (dinas/persil)
Pipa Ø 100 mm	: Pipa penghantar-cabang
Pipa Ø 150-250 mm	: Pipa utama

3. *Pompa Station* (Bak *Chamber*)

Fungsi	: - Penampung limbah dari pipa - Memompakan limbah ke bak <i>manhole</i>
Dimensi	: 4 m x 4 m x 4 m
Lokasi	: Jalan Utama
Jumlah	: 7 Unit
Struktur	: Beton bertulang
Komponen	: Pompa & panel listrik

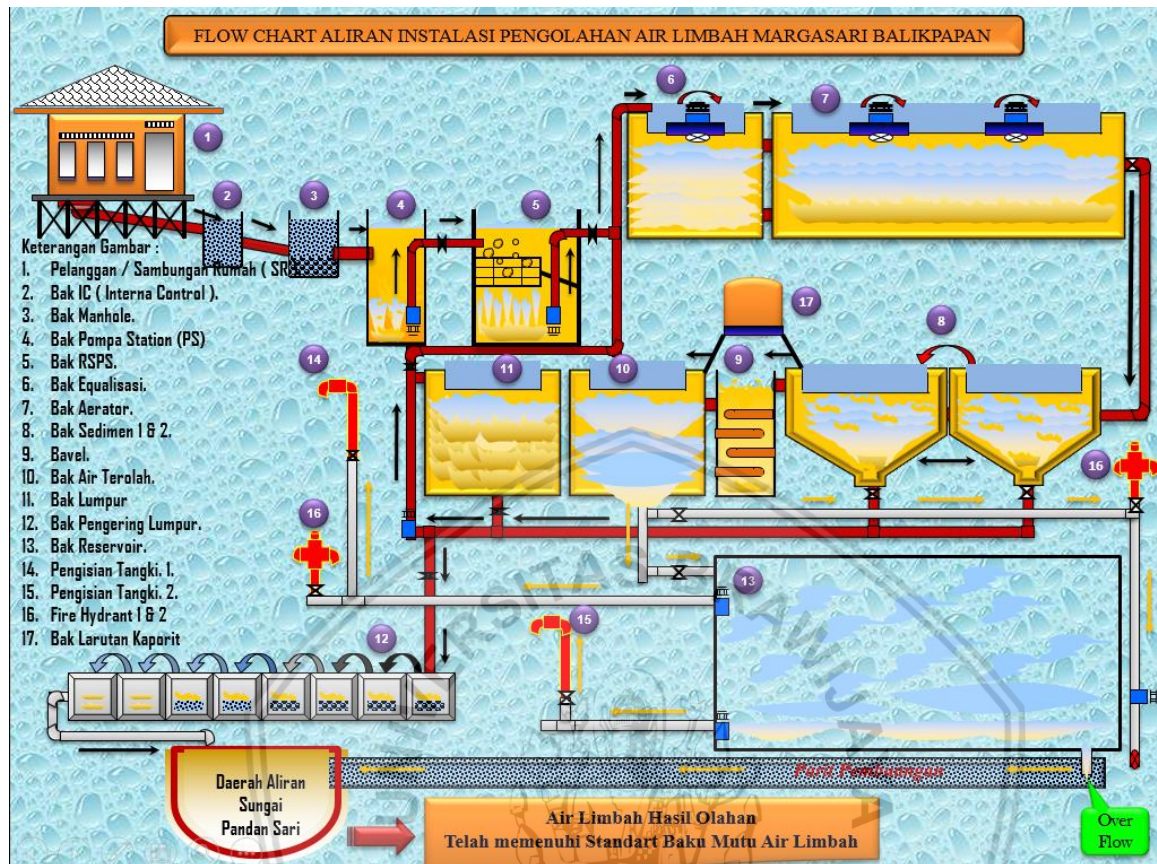
4. *Manhole*

Fungsi	: - Menampung limbah dari pipa - Inspeksi dan Pembersihan pipa
Dimensi	: Diameter 90 cm, Tinggi 0,9-3,4 m

- Lokasi : Bawah tanah, jalan utama
- Jumlah : 68 Unit
- Struktur : Beton Bertulang
5. Bak Penampung Akhir (RSPS)
- Fungsi : - Menampung limbah sebelum diolah
- Memisahkan limbah & sampah
- Komponen : Screen, 2 unit pompa *Submersible*
6. Bak Equalisasi
- Fungsi : - Meratakan beban aliran pengolahan
- Pengolahan awal eff. 60%
- Dimensi : 7m x 7m x 3m
- Komponen : *Floating aerator* 2,2 Kw
7. Bak Aerator
- Fungsi : - Pengolahan limbah dengan *aerator*
- Menurunkan beban hingga 90%
- Dimensi : 20m x 10m x 3m
- Struktur : Beton bertulang
- Komponen : *Floating aerator* 7,5 Kw 2 unit
8. Bak Sedimentasi
- Fungsi : - Pengendapan lumpur olahan
- Disinfektan Klor (Bak Bavel)
- Dimensi : 5m x 5m x 4,5m, 12 unit
- Struktur : Beton bertulang
- Komponen : 2 unit pompa penyedot lumpur
9. Bak Penampung Lumpur
- Fungsi : Menampung lumpur yang telah di proses
- Dimensi : 6m x 5m x 5m
- Struktur : Beton bertulang
- Komponen : - *Floating aerator* dengan aerasi
- Pematangan lumpur
10. Bak Air Terolah
- Fungsi : Penampungan air proses
- Dimensi : 5m x 4m x 3m

Struktur : Beton bertulang

Proses dan tahapan pengolahan ini mengikuti skema sebagai berikut :



Gambar 2.1. Flowchart bagian-bagian IPAL Margasari

Sumber : Paparan SAIIG (2015)

1. Pengumpulan akhir yang berasal dari jaringan pelanggan dipusatkan pada bak RSPS (*Raw Sarage Pump Station*, pada gambar 2.1 ditunjukkan pada nomor 5.
2. Kolam equalisasi berfungsi untuk pencampuran, pemerataan beban dan aliran pada gambar 2.1. ditunjukan pada nomor 6.
3. Pengolahanklimbahdalam kolam aerasifdengan media lumpurkaktif, pada gambar 2.1. ditujukanpadagnomor 7.
4. Pengendapan limbah terolah (lumpur) di kumpulkan pada bak sedimentasi, sebagian dibuang ke bak digester untuk mematangkan lumpur sebelum dibuang ke IPLT Manggar, pada gambar 2.1. ditunjukan pada nomor 11.
5. Pemberian disinfeksi (Klorinasi) air limbah terolah untuk menetralsir pH, pada gambar 2.1. ditunjukan pada nomor 17.
6. Pengumpulan akhir air terolah pada bak air terolah untuk pemanfaatan lebih lanjut atau dibuang, pada gambar 2.1. ditunjukan pada nomor 13.

2.3.2. Sistem Pengolahan Air Limbah

Sesuai SK Walikota No : 188.45-49/2005 tanggal 12 April 2005 Pengelolaan IPAL Margasari di bawah PDAM Kota Balikpapan. Sistem pengolahan air limbah yang digunakan pada IPAL Margasari Kota Balikpapan pada dasarnya menggunakan sistem *Extended Aeration*.

Menurut Metcalf dan Eddy (2003, p.318) pada dasarnya dalam proses *Extended Aeration* memiliki tahapan sebagai berikut :

- Air limbah yang masuk pertama-tama melewati proses *screen* dan *grit separator*.
- Diteruskan ke bak aerasi bersamaan dengan lumpur aktif yang dikembalikan (*return activated sludges*).
- Proses terakhir adalah proses pemisahan air terolah dengan lumpur sebagian lumpur aktif dikembalikan ke bak aerasi.

Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah flok yang terbentuk oleh mikroorganisme terutama bakteri, partikel inorganik, dan polimer *exoselular* yang mengendap di tangki penjernihan. Lumpur aktif (*activated sludge*) merupakan proses pertumbuhan mikrobater suspensi. Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah proses pertumbuhan mikroba tersuspensi yang pertama kali dilakukan di Inggris pada awal abad 19. Sejak itu proses ini diadopsi seluruh dunia sebagai pengolah air limbah domestik sekunder secara biologi. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO₂, H₂O, dan NH₄ serta sel biomassa baru. Udara disalurkan melalui pompa *blower (diffused)* atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk flok yang akan mengendap di tangka penjernihan.

Metode lumpur aktif memanfaatkan mikroorganisme kurang lebih 95% bakteri dan sisanya protozoa, rotifer, dan jamur. Sebagai karalis untuk menguraikan material yang terkandung di dalam air limbah. Proses lumpur aktif merupakan proses aerasi yang membutuhkan oksigen. Pada proses ini mikroba tumbuh dalam flok (lumpur) yang tersuspensi sehingga terjadi proses degradasi. Proses ini berlangsung dalam reaktor yang dilengkapi *recycle* atau umpan balik lumpur dan cairannya.

2.4. Tahap Pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik

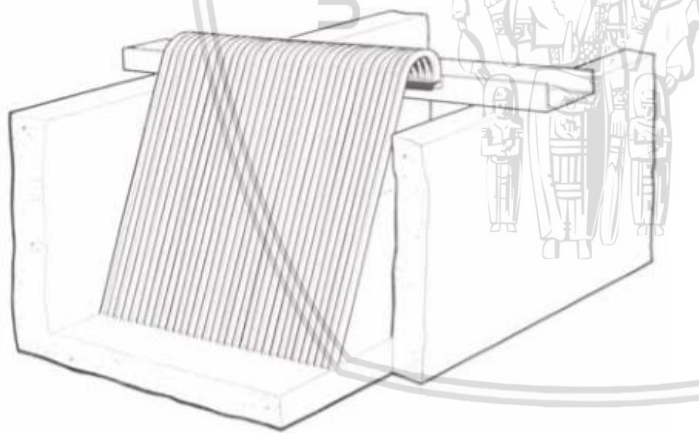
Unit pengolahan air limbah pada umumnya terdiri atas kombinasi pengolahan fisika, kimia, dan biologi. Seluruh proses tersebut bertujuan untuk menghasilkan kandungan padatan tersuspensi, koloid, dan bahan-bahan organik maupun anorganik terlarut.

Tahapan-tahapan umum pada instalasi pengolahan air limbah antara lain *screening*, *equalisai*, *aerasi*, dan sedimentasi.

2.4.1. Screening

Menurut Duncan Mara (2004, p.78) Tahap pertama pengolahan air limbah adalah penghapusan benda mengambang berbentuk besar seperti kain, jagung tongkol, potongan kayu dan partikel mineral berat (pasir dan grit). Hal ini dilakukan untuk mencegah seperti adanya pengumpulan materi pada permukaan kolam stabilisas limbah dan padatan berat memasuki kolam lapisan lumpur kemudian mengambang, dan untuk melindungi dari kerusakan peralatan yang digunakan dalam tahap selanjutnya yaitu pengolahan seperti penggunaan *aerator* yang mengambang di pinggiran aerasi atau pompa. Pengolahan awal ini terdiri dari *screening* dan *grit removal*.

Screening biasanya merupakan tahapan awal pada proses pengolahan air limbah. Proses ini bertujuan memisahkan potongan-potongan kayu, plastik, dan sebagainya. “*Screen*” terdiri dari batangan besi yang berbentuk lurus atau melengkung dan biasanya dipasang dengan tingkat kemiringan 60° terhadap horizontal. Efektivitas proses tergantung pada jarak antar bar (batangan-batangan besi). Pada *screen* halus jarak antar bar berkisar antara 5 mm- 15 mm, pada *medium screen* antara 15 mm – 50 mm, dan pada *screen* kasar lebih dari 50 mm.



Gambar 2.2. Simple Manually Raked Screen (flow is from left to right)

Sumber : Duncan Mara (2004,p.79)

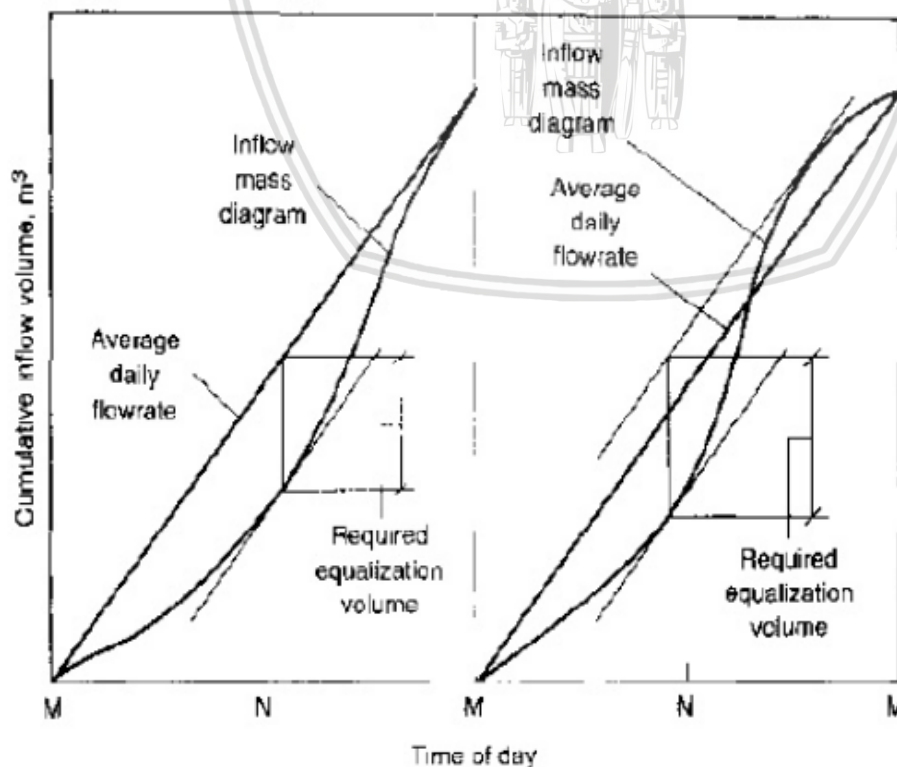
2.4.2. Equalisasi

Menurut Metcalf dan Eddy (1991,p.333) Equalisasi adalah metode yang digunakan untuk mengatasi masalah operasional yang disebabkan oleh variasi debit, untuk meningkatkan kinerja proses akhir, dan untuk mengurangi ukuran dan biaya fasilitas pengolahan di akhir. Equalisasi sesungguhnya mengurangi berbagai variasi debitl saat pengolahan untuk mencapai debit konstan atau hampir konstan dan dapat diterapkan dalam beberapa situasi yang berbeda, tergantung pada karakteristik dari sistem.

Lokasi terbaik untuk menempatkan bak equalisasi harus ditentukan terlebih dahulu untuk setiap sistem pilihan seperti IPAL Margasari ini yang menggunakan sistem *Extended Aeration*. Karena lokasi optimal akan bervariasi dengan karakteristik sistem pengumpulan dan air limbah harus ditangani, kebutuhan tanah dan ketersediaan, dan jenis *treatment* yang diperlukan, studi rinci harus dilakukan untuk beberapa flok di seluruh sistem (Metcalf dan Eddy, 1991, p.335).

Kesimpulannya adalah bak equalisasi pada umumnya berbentuk segi empat dan melingkar. Pada unit ini, pengendapan secara gravitasi dan tidak ada penambahan bahan kimia. Bak ini digunakan untuk mengatasi adanya masalah operasional, adanya variasi debit dan menangani adanya masalah penanganan kualitas limbah cair yang akan masuk ke unit-unit pengolahan limbah. Untuk perencanaan diperlukan sekali data mengenai debit minimal, debit rata-rata, debit puncak (Metcalf dan Eddy, 1991, p.334).

Volume yang diperlukan untuk equalisasi ditentukan dengan membuat diagram hubungan antara laju alir kumulatif dan waktu (hari). Laju air rata-rata diplotkan pada diagram yang sama. Contoh diagram untuk menentukan volume equalisasi ditunjukkan dalam gambar 2.3. untuk menentukan volume, ditarik garis yang paralel terhadap sumbu-sumbu koordinat. Volume yang dibutuhkan setara dengan jaraknya vertikal dari pada kedua garis lurus tersebut (Metcalf dan Eddy, 1991, p.336).



Gambar 2.3. Two Typical Flowrate Pattern
Sumber : Metcalf dan Eddy (2003,p.336)

Reaktor aliran campuran dan *plug* lengkap adalah dua tipe reaktor yang paling sering digunakan di bidang pengolahan air limbah. Karakteristik aliran hidrolis dari aliran campuran dan aliran *plug* lengkap dapat digambarkan sebagai variasi dari aliran ideal dan non ideal, tergantung pada hubungannya pada arus masuk dan arus keluar. Waktu aktual dengan istilah “*t*” sama dengan waktu penahanan hidrolis teoritis yang didefinisikan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2003, p.222) :

$$t = V/Q \dots\dots\dots (2-1)$$

Dimana :

t = waktu tunggu untuk bak ekualisasi adalah 4 sampai 8 jam (jam)

V = Volume reaktor (m³)

Q = Debit air limbah (m³/hari)

Kecepatan perpindahan oksigen dalam kolam aerasi dipengaruhi oleh perubahan suhu dalam kolam aerasi, sedang kolam aerasi dipengaruhi oleh suhu dari limbah yang masuk kolam dan suhu udara bebas. Beberapa persamaan telah dikembangkan untuk mengetimasi suhu dalam kolam aerasi. Persamaan berikut ini dapat digunakan untuk mengestimasi dengan maksud mendimensi kolam aerasi (Eckenfelder, 2000, p.328).

$$T_w = \frac{D.T_i + f.t.T_a}{f + D} \dots\dots\dots (2-2)$$

Dimana :

t = waktu penahanan (hari)

D = kedalaman kolam (m)

T_i = suhu influent air limbah (°F)

T_a = suhu udara rata-rata (°F)

T_w = suhu dalam kolam (°F)

f = faktor angka penyesuaian karena pengaruh angin kelembaban dan penggunaan aerator sekitar 0,5 (Metcalf and Eddy, 2003, p.844).

Koefisien penyisihan BOD dan COD dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini : (Metcalf dan Eddy, 2003, p.427)

$$K_w = K_{20}\theta^{T_w-20} \dots\dots\dots (2-3)$$

Dimana :

K_w = koefisien penyisihan BOD atau COD pada suhu *T_w*

K₂₀ = koefisien reaksi pada suhu 20° C

θ = koefisien temperatur untuk musim panas adalah 1,035 Sedangkan nilai BOD atau COD *effluent* setelah reaksi (bak aerobik) dapat dihitung dengan persamaan ke 4 (Eckenfelder, 2000, p.317)

$$S = \frac{S_0(1+b.t)}{a.Kwt} \dots\dots\dots (2-4)$$

Dimana :

Kw = koefisien penyisihan BOD atau COD pada suhu T_w

S = konsentrasi BOD atau COD yang keluar (mg/l)

S_0 = Konsentrasi BOD atau COD yang masuk (mg/l)

a = koefisien konstan dengan nilai 0,5

b = koefisien konstan dengan nilai 0,2

Kebutuhan oksigen yang diperlukan untuk mengurai bahan organik dapat dihitung dengan persamaan ke 5 (Eckenfelder, 2000, p.334)

$$Rr = a' . Sr + b' XvI \dots\dots\dots (2-5)$$

Dimana :

Rr = kebutuhan oksigen (kg oksigen/hari)

$$a' = 1 - a \dots\dots\dots (2-6)$$

(koefisien kebutuhan oksigen untuk oksidasi bahan organik sampai hasil akhir)

b' = tingkat auto oksidasi lumpur

= 0,28 untuk tekanan udara 1 atm

Xv = konsentrasi *biological solids* (VSS) (mg/l)

$$= a . Sr / (1+b.t) \dots\dots\dots (2-7)$$

Sr = Nilai influent COD tertinggi

t = waktu penahanan (hari)

Untuk menghitung kemampuan aerator dalam mentransfer oksigen ke dalam kolam aerasi menggunakan rumus (Metcalf dan Eddy, 2003, p.447) sebagai berikut :

$$N = N_0 \left(\frac{\beta . Cw - Cl}{9,17} \right) 1,024^{Tw-20} \alpha \dots\dots\dots (2-8)$$

Dimana :

N = Transfer oksigen dalam kondisi standar (lb O_2 /hp.h)

T_w = Suhu kolam oksidasi ($^{\circ}C$)

N_0 = Transfer oksigen standar untuk *high speed aerator* 3,3

β = Faktor koreksi untuk salinitas dan tegangan permukaan 0,95

α = Faktor koreksi transfer oksigen untuk air limbah 1,2

Cl = Kelarutan oksigen jenuh pada suhu TW

Cw = Kelarutan oksigen jenuh pada ketinggian dan suhu TW

Konsentrasi jenuh oksigen terlarut pada tekanan 1 atm dan kandungan klorida = 0 mg/L yang dipaparkan pada udara dengan kandungan oksigen 21% tergantung pada suhu air. Nilai Cw untuk kelarutan oksigen jenuh didapat dari tabel berikut ini :

Tabel 2.1.

Pengaruh suhu terhadap konsentrasi jenuh oksigen terlarut pada tekanan 1 atm

Suhu Air (°C)	Cw (mg/L)	Suhu Air (°C)	Cw (mg/L)
0	14,62	16	
2	13,84	18	9,54
4	13,13	20	9,17
6	12,48	22	8,83
8	11,87	24	8,53
10	11,33	26	8,22
12	10,83	28	7,92
14	10,37	30	7,63

Sumber : Eckenfelder, 2000

2.4.3. Aerasi

Pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air limbah merupakan tujuan pengolahan air limbah. Penambahan oksigen adalah salah satu usaha dari pengambilan zat pencemar tersebut, sehingga konsentrasi zat pencemar akan berkurang atau bahkan dapat dihilangkan sama sekali. Zat yang diambil dapat berupa gas, cairan, ion, koloid, atau bahkan tercampur (Sugiharto, 2005, p.114).

Waktu tinggal hidraulik (*HRT*) merupakan waktu rata-rata yang dibutuhkan oleh *influent* pada tangka aerasi untuk menjalani proses lumpur aktif. Nilai *HRT* berbanding terbalik terhadap laju pengenceran. Pengolahan biologis pada bak aerasi berkisar antara 5 sampai 14 jam. Perhitungan untuk nilai *HRT* dapat dilakukan menggunakan persamaan berikut :

$$HRT = \frac{V}{Q} \dots\dots\dots (2-9)$$

Dimana :

HRT = Hydraulic Retention Time (jam)*V* = volume reaktor atau bak aerasi (m³)*Q* = Debit air limbah yang masuk bak aerasi (m³/jam)

Semakin tinggi debit influen maka semakin cepat aliran influen menuju outlet yang berarti semakin rendah waktu tinggal (*recidence time*) atau *hydraulic retention time*.

HRT seharusnya cukup lama untuk bisa memungkinkan penyisihan COD atau BOD. Rasio makanan terhadap mikroorganisme (*F/M*) adalah salah satu parameter desain dan operasional yang signifikan dari sistem lumpur teraktivasi. Keseimbangan antara konsumsi substrat dan pembangkitan biomassa membantu dalam mencapai keseimbangan sistem. Rasio *F/M* bertanggung jawab atas dekomposisi bahan organik. Jenis sistem lumpur teraktivasi dapat didefinisikan dengan rasio *F/M*, nilai *F/M* untuk *extended*

aeration biasanya adalah $0,05 < F/M < 0,15$. Untuk mengetahui besarnya nilai F/M pada bak aerasi dapat menggunakan persamaan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2003, p.598):

$$F/M = \frac{Q \times S_o}{V \times X} \dots\dots\dots (2-10)$$

Dimana :

Q = Debit air limbah ($m^3/hari$)

S_o = kadar parameter COD (mg/L)

V = volume bak aerasi (m^3)

X = konsentrasi MLSS biomasa di bak aerasi (g/m^3)

MLVSS adalah *Mixed Liquor Solid Concentration* atau sama dengan nilai X pada perhitungan. Diketahui bahwa nilai MLSS untuk standar kriteria bak aerasi dengan tipe *extended aeration* adalah 2000 – 5000 mg/L (Metcalf dan Eddy, 2003, p.593).

Untuk mengetahui nilai X yang merupakan nilai konsentrasi MLSS dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Metcalf dan Eddy, 2003, p.592):

$$X = \left(\frac{SRT}{t} \right) \times \left(\frac{Y \times (S_o - S)}{1 - (kd)SRT} \right) \dots\dots\dots (2-11)$$

Dimana :

SRT = *Solid Retention Time* (hari)

t = waktu tinggal air limbah (hari)

Y = koefisien sintesis dengan nilai sebesar 0,4 (mg VSS/ mg bs COD)

S_o = Konsentrasi BOD atau COD yang masuk (mg/l)

S = konsentrasi BOD atau COD yang keluar (mg/l)

kd = koefisien pembusukan endogen dengan nilai 0,10 ($VSS/gram$ VSS.d)

Sebelum menghitung nilai maka perlu diketahui nilai dari SRT (*Solid Retention Time*), *Solid retention time* atau waktu tinggal lumpur merupakan hal yang paling penting dalam perhitungan sistem pengolahan air limbah yang menggunakan sistem lumpur aktif. Waktu rata-rata tinggal lumpur aktif yang tinggal pada bak aerasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Metcalf dan Eddy, 2003, p.591)

$$SRT = Y \times \frac{k \times S}{kd + S} - kd \dots\dots\dots (2-12)$$

Dimana :

Y = koefisien sintesis dengan nilai sebesar 0,4 (mg VSS/ mg bs COD)

k = koefisien pembusukan endogen yaitu 5 ($gram$ bs COD/ $gram$ VSS- d)

S = konsentrasi BOD atau COD yang keluar (mg/l)

kd = koefisien pembusukan endogen dengan nilai 0,10 ($gram$ VSS/ $gram$)

Dalam perencanaan bak aerasi, kapasitas aerator ikut menentukan dimensi ideal dari bak yang digunakan, hubungan antara kapasitas aerator dan dimensi ideal bak dapat di lihat pada tabel 2.2 berikut ini :

Tabel 2.2.

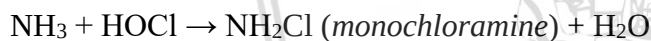
Dimensi bak aerasi bentuk persegi untuk beberapa kapasitas aerator

Kapasitas		Tinggi Bak		Lebar Bak	
Hp	Kw	Ft	M	Ft	M
10	7,5	10-12	3-3,6	30-40	9-12
20	15	12-14	3,6-4,2	35-50	10,5-15
30	22,5	13-15	3,9-4,5	40-60	12-18
40	30	12-17	3,6-5,1	45-65	13,5-20
50	37,5	15-18	4,5-5,5	45-75	13,5-23
75	56	15-20	4,5-6	50-85	15-26
100	75	15-20	4,5-6	60-90	18-27

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003, p.448)

2.4.4. Klorinasi

Klorin adalah salah satu disinfektan yang paling umum digunakan. Pertama kali digunakan di Amerika Serikat, klorin mengalami dua reaksi saat berada di dalam air, yaitu hidrolisis dan ionisasi. Klorin juga bereaksi pada amoniak, seperti pada reaksi kimia berikut



Yang dimaksud dengan klorin tidak hanya Cl_2 saja akan tetapi termasuk pada asam hipoklorit (HOCl) dan ion hipoklorit (OCl^-), juga beberapa jenis kloramin seperti monokloramin (NH_2Cl) dan dikloramin (NHCl_2) termasuk di dalamnya. Klorin dapat diperoleh dari gas Cl_2 atau dari garam-garam NaOCl dan Ca(OCl)_2 . Kloramin terbentuk karena adanya reaksi antara amoniak (NH_3), baik anorganik maupun organik amoniak di dalam air dengan klorin. Bentuk disinfektan yang ditambahkan akan mempengaruhi kualitas yang didesinfeksi. Penambahan klorin dalam bentuk gas akan menyebabkan turunnya pH air, karena terjadi pembentukan asam kuat. Akan tetapi penambahan klorin dalam bentuk natrium hipoklorit akan menaikkan alkalinitas air tersebut sehingga pH akan lebih besar. Sedangkan kalsium hipoklorit akan menaikkan pH dan kesadahan total air yang didesinfeksi (Metcalf dan Eddy, 2003, p.59).

Dalam perancangan fasilitas klorinasi langkah awal yang dilakukan adalah menentukan dosis klor yang dibutuhkan. Pada tabel 2.3. diperlihatkan dosis umum yang dipakai dalam berbagai macam aplikasi pengolahan.

Tabel 2.3.

Dosis klorinasi umum yang dipakai untuk beberapa proses pengolahan

Aplikasi	Kisaran Dosis
<i>BOD Reduction</i>	0,5 – 9*
<i>Digester and Imhoff tank foaming control</i>	2-15
<i>Digester supernatant oxidation</i>	20-140
<i>Filter fly control</i>	0,1 – 0,5
<i>Filter ponding control</i>	1 -10
<i>Grease removal</i>	2- 10
<i>Sludge bulking control</i>	1 – 10

*Per mg/l pengurangan BOD₅

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Rumus perhitungan kebutuhan klorin adalah sebagai berikut :

$$Kg\ Cl_2/hari = Q \times (NH_3\ effluent - NH_3\ baku\ mutu) \times (mass\ ratio\ klorin) \dots\dots\dots (2-13)$$

Dimanai:

$$Q = \text{Debit limbah (m}^3/\text{detik)}$$

$$NH_3\ effluent = \text{Nilai } NH_3\ effluent \text{ (mg/liter)}$$

$$NH_3\ baku\ mutu = \text{Nilai } NH_3\ baku\ mutu \text{ (mg/liter)}$$

Sedangkan rumus penentuan dimensi bak klorinasi (Metcalf dan Eddy, 2003, p.763) adalah sebagai berikutl:

$$V_i = t \times Q \dots\dots\dots (2-14)$$

$$t = \frac{\text{waktu detensi}}{24\ jam/hari} \dots\dots\dots (2-15)$$

Dimana :

$$V = \text{volume air limbah (m}^3\text{)}$$

$$T = \text{waktu tinggal air limbah (hari)}$$

$$Q = \text{debit air limbah (m}^3/\text{hari)}$$

2.4.5. Sedimentasi

Metcalf dan Eddy (2003, p.362) mengatakan bahwa sedimentasi digunakan untuk mengilangkan grit, TSS di cekungan pengendapan primer, penghapusan *flog* pada proses biologi memerlukan lumpur aktif yang menetap di bak, dan proses kimia penghapusan *flog* ketika proses koagulasi kimia digunakan.

Sedimentasi juga digunakan untuk konsentrasi *solid* dalam pengental lumpur. Dalam banyak kasus, tujuan utama sedimentasi adalah untuk menghasilkan kualitas air limbah yang baik, tetapi juga diperlukan untuk menghasilkan lumpur dengan konsentrasi padatan yang dapat ditangani dan diobati dengan mudah.

Crites and Tchobanoglous (1998) dalam Metcalf dan Eddy (2003, p.504) mengatakan bahwa efisiensi penurunan parameter untuk TSS maupun BOD dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini :

$$R = \frac{1}{a + b \times t} \dots\dots\dots (2-16)$$

Dimana :

R = efisiensi penurunan parameter (%)

T = waktu tinggal air limbah (jam)

a = konstanta dengan nilai sebesar 0,0075

b = konstanta dengan nilai sebesar 0,014

Normalnya waktu pengendapan pada bak sedimentasi adalah sekitar 1,5 jam sampai 2 jam untuk sedimentasi dengan *low speed aeration*. Bak sedimentasi pada umumnya memiliki waktu tinggal yang lebih sedikit antara 0,5 jam sampai dengan 1 jam. Dengan berkurangnya endapan padat, maka terkadang prapengolahan limbah yang digunakan adalah *biological treatment*.

Bila area bak sedimentasi telah diketahui dan dibentuk, maka waktu tinggal air limbah dapat diatur berdasarkan kedalaman bak sedimentasi (Metcalf dan Eddy, 2003, p.407).

Untuk mengetahui berat jenis butiran berdasarkan jenis lumpur padat, maka digunakan acuan yang tertera pada tabel berikut ini :

Tabel 2.4.

Konsentrasi padatan lumpur berdasarkan berat jenis butiran pada bak sedimen

Tipe Pengolahan Limbah (lumpur)	Berat jenis	Konsentrasi padatan (%)	
		Range	Typical
Pengolahan terpusat			
- Medium	1,03	4-12	6
- saluran pembuangan	1,05	4-12	6,5
Pengolahan terpusat dengan lumpur aktif	1,03	2-6	3
Pengolahan terpusat dengan filter lumpur humus	1,03	4-10	5
Sampah	0,95	(highly variable)	-

Sumber : Metcalf dan Eddy (2003, p.411)

Secara umum, tingkat tampungan sedimen memiliki pengaruh yang kecil terhadap efisiensi utama dari bak sedimentasi itu sendiri dan tidak dapat membandingkannya dengan meninjau kesesuaian dari desain *clarifier*. Shield (1936) mengatakan bahwa pengendapan *Scour* atau pengendapan vertikal haruslah diketahui saat merencanakan bak sedimentasi, hal ini dilakukan untuk menghindari resuspensi partikel yang tidak merata.

Serta kecepatan partikel horizontal melalui bak sedimentasi harus di jaga nilainya agar tetap rendah. Perhitungan untuk menghitung kecepatan pengendapan *scour* adalah sebagai berikut :

$$V_H = \left(\frac{8 k x (s-1) g x d}{f} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2-17)$$

Dimana :

V_{Hv} = kecepatan pengendapan horizontal LT^{-2} (m/detik)

kx = konstanta yang bergantung pada tipe dari material pengendapan, untuk IPAL

Margasari berupa pasir dengan nilai sebesar 0,05

s = berat jenis butiran dengan nilai sebesar 1,03 yang didapat dari tabel 2.4.

g = kecepatan gravitasi yaitu $9,81 \text{ m/s}^2$

d = diameter butiran sebesar 0,00012 didapatkan dari hasil uji laboratorium laboratorium PDAM kota Balikpapan

f = konstanta *Darcy-Weisbach factor* dengan nilai sebesar 0,02

Bandingkan kecepatan gerusan yang dihitung pada langkah sebelumnya kecepatan horizontal arus puncak (arus puncak dibagi dengan luas penampang melintang dimana arus mengalir), aliran puncak horizontal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut ini :

$$V = \frac{Q}{Ax} \times \frac{1}{24 \text{ jam} \times 3600 \text{ detik}} \dots\dots\dots (2-18)$$

Dimana :

Q = Debit air limbah (m^3/hari)

A = Luas bak sedimentasi (m^2)

V = Aliran puncak horizontal (m/s)

Proses ini bertujuan untuk memperoleh air buangan yang jernih dan mempermudah proses penanganan lumpur. Dalam proses sedimentasi hanya partikel-partikel yang lebih berat dari air yang dapat terpisah.

Misalnya kerikil dan pasir, padatan pada tangki pengendapan sekuder, *floc* hasil pengolahan secara kimia, dan lumpur khususnya pada pengentalan lumpur.

Nilai dari detensi dapat diperoleh dari SNI 6774:2008 mengenai tata cara perencanaan unit paket instalasi pengolahan air. Selanjutnya kriteria mengenai waktu detensi pada unit pengendap dapat dilihat pada tabel 2.5. berikut ini :

Tabel 2.5.

Kriteria waktu Detensi pada Unit Pengendap

No	Jenis Bak Pengendap	Waktu Detensi (Jam)
1	Bak persegi aliran horizontal	1,5-3
2	Bak persegi aliran vertikal (menggunakan tabung pengendap)	0,07(*)
3	Bak bundar aliran vertikal radial	1-3
4	Bak bundar (kontak padatan)	1-2
5	<i>Clarifier</i>	2-2,5

Sumber : SNI 6774, 2008

2.5. Parameter Air Limbah

Pengolahan air limbah harus dilakukan untuk tujuan tertentu, misalnya untuk menghasilkan limbah yang cocok digunakan kembali untuk pertanian dan pengairan (atau keduanya), atau untuk menghasilkan limbah yang dapat dengan aman dibuang ke pedalaman atau perairan pesisir (Duncan Mara, 2003, p.41).

2.5.1. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Tes COD digunakan untuk mengukur banyaknya oksigen dari air limbah bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimiawi menggunakan dikromat dalam larutan asam. Dalam studi pengolahan biologis, partikel dan fraksi larut yang difraksinasi lebih lanjut untuk menilai kemampuan air limbah olahan. Namun, ada sedikit standarisasi pada definisi larut dibandingkan partikel COD. Yang mana filtrasi adalah teknik yang digunakan untuk fraksinasi sampel, distribusi antara kelarutan dan partikel COD akan sangat bervariasi tergantung pada pori *filter*. Metode alternatif yang digunakan untuk menentukan COD terlarut melibatkan pengendapan padatan tersuspensi dan sebagian dari materi koloid. COD cairan hasil olahan limbah diklarifikasi sesuai dengan COD larut (Metcalf dan Eddy, 2003, p.93).

COD menunjukkan jumlah oksigen yang diperlukan yang dioksidasi secara kimiawi. Jika kandungan dari COD melebihi batas 200 mg/liter akan menyebabkan turunnya jumlah oksigen dalam air. Dan hal ini berdampak buruk bagi biota pada badan air yang hidupnya tergantung pada oksigen terlarut dalam air. Sama halnya dengan masalah yang dihadapi oleh IPAL Margasari bahwa air yang ada di sekitar pembuangan akhir hasil olahan IPAL Margasari berwarna hitam dan berbau. Hal ini sesuai dengan teori dari Sugiharton(1987, p.158) bahwa pengaruh lain adanya kandungan COD yang melebihi kadar maksimum 200 mg/liter dan melewati batas waktu 18 jam akan menyebabkan penguraian (degradasi) secara *anaerob* sehingga menimbulkan bau dan kematian ikan dalam air.

2.5.2. BOD (*Biological Oxygen Demand*)

Parameter yang paling banyak digunakan dalam menganalisa pencemaran organik yang paling sering diterapkan baik air limbah dan air permukaan adalah 5 hari BOD (BOD_5). Penentuan ini melibatkan pengukuran oksigen terlarut digunakan oleh mikroorganisme dalam oksidasi biokimia bahan organik. Meskipun meluasnya penggunaan tes BOD, ia memiliki sejumlah keterbatasan. Sejatinya bahwa hasil tes BOD sekarang digunakan untuk menentukan jumlah perkiraan oksigen yang akan dibutuhkan untuk menstabilkan biologis bahan organik ini, untuk menentukan ukuran fasilitas pengolahan limbah, untuk mengukur efisiensi dari beberapa proses pengolahan, dan untuk menentukan kadar parameter BOD sudah sesuai dengan peraturan izin pembuangan limbah. Karena ada kemungkinan bahwa tes BOD akan terus digunakan untuk hal-hal yang penting, serta penting untuk mengetahui rincian tes dan kekurangannya (Metcalf dan Eddy, 2003, p.81).

BOD adalah sejumlah oksigen dalam air yang diperuntukan oleh bakteri aerob untuk menetralisasi atau menstabilkan bahan-bahan sampah (organik) dalam air melalui proses oksidasi biologi secara dekomposisi dalam waktu inkubasi 5 hari pada temperatur 20^0 C dan disingkat BOD. Pembuangan air limbah ke badan air dengan kandungan beban BOD diatas 200 mg/liter akan menyebabkan turunnya jumlah oksigen dalam air. Kondisi tersebut mempengaruhi kehidupan biota pada badan air terutama biota yang hidupnya tergantung pada oksigen terlarut di air. Hal tersebut di atas menyebabkan berkurangnya potensi yang dapat di gali dari sumber daya alam badan air yang telah tercemar BOD (Sugiharto, 1987, p.158).

2.5.3. TSS (*Total Suspended Solid*)

Air limbah mengandung berbagai bahan padat bervariasi dari serpihan-serpihan pecahan material koloid. Dalam karakterisasi air limbah, bahan kasar biasanya diangkat sebelum sampel dianalisis untuk padatan. Keterkaitan antara fraksi berbagai padatan yang ditemukan dalam air limbah. Total padatan (TS) diperoleh dengan cara menguapkan sampel air limbah untuk kekeringan dan mengukur massa residu. (Metcalf dan Eddy, 2003, p.42).

Karena filter digunakan untuk memisahkan TSS dari TDS, tes TSS tergantung pada ukuran pori kertas filter yang digunakan untuk tes. Filter dengan ukuran pori nominal bervariasi dari $0,45\ \mu\text{m}$ sampai $2,0\ \mu\text{m}$ digunakan untuk uji TSS. Apabila terdapat lebih TSS akan diukur sebagai ukuran pori filter yang digunakan berkurang. Dengan demikian, penting untuk dicatat ukuran pori kertas filter yang digunakan, ketika membandingkan

nilai TSS. Itu juga penting untuk dicatat bahwa TSS tes itu sendiri tidak memiliki arti yang mendasar (Metcalf dan Eddy, 2003, p.43).

Jadi TSS adalah suatu tes untuk mengetahui jumlah berat dalam mg/liter kering lumpur yang ada dalam limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron. Dilakukannya tes TSS untuk mengetahui kekuatan pencemar pada limbah yang akan dibuang ke badan air atau badan sungai seperti halnya limbah dari IPAL Margasari.

2.5.4. NH_3 (Amonia)

Amonia dalam air limbah adalah campuran dari gas terlarut ammonia (NH_3) dan ion ammonium (NH_4^+), sering disebut sebagai 'bebas' dan amonia 'garam', masing-masing. amonia bebas pada konsentrasi $>0,5 \text{ mgN/l}$ merupakan racun bagi ikan (Duncan Mara, 2003, p.52).

Menurut Metcalf dan Eddy (2003, p.134), pada pH 7-9 yang dominan adalah ion amonia (NH_3). Dalam air limbah domestik, NH_3 berasal dari hidrolisis urea dan deaminasi nitrogen organik. Kadar amonia yang tinggi menunjukkan proses penguraian zat organik dan proses nitrifikasi belum berlangsung secara efektif.

2.5.5. pH

Suhu air limbah umumnya lebih tinggi dari pasokan air lokal, karena penambahan air hangat dari rumah tinggal dan kegiatan industri. Sebagai panas, spesifik air jauh lebih besar adalah dari udara. Suhu air limbah yang diamati lebih tinggi dari suhu udara lokal selama sebagian tahun dan lebih rendah tetapi hanya selama bulan-bulan musim panas terpanas. Suhu air merupakan parameter yang sangat penting karena efeknya pada reaksi kimia dan laju reaksi, kehidupan air, dan kesesuaian air untuk keperluan yang bermanfaat (Metcalf dan Eddy, 2003, p.54).

Konsentrasi hidrogen-ion merupakan parameter kualitas penting dari kedua perairan alami dan air limbah. Cara biasa untuk menyatakan konsentrasi hidrogen-ion adalah sebagai pH, yang didefinisikan sebagai logaritma negatif dari ion hidrogen konsentrasi adalah seperti persamaan berikut :

$$\text{pH} = -\log_{10}(\text{H}^+) \dots\dots\dots (2-19)$$

Rentang konsentrasi cocok untuk keberadaan kehidupan biologis yang paling cukup sempit dan kritis adalah antara 6 sampai 9. Air limbah dengan konsentrasi *extrem* ion hidrogen sulit untuk ditangani secara biologis, dan jika konsentrasi tidak diubah sebelum dibuang, *effluent* air limbah dapat mengubah konsentrasi di perairan secara alami. Untuk limbah yang sudah mengalami *treatment* yang kemudian dibuang ke lingkungan kisaran

pH yang diijinkan biasanya bervariasi dari 6,5 ke 8,5. Konsentrasi hidrogen ion dalam air sangat berhubungan dengan sejauh mana molekul air memisahkannya. Air terurai menjadi ion hidrogen dan hidroksil dengan persamaan ke 20 (Metcalf dan Eddy, 2003, p.56)



Berdasar atas hukum kekekalan massa pada persamaan ke 20 (Metcalf dan Eddy, 2003, p.56), maka didapatkan persamaan :

$$\frac{[\text{H}^+][\text{OH}^-]}{\text{H}_2\text{O}} \dots\dots\dots (2-21)$$

Dimana kurung menunjukkan konsentrasi konstituen dalam mol per liter. Karena konsentrasitair dalam sistem encer pada dasarnya konstan, konsentrasi ini dapat dimasukkan ke dalam konstanta kesetimbangan untuk memberikan ke persamaan 22 (Metcalf dan Eddy, 2003, p.56).

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = K_w \dots\dots\dots (2-22)$$

K_w dikenali sebagai konstanta ionisasi untuk produk ion dari air dan kira-kira nilainya sama dengan 1x10⁻¹⁴ pada suhu 25°C. Persamaan 21 dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi ion hidroksil ketika konsentrasi ion hidrogen diketahui dan sebaliknya. Dengan pOH, yang didefinisikan sebagai logaritma negatif dari konsentrasit ion hidroksil, dapat dilihat dari persamaan 22 itu, untuk air dengan suhu 25°C persamaannya menjadi persamaan ke 23 berikut ini :

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \dots\dots\dots (2-23)$$

Derajat keasamaan *effluent* dari sampel yang diambil pada IPAL Margasari diambil dengan menggunakan botol jerigen untuk di hitung berapa besar kadar pH pada tiap-tiap sampel yang diambil. Alat yang digunakan untuk mengetahui nilai pH pada tiap-tiap *effluent* yang diambil adalah *pH meter*. Berikut adalah gambaran dari pH meter tersebut.

2.5.6. Fosfor

Phospat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Karakteristik fosfor sangat berbeda dengan unsur-unsur utama lain yang merupakan penyusun biosfer karena unsur ini tidak terdapat di atmosfer. Fosfor juga merupakan unsur yang penting bagi pertumbuhan alga dan organisme biologis lainnya. Fosfor dapat merangsang pertumbuhan alga yang berbahaya di permukaan air, maka akhir-akhir ini banyak perhatian diberikan untuk untuk mengendalikan jumlah senyawa fosfor yang masuk ke dalam limbah domestik, industri dan pertanian. Sebagai contoh, air limbah domestik dapat megandung fosfor sebagai P dalam rentang konsentrasi 4 hingga 16 mg/L (Setiadi Tjandra, 2008, p.54).

Phospat tidak mengandung toksis atau racun bagi manusia maupun hewan. Namun, keberadaan phospat secara berlebihan akan dapat mengakibatkan ledakan pertumbuhan alga pada perairan (*algae bloom*). Alga yang berlimpah ini dapat membentuk lapisan pada permukaan air, yang selanjutnya akan menghambat penetrasi oksigen dan cahaya matahari sehingga kurang menguntungkan bagi ekosistem perairan.

2.5.7. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO adalah kandungan oksigen terlarut dalam air sedangkan BOD adalah kebutuhan oksigen yang terlarut dalam air yang dipergunakan untuk menguraikan senyawa organik dengan bantuan mikroorganisme pada kondisi tertentu. DO selalu lebih kecil daripada nilai COD diukur pada senyawa organik yang dapat diuraikan maupun senyawa organik yang tidak dapat terurai. Kekeruhan menunjukkan sifat optis air yang menyebabkan pembiasan cahaya ke dalam air terbatas (Jenie dan Rhayu, 1993).

Kondisi sanitasi yang buruk serta pencemaran air yang terjadi menyebabkan peningkatan degradasi sumber daya air dan menyebabkan penurunan yang signifikan dalam pembangunan ekonomi dan sistem di Indonesia, Air limbah dengan kandungan organik tinggi bila masuk ke sungai menyebabkan berkurangnya jumlah oksigen terlarut.

Hal ini disebabkan sebagian besar oksigen digunakan oleh bakteri/mikroorganisme untuk proses penguraian pencemar organik tersebut menjadi senyawa yang lebih stabil. Jika limbah organik tersebut direpresentasikan dengan BOD maka berarti makin tinggi BOD yang dibuang ke sungai makin banyak jumlah senyawa organik yang harus diuraikan oleh mikroorganisme dan dengan demikian semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, sehingga DO (*Dissolved Oxygen*) dalam air semakin berkurang atau habis sama sekali.

2.6. Kuantitas dan Kualitas Air Limbah

2.6.1. Proyeksi Penduduk

Untuk mengetahui berapa efisiensi bangunan IPAL untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang, kita harus mengetahui jumlah air limbah yang dibuang setiap satuan waktu. Dan untuk mengetahui jumlah air limbah yang dibuang, kita harus mengetahui jumlah penduduk dengan sistem proyeksi pertahun. Proyeksi penduduk dilakukan dengan 3 metode, yaitu aritmatik, geometrik, dan *least square*. Pemilihan metode dilakukan atas dasar metode perhitungan mundur yaitu *backward projection*. Metode yang paling mendekati terhadap jumlah penduduk sebenarnya yang akan dipilih untuk menentukan proyeksi penduduk suatu kota yang akan datang.

Proyeksi jumlah penduduk, proyeksi jumlah air bersih dan proyeksi debit air limbah rata-rata merupakan hal penting untuk mengetahui efisiensi dari bangunan IPAL untuk

masa depan. Metode aritmatik adalah teknik proyeksi yang paling sederhana dari seluruh model *trend*. Model ini menggunakan persamaan derajat pertama (*first degree equation*). Berdasarkan hal tersebut, penduduk diproyeksikan sebagai fungsi dari waktu, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_t = P_0 (1 + r \cdot t) \dots\dots\dots (2-24)$$

Keterangan:

P_t = jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

P_0 = jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)

r = laju pertumbuhan penduduk (0%)

t = rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

Hasil proyeksi akan berbentuk suatu garis lurus. Model ini berasumsi bahwa penduduk akan bertambah atau berkurang sebesar jumlah absolute yang sama atau tetap pada masa yang akan datang sesuai dengan kecenderungan yang terjadi pada masa lalu. Ini berarti bahwa P_{t+1} dan P_t adalah jumlah populasi dalam tahun yang berurutan., $P_{t+1} - P_t$ adalah perbedaan pertama yang selalu tetap (Klosterman, 1990, p.55).

Proyeksi jumlah penduduk dapat juga dihitung dengan menggunakan metode geometrik. Asumsi dalam model ini adalah penduduk akan bertambah atau berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (%) yang tetap. Misalnya, jika P_{t+1} dan P_t adalah jumlah penduduk dalam tahun yang berurutan, maka penduduk akan bertambah atau berkurang pada tingkat pertumbuhan yang tetap yaitu sebesar P_{t+1} atau P_t dari waktu ke waktu. Proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah, dimana pada tahun-tahun awal observasi pertambahan *absolute* penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun-tahun akhir (Klosterman, 1990, p.12). Pelaksanaan Metode Geometrik adalah suatu ruas eksponensial yang sering digunakan untuk meramalkan datar atau kejadian lain yang perkembangan atau pertumbuhannya cepat. Sehingga dapat diketahui angka pertumbuhan penduduk yang lebih akurat dan berapa jumlah penduduk pada tahun yang direncanakan. Hasil analisa jumlah penduduk yang dilakukan nantinya akan digunakan untuk mempermudah informasi sebagai pertimbangan bagi perhitungan jumlah air limbah domestik yang akan dihasilkan. Metode geometrik untuk mengetahui nilai proyeksi penduduk menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \dots\dots\dots (2-25)$$

Keterangan :

P_t = jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)

- P_0 = jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)
 r = laju pertumbuhan penduduk (% pertahun)
 t = rentang waktu antara P_0 dan P_t (tahun)

Sebagai pembanding untuk menentukan metode proyeksi penduduk mana yang paling mendekati benar dengan simpangan terkecil dan memiliki nilai koefisien mendekati satu. Maka peneliti menggunakan metode selain aritmetik dan geometrik yaitu metode eksponensial. Klostermann (1990,p.19) mengatakan bahwa metode eksponensial memiliki asumsi bahwa presentase pertumbuhan penduduk sama setiap hari. Hasil proyeksi penduduk dengan menggunakan metode eksponensial akan berbentuk garis lengkung yang lebih terjal daripada garis lengkung pada metode geometrik.

Metode eksponensial dalam proyeksi penduduk dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$P_{ti} = P_0 (2,7182818)^{r \cdot t} \dots\dots\dots (2-26)$$

Keterangan :

- P_t = jumlah penduduk tahun ke t (jiwa)
 P_0 = jumlah penduduk tahun ke 0 (jiwa)
 r = laju pertumbuhan penduduk (% pertahun)
 t = rentang waktu antar P_0 dan P_t (tahun)

2.6.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih sangat berpengaruh pada proyeksi air limbah yang akan dihitung. Maka, dalam perencanaan suatu sistem penyediaan air harus diperhitungkan variasinya secermat mungkin. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan besarnya jumlah penduduk dalam suatu wilayah perhitungan tersebut. Untuk perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih tepatnya acuan kebutuhan air bersih domestik, acuan yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.6. berikut ini :

Tabel 2.6.

Kebutuhan Air bersih berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk

Kategori Kota	Jenis Kota	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
I	Metropolitan	> 1.000.000	> 150
II	Besar	500.000 – 1.000.000	120 – 150
III	Sedang	100.000 – 500.000	90 – 120
IV	Kecil	20.000 – 100.000	80 – 120
V	Desa	< 20.000	60 – 80

Sumber : Kriteria Perencanaan Ditjen Cipta Karya Dinas PU, 1996

Berdasarkan tabel 2.6. Kebutuhan Air Bersih berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk, Kelurahan Margasari termasuk dalam kategori desa dengan jumlah penduduk kurang dari 20.000 jiwa. Untuk kebutuhan air bersihnya adalah sebesar 60 liter/hari/orang. Dan untuk kebutuhan non domestik termasuk ke dalam cakupan pelayanan non perpipaan dengan nilai sebesar 15% dari kebutuhan domestik berdasarkan Permen PU tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM. Untuk kehilangan air besarnya dihitung dengan nilai 15% dari total kebutuhan air. Yang dimaksud dengan kehilangan air adalah pemakaian air pada instalasi, diantaranya adalah pencucian unit-unit instalasi dan kebutuhan air minum untuk karyawan, kebocoran pipa distribusi dan perlengkapan, kesalahan petugas dalam menghitung meteran, serta kesalahan administrasi.

Untuk kota-kota yang terdapat di Indonesia, besarnya faktor pengali sebagai dasar untuk menghitung kebutuhan air minum pada saat jam puncak atau pemakaian air minum pada jam-jam tertentu dalam jumlah yang lebih banyak dari pada hari maksimum atau pemakaian air dalam hari tertentu dalam jumlah yang maksimum adalah untuk fluktuasi kebutuhan air harian maksimum dihitung perkalian dengan nilai 1,1 terhadap kehilangan air. Dan untuk fluktuasi kebutuhan air puncak dihitung perkalian dengan nilai 1,5 terhadap kehilangan air (Teknik Direktorat Jendral Departemen PU, 1996).

2.6.3. Proyeksi debit air limbah

Proyeksi debit air limbah, yang menjadi dasar perhitungan proyeksi kapasitas air limbah diantaranya adalah proyeksi kebutuhan air minum, analisa kapasitas pengelolaan air limbah yang direncanakan yang mana ditentukan berdasarkan perhitungan proyeksi kebutuhan air (*water demand projection*). Proyeksi kebutuhan air dihitung berdasarkan cakupan pelayanan (*coverage area*), proyeksi pertumbuhan penduduk, tingkat pelayanan (*service level*) dan konsumsi pemakaian air (*water consumption*). Jumlah air limbah yang dihasilkan tergantung jumlah pemakaian air minum yang dikonsumsi yaitu sebesar 80% dari jumlah pemakaian air minum (Direktorat PPLP Ciptakarya PU, 2006)

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam penyaluran air limbah atau air buangan, yaitu :

- Sumber atau asal air buangan
- Besar atau prosentase air buangan dari air minum
- Besarnya curah hujan

Dalam air buangan dikenal beberapa istilah debit, antara lain debit rata-rata (Q_r), debit harian maksimum (Q_{md}), debit minimum (Q_{min}), debit infiltrasi (Q_{inf}), debit puncak (Q_{peak}), dan debit air buangan non domestik (Q_{nd}).

Debit rata-rata air buangan atau air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga, bangunan umum, bangunan komersial, dan bangunan industri. Dari berbagai sarana di atas, tidak semua air yang diperlukan untuk kegiatan sehari-hari terbuang ke saluran pengumpul. Hal ini disebabkan beragamnya kegiatan. Berkurangnya jumlah air yang terbuang sebagai air buangan disebabkan kegiatan-kegiatan seperti mencuci kendaraan, mengepel lantai, menyiram tanaman, dan lain-lain (Moduto, 2000).

Dari hasil perkiraan besarnya debit penggunaan air bersih untuk rumah, bangunan umum, institusional dan sebagainya, tidak keseluruhannya akan mengalir sebagai air limbah. Kehilangan ini terjadi karena adanya evaporasi, penyiraman tanaman, minum, yang besarnya diperkirakan sebesar 15-40%. Dengan kata lain, debit air limbah rata-rata harian merupakan jumlah dari debit air limbah non domestik.

Untuk mencari besarnya nilai debit air limbah domestik dapat menggunakan rumus :

$$Q_d = (60\%-85\%) \times q_d \dots\dots\dots (2-27)$$

Keterangan :

Q_{nd} = debit air limbah domestik

q_d = kebutuhan air bersih domestik (liter/orang/hari)

Untuk mendapatkan besarnya debit air limbah non domestik dapat digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q_{nd} = (60\%-85\%) \times q_{nd} \dots\dots\dots (2-28)$$

Keterangan:

Q_{nd} = debit air limbah non domestik

q_d = kebutuhan air bersih non domestik (liter/orang/hari)

Sedangkan besarnya debit air limbah rata-rata perharinya adalah :

$$Q_{ave} = Q_d + I Q_{nd} \dots\dots\dots (2-29)$$

Dimana:

Q_{ave} = debit air limbah rata-rata (liter/detik)

Q_d = debit air limbah domestik

Q_{nd} = debit air limbah non domestik (liter/detik) (Metcalf dan Eddy, 1981)

Perhitungan untuk debit rata-rata air limbah juga dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut :

$$Q_r = 80\% \times Q_{air\ total} \dots\dots\dots (2-30)$$

Dimana :

Q_r = debit air limbah rata-rata (liter/detik)

$Q_{air\ total}$ = jumlah debit air bersih domestik dan non domestik (liter/detik) (Moduto, 2000)

Fluktuasi air limbah tergantung pada fluktuasi pemakaian air bersih. Pada waktu pemakaian air bersih memuncak, besarnya debit air limbah pun akan meningkat. Hal yang sama akan berlaku apabila pemakaian air bersih berada dalam debit minimum. Fluktuasi air limbah yang perlu diperhitungkan, yaitu :

$$Q_{peak} = f_{peak} \times Q_r \dots\dots\dots (2-31)$$

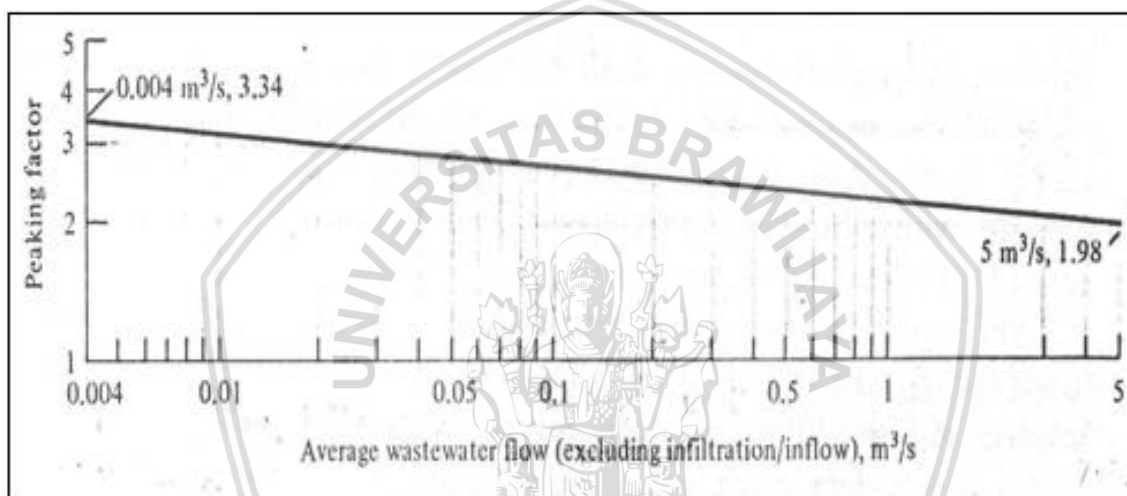
Keterangan :

Q_{peak} = debit air limbah puncak (liter/detik)

f_{peak} = faktor puncak (1,1-1,25)

Q_r = debit air limbah rata-rata (liter/detik)

Nilai f_{peak} didapat dari grafik berikut ini :



Gambar 2.4. Average wastewater flow (excluding infiltration/inflow)

Sumber : Metcalf dan Eddy, 2003

Hal yang sama juga di sampaikan oleh moduto bahwa debit harian maksimum adalah debit air buangan pada keadaan pemakaian air maksimum. Besar debit harian maksimum merupakan perkalian faktor peak kali debit air buangan rata-rata. Harga faktor peak merupakan rasio debit maksimum dan minimum terhadap debidlair rata-rata. Harga faktor peak bervariasi tergantung jumlah penduduk kota yang dilayani, dan dirumuskan sebagai berikut :

$$fpl = \frac{18+p^{2,5}}{4+p^{0,5}} \dots\dots\dots (2-32)$$

Sedangkan debit harian maksimum dirumuskan sebagai berikut :

$$Qmd = fp \times Qab \dots\dots\dots (2-33)$$

Keterangan :

Qmd = debit harian maksimum (liter/detik)

fp = faktor peak (1,1-1,25)

Q_{ab} = debit air buangan rata-rata (liter/detik)

p = jumlah penduduk dalam ribuan (jiwa)

Debit puncak adalah debit air buangan yang dipergunakan dalam menghitung dimensi saluran. Debit puncak merupakan penjumlahan dari debit maksimum dan debit infiltrasi atau *inflow*. Jika terjadi debit air limbah yang melebihi kapasitas rencana IPAL Margasari, dan solusi teknis yang di berikan adalah untuk mendesign ulang bangunan IPAL. Maka perhitungan untuk debit puncaknya dengan menggunakan rumus sebagai berikut (moduto, 2000):

$$Q_p = \left((5 \times p^{0.8} \times q_{md}) + (Cr \times p \times q_r) + \left(\frac{L}{1000} \times q_{inf} \right) \right) \dots\dots\dots (2-34)$$

Keterangan :

Q_p = debit puncak (liter/detik)

p = jumlah penduduk dalam ribuan (jiwa)

Q_{md} = debit satuan harian maksimum (liter/detik.1000 jiwa)

Cr = koefisien infiltrasi dildaerah persil

q_r = debit saluran harian rata-rata (liter/detik. 1000 jiwa)

q_{inf} = debit infiltrasi saluran (liter/detik.km)

Sedangkan untuk mengetahui besarnya nilai dari debit minimum dapat menggunakan rumus berikut ini :

$$Q_{min} = \frac{1}{5} \times \left(\frac{p}{1000} \right)^{1,2} \times Q_r \dots\dots\dots (2-35)$$

Keterangan :

Q_{min} = debit air limbah minimum (liter/detik)

Q_r = debit air limbah rata-rata (liter/detik)

P = penduduk (jiwa)

2.6.4. Effisiensi Pengurangan Parameter Limbah

Evaluasi terhadap IPAL Margasari dilakukan dengan mempertimbangkan hasil perhitungan efisiensi terhadap kemampuan pengurangan kadar parameter-parameter yang akan dikaji. Parameter yang dimaksud adalah parameter yang telah ditentukan oleh PERDA Provinsi Kalimantan Timur No. 02 tahun 2011 tentang baku mutu limbah domestik. Perhitungan dari efisiensi untuk IPAL Margasari ini dihitung berdasarkan persamaan berikut ini

$$\eta \text{ Parameter} = \frac{\text{Parameter}_{inlet} - \text{Parameter}_{outlet}}{\text{Parameter}_{inlet}} \times 100\% \dots\dots\dots (2-36)$$

Keterangan :

η parameter = nilai penurunan kadar parameter terkait (%)

$Parameter_{inlet}$ = hasil uji laboratorium untuk tiap parameter (mg/L)

$Parameter_{outlet}$ = hasil uji laboratorium untuk tiap parameter (mg/L)

2.6.5. Baku Mutu Air Limbah

Menurut Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 112 Tahun 2003, yang dimaksud dengan air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman, dan rumah makan, perkantoran, perniagaan, *apartemen*, dan asrama. Jenis air ini mengandung banyak sabun atau deterjen, dan mikroorganisme. Jumlah air buangan yang dihasilkan oleh suatu kawasan berbeda dengan kawasan yang lain, tergantung pada jumlah air bersih yang digunakan setiap harinya. Baku mutu limbah domestik di Indonesia tercantum dalam tabel 2.7. berikut :

Tabel 2.7.

Baku Mutu Limbah Domestik Indonesia

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Ph	-	6-9
BOD	mg/L	100
TSS	mg/L	100
COD	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	10

Sumber : Kepmen LH No.112, 2012

Menurut Keputusan Gubernur berdasar Peraturan Daerah No. 02 tahun 2011 mengenai Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air tertera pada Pasal 26 Ayat 1 menyatakan bahwa baku mutu air limbah adalah batasan guna mencegah terjadinya pencemaran air pada sumber air, pesisir dan laut dalam wilayah Provinsi Kalimantan Timur. Baku mutu air limbah domestik Provinsi Kalimantan timur tercantum pada tabel .8.

Tabel 2.8.

Baku Mutu Limbah Domestik Provinsi Kalimantan Timur

Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah
TSS	mg/L	100
Ph	-	6,0 – 9,0
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	150
Minyak dan Lemak	mg/L	10
Ammonia (NH ₃ -N)	mg/L	10
E.COLI	MPN/100 mL	1000 MPN/100 Ml

Sumber : Peraturan Daerah no.02 tahun 2011

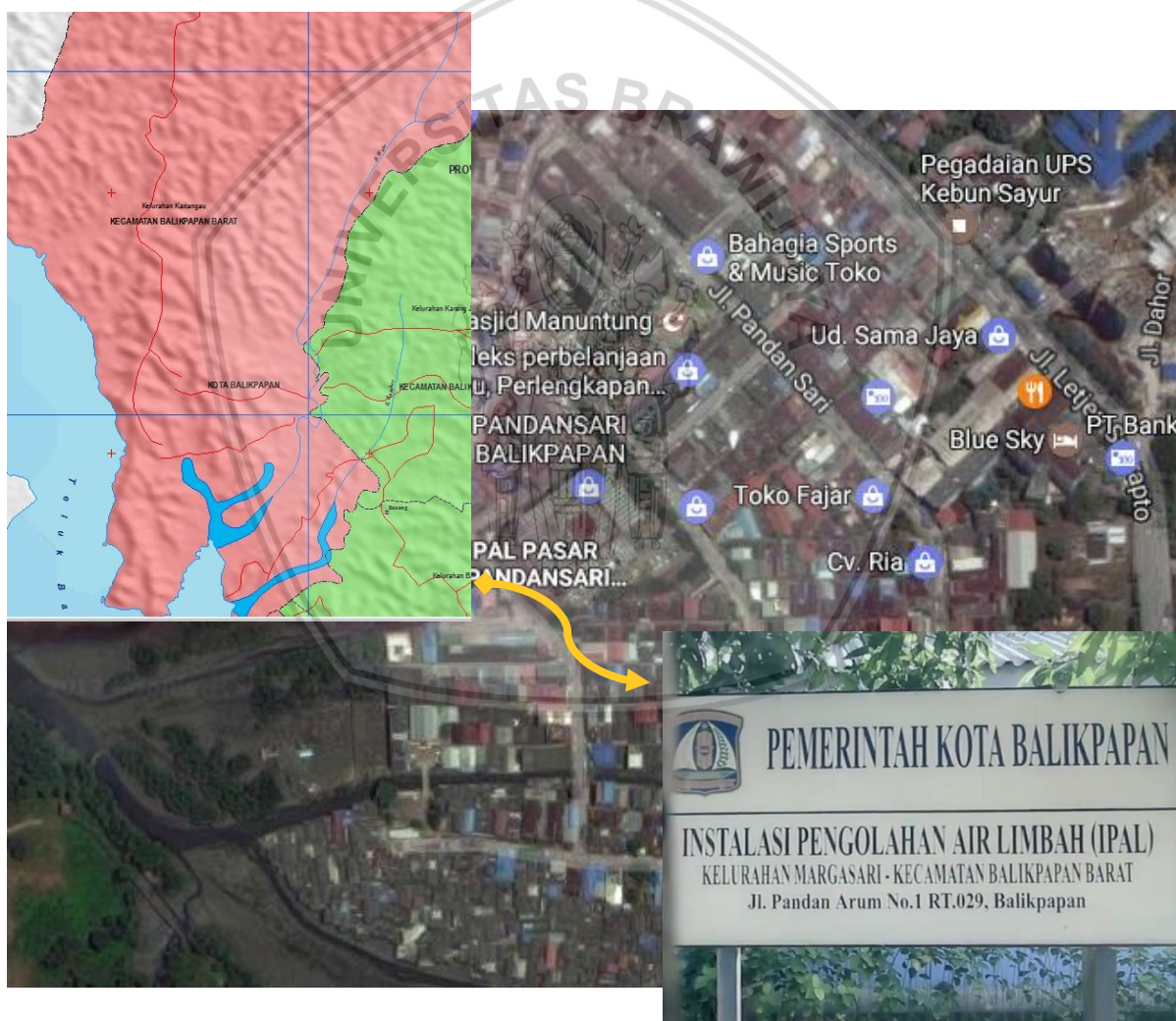
(Halaman ini sengaja dikosongkan)



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

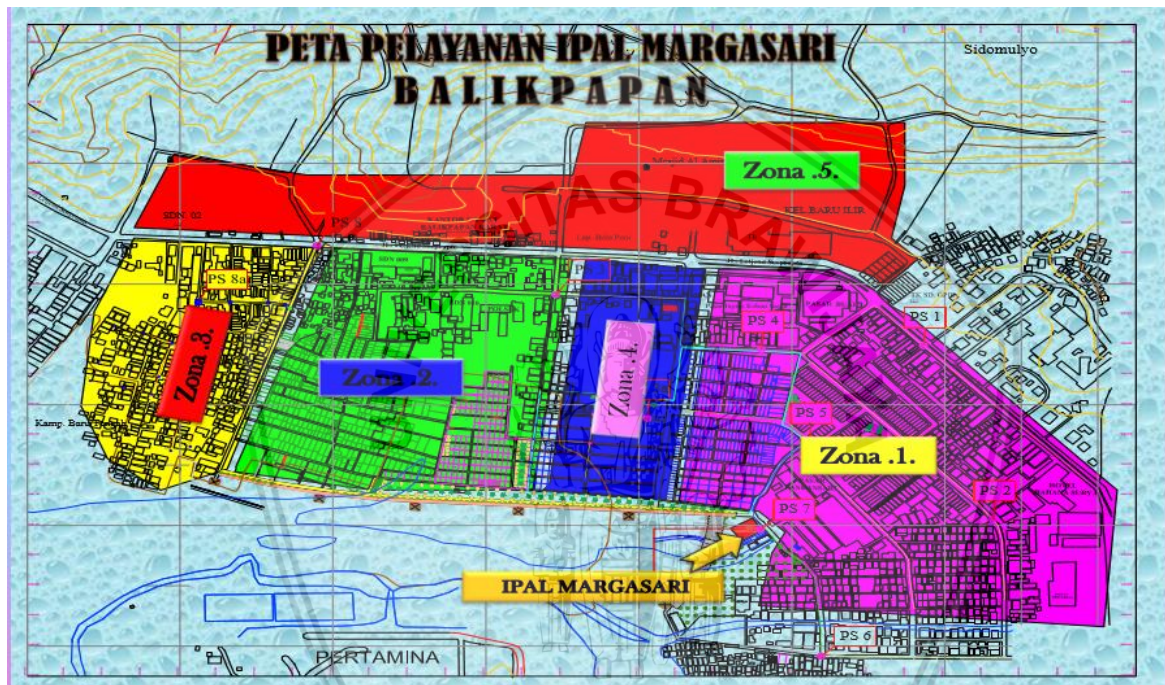
3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ini terletak di Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. IPAL ini mampu melayani dan menampung limbah hasil rumah tangga untuk Kelurahan Margasari. Kapasitas tampungan yang dapat ditampung Instalasi Pengolahan Air Limbah ini setiap harinya maksimum 972 m³/hari.



Gambar 3.1 Peta Lokasi IPAL Margasari Balikpapan
Sumber : Map data ©2015 Google, april 2017

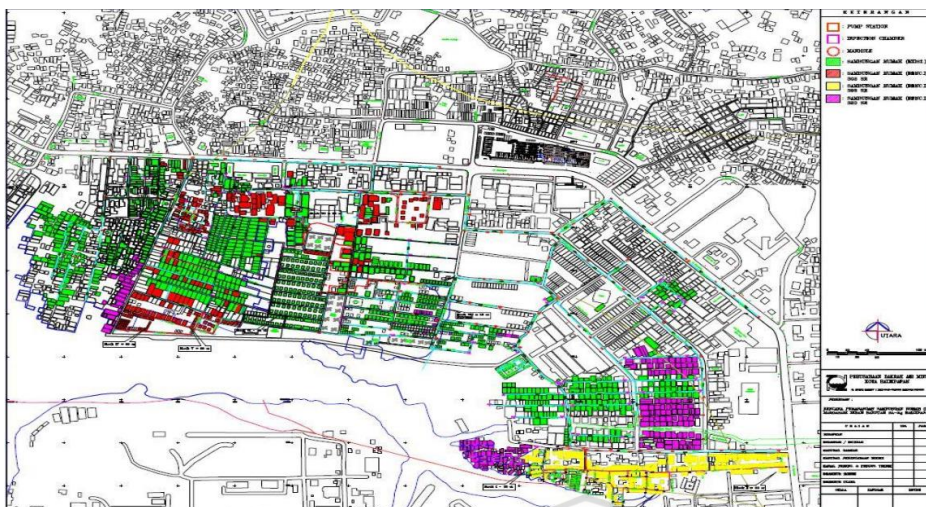
Peta desain jaringan IPAL Margasari target 2028 adalah dengan pelayanan yang dibagi menjadi 5 zona. Zona tersebut antara lain zona 1 yang merupakan kawasan sekitar IPAL Margasari termasuk didalamnya pasar Pandansari dan juga Hotel Blue Sky. Kemudian untuk zona 2 yaitu kawasan Kelurahan Baru Ulu. Zona ke 3 yang merupakan kawasan Kelurahan Baru Tengah. Selanjutnya zona ke 4 yang merupakan kawasan Kelurahan Margasari itu sendiri. Dan yang terakhir yaitu zona 5 yang merupakan kawasan Kelurahan Baru Ilir. Untuk lebih detail, penulis menyajikan peta pelayanan IPAL Margasari Balikpapan sebagai mana yang dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3.2. Peta Pelayanan IPAL Margasari Balikpapan
Sumber : Paparan SAIG IPAL Margasari, april 2017

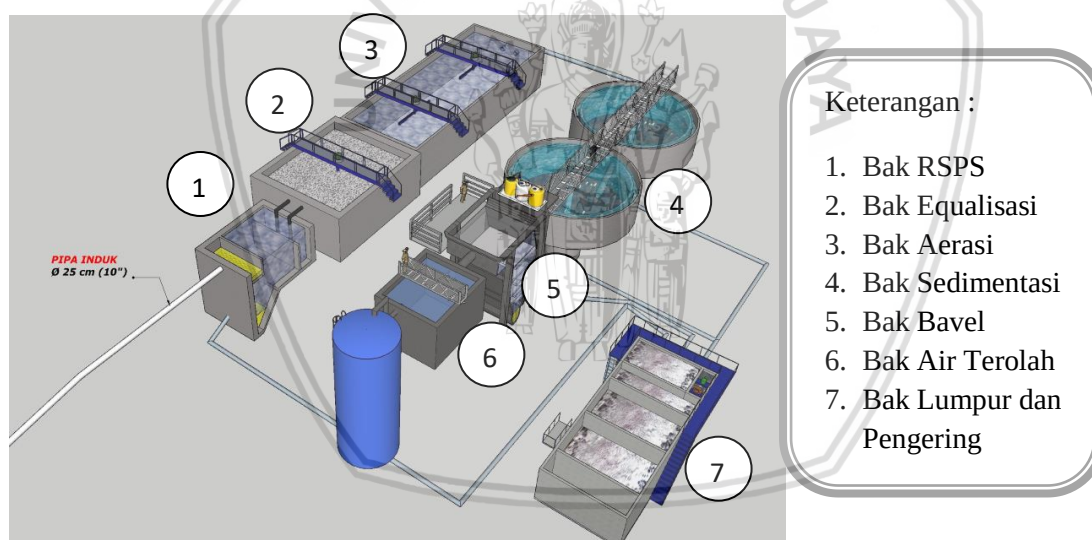
3.2. Kondisi Eksisting

Dijelaskan sebelumnya bahwa Peta Pelayan IPAL Margasari yang di desain untuk kurun waktu yang akan datang tepatnya tahun 2028 yang memiliki 5 zona pelayanan dalam 4 kelurahan yaitu Kelurahan Margasari, Kelurahan Baru Ulu, Kelurahan Baru Tengah, dan juga Kelurahan Baru Ilir. Kondisi saat ini pada tahun 2018 IPAL Margasari baru mampu melayani Kelurahan Margasari saja. Detail rinci cakupan pelayanan terkini IPAL Margasari dapat dilihat pada peta pelayanan berikut ini :



Gambar 3.3. Peta Pelayanan IPAL Margasari Balikpapan
Sumber : Paparan SAIG IPAL Margasari, April 2017

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari memiliki 4 bangunan pengolah air limbah. Bangunan pengolah limbah terdiri dari Equalisasi, Aerasi, Sedimentasi, dan Klorinasi.



Gambar 3.4. Denah IPAL Margasari Balikpapan
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, April 2017

3.3. Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian ini dilakukan melalui telaah teoritis dan empiris terhadap kondisi kinerja pengolahan air limbah dengan menggunakan fasilitas jaringan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Margasari Kota Balikpapan.

Sedangkan fokus penelitian adalah mengkaji proses dan efisiensi kinerja dari sistem pengolahan air limbah ini serta membandingkan hasil penelitian dengan standar dan ketentuan yang berlaku.

3.4. Data yang dibutuhkan

Sumber data yang diperlukan dalam pengerjaan skripsi ini diperoleh dari instansi terkait, yaitu pada Instalasi Pengolahan Air limbah IPAL Margasari Kota Balikpapan. Adapun data-data yang diperlukan sebagai berikut :

3.4.1. Data Primer

a. Parameter Fisika Air Limbah

Meliputi pengukuran suhu air dan pengukuran pH, pengukuran dilakukan pada setiap bak pengolahan menggunakan thermometer dan pH meter.

b. Parameter Kimia Air Limbah

Meliputi pengukuran kandungan BOD, COD, Nitrit dan Amonium di setiap bak pengolahan antara lain bak R.S.P.S., bak equalisasi, bak aerasi, bak sedimentasi, dan bak hasil terolah. Dari setiap bak pengolahan diambil sampel air limbah yang selanjutnya diuji di laboratorium PDAM Balikpapan, UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan untuk mengetahui nilai parameter yang ditentukan.

3.4.2. Data Sekunder

a. Data parameter kualitas air

Meliputi kandungan BOD, COD, Nitrit dan Amonium yang akan didapat dari laporan bulanan UPT IPAL Margasari Kota Balikpapan.

b. Data teknis meliputi :

- Kapasitas dan daya aerator serta daya pompa
- Data dimensi dari bak pengolahan IPAL (bak *equalisasi*, bak aerasi, bak sedimentasi, dan bak klorinasi)
- Denah serta skema air limbah yang masuk IPAL Margasari
- Data Penduduk Kelurahan Margasari dari tahun 2006 sampai dengan 2016
- Data debit proyeksi air limbah yang masuk IPAL Margasari

3.5. Metode Pengolahan Data

3.5.1. Data Debit

Data debit ini adalah data eksisting dari hasil proyeksi air limbah IPAL Margasari yang berupa data debit maksimum. Data debit digunakan untuk mengevaluasi efektifitas sarana pengolah limbah yang sudah ada dari segi kapasitas dan dimensi bangunannya.

3.5.2. Data Parameter Kualitas Air

Data parameter kualitas air limbah ini diambil dari analisis Laboratorium PDAM Balikpapan, UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan. Analisis laboratorium tersebut

meliputi kebutuhan oksigen biologi (BOD), kebutuhan oksigen kimia (COD), TSS, NH_3 , dan derajat keasaman (pH). Data tersebut akan dibandingkan dengan ketetapan yang ada dalam PERDA Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011, sehingga dapat memberikan penilaian berdasarkan karakteristik air limbah. Kemudian dihitung efisiensi pengurangannya untuk mengetahui seberapa efektifnya kinerja IPAL tersebut.

3.6. Langkah-langkah Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai berikut :

3.6.1. Tahapan Pengumpulan Data

a. Melakukan survei lokasi IPAL Margasari.

Survei lokasi ini dibutuhkan untuk mengetahui kondisi eksisting dari IPAL Margasari didasarkan pada kualitas maupun kuantitasnya dalam menurunkan parameter pencemar air limbah.

b. Menganalisa sumber limbah yang masuk ke IPAL

Dari hasil survei lapangan yang telah dilakukan, diketahui limbah yang masuk ke IPAL Margasari bersumber dari limbah cair rumah tangga, Pasar, dan Hotel yang dikategorikan sebagai limbah domestik.

c. Menentukan parameter-parameter yang akan dikaji

Berdasarkan analisa mengenai sumber limbah yang masuk ke IPAL Margasari maka ditentukan lima parameter pencemar yaitu BOD, COD, NH_3 , TSS, dan pH.

d. Data Teknis, meliputi :

- Kapasitas dan daya *aerator* dan daya pompa :

Dengan mengetahui data dari kapasitas dan daya *aerator* maka dapat dihitung efektifitas dari tiap-tiap bangunan pengolah air limbah IPAL Margasari.

- Dimensi dari masing-masing bak pengolahan (bak *equalisasi*, bak aerasi, bak sedimentasi, dan bak klorinasi :

Untuk mengetahui kelayakan bangunan-bangunan pengolah air limbah terhadap kualitas air hasil olahan (*effluent*) di masa yang akan datang, maka perlu diketahui nilai dari dimensi tiap-tiap bak pengolah IPAL Margasari.

- Denah serta skema aliran IPAL Margasari :

Dengan mengetahui denah serta skema aliran IPAL Margasari ini dapat ditentukan titik pengambilan *inlet* maupun *outlet* untuk di uji kualitas kadar parameter pencemarnya.

- Data penduduk kelurahan Margasari :

Dengan menganalisa kepadatan penduduk untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang maka dapat diketahui debit harian air limbah.

- Data debit harian air limbah yang masuk IPAL Margasari.

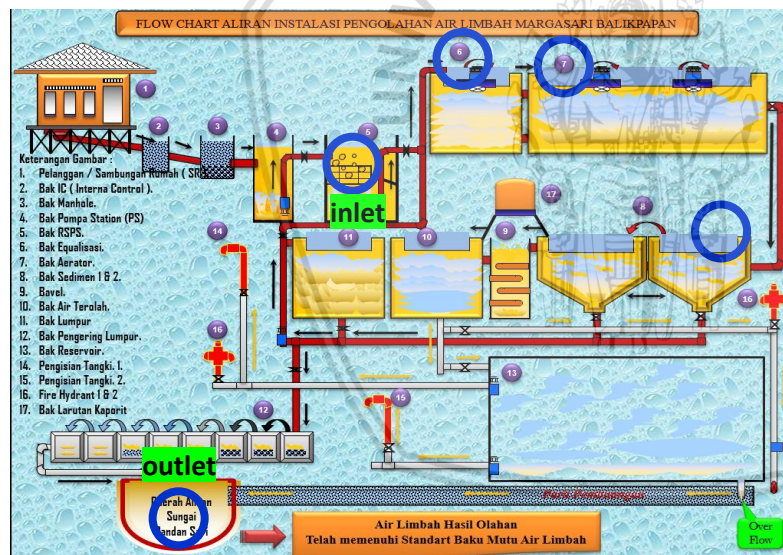
Pada tahap ini dilakukan analisa terlebih dahulu terhadap kebutuhan air bersih yang nantinya menghasilkan air limbah yang didasarkan pada perhitungan metode proyeksi penduduk.

Semua data yang diperlukan didapat dari laporan supervisi panduan pemeliharaan dan operasional IPAL Margasari Kota Balikpapan dan Badan Pusat Statistik Daerah Kota Balikpapan.

3.6.2. Tahapan Analisis Kualitas Air Limbah

3.6.2.1. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tidak hanya pada bagian-bagian pengolah limbah di dalam IPAL Margasari saja. Tetapi juga pada badan luar IPAL seperti *inlet* dan *outlet*. Titik pengambilan sampel dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.5. Peta Pelayanan IPAL Margasari Balikpapan

Sumber : Paparan SAIG IPAL Margasari, April 2017

Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada tanggal 04 Agustus 2017, 07 Agustus 2017 dan 10 Agustus 2017. Hari pengambilan sampel dilaksanakan 2 hari sekali dengan total pengambilan untuk 3 pembanding yaitu 9 hari. Terdapat rentang waktu pengambilan untuk sampel yang berada di *inlet*, bangunan pengolah air limbah dan *outlet*. Jeda waktu tersebut kurang lebih 6 jam untuk pengambilan sampel *outlet* setelah pengambilan sampel *inlet* dan juga bangunan pengolah air limbah. Penulis melakukan pengambilan sampel rata-rata di pukul 10.00 wita untuk titik pengambilan sampel di *inlet*. Sementara untuk

pengambilan sampel pada bak pengolah air limbah dilakukan dengan 2 kali pengambilan yaitu saat pagi hari sekitar pukul 10.00 wita dan pukul 15.00 wita. Kemudian untuk pengambilan sampel rata-rata di pukul 15.00 wita untuk titik pengambilan sampel di outlet. Adapun metode *grab sampling* yang digunakan penulis adalah sebagai berikut :

- Menyiapkan alat pengambilan sampel.

Terdiri dari 6 buah botol KOB, kemudian 6 buah jerigen, dan 6 buah botol mikro. Botol KOB digunakan untuk pengambilan sampel yang nantinya akan dianalisa sebagai parameter TSS (*Total Suspended Solid*) dan BOD. Kemudian botol minyak dan lemak digunakan sebagai wadah untuk sampel yang akan dianalisa sebagai parameter minyak dan lemak. Sementara untuk jerigen digunakan sebagai wadah tampungan sampel air limbah yang akan dianalisa sebagai parameter COD, NH_3 dan pH



Gambar 3.6. Botol KOB

Sumber : dokumentasi pribadi, Februari 2017



Gambar 3.7. Botol Jerigen

Sumber : dokumentasi pribadi, Februari 2017



Gambar 3.8. Botol Mikro

Sumber : dokumentasi pribadi, Februari 2017



Gambar 3.9. Sarung Tangan

Sumber : dokumentasi pribadi, Februari 2017

- Pengisian tiap botol pada tiap-tiap bak pengambilan.

Untuk pengisian tiap-tiap botol dilakukan dengan tahapan awal menaruh botol pada tempat datar usahakan dekat dengan bak pengambilan contoh uji, kemudian mengambil sampel dengan timba, selanjutnya di masukkan ke dalam tiap-tiap botol dilakukan dengan cara yang sama pada bak-bak pengambilan contoh uji.

- Mengisi botol sampai penuh kemudian botol ditutup.

Pada saat pengisian sampel, setiap botol yang akan diisi tidak boleh terdapat rongga udara didalamnya. Untuk itu saat pengisian ke dalam botol haruslah diisi sampai tumpah, kemudian ditutup.

- Sampel siap dianalisa di Laboratorium.

Setelah semua sampel telah terisi pada setiap botol, dikumpulkan dalam satu wadah *iglo box* kemudian di bawa untuk di analisa di Laboratorium.

3.6.3. Pengujian Sampel

Sampel yang telah tersedia siap untuk diuji di laboratorium PDAM Balikpapan, UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan. Tata cara pengujian dilakukan dengan mengacu pada APHA-4500-*2012 untuk pengujian pH. Selanjutnya yaitu tata cara pengujian untuk parameter NH_3 menggunakan acuan normatif SNI 06-6989.30-2005. Sementara untuk pengujian BOD menggunakan acuan APHA, 5210 B 2012. Sedangkan COD tata cara pengujian mengacu pada SNI 6989.73-2009 mengenai cara uji kebutuhan oksigen kimiawi terlarut secara titrimetri. Dan yang terakhir adalah pengujian TSS yang mengacu pada acuan normatif SNI 06-6989.27-2005 mengenai cara uji padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid*) secara gravimetri.

3.6.4. Evaluasi Kinerja IPAL

a. Menghitung proyeksi jumlah penduduk Kelurahan Margasari

Perhitungan yang dilakukan terhadap data penduduk Kelurahan Margasari dari tahun 2006 sampai 2016 adalah untuk memproyeksikan banyaknya jumlah penduduk

Kelurahan Margasari untuk jangka waktu 2017 sampai 2026. Dasar dari evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari adalah mengetahui debit air limbah yang didapatkan dari perhitungan air bersih yang mana tidak akan dapat dihitung tanpa adanya perhitungan dari jumlah penduduk untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang.

b. Debit Air Limbah

Menghitung debit air bersih yang dibutuhkan penduduk sekitar IPAL yang notabene adalah penduduk dalam Kelurahan Margasari. Dari data debit air bersih maka didapatkan debit air kotor hasil dari penggunaan air bersih.

c. Pengambilan Sampel Uji

Kualitas air IPAL Margasari yang didapat dari hasil uji laboratorium lalu dinalisa penurunan kadar parameter pencemarnya. Yang mana kemudian disimpulkan mewakili kondisi aktual di IPAL Margasari dan dapat diuji secara teoritis.

d. Pengujian Sampel IPAL Margasari

Membandingkan data kualitas air (nilai parameter BOD, COD, NH_3 , TSS, dan pH) dengan standar kualitas air yang berlaku yaitu PERDA Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011, untuk selanjutnya dilihat apakah ada penyimpangan pada hasil olahan air limbah IPAL Margasari.

e. Effisiensi Pengolahan IPAL Margasari

Melakukan perhitungan dan pengurangan kadar parameter limbah dengan membandingkan kadar limbah yang terdapat di *inlet*, bangunan pengolah air limbah, dan *outlet* setiap waktu pengambilan untuk masing-masing parameter.

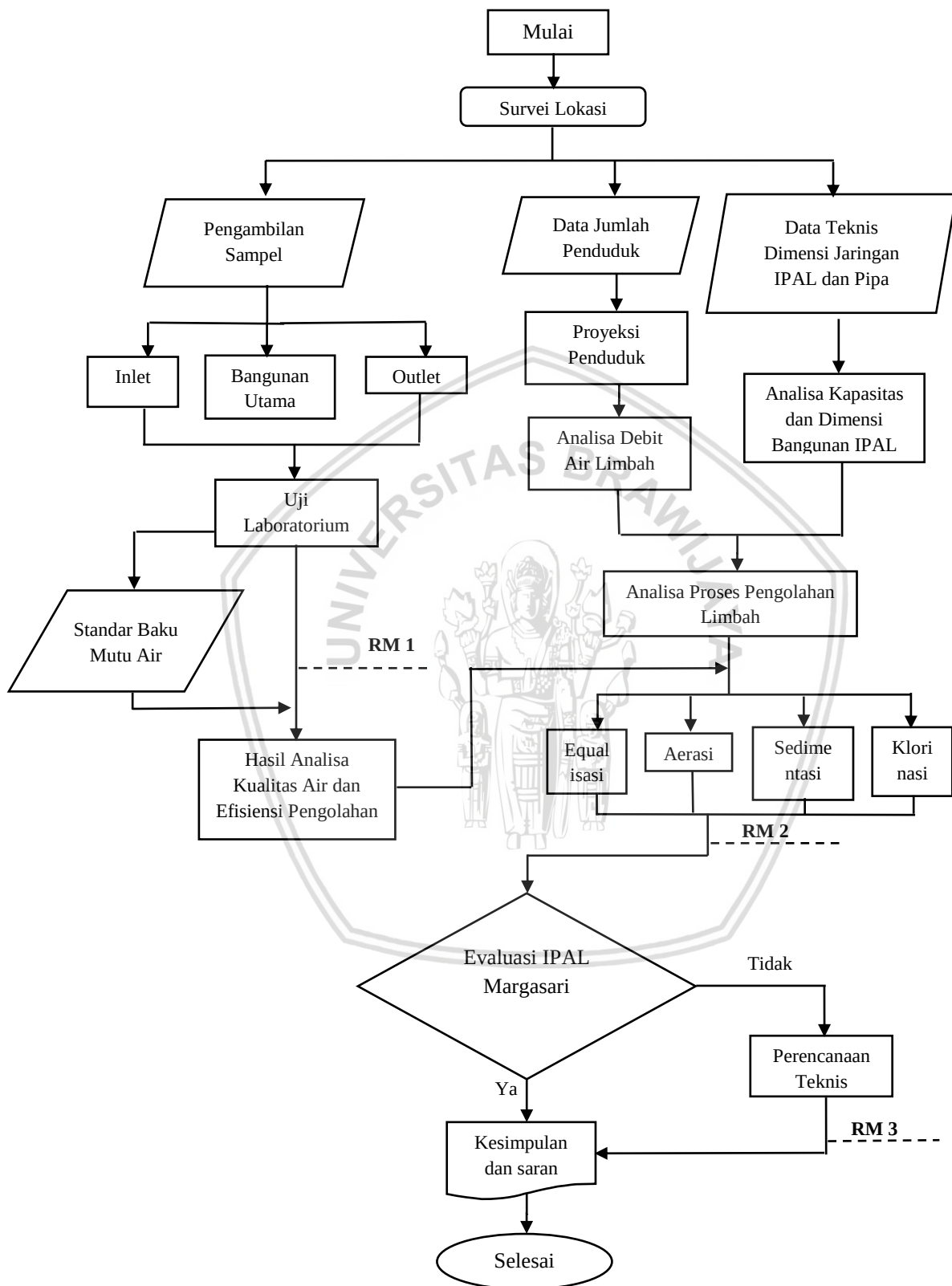
f. Efektifitas dan Evaluasi IPAL Margasari

Melakukan perhitungan dan analisa dimensi serta kemampuan peralatan pengolahan air limbah di IPAL Margasari dalam mengolah air limbah. Jika diketahui bahwa terdapat bagian dari bangunan IPAL Margasari yang tidak efektif dalam menurunkan kadar pencemar maupun menampung debit harian yang masuk, maka akan dilakukan evaluasi terhadap IPAL tersebut berupa redesain ulang.

3.6.5. Perencanaan Teknis

Berdasarkan hasil perhitungan effisiensi dan efektifitas pada IPAL Margasari bila tidak memenuhi standar yang berlaku maka selanjutnya dapat dibuat suatu rekomendasi atau saran yang dapat diusulkan sebagai alternatif penyelesaian masalah dalam rangka meningkatkan kinerja dari IPAL Margasari Kota Balikpapan.

3.7. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.10. Diagram Alir Penelitian

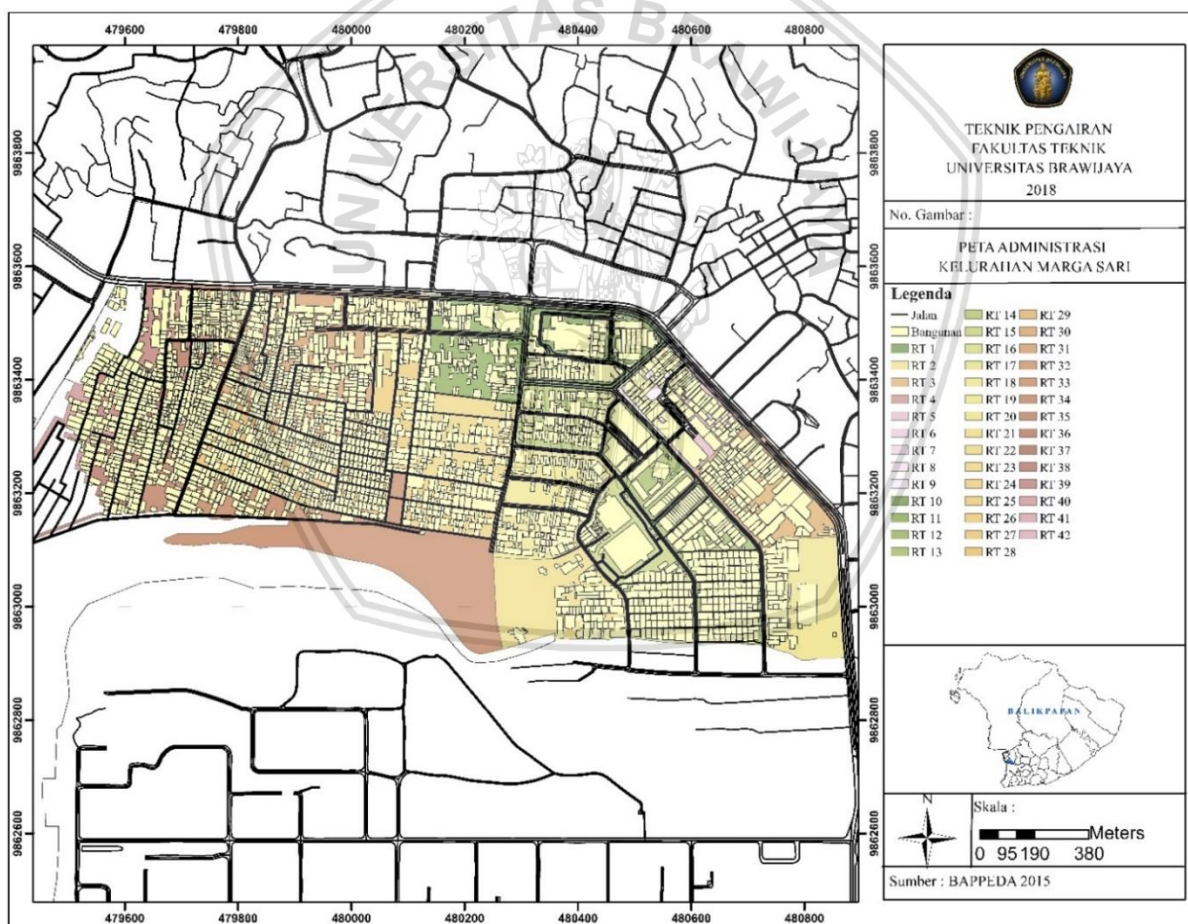
Sumber : Olahan Peneliti

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari

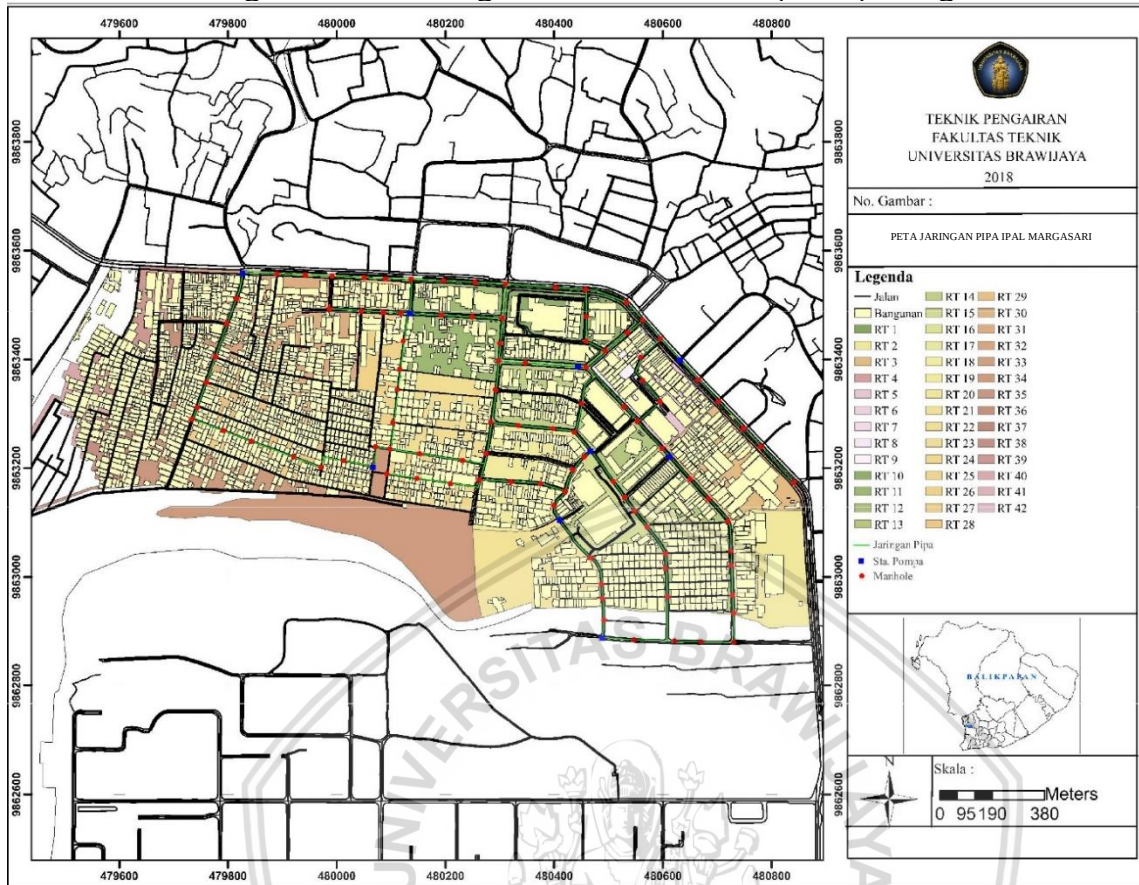
Lokasi IPAL Margasari terletak di Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur. IPAL ini mampu melayani dan menampung limbah hasil rumah tangga untuk Kelurahan Margasari. Kapasitas tampungan yang dapat ditampung Instalasi Pengolahan Air Limbah ini setiap harinya maksimum 972 m³/hari. Kelurahan Telagasari terbagi menjadi 42 rukun tetangga. Pembagian wilayah administrasinya dapat dilihat pada gambar 4.1. berikut ini



Gambar 4.1. Peta Administrasi Kelurahan Margasari Kecamatan Balikpapan Barat Kota Balikpapan

Sumber: olahan peneliti

4.1.1. Peta Jaringan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari



Gambar 4.2. Peta Jaringan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari
Sumber : Profil IPAL Margasari Kota Balikpapan

Jaringan pipa IPAL Margasari tersebut hampir melingkupi seluruh wilayah Kelurahan Margasari seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Jaringan pipa IPAL Margasari terdiri dari pipa pelanggan, pipa cabang pipa utama. Di setiap percabangan ditempatkan beberapa *station* pompa yang terdiri dari 9 buah, masing-masing *station* pompa menampung air limbah dari 10 sampai 15 *manhole* sehingga total *manhole* adalah 96 buah.

Sampai saat ini pelanggan dari IPAL Margasari berjumlah 780 sambungan rumah dari total jumlah pelayanan seharusnya yaitu 1.380 sambungan rumah atau sekitar 60%. Penulis tidak membahas mengenai perhitungan kondisi hidrolis perpipaan hanya mengkhususkan analisa efisiensi proses dan analisa *effluent* dari IPAL Margasari Balikpapan.

4.2. Tahapan Proses Pengolahan IPAL Margasari

Pada umumnya IPAL Margasari Kota Balikpapan menggunakan sistem *Extended Aeration* (EA) yang memanfaatkan beberapa *surface aerator* (aerator permukaan). Pada

sistem ini diharapkan kontak air limbah dengan udara menjadi lebih besar sehingga dapat menaikkan kandungan oksigen di dalam air dan dapat meningkatkan kualitas air.

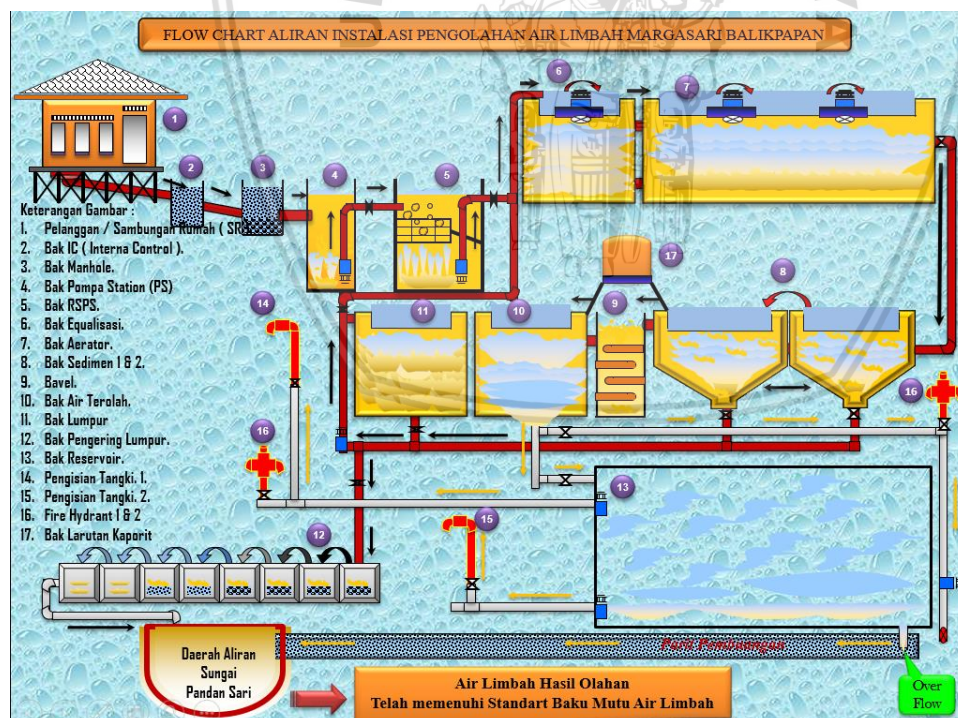
Sistem *Extended Aeration* (EA) dengan aerator permukaan dipilih karena tidak membutuhkan tempat yang terlalu besar jika dibandingkan dengan sistem lainnya seperti aerasi lagoon.

Pada awalnya pembangunan IPAL Margasari di rancang untuk mengolah air limbah yang masuk (*influent*) dengan karakteristik sebagai berikut :

- Kandungan COD (*Chemical Oxygen Demand*) sejumlah 500 mg/L
- Kadungan BOD (*Biologycal Oxygen Demand*) sejumlah 300 mg/L
- Kandungan SS (*Suspendid Solid*) sejumlah 300 mg/L
- Amonium ($\text{NH}_3\text{-N}$) sejumlah 15 mg/L

Sedangkan efisiensi penurunan influent yang direncanakan adalah > 90% penurunan untuk masing-masing parameter.

Tahapan proses pengolahan air limbah di IPALiMargasari Kota Balikpapan terdiri dari proses *screening*, *equalisasi*, aerasi, sedimentasi, dan klorinasi seperti yang terlihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Diagram Sirkulasi IPAL Margasari Kota Balikpapan
Sumber: Paparan SAIIG, 2015

4.2.1. Proses Pengolahan IPAL Margasari

Air limbah yang masuk ke dalam IPAL Margasari Balikpapan berawal dari air buangan toilet atau kamar mandi serta air buangan limbah dari dapur tiap-tiap

warga yang menghuni kawasan sekitar IPAL Margasari Balikpapan. Dapat di lihat pada gambar 4.4. bahwa air yang bercampur antara air buangan dari dapur serta air buangan dari kamar mandi masuk ke dalam pipa sambungan yang berdiameter 7,5 cm yang menuju bak IC (*Internal Control*).



Gambar 4.4. Skema proses air buangan dari kloset dan dapur tiap rumah
Sumber : rizki design

Proses selanjutnya dapat dilihat pada gambar 4.5. berikut bahwa pada setiap rumah, kloset dan kamar mandi menyalurkan air limbah ke bak *internal control* (IC) melalui sambungan jaringan pipa yang jaraknya dari rumah rata-rata 7-25 meter. Untuk lebih detailnya satu bak IC dapat menampung buangan kloset dari enam hingga tujuh rumah. Ukuran bak *Internal Control* (IC) tiap-tiap wilayah adalah 80 cm x 80 cm x 100 cm.



Gambar 4.5. Skema proses air limbah pada tiap rumah
Sumber : rizki design

Kelanjutan proses aliran air limbah IPAL Margasari dapat dilihat pada gambar 4.6. Di mana aliran air limbah yang keluar sebagai produk outlet dari bak IC di masing-masing titik masuk ke dalam pipa sekunder dan pipa-pipa sekunder tersebut berdiameter 15 cm yang kemudian mengalir menuju *manhole*. *Manhole* adalah suatu tempat keluar masuk

teknisi kedalam bak control dimana ukurannya dibuat agar dapat dimasuki orang dewasa. Dan *manhole* yang digunakan adalah *manhole* yang berasal dari cor logam atau baja.



Gambar 4.6. Skema proses air limbah menuju *manhole*
Sumber : rizki design

Untuk lebih jelasnya, berikut adalah gambar *manhole* yang didapat dari penglihatan satelit google earth.



Gambar 4.7. *Manhole* IPAL Margasari Kecamatan Balikpapan Barat
Sumber : Google Earth, 2017

Aliran air limbah yang sudah memasuki masing-masing titik *manhole* berupa outlet masuk ke dalam *pump station*, kemudian di alirkan dengan bantuan pompa menuju IPAL melalui Pipa induk. *Pump Station* dibuat untuk menaikkan elevasi pipa karena pada titik-titik tersebut galian pipa sudah mencapai kedalaman 5 meter.



Gambar 4.8. Skema proses air limbah yang masuk ke *pump station*
Sumber : rizki design

Untuk lebih jelasnya mengenai keadaan di lapangan *pump station* IPAL Margasari, dapat dilihat pada gambar 4.9. berikut ini :



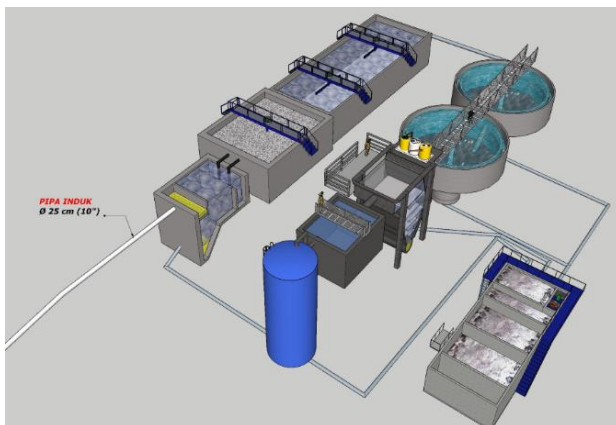
Gambar 4.9. Pump Station IPAL Margasari Kecamatan Balikpapan Barat
Sumber : Google Earth, 2017

Aliran air limbah masuk ke dalam pipa induk yang berdiameter 25 cm mengalirkan air limbah langsung menuju ke IPAL Margasari Balikpapan.



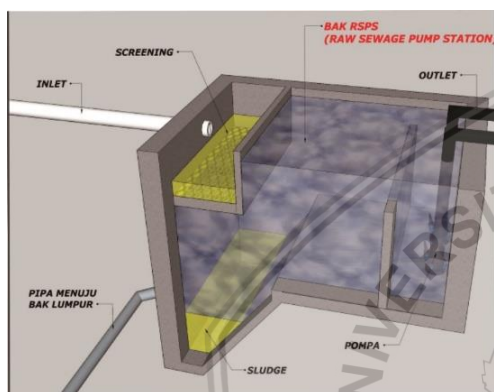
Gambar 4.10. Skema proses air limbah yang masuk ke pipa induk
Sumber : rizki design

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Margasari memiliki 4 bangunan utama dengan 4 proses pengolahan limbah. Bangunan utama terdiri dari R.S.P.S, Equalisasi, Aerasi, dan Sedimentasi. Namun untuk proses pengolahan limbah dibagi menjadi 4 tahapan yaitu Equalisasi, Aerasi, Sedimentasi, dan Klorinasi.



Gambar 4.11. Proses pengolahan air limbah pada IPAL Margasari
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

Seperti yang terlihat pada gambar 4.12. skema proses pengolahan air limbah dalam IPAL Margasari dimulai dari bangunan R.S.P.S (*Raw Sawage Pump Station*). Pada tahap ini air limbah yang masuk belum di berikan *treatment* pengolahan untuk siap di buang kembali ke sungai namun air limbah yang masuk (inlet) akan menuju ke dalam *bar screen*. *Bar Screen* dalam bak R.S.P.S digunakan untuk menyaring padatan air limbah agar tidak sampai masuk ke dalam bak equalisasi, padatan tersebut berupa lumpur yang mengendap di bagian bawah bak R.S.P.S. Lumpur yang telah terbentuk akan di alirkan menuju bak lumpur dengan menggunakan pipa, sementara untuk air limbah sendiri akan langsung di alirkan menuju bak equalisasi.



Gambar 4.12. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak R.S.P.S
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

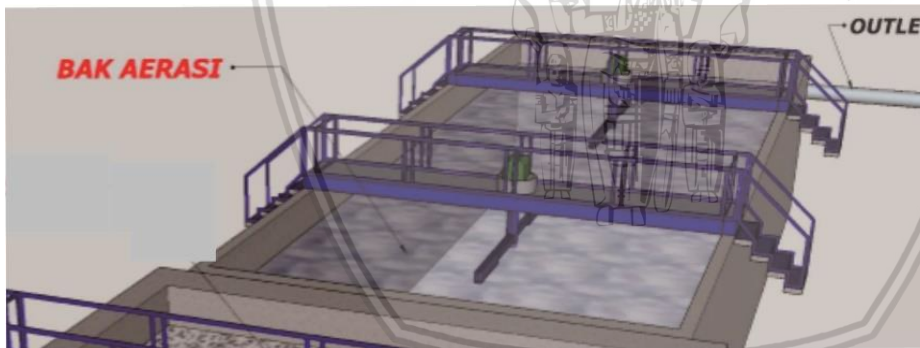
Tahapan kedua pada proses pengolahan air limbah di dalam IPAL Margasari adalah air limbah yang masuk ke dalam bak equalisasi. Air dari outlet bak R.S.P.S kemudian di pompa masuk ke dalam bak equalisasi dengan debit pengolahan yang ditentukan. Diharapkan polutan air limbah dapat stabil sebelum masuk ke bak aerasi atau proses biologi. Dikarenakan sumber air buangan limbah biasanya hanya terjadi pada waktu-waktu tertentu saja (*peak hour*) misalnya pagi, siang dan sore hari. Maka polutan air limbah yang masuk ke dalam bak equalisasi ini ditambahkan sedikit udara, udara tersebut berguna sebagai pengadukan agar homogenisasi berjalan optimal.



Gambar 4.13. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Equalisasi
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

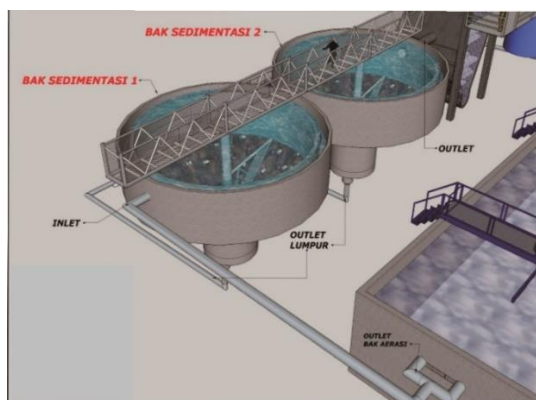
Outlet limbah yang sudah homogen akan masuk ke dalam bak aerasi. Di dalam bak aerasi yang terlihat pada gambar 4.14. di bawah ini polutan air limbah yang masuk ke dalam bak aerasi akan mengalami proses penguraian dengan menggunakan mikroorganisme aerob. Mikroba yang digunakan adalah bakteri filamen yang berfungsi untuk mereduksi zat-zat pencemar yang tersisa. Bakteri aerobik memerlukan oksigen untuk menunjang kehidupannya, suplai oksigen tersebut didapatkan dari 2 unit *motor aerator* yang secara langsung menyuntikkan oksigen ke dalam bak aerasi.

Untuk menjaga proses penguraian berjalan sempurna, maka harus dipenuhi pula kebutuhan mikroba seperti pH, banyaknya oksigen yang dapat dioksidasi (tes COD), serta banyaknya oksigen yang terlarut dalam air limbah (tes BOD). Peneliti mengindikasikan adanya masalah pada polutan yang keluar dari outlet. Hal ini diperkuat dengan tidak teraturnya pengoperasian jam operasi aerator. Yang seharusnya pengoperasian aerator dilakukan selama 12 jam, namun pada survei di lapangan pengoperasian aerator hanya dilakukan pada salah satu aerator saja. Dan hal tersebut mengindikasikan penyebab terjadinya kenaikan kadar parameter pencemar yaitu COD. Untuk itu sangat penting bahwa polutan air limbah pada bak aerasi yang nantinya terolah menjadi outlet sangat berpengaruh pada tingkat pencemaran buangan IPAL Margasari.



Gambar 4.14. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Aerasi
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

Campuran air dan lumpur (*mixed liquor*) akan dialirkan dari bak aerasi ke proses selanjutnya yaitu bak sedimentasi. Bak sedimentasi berfungsi untuk mengendapkan padatan secara gravitasi dalam waktu tinggal yang cukup. Bak sedimentasi menampung lumpur dan air terolah yang sudah terpisah. Lumpur yang masuk ke dalam bak sedimentasi, sebagian dari lumpur aktifnya akan dikembalikan kembali ke bak aerasi dan sebagian lagi dialirkan menuju bak baffel. IPAL Margasari menyediakan dua buah bak sedimentasi. Lumpur yang telah diolah kemudian akan di alirkan menuju bak lumpur yang sebelumnya akan masuk ke dalam bak baffel melalui pipa.



Gambar 4.15. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Sedimentasi
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

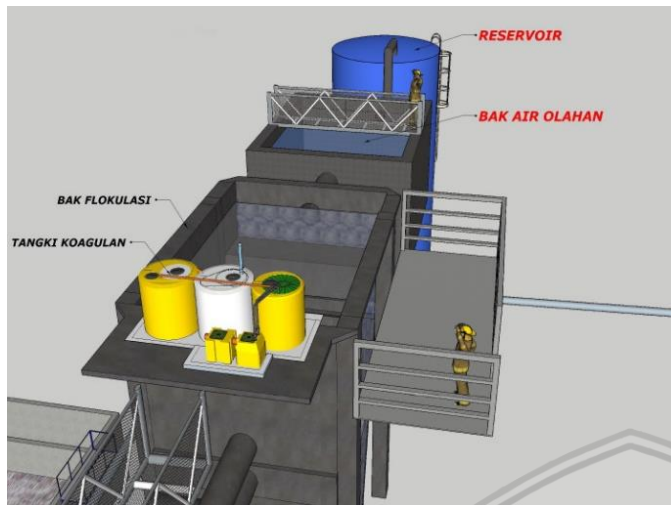
Seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, air limbah IPAL Margasari setelah melewati proses pengolahan pada bak sedimentasi tidak langsung masuk ke bak lumpur. Namun, air limbah tersebut juga masuk ke dalam proses pengolahan air limbah pada bak baffel. Pada bak baffel ini proses pengumpulan partikel-partikel halus yang tidak dapat diendapkan dengan jalan menambahkan bahan koagulan. Adapun bahan koagulan yang digunakan pada proses pengolahan air limbah di bak flokulasi ini yaitu tawas, serta koagulan tambahan yaitu *aqua floc* atau yang biasa di sebut kapur sirih. Penggunaan koagulan tambahan ini berfungsi untuk mendapatkan air yang lebih jernih serta mempercepat proses pengendapan lumpur. Air yang telah di bubuhi koagulan, dan telah jernih dan tidak berbau maka air limbah tersebut akan di teruskan masuk ke dalam bak air terolah.



Gambar 4.16. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Baffel atau Bak Flokulasi
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

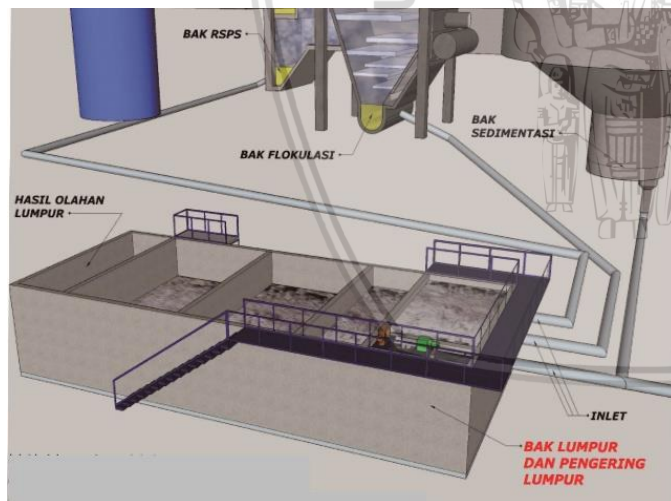
Air dari outlet bak *baffel* yang kemudian masuk ke dalam bak air olahan ini hanya akan tinggal untuk sementara waktu sebab selanjutnya air dari bak air olahan akan di pompa masuk ke reservoir sebagai tempat penampungan air olahan. Sebagian air olahan juga digunakan untuk keperluan pemadaman api saat kebakaran dan keperluan dinas

kebersihan atau pertamanan. Keseluruhan proses dapat dilihat lebih jelasnya pada gambar 4.17 berikut :



Gambar 4.17. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Air Olahan
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

Dapat dilihat pada gambar 4.17. bahwa inlet pada bak lumpur ini berasal dari 3 bak pengolahan sebelumnya antara lain bak R.S.P.S, bak sedimentasi, dan bak baffel. Hasil olahan lumpur dari bak lumpur ini nantinya akan di biarkan kering dengan bantuan sinar matahari untuk di manfaatkan kembali sebagai pupuk tanaman.



Gambar 4.18. Skema proses pengolahan air limbah pada Bak Lumpur
Sumber : Rizki Design IPAL Margasari, 2017

Sebenarnya IPAL Margasari merupakan bangunan IPAL domestik percontohan di kota Balikpapan, yang mana di *design* dengan kapasitas air olahan sebesar 972 m³/hari. Namun beberapa kendala muncul, salah satunya yaitu sering tidak berfungsinya motor aerator pada bak aerasi. Hal ini terjadi mengakibatkan besarnya kadar COD yang melebihi baku mutu air limbah yang ditetapkan. Pada kenyataannya bertambahnya polutan air limbah yang masuk ke dalam IPAL Margasari setiap harinya seharusnya di iringi dengan

pengoperasi pompa aerator yang sesuai dengan waktu tinggal air limbah pada masing-masing bak pengolah air limbah.

4.3. Evaluasi Kualitas *Effluent* IPAL Margasari

4.3.1. Pengambilan Sampel dan Pengukuran Sampel Air Limbah

Pada tiap penelitian, sampel adalah hal penting pada tiap tahap proses penelitian. Tiap tahap proses penelitian akan diuji beberapa sampel yang berguna sebagai bukti maupun sebagai bahan pertimbangan pada mengenai penelitian yang dilakukan.

Pada penelitian ini, peneliti akan mengambil beberapa sampel untuk uji laboratorium. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui besarnya hasil uji parameter pencemar jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur Nomor 02 Tahun 2011. Pada penelitian ini sampel akan diambil dari 4 titik yaitu *inlet*, bak equalisasi, bak aerasi, dan *outlet*.

Untuk pengambilan sampel pada *inlet*, bak equalisasi, bak aerasi, dan *outlet*, peneliti menyiapkan beberapa alat pengambilan terdiri dari 4 buah jerigen, 4 buah mikro, dan 4 buah minyak.



Gambar 4.19. Botol Jerigen

Sumber : Dokumentasi pribadi, 2017



Gambar 4.20. Botol Mikro

Sumber : Dokumentasi pribadi, 2017



Gambar 4.21. Botol Minyak

Sumber : Dokumentasi pribadi, 2017

Peneliti memberikan rentang waktu pengambilan pada tiap titik pengambilan sampel yaitu selama tujuh hari, dengan jeda waktu pengambilan tiap dua hari sekali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan parameter uji terhadap baku mutu air limbah untuk setiap pengambilan sampel pada pagi hari dan pada sore hari selama tujuh hari tersebut. Berikut peneliti menjelaskan lebih detail mengenai pengambilan sampel pada tiap-tiap titik.



Gambar 4.22. Pengambilan sampel pada titik *inlet*

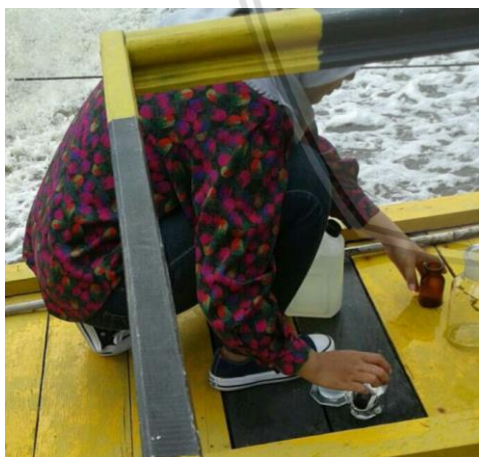
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Pengambilan sampel pada titik *inlet* dilakukan dengan menggunakan bantuan timba karena sampel uji yang akan di ambil sangat susah di jangkau oleh tangan peneliti. Kemudian, tiap-tiap botol yang telah di siapkan di isi air limbah satu persatu. Dimulai dari botol jerigen yang memiliki kapastitas penampungan 1000 ml. Dilanjutkan dengan botol mikro yang memiliki kapasitas tampungan sebesar 500 ml. Serta botol minyak yang memiliki kapasitas tampungan 90 ml. Pengisian pada botol mikro dan botol minyak haruslah di isi sampai tumpah, hal ini dilakukan agar tidak ada rongga udara di dalam botol-botol tersebut.



Gambar 4.23. Pengambilan sampel pada titik bak equalisasi
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Proses selanjutnya adalah pengisian air limbah yang dilakukan pada titik bak equalisasi. Pengambilan sampel pada titik ini tidak jauh berbeda dengan pengambilan sampel pada titik *inlet*, karena pengambilan sampel air limbah pada titik bak equalisasi juga menggunakan 3 wadah sampel antara lain botol jerigen, botol mikro, dan juga botol minyak. Hanya saja pengambilan sampel sebisa mungkin berada di tengah bak equalisasi. Hal ini dilakukan berdasarkan prosedur dalam metode pengambilan contoh air limbah yang tertera pada SNI 6989.59:2008. Dalam SNI 6989.59:2008 menyatakan bahwa titik lokasi pengambilan contoh sampel dilakukan pada titik dengan aliran turbulensi yang tinggi agar terjadi pencampuran yang baik.



Gambar 4.24. Pengambilan sampel pada titik bak aerasi
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Pengambilan sampel air limbah pada titik aerasi sama halnya dengan pengambilan pada titik equalisasi. Yaitu mengacu pada aturan SNI 6989.59:2008 tentang metode pengambilan contoh air limbah. Serta sama halnya dengan pengambilan sampel air limbah pada titik *inlet* yaitu memasukkan air limbah yang di ambil ke dalam 3 botol yang telah disiapkan. Antara lain botol jerigen, botol mikro, dan botol minyak.



Gambar 4.25. Pengambilan sampel pada titik *outlet*
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Untuk pengambilan sampel pada titik *outlet* memiliki perbedaan dibandingkan dengan pengambilan sampel pada titik lainnya. Jika pada titik *inlet* pengambilan sampel dilakukan pada saluran sebelum masuknya air limbah ke dalam IPAL, maka pada *outlet* tidak hanya dilakukan pada saluran menuju ke perairan penerima atau sungai. Tetapi pengambilan sampel di titik *outlet* dilakukan juga pada perairan penerima. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perairan penerima tercemar setelah bercampur dengan air limbah, namun belum bercampur atau menerima limbah cair lainnya. Prosedur pengambilan sampel air limbah ini juga disesuaikan dengan metode cara pengambilan contoh air limbah pada SNI 6989.59:2008.



Gambar 4.26. Pengumpulan sampel pada *iglo box*
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Setelah semua sampel terisi penuh pada setiap botol, sampel-sampe tersebut kemudian di kumpulkan di dalam satu wadah *iglo box* untuk kemudian di uji laboratorium.



Gambar 4.27. Pengujian sampel untuk parameter pH
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Saat sampel tiba di laboratorium PDAM Balikpapan, UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan. Perlakuan pertama yang dilakukan adalah menguji kadar keasaman tiap-tiap sampel.



Gambar 4.28. Pengujian sampel untuk parameter BOD
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Tiap-tiap sampel tersebut akan diuji parameter kedua yaitu BOD. Pengujian BOD yang dilakukan adalah BOD₅, BOD₅ berarti analisis *biochemical oxygen demand* yang diinkubasi selama 5 hari. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kekurangan oksigen yang dibutuhkan untuk memulihkan pencemaran suatu air limbah, dan ini merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran. Prosedur pengujian yang dilakukan pada sampel ini untuk parameter BOD adalah dengan mengikuti acuan APHA, 5210 B 2012.



Gambar 4.29. Pengujian sampel untuk parameter COD
Sumber : Dokumentasi lapangan, 2017

Pengujian parameter selanjutnya adalah COD, untuk pengujian parameter COD menggunakan metode acuan yang terdapat dalam SNI 6989.73-2009. Pengujian COD ini menggunakan refluks tertutup secara titrimetri. Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (COD) dalam air dan air limbah dengan reduksi Cr_2O_7 atau biasa disebut kalium dikromat. Pengukuran COD pada penelitian ini memerlukan waktu sekitar 2 jam. Lebih cepat dibandingkan dengan pengujian untuk parameter BOD yang membutuhkan 5 hari.

4.3.2. Hasil Uji Laboratorium IPAL Domestik Margasari

Kualitas *effluent* dari suatu IPAL Domestik yang akan di buang ke sungai sangatlah berpengaruh terhadap kehidupan biota air. Kelayakan *effluent* tersebut haruslah tidak melebihi dari baku mutu air limbah yang telah ditetapkan agar tidak mencemari sungai dan membuat biota air mati. Untuk mengetahui kelayakan *effluent* dari IPAL Domestik Margasari tersebut, maka di lakukan uji laboratorium. Dengan melakukan uji laboratorium akan diketahui kelayakan *effluent* terhadap baku mutu air limbah yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini hasil uji laboratorium akan di bandingkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.

Berdasarkan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan di Laboratorium PDAM Balikpapan UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan, didapatkan hasil uji laboratorium sebagai berikut :

Tabel 4.1.
Hasil Uji Laboratorium Parameter IPAL Margasari

Tanggal	Titik	Waktu	Parameter Uji				
	Pengambilan Sampel	Pengambilan (wita)	BOD (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₃ (mg/l)	TSS (mg/l)	pH
04 Agustus 2017	Inlet	09.15	98	188	16	115	7,3
	Bak Equalisai	09.35	46	176	8	132	7,5
		15.40	82	181	11	145	7,4
	Bak Aerasi	09.45	32	169	0	150	7,2
		16.05	51	177	2	168	7
	Bak Sedimentasi	16.10	41,5	173	1	159	-
	Outlet	16.25	38	166	0	17	7,6
07 Agustus 2017	Inlet	09.05	84	189	18	107	7,6
	Bak Equalisai	09.20	52	166	10	118	7,4
		15.10	76	179	17	161	7,2
	Bak Aerasi	09.35	33	160	6	137	7,6
		15.30	56	177	4	92	7
	Bak Sedimentasi	15.40	44,5	168,5	5	114,5	-
	Outlet	16.15	28	168	0	10	7,4
10 Agustus 2017	Inlet	09.30	102	192	21	143	7,6
	Bak Equalisai	09.46	69	179	5	131	7,5
		15.25	73	180	7	129	7,6
	Bak Aerasi	10.10	56	171	4	85	8
		15.45	67	179	0	42	7
	Bak Sedimentasi	15.55	61,5	175	0	63,5	-
	Outlet	16.10	14	170,5	0	9	7,5

Sumber : hasil uji laboratorium, 2017

Pada tabel 4.1. diketahui bahwa pengambilan sampel uji dilakukan pada waktu pagi hari sekitar pukul 10.00 wita dan pada sore hari sekitar pukul 16.00 wita. Dengan dilakukannya pengambilan sampel pada dua waktu maka dapat disimpulkan bahwa adanya kenaikan kadar parameter pencemar pada waktu pengambilan sampel di sore hari. Hal ini dapat disebabkan karena banyaknya masyarakat sekitar IPAL Margasari yang menghasilkan limbah di sore hari. Khusus untuk waktu pengambilan sampel pada tanggal 04 Agustus 2017, dua pompa aerator untuk bak aerasi berfungsi normal. Dan didapatkan hasil adanya penurunan kadar parameter pencemar dibandingkan dengan tanggal pengambilan sampel 07 Agustus 2017 maupun 10 Agustus 2017. Namun, penurunan tersebut kadar parameter pencemar tersebut belum sesuai dengan baku mutu air limbah yang berlaku. Terlebih pada parameter COD yang mana kadar parameter pencemarnya masih melebihi dari baku mutu air limbah yang berlaku yaitu 150 mg/L.

Tabel 4.2.

Rekapitulasi hasil uji parameter IPAL Domestik Margasari Kota Balikpapan

Tanggal	Parameter Uji	Metode Acuan	Baku Mutu Air Limbah	Titik Pengambilan Sampel			
				Inlet (mg/l)	Bak Equalisasi (mg/l)	Bak Aerasi (mg/l)	Outlet (mg/l)
04 Agustus 2017	BOD	APHA, 5210 B 2012	100	98	64	41,5	38
	COD	SNI 6989.73-2009	150	188	178,5	173	166
	NH ₃	SNI-06.6989.30.2005	10	16	9,5	1	0
	TSS	SNI 06-6989.27-2005	100	115	138,5	159	17
	Minyak dan Lemak	SNI 6989-10-2011	10	0	0	0	0
	Bakteri E. Coli	APHA-9221B (2012)	10 ⁴ MPN/10 ³	13x10 ⁶	13x10 ⁶	13x10 ⁶	20x10 ³
	pH	APHA-4500-*(2012)	6,0 – 9,0	7,3	7,45	7,1	7,6
07 Agustus 2017	BOD	APHA, 5210 B 2012	100	84	64	44,5	28
	COD	SNI 6989.73-2009	150	189	172,5	168,5	168
	NH ₃	SNI-06.6989.30.2005	10	18	13,5	5	0
	TSS	SNI 06-6989.27-2005	100	107	139,5	114,5	10
	Minyak dan Lemak	SNI 6989-10-2011	10	0	0	0	0
	Bakteri E. Coli	APHA-9221B (2012)	10 ⁴ MPN/10 ³	10x10 ⁵	10x10 ⁵	10x10 ⁵	15x10 ³
	pH	APHA-4500-*(2012)	6,0 – 9,0	7,6	7,3	7,3	7,4
10 Agustus 2017	BOD	APHA, 5210 B 2012	100	102	71	61,5	14
	COD	SNI 6989.73-2009	150	192	179,5	175	170,5
	NH ₃	SNI-06.6989.30.2005	10	21	6	2	0
	TSS	SNI 06-6989.27-2005	100	143	130	63,5	9
	Minyak dan Lemak	SNI 6989-10-2011	10	0	0	0	0
	Bakteri E. Coli	APHA-9221B (2012)	10 ⁴ MPN/10 ³	11x10 ⁵	11x10 ⁵	11x10 ⁵	10x10 ³
	pH	APHA-4500-H*(2012)	6,0 – 9,0	7,6	7,55	7,5	7,5

Sumber : hasil uji laboratorium, 2017

Pada tabel 4.2. data perhitungan yang tertera yaitu titik pengambilan sampel dibagi menjadi 4 titik. Pengambilan sampel pada titik sampel untuk *Inlet* di ambil dari bak R.S.P.S yang mana waktu pengambilan sampelnya dilakukan pada pagi hari. Sementara untuk titik *outlet* mewakili pengambilan sampel untuk titik saluran pembuangan air limbah yang telah di olah ke badan sungai dan pengambilan sampelnya dilakukan pada sore hari. Hasil dari uji laboratorium tersebut, kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah PERDA Provinsi Kalimantan Timur No 02 tahun 2011. Berdasarkan hasil uji laboratorium pada tabel 4.2. dapat disimpulkan bahwa pada setiap titik pengambilan sampel tidak terjadi kenaikan kadar untuk parameter COD yang tidak sesuai dengan baku mutu air limbah.

Sementara untuk bak sedimentasi pengujian yang dilakukan hanya untuk parameter TSS dan tertera pada tabel 4.3. berikut ini :

Tabel 4.3.

Hail uji parameter TSS pada Bak Sedimentasi

No	Tanggal	Parameter	Baku Mutu (mg/L)	Metode Acuan	Titik Pengambilan
					Bak Sedimentasi (mg/L)
1	04 Agustus 2017	TSS	100	SNI 06-6989.27-2005	10
2	07 Agustus 2017				17
3	10 Agustus 2017				48

Sumber : hasil uji laboratorium, 2017

Dari tabel 4.3. didapatkan hasil uji laboratorium. *Influent* rencana dari IPAL Margasari adalah sebesar 300 m/L. Untuk 3 hari waktu pengambilan dapat dilihat bahwa pada tanggal 10 Agustus 2017 terjadi kenaikan nilai dari hasil uji parameter TSS. Pengambilan sampel untuk parameter uji TSS dilakukan dengan menunggu sedimen yang mengendap tidak tergenang oleh air limbah atau sudah mulai mengering walaupun belum sepenuhnya kering.

4.3.3. Perhitungan dan Analisa Efisiensi Parameter Uji IPAL Margasari

Perhitungan efisiensi pengurangan setiap parameter uji merupakan suatu cara untuk mengetahui penurunan fungsi pada bangunan pengolah limbah IPAL Margasari. Efisiensi penurunan parameter kualitas air IPAL Margasari antara lain BOD, COD, NH₃, dan TSS.

Tabel 4.4.

Hasil Uji Parameter pada titik *inlet* dan *outlet* IPAL Margasari

No	Tanggal Pengambilan	Parameter	Titik Pengambilan	
			Inlet (mg/l)	Outlet (mg/l)
1	04 Agustus 2017	BOD	98	38
		COD	188	166
		NH ₃	16	0
		TSS	115	15,5
2	07 Agustus 2017	BOD	84	28
		COD	189	168
		NH ₃	18	0
		TSS	107	10
3	10 Agustus 2017	BOD	102	14
		COD	192	173
		NH ₃	21	0
		TSS	143	9

Sumber : hasil uji laboratorium, 2017

Perhitungan efisiensi dihitung berdasarkan data hasil uji parameter pada *inlet*, bak equalisasi, bak aerasi, dan *outlet*. Perhitungan efisiensi untuk setiap parameter uji ini sangat berpengaruh pada hasil evaluasi untuk tiap-tiap bangunan utama pada IPAL Margasari. Perhitungan analisa efisiensi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4.5.

Perhitungan analisa efisiensi parameter uji IPAL Margasari

No	Tanggal Pengambilan	Efisiensi Parameter Uji (%)			
		BOD	COD	NH ₃	TSS
1	04 Agustus 2017	61	12	100	85
2	07 Agustus 2017	67	11	100	91
3	10 Agustus 2017	86	10	100	94

Sumber : hasil perhitungan, 2017

Dari tabel 4.5. perhitungan efisiensi untuk tanggal pengambilan 04 Agustus 2017, contoh perhitungan untuk parameter-parameter uji yang dihitung menggunakan persamaan (2-36) adalah sebagai berikut :

- Perhitungan presentase penurunan parameter BOD

$$\begin{aligned}\eta_{BOD} &= \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{98-38}{98} \times 100\% \\ &= 61\%\end{aligned}$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter COD

$$\begin{aligned}\eta_{COD} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{188-166}{188} \times 100\% \\ &= 12\%\end{aligned}$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter NH₃

$$\begin{aligned}\eta_{NH_3} &= \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{16-0}{16} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter TSS

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{155-17}{155} \times 100\% \\ &= 85\%\end{aligned}$$

Perhitungan efisiensi untuk tanggal pengambilan 07 Agustus 2017, contoh perhitungan untuk parameter-parameter uji yang dihitung menggunakan persamaan (2-36) adalah :

- Perhitungan presentase penurunan parameter BOD

$$\eta_{BOD} = \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{84-28}{84} \times 100\%$$

$$= 67 \%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter COD

$$\eta_{COD} = \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{189-168}{189} \times 100\%$$

$$= 11\%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter NH_3

$$\eta_{NH_3} = \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{18-0}{18} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter TSS

$$\eta_{TSS} = \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{107-10}{107} \times 100\%$$

$$= 91\%$$

Dan perhitungan efisiensi untuk tanggal pengambilan 10 Agustus 2017, contoh perhitungan untuk parameter-parameter uji yang dihitung menggunakan persamaan (2-36) adalah sebagai berikut :

- Perhitungan presentase penurunan parameter BOD

$$\eta_{BOD} = \frac{BOD_{inlet} - BOD_{outlet}}{BOD_{inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{102-22}{102} \times 100\%$$

$$= 86\%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter COD

$$\eta_{COD} = \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{192-173}{192} \times 100\%$$

$$= 10\%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter NH_3

$$\eta_{NH_3} = \frac{NH_{3inlet} - NH_{3outlet}}{NH_{3inlet}} \times 100\%$$

$$= \frac{21-0}{21} \times 100\%$$

$$= 100\%$$

- Perhitungan presentase penurunan parameter TSS

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet}}{TSS_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{143-9}{143} \times 100\% \\ &= 94\%\end{aligned}$$

Dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk parameter uji BOD mengalami persentase kenaikan yaitu sebesar 61% pada tanggal 04 Agustus 2017, 67% pada 07 Agustus 2017, dan 86% pada 10 Agustus 2017. Dapat disimpulkan bahwa kinerja IPAL Margasari mengalami penurunan terhadap pengurangan kadar BOD. Penurunan kadar BOD dapat disebabkan kurangnya waktu pengoperasian pompa air limbah pada bak equalisasi dan bak aerasi, sehingga pompa tidak meratakan beban limbah secara rata. Kadar BOD pada outlet untuk semua tanggal pengambilan sampel masih memenuhi standar baku mutu air limbah domestik yang ditetapkan oleh pemerintah yaitu sebesar 100mg/L.

Sementara untuk efisiensi parameter COD hasil perhitungan pada tabel 4.4. diketahui persentase penurunan kadar COD sebesar 12% pada tanggal 04 Agustus 2017, 11% pada tanggal 07 Agustus 2017, serta 10% pada tanggal 10 Agustus 2017. Dapat disimpulkan bahwa kinerja IPAL Margasari mengalami penurunan terhadap kadar COD. Kadar COD pada outlet untuk semua tanggal pengambilan sampel uji tidak memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Timur No 01 tahun 2011 yaitu sebesar 150 mg/L. Hal ini dapat terjadi akibat waktu pengoperasian pompa pada bak equalisasi dan bak aerasi kurang, rata-rata perhari jumlah pengoperasian pompa aerator hanya 12 jam. Sementara untuk pengoperasian yang sesuai dengan standar pengoperasian aerator pada IPAL domestik adalah sebesar 20 jam perhari. Untuk itu perlu di kaji lebih lanjut mengenai pengoperasian pompa aerator pada IPAL Margasari tersebut.

Persentase penurunan kadar untuk NH_3 yang tertera pada table 4.4. adalah sebesar 100% pada tanggal 04 Agustus 2017, kemudian tidak mengalami penurunan yaitu sebesar 100% pada tanggal 07 Agustus 2017, dan nilai yang sama yaitu sebesar 100% pada tanggal 10 Agustus 2017. Dapat disimpulkan bahwa tidak terjadi penurunan kadar parameter NH_3 . Hal ini menyatakan bahwa IPAL Margasari masih layak untuk mengolah limbah dengan parameter NH_3 .

Dan untuk persentase penurunan kadar parameter TSS yang tertera pada tabel 4.4. adalah sebesar 85% untuk tanggal pengambilan sampel 04 Agustus 2017, 91% untuk tanggal pengambilan sampel 07 Agustus 2017, dan 94% untuk tanggal

pengambilan sampel 10 Agustus 2017. Terjadinya penurunan efektivitas IPAL Margasari untuk parameter TSS disebabkan kurangnya waktu tinggal pada bak pengendap. Sementara untuk perhitungan efisiensi penurunan parameter TSS pada bak sedimentasi dapat dilihat pada tabel berikut ini,

Tabel 4.6.

Effisiensi parameter TSS pada Bak Sedimentasi

No	Tanggal Pengambilan	Inlet (mg/L)	Outlet bak sedimentasi (mg/L)	Effisiensi Parameter Uji (%)
				TSS
1	04 Agustus 2017	115	10	91
2	07 Agustus 2017	107	17	90
3	10 Agustus 2017	143	48	95

Sumber : hasil perhitungan, 2017

Perhitungan presentase penurunan parameter TSS adalah sebagai berikut :

- 04 Agustus 2017

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet\ sedimentasi}}{TSS_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{115 - 10}{115} \times 100\% \\ &= 91\%\end{aligned}$$

- 07 Agustus 2017

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet\ sedimentasi}}{TSS_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{107 - 17}{107} \times 100\% \\ &= 90\%\end{aligned}$$

- 10 Agustus 2017

$$\begin{aligned}\eta_{TSS} &= \frac{TSS_{inlet} - TSS_{outlet\ sedimentasi}}{TSS_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{143 - 48}{143} \times 100\% \\ &= 95\%\end{aligned}$$

4.4. Prediksi Kuantitas IPAL Domestik Margasari

Prediksi kuantitas IPAL domestik Margasari merupakan perhitungan jangka panjang berupa proyeksi jumlah penduduk, proyeksi kebutuhan air, dan proyeksi debit air limbah. Seperti pada sub bab berikut ini :

4.4.1. Proyeksi Penduduk

Untuk mengetahui berapa efisiensi bangunan IPAL untuk jangka waktu 10 tahun yang akan datang, kita harus mengetahui jumlah air limbah yang dibuang setiap satuan

waktu. Dan untuk mengetahui jumlah air limbah yang dibuang, kita harus mengetahui jumlah penduduk dengan sistem proyeksi pertahun.. Metode yang paling mendekati terhadap jumlah penduduk sebenarnya yang akan dipilih untuk menentukan proyeksi penduduk suatu kota yang akan datang. Evaluasi kinerja IPAL Margasari menggunakan 3 metode proyeksi penduduk yaitu aritmatik, geometrik, dan eksponensial. Penggunaan tiga metode tersebut bertujuan untuk memperoleh persamaan matematis yang dapat mewakili pola pertumbuhan penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat.

Berikut merupakan data pertumbuhan penduduk kelurahan Margasari Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan dengan perhitungan laju pertumbuhan penduduknya.

Tabel 4.7.

Tabel jumlah penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Provinsi Kalimantan Timur

No	Tahun	Jumlah Penduduk Kelurahan Margasari	Pertumbuhan Penduduk	
			(jiwa)	(%)
1	2006	11662	-	-
2	2007	11173	101	0,9
3	2008	11889	126	1,1
4	2009	12061	172	1,4
5	2010	12243	182	1,5
6	2011	12450	207	1,7
7	2012	12656	206	1,6
8	2013	12843	187	1,5
9	2014	13246	403	3,0
10	2015	13627	381	2,8
11	2016	13877	250	1,8
Rerata			222	1,7

Sumber : Badan Pusat Statistik Kota Balikpapan, 2017

Contoh perhitungan dari tabel 4.7. adalah sebagai berikut :

Diketahui :

Jumlah penduduk tahun 2006 = 11662 jiwa

Jumlah penduduk tahun 2007 = 11763 jiwa

Maka, perhitungan laju pertumbuhan yang terjadi antara tahun 2006 dengan 2007 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Pertumbuhan penduduk} &= \text{jumlah penduduk mendatang} - \text{jumlah penduduk sebelumnya} \\
 &= 11763 \text{ jiwa} - 11662 \text{ jiwa} \\
 &= 101 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Jadi, dapat di tarik kesimpulan bahwa prosentase pertumbuhan penduduk yang terjadi pada tahun 2007 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Prosentase (\%)} \text{ pertumbuhan penduduk} &= \frac{\text{jumlah pertumbuhan penduduk}}{\text{Jumlah penduduk}} \\ &= \frac{110}{1162} = 0,9 \%\end{aligned}$$

Hasil perhitungan proyeksi penduduk Kelurahan Margasari menggunakan metode aritmatik, geometrik dan eksponensial dapat dilihat pada tabel 4.8. berikut ini :

Tabel 4.8.

Poyeksi jumlah penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan dengan Metode Aritmatik, Metode Geometrik, dan Metode Eksponensial

Metode Proyeksi Penduduk				
No	Tahun	Aritmatik	Geometrik	Eksponensial
		(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)
1	2016	13877	13877	13877
2	2017	14116	14116	14118
3	2018	14355	14359	14363
4	2019	14594	14606	14613
5	2020	14833	14858	14866
6	2021	15072	15113	15124
7	2022	15311	15374	15387
8	2023	15549	15638	15654
9	2024	15788	15908	15926
10	2025	16027	16182	16203
11	2026	16266	16460	16484

Sumber : hasil perhitungan, 2017

Berdasarkan persamaan (2-24), contoh perhitungan untuk proyeksi penduduk dengan menggunakan metode aritmatik Kelurahan Margasari untuk tahun 2017 yang tertera pada tabel 4.8. adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_t &= P_0 (1 + (r(t))) \\ &= 13877 (1 + (1,7\%(1))) \\ &= 14116 \text{ jiwa}\end{aligned}$$

Contoh perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan metode geometrik Kelurahan Margasari untuk tahun 2017 yang tertera pada tabel 4.8. dihitung berdasarkan persamaan (2-25) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}P_t &= P_0 (1 + r^t) \\ &= 13877 (1 + ((1,7\%)^1)) \\ &= 14116 \text{ jiwa}\end{aligned}$$

Dan untuk contoh perhitungan proyeksi penduduk dengan menggunakan metode eksponensial Kelurahan Margasari untuk tahun 2017 yang tertera pada tabel 4.8. dihitung berdasarkan persamaan (2-26) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_t &= P_0 (2,178^{(r \times n)}) \\
 &= 13877 (2,178^{(1,7\% \times 1)}) \\
 &= 14118 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

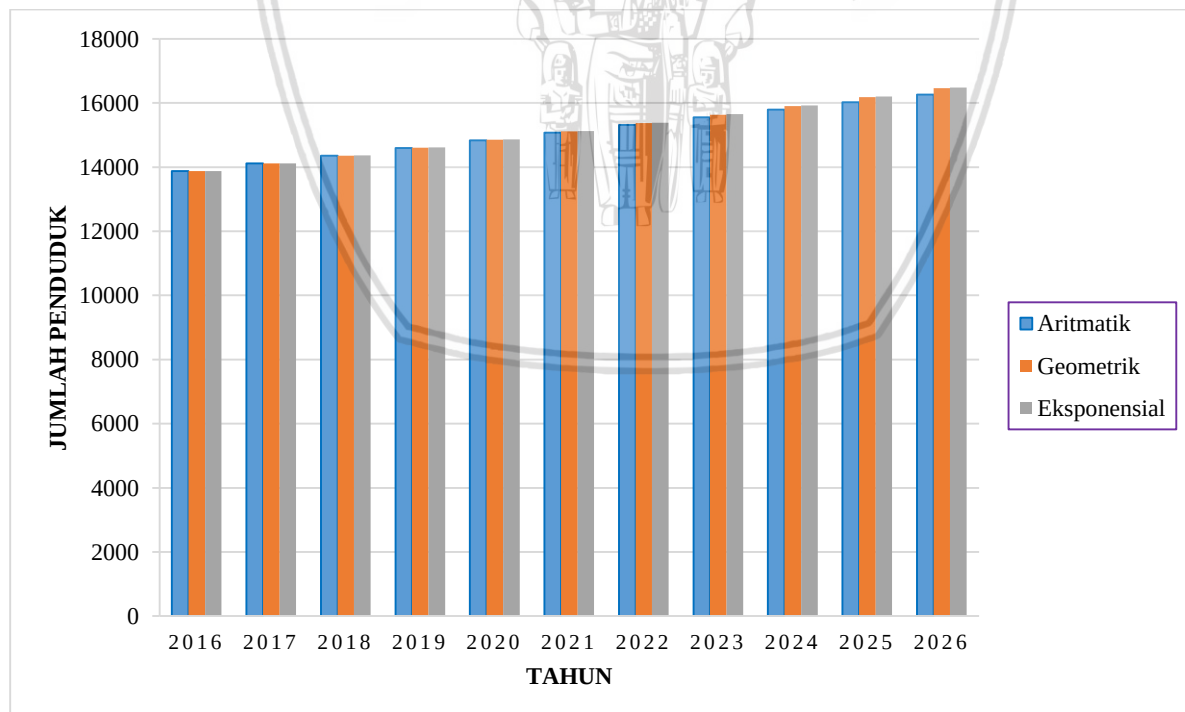
Tabel 4.9.

Uji Kesesuaian Metode Proyeksi Jumlah Penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan

No	Metode	Rekapitulasi	
		Standar Deviasi	Koefisien Korelasi
1	Aritmatik	792,425	0,983
2	Geometrik	856,670	0,987
3	Eksponensial	864,577	0,987

Sumber : hasil perhitungan, 2017

Kesimpulannya adalah metode perhitungan pertumbuhan penduduk yang dipilih adalah dengan menggunakan metode aritmatik. Karena metode aritmatik memiliki hasil simpangan baku paling kecil dan nilai koefisien korelasinya mendekati nilai satu dibanding dengan metode geometrik dan eksponensial.



Gambar 4.30. Grafik Rekapitulasi Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan

4.4.2. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih sangat berpengaruh pada proyeksi air limbah yang akan dihitung. Untuk itu, perhitungan kebutuhan air bersih di hitung berdasarkan kepadatan jumlah penduduk pada tahun-tahun proyeksi, tepatnya mulai dari tahun 2017 sampai 2026, perhitungannya adalah sebagai berikut :

Diketahui :

Proyeksi jumlah penduduk tahun 2017 sebesar 14116 jiwa

Jawab :

- Kebutuhan Air, dihitung berdasarkan persamaan (2-27) dan persamaan (2-28) :

- Domestik
$$= \frac{60 \times \text{jumlah penduduk}}{24 \times 60 \times 60} = \frac{60 \times 14116}{24 \times 60 \times 60}$$
$$= 9,803 \text{ liter/detik}$$

- Non domestik
$$= 0,15 \times \text{kebutuhan air domestik}$$
$$= 0,15 \times 9,803 \text{ liter/detik}$$
$$= 2,941 \text{ liter/detik}$$

Jadi, total kebutuhan air pada tahun 2017 adalah jumlah dari nilai kebutuhan air domestik dan kebutuhan air non domestik yaitu sebesar 12,744 liter/detik

- Kehilangan Air
$$= 0,15 \times \text{total kebutuhan air}$$
$$= 0,15 \times 12,744 \text{ liter/detik}$$
$$= 1,912 \text{ liter/detik}$$
- Kebutuhan Air Baku
$$= \text{total kebutuhan air} + \text{kehilangan air}$$
$$= 12,744 \text{ liter/detik} + 1,912 \text{ liter/detik}$$
$$= 14,655 \text{ liter/detik}$$

- Fluktuasi Kebutuhan Air
 - Harian Maksimum
$$= 1,15 \times \text{kebutuhan air baku}$$
$$= 1,15 \times 14,655 \text{ liter/detik}$$
$$= 16,853 \text{ liter/detik}$$
 - Jam Puncak
$$= 1,56 \times \text{kebutuhan air baku}$$
$$= 1,56 \times 14,655 \text{ liter/detik}$$
$$= 22,862 \text{ liter/detik}$$

Maka, perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih dapat dilihat dalam tabel 4.10. perhitungan kebutuhan air bersih Kelurahan Margasari adalah sebagai berikut :

Tabel 4.10.

Proyeksi kebutuhan air bersih Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan

Tahun	Kebutuhan Air		Kebutuhan Air Total	Kehilangan Air	Kebutuhan Air Baku	Fluktuasi Kebutuhan Air	
	Domestik	Non domestik				Harian Maksimum	Jam Puncak
-	liter/detik	liter/detik	liter/detik	liter/detik	liter/detik	liter/detik	liter/detik
2016	9,637	1,446	11,082	1,662	12,745	14,656	19,882
2017	9,803	2,941	12,744	1,912	14,655	16,853	22,862
2018	9,696	2,991	12,959	1,944	14,903	17,139	23,249
2019	10,135	3,040	13,175	1,976	15,151	17,424	23,636
2020	10,300	3,090	13,391	2,009	15,399	17,709	24,023
2021	10,466	3,140	13,606	2,041	15,647	17,994	24,410
2022	10,632	3,190	13,822	2,073	15,895	18,280	24,797
2023	10,798	3,239	14,038	2,106	16,143	18,565	25,184
2024	10,964	3,289	14,253	2,138	16,391	18,850	25,571
2025	11,130	3,339	14,469	2,170	16,639	19,135	25,958
2026	11,296	3,389	14,685	2,203	16,888	19,421	26,345

Sumber : hasil perhitungan, 2017

4.4.3. Proyeksi Debit Air Limbah

Yang menjadi dasar perhitungan proyeksi kapasitas air limbah diantaranya adalah proyeksi kebutuhan air minum. Analisa kapasitas pengelolaan air limbah yang direncanakan akan ditentukan berdasarkan perhitungan proyeksi kebutuhan air (*water demand projection*). Proyeksi kebutuhan air dihitung berdasarkan cakupan pelayanan (*coverage area*), proyeksi pertumbuhan penduduk, tingkat pelayanan (*service level*) dan konsumsi pemakaian air (*water consumption*). Jumlah air limbah yang dihasilkan tergantung jumlah pemakaian air minum yang dikonsumsi yaitu sebesar 80% dari jumlah pemakaian air minum (Direktorat PPLP Ciptakarya PU, 2006).

Dalam air buangan dikenal beberapa istilah debit, antara lain debit rata-rata (Q_r), debit harian maksimum (Q_{md}), debit minimum (Q_{min}), debit infiltrasi (Q_{inf}), debit puncak (Q_{peak}), dan debit air buangan non domestik (Q_{nd}).

Dari hasil perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih pada tabel 4.9. maka didapatkan hasil perhitungan proyeksi debit air limbah sebagai berikut :

Tabel 4.11.

Proyeksi debit air limbah Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan, Provinsi Kalimantan Timur

No	Tahun	Proyeksi Penduduk	Kebutuhan Air	Kebutuhan Air		Kebutuhan Air Total	Q_r	Q_{peak}	Q_{min}
				Domestik	Non Domestik				
-	-	Jiwa	lt/org/hari	lt/dtk	lt/dtk	lt/dtk	lt/dtk	lt/dtk	lt/dtk
1	2016	13877	60	9,637	1,446	11,082	8,866	11,082	6,181
2	2017	14140	60	9,803	2,941	12,744	10,186	12,744	7,230
3	2018	14331	60	9,969	2,991	12,959	10,350	12,959	7,476
4	2019	14557	60	10,135	3,040	13,175	10,514	13,175	7,727
5	2020	14784	60	10,300	3,090	13,391	10,677	13,391	7,983
6	2021	15011	60	10,466	3,140	13,606	10,841	13,606	8,242
7	2022	15238	60	10,632	3,190	13,822	11,005	13,822	8,505
8	2023	15464	60	10,798	3,239	14,038	11,169	14,038	8,773
9	2024	15691	60	10,964	3,289	14,253	11,333	14,253	9,044
10	2025	15918	60	11,130	3,339	14,469	11,496	14,469	9,320
11	2026	16145	60	11,296	3,389	14,685	11,660	14,685	9,600

Sumber : hasil perhitungan, 2017

Diketahui berdasarkan perhitungan pada tabel 4.11. didapatkan hasil sebagai berikut :

- Proyeksi jumlah penduduk pada tahun 2017 adalah 14140 jiwa
- Kebutuhan air yang di butuhkan setiap hari adalah 60 liter/hari/orang
- Kebutuhan air domestik sebesar 9,803 liter/detik
- Kebutuhan air non domestik sebesar 2,941 liter/detik

Contoh perhitungan tabel 4.11. untuk debit air limbah rata-rata pada tahun 2017 yang di hitung berdasarkan persamaan (2-30) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_r &= 80\% \times Q_{air\ total} \\
 &= 80\% \times 12,744 \\
 &= 10,195 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan persamaan (2-31) perhitungan untuk nilai Q_{maks} atau Q_{peak} adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 Q_{peak} &= f_{peak} \times Q_r \\
 &= 1,25 \times 10,195 \\
 &= 12,634 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

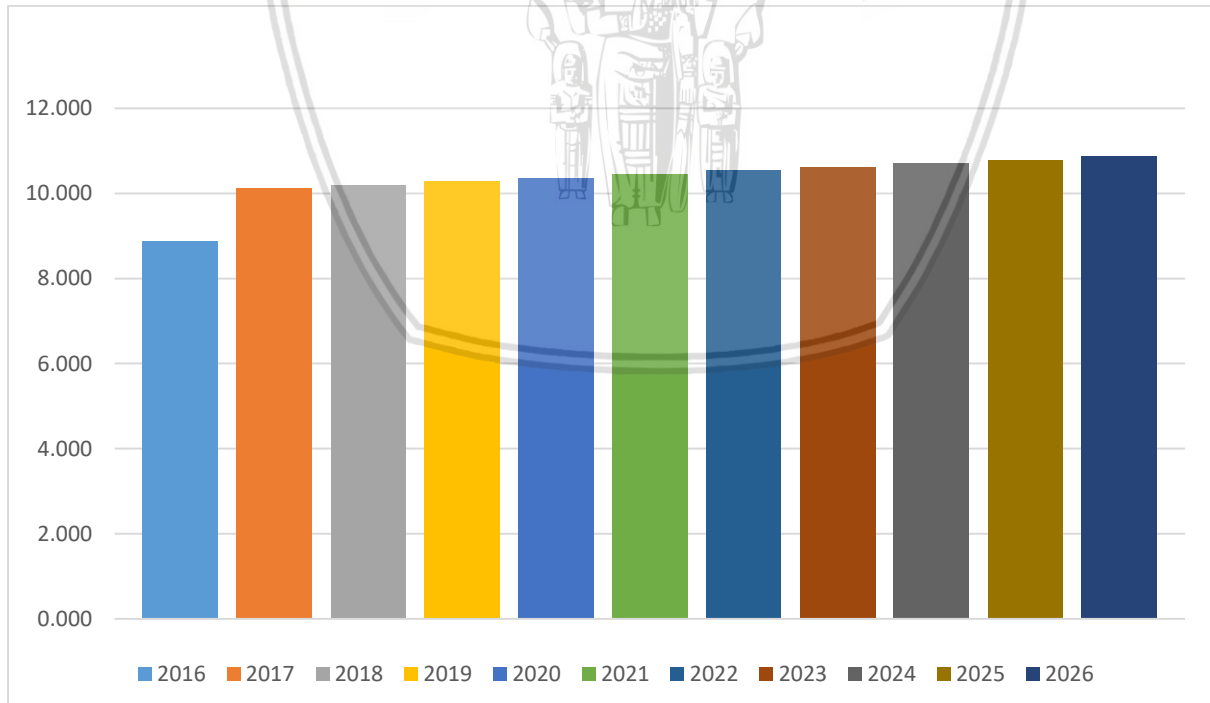
Dan untuk perhitungan $Q_{\min}$ dihitung berdasarkan persamaan (2-35) sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \bullet \quad Q_{\min} &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{P}{1000} \right)^{1,2} \times Q_r \\
 &= \frac{1}{5} \times \left(\frac{14116}{1000} \right)^{1,2} \times 10,195 \\
 &= 7,230 \text{ liter/detik}
 \end{aligned}$$

Dalam perencanaan awal IPAL Margasari diperuntukan dapat menampung air limbah sebesar 972m³/hari. Sementara dari hasil perhitungan proyeksi debit air limbah yang telah dilakukan, limbah rumah tangga yang masuk ke dalam IPAL Margasari melebihi kapasitas rencana awal. Pada tahun 2017, dengan total pengolahan air limbah dengan nilai sebesar 10,186 liter/detik yang di konversikan menjadi satuan m³/hari nilainya menjadi 880,834 m³/hari. Dan pada tahun 2026 diketahui bahwa IPAL Margasari akan menampung debit sebesar 11,660 liter/detik atau setara dengan 1015,014 m³/hari.

Maka dapat disimpulkan bahwa IPAL Margasari tidak akan mampu untuk menampung debit pada tahun 2026, sehingga perlu adanya solusi yang dapat mengatasi permasalahan debit air limbah IPAL Margasari yang setiap hari bertambah ini.

Data pada tabel 4.11. apabila dibuat menjadi grafik hasilnya akan seperti gambar 4.31. berikut ini :



Gambar 4.31. Grafik Proyeksi Debit Air Limbah IPAL Margasari, Kelurahan Margasari, Kecamatan Balikpapan Barat, Kota Balikpapan

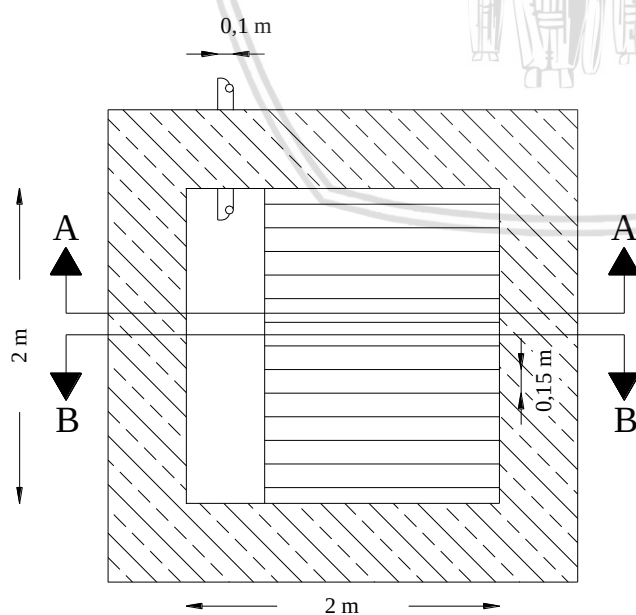
4.5. Kondisi terkini IPAL Margasari

4.5.1. Bak R.S.P.S (Raw Sawage Pump Station)

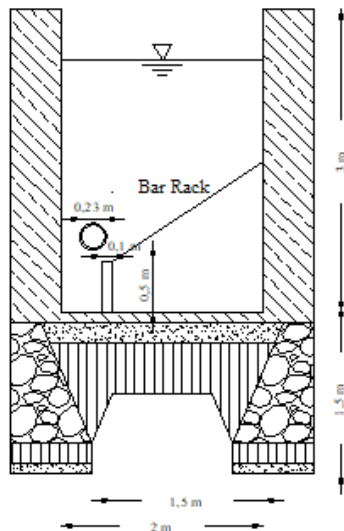
Bak RSPS memiliki dimensi 2m x 2m x 3 m seperti yang terlihat pada gambar 4.50. sampai dengan gambar 4.7. Proses *screening* dilakukan dengan menggunakan *bar rack* dengan jarak bar 15 cm yang diharapkan mampu mengurangi material padat serta sampah yang terbawa pada jaringan perpipaan dengan efisiensi 90 sampai 100%.



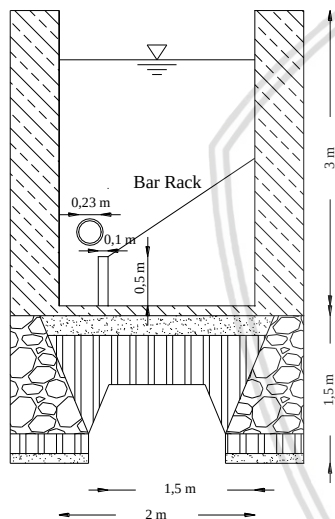
Gambar 4.32. Bak RSPS (Raw Sawage Pump Station)
Sumber : dokumentasi pribadi



Gambar 4.33. Denah Bak R.S.P.S. (Raw Sawage Pump Station)
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.34. Denah potongan A-A Bak R.S.P.S (Raw Sawage Pump Station)
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.35. Denah potongan B-B Bak R.S.P.S. (Raw Sawage Pump Station)
Sumber : olahan peneliti

Untuk memudahkan memahami mengenai bagian-bagian yang terdapat di Bak R.S.P.S peneliti menyajikannya dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 4.12.

Rincian fungsi dan kapasitas tiap bagian pada Bak R.S.P.S

No	Komponen	Fungsi dan Kapasitas
1	Screen	Berfungsi mengurangi material padatan dari sampah yang terbawa masuk ke dalam bak R.S.P.S
2	Pompa Submersible	- Berkapasitas 40-120 liter per menit - Output listrik yang dihasilkan sekitar 120-350 watt - Bahannya berupa <i>fiber glass</i> atau <i>techno polimer</i>

Sumber : Gambaran umum IPAL Margasari

4.5.2. Bak Equalisasi

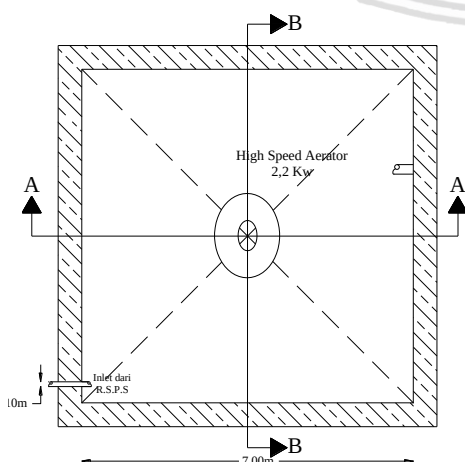
Proses equalisasi dilakukan pada bak yang berukuran 7m x 7m x 3m, dengan memanfaatkan aerator permukaan berdaya 2,2 kw. Pada bak equalisasi ini dipasang 2 buah motor aerator yang berfungsi sebagai pencegah pembusukan, juga untuk membantu mengaduk limbah cair agar bersifat homogen serta tidak terjadi pengendapan.

Tahapan ini dimaksudkan untuk meratakan beban aliran pengolahan dengan efisiensi penurunan beban limbah yang diharapkan sebesar 90%. Dalam pengoperasiannya aerator harus dioperasikan selama 12 jam karena berhentinya aerator dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan limbah dan tidak meratanya beban yang masuk ke bak aerasi.

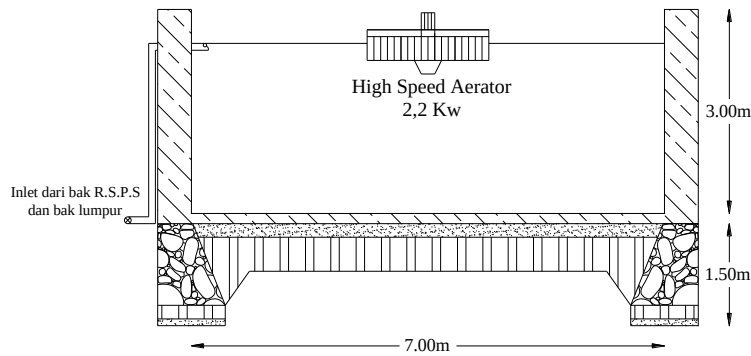
Pada prakteknya bak *equalisasi* dioperasikan dalam tiga periode, periode pertama pukul 07.00, periode kedua pukul 12.00 dan terakhir pukul 16.00 masing-masing periode dijalankan selama 2-3 jam.



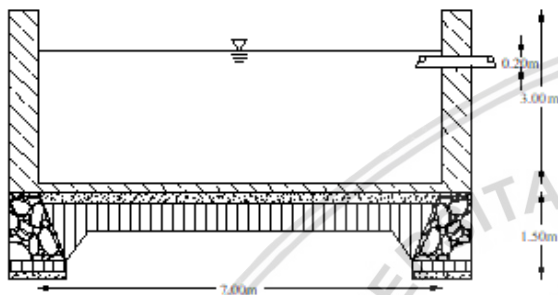
Gambar 4.36. Bak Equalisasi
Sumber : dokumentasi pribadi



Gambar 4.37. Denah Bak Equalisasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.38. Denah potongan A-A Bak Equalisasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.39. Denah potongan B-B Bak Equalisasi
Sumber : olahan peneliti

Untuk memudahkan memahami mengenai bagian-bagian yang terdapat di Bak Equalisasi peneliti menyajikannya dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 4.13.

Rincian Fungsi dan Kapasitas tiap bagian pada Bak Equalisasi

No	Komponen	Fungsi dan Kapasitas
1	Bak Equalisasi	- Berfungsi untuk meratakan beban aliran pengolahan dengan efisiensi 90%. - Dimensi 7m x 7m x 3m - Struktur berupa beton bertulang
2	Floating Aerator	Berdaya 2,2 Kw

Sumber : Gambaran umum IPAL Margasari

4.5.3. Bak Aerasi

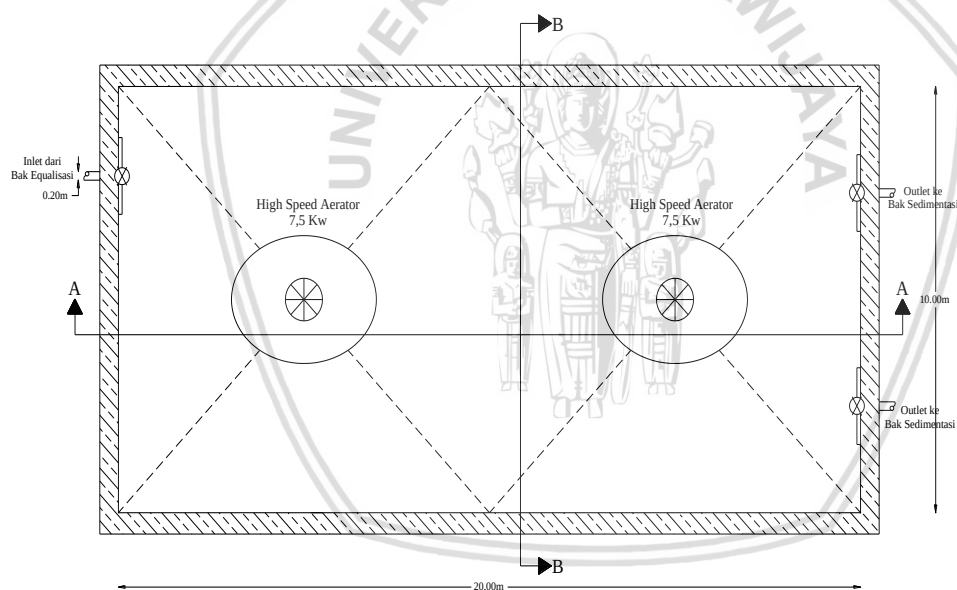
Proses aerasi dilakukan pada bak yang berukuran 20m x 10m x 3m. *Aerator* yang digunakan pada IPAL Margasari semuanya berjenis *high speed floating aerator* dan pada bak aerasi terdapat dua *aerator* permukaan dengan daya masing-masing 7,5 kw. Dua *aerator* dengan daya yang cukup besar diharapkan mampu meningkatkan kualitas air dengan efisiensi penurunan beban limbah sebesar 90%.

Agar pengolahan air limbah di bak aerasi bisa berlangsung dengan baik maka *aerator* harus dioperasikan selama minimal 12 jam dan maksimal 17 jam agar suplai oksigen ke

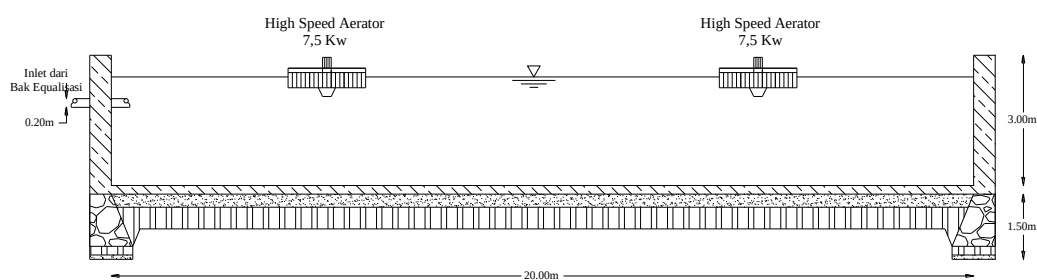
dalam bak terjamin sesuai dengan konsumsi yang telah ditetapkan dalam desain awal serta sebagian lumpur yang mengendap di bak sedimentasi harus dikembalikan ke bak untuk menjaga besaran jumlah mikroba di dalam air limbah.



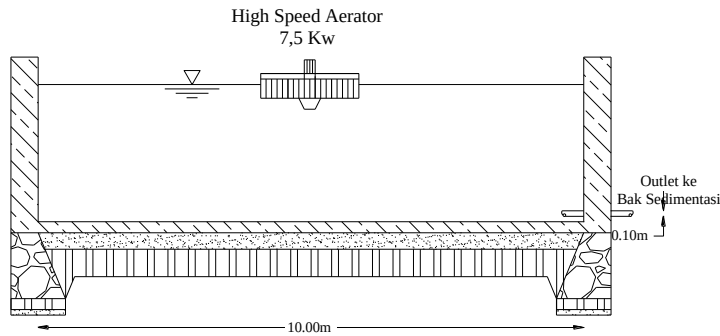
Gambar 4.40. Bak Aerasi
Sumber : dokumentasi pribadi



Gambar 4.41. Denah Bak Aerasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.42. Denah potongan A-A Bak Aerasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.43. Denah potongan B-B Bak Aerasi
Sumber : olahan peneliti

Untuk memudahkan memahami mengenai bagian-bagian yang terdapat di Bak Aerasi peneliti menyajikannya dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 4.14.

Rincian Fungsi dan Kapasitas tiap bagian pada Bak Aerasi

No	Komponen	Fungsi dan Kapasitas
1	Bak Aerasi	- Berfungsi untuk meratakan beban aliran pengolahan dengan efisiensi 90% - Dimensi 20m x 10m x 3m - Struktur bangunan berupa beton bertulang
2	Floating Aerator	Berdaya 7,5 Kw

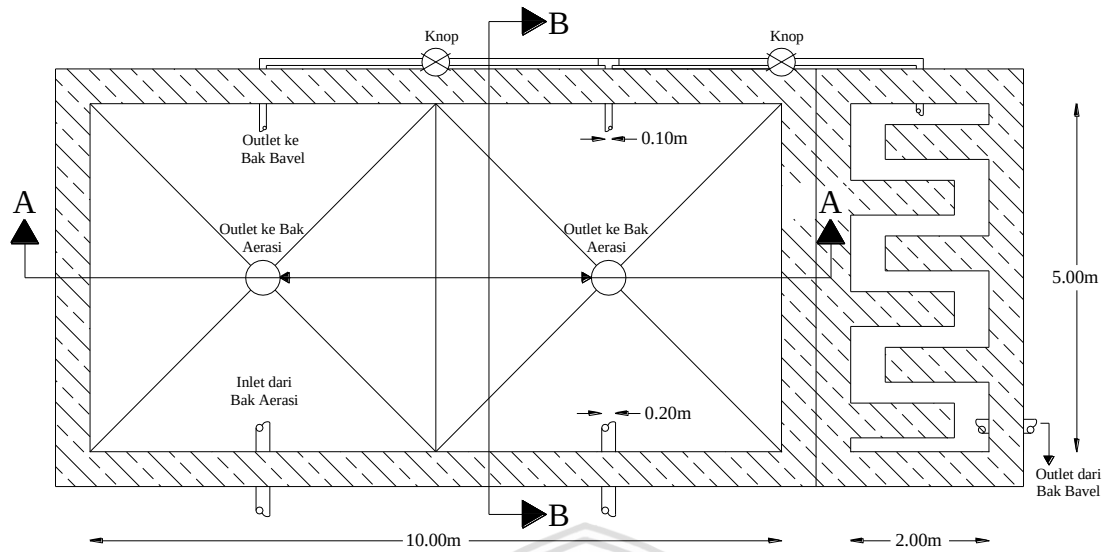
Sumber : Gambaran umum IPAL Margasari

4.5.4. Bak Sedimentasi

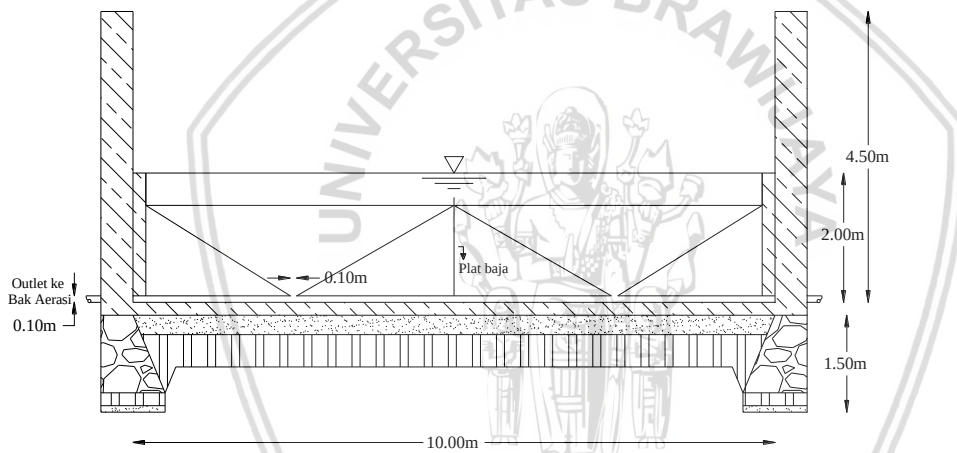
Bak sedimentasi yang terdapat di IPAL Margasari memiliki 3 bagian utama. Antara lain dua bak sedimentasi yang berukuran 10 m x 5 m x 3 m dan satu bagian yaitu bak bevel yang mana berukuran 6 m x 5 m x 3 m seperti yang dapat dilihat pada gambar berikut yang dilingkari dengan lingkaran warna merah merupakan bak sedimentasi tampak atas :



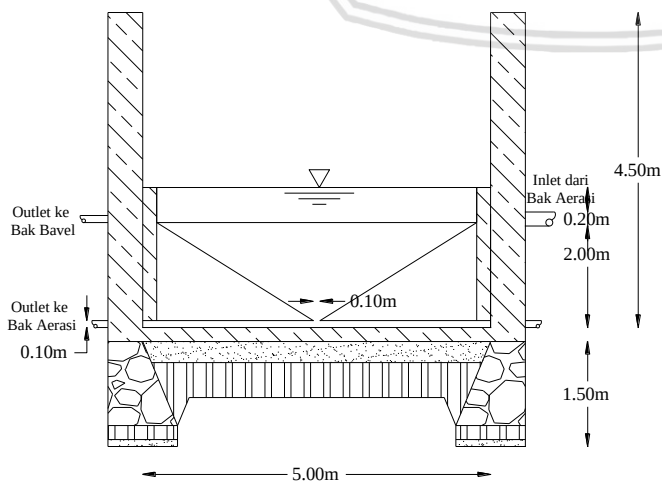
Gambar 4.44. Bak Sedimentasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.45. Denah Bak Sedimentasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.46. Denah Potongan A-A Bak Sedimentasi
Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.47. Denah Potongan B-B Bak Sedimentasi
Sumber : olahan peneliti

Untuk memudahkan memahami mengenai bagian-bagian yang terdapat di Bak Aerasi peneliti menyajikannya dalam bentuk tabel berikut ini :

Tabel 4.15.

Rincian Fungsi dan Kapasitas tiap bagian pada Bak Sedimentasi

No	Komponen	Fungsi dan Kapasitas
1	Bak Sedimentasi	- Berfungsi untuk mengendapkan lumpur olahan - Dimensi 10m x 5m x 3m - Struktur bangunan berupa beton bertulang
2	<i>Floating Aerator</i>	Berdaya 7,5 Kw

Sumber : Gambaran umum IPAL Margasari

4.6. Efektivitas bangunan pengolah limbah IPAL Margasari

Untuk menghitung efektivitas penurunan parameter pada tiap bangunan, maka perlu diketahui beberapa data sebagai berikut :

Tabel 4.16.

Data suhu, kapasitas aerator, lama operasi pompa untuk bak pengolah IPAL Margasari

No	Data	Satuan	Nilai
1	Ketinggian Lokasi IPAL dari permukaan laut	m	5
2	Suhu Udara	⁰ C	32
3	Suhu air limbah pada bak equalisasi	⁰ C	30
4	Suhu air limbah pada bak aerasi	⁰ C	30
5	Kapasitas aerator bak equalisasi	Kw	2,2
6	Lama operasi pompa equalisasi	Jam	8
7	Kapasitas aerator bak aerasi	Kw	15
8	Lama operasi pompa aerasi	Jam	8

Sumber : Laporan Bulanan IPAL Margasari bulan Agustus tahun 2017

Diketahui dari tabel 4.16. bahwa lama waktu pengoperasian pompa aerator untuk bak equalisasi dan bak aerasi adalah sama, yaitu di mulai dari sekitar pukul 07.00 wita dan berakhir pada sekitar pukul 15.00 wita. Sebab, waktu tinggal air limbah didasarkan pada kapasitas dimensi bak pengolah air limbah untuk bisa menampung air limbah yang masuk. Dan biasanya waktu pengoperasian aerator lebih lama sehingga waktu tinggal air limbah akan mengikuti lama waktu pengoperasian aerator. Sementara pengoperasian pompa aerator didasarkan pada banyaknya suplai oksigen maksimum dalam 1 jam dengan kapasitas aerator yang ada. Dan untuk satu kali siklus pengoperasian aerator sampai dengan hasil akhir memakan waktu kurang lebih 12 jam.

4.6.1. Bak Equalisasi

Equalisasi sesungguhnya mengurangi berbagai variasi debit saat pengolahan untuk mencapai debit konstan dan untuk mengetahui perbandingan antara efektivitas bak equalisasi pada tahun 2017 dan pada tahun 2026. Perhitungan efektivitas untuk bak

equalisasi terbagi menjadi dua yaitu perhitungan efektivitas terhadap penurunan parameter COD dan terhadap penurunan parameter BOD. Hal ini dilakukan berdasarkan efisiensi penurunan parameter untuk COD dan BOD tidak sesuai dengan ketentuan yang ada yaitu minimum 90%, perhitungannya dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.17.

Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan parameter COD

Tahun	Q (m ³ /hari)	t (jam)	T _w (°C)	K	S (mg/L)	η (%)	η Eksisting (%)	X _v (mg/L)	R _r (kg/jam)	N (lb /hp.h)	t min aerator (jam)
2017	880,833	4	30	11,285	15,301	92	6,5	49,054	63,211	3,349	14,147
2026	1015,014	3,4			1,152	99	-	0,157	53,481		11,969

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Tabel 4.18.

Efektivitas Bak Equalisasi IPAL Margasari untuk penurunan parameter BOD

Tahun	Q (m ³ /hari)	t (jam)	T _w (°C)	K	S (mg/L)	η (%)	η Eksisting (%)	X _v (mg/L)	R _r (kg/jam)	N (lb /hp.h)	t min aerator (jam)
2017	880,833	4	30	11,285	8,129	92	30,3	26,059	58,781	3,349	13,155
2026	1015,014	3,4			0	100	-	7,451	55,846		12,499

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Contoh perhitungan untuk efektivitas bak equalisasi terhadap penurunan parameter COD IPAL Margasari pada tabel 4.17. dapat diketahui dengan beberapa perhitungan yang di bagi menjadi 10 tahapan utama antara lain sebagai berikut ini :

1. Menghitung waku tinggal air limbah t (*detention time*) dihitung berdasarkan persamaan (2-1) :

$$\begin{aligned}
 t_{2017} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{147}{880,833} \\
 &= 0,167 \text{ hari} = 4,005 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 t_{2026} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{147}{1015,014} \\
 &= 0,144 \text{ hari} = 3,405 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung suhu bak yaitu dihitung berdasarkan persamaan (2-2) :

$$\begin{aligned}
 Tw_{2017} = Tw_{2026} &= \frac{D.Ti + f.t.Ta}{D + f.t} \\
 &= \frac{3 \times 30 + 1,5 \times 0,1 \times 30}{3 + 1,5 \times 0,1} \\
 &= 30^{\circ} \text{ C}
 \end{aligned}$$

3. Koefisien penyisihan COD per hari dihitung berdasarkan persamaan (2-3) :

$$\begin{aligned}
 K_{(Tw)2017} &= K_{(Tw)2026} = K_{20} \times \theta^{(Tw-20)} \\
 &= 8 \times 1,035^{(30-20)} \\
 &= 8 \times 1,035^{(10)} \\
 &= 11,28 / \text{hari}
 \end{aligned}$$

4. Kadar COD *effluent* dihitung berdasarkan persamaan (2-4) :

$$\begin{aligned}
 S_{2017} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_o \\
 &= \frac{1+0,2 \times 4,005}{0,5 \times 11,28 \times 4,005} \times 192 \\
 &= 15,301 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi syarat yang telah ditentukan)} \\
 \eta_{COD \ 2017} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{192-15,301}{192} \times 100\% \\
 &= 92\% \\
 S_{2026} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_o \\
 &= \frac{1+0,2 \times 1,152}{0,5 \times 11,28 \times 1,152} \times 192 \\
 &= 1,152 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi syarat yang telah ditentukan)} \\
 \eta_{COD \ 2026} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{192-1,152}{192} \times 100\% \\
 &= 99\%
 \end{aligned}$$

5. Kadar COD berdasarkan kapasitas eksisting dihitung berdasarkan persamaan (2-4) :

$$\begin{aligned}
 \eta_{COD \ 2017} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{192-179,5}{192} \times 100\% \\
 &= 6,51\% < 90\% \text{ (tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan)}
 \end{aligned}$$

6. Kadar VSS dihitung berdasarkan persamaan (2-7) :

$$\begin{aligned}
 X_{v2017} &= \frac{a \times (S_o - S)}{1+b \times t} \\
 &= \frac{0,5 \times (192 - 176,699)}{1+0,2 \times 4,005} \\
 &= 49,054 \text{ mg/L} \\
 X_{v2026} &= \frac{a \times (S_o - S)}{1+b \times t} \\
 &= \frac{0,5 \times (192 - 190,848)}{1+0,2 \times 3,476}
 \end{aligned}$$

$$= 0,157 \text{ mg/L}$$

7. Oksigen yang dibutuhkan dihitung berdasarkan persamaan (2-5) :

$$\begin{aligned} Rr_{2017} &= (a'x (So - Se) + (b'x Xv)) \\ &= (0,5 \times 176,699) + (0,28 \times 49,054) \\ &= 63,211 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Rr_{2026} &= (a'x (So - Se) + (b'x Xv)) \\ &= (0,5 \times 190,848) + (0,28 \times 0,157) \\ &= 53,481 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

8. Transfer oksigen aktual pada suhu 30°C untuk elevasi +5 m dihitung berdasarkan persamaan (2-8) :

$$\begin{aligned} N_{2017} = N_{2026} &= No \times \left(\frac{\beta \times (Cw - Cl)}{9,17} \right) \times 1,024^{Tw-20} \times \alpha \\ &= 3,3 \times \left(\frac{0,95 \times (7,6 - 1,16)}{9,17} \right) \times (1,024^{(30-20)}) \times 1,2 \\ &= 3,34 \text{ lb O}_2/\text{hp.h} \\ &= 2,031 \text{ kg O}_2/\text{kW.h} < 1,2 - 2,4 \text{ kg O}_2/\text{Kw.h (memenuhi)} \end{aligned}$$

9. Suplai oksigen maksimum dalam 1 jam dengan kapasitas aerator sebesar 2,2 kw sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{\text{aktual}2017} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 12 \text{ hour} \\ &= 53,618 \text{ kg} < 63,211 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{aktual}2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 12 \text{ hour} \\ &= 53,618 \text{ kg} < 53,481 \text{ kg} \end{aligned}$$

10. Dengan kapasitas aerator pada bak equalisasi sebesar 2,2 kw dengan masa operasi maksimum 12 jam dalam 1 suplai maksimum oksigen dalam 1 hari sebesar :

$$\begin{aligned} t_{\text{minimum aerator } 2017} &= \frac{7,265}{2,031 \times 2,2} \\ &= 14,147 \text{ jam atau 14 jam sehari} \end{aligned}$$

Dan pada tahun 2026 jangka waktu pengoperasiannya aerator bak equalisasi adalah :

$$\begin{aligned} t_{\text{minimum aerator } 2026} &= \frac{24,657}{2,031 \times 2,2} \\ &= 11,969 \text{ jam atau 12 jam sehari} \end{aligned}$$

Metcalf dan eddy menyimpulkan bahwa perhitungan untuk mengetahui efektivitas dari bak equalisasi untuk penurunan parameter COD maupun BOD adalah sama. Dari hasil perhitungan waktu minimum pengoperasian aerator bak equalisasi sudah tidak

berfungsi dengan baik sebagaimana perencanaan awal. Dengan volume bak equalisasi saat ini yaitu $147 \text{ m}^3/\text{hari}$ dapat disimpulkan bahwa :

1. Bak equalisasi tidak efektif untuk menampung proyeksi debit air limbah tahun 2017 maupun tahun 2026.
2. Suplai oksigen maksimum per jam (R aktual) yang kurang dari oksigen yang dibutuhkan. Suplai oksigen seharusnya adalah dengan mengoperasikan pompa aerator selama kurang lebih 14 jam dalam satu hari.

Dari kesimpulan di atas, maka perlu untuk dilakukan evaluasi ulang dimensi bak equalisasi.

4.6.2. Bak Aerasi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting tiap bangunan tak terkecuali dengan bak aerasi. Prinsip dasar dari sistem aerasi adalah kemampuan mentransfer oksigen ke dalam cairan pada puncak kebutuhan oksigen.

Untuk perhitungan parameter kinerja pada kondisi eksisting digunakan nilai-nilai dibawah ini :

$$Q_{2017} = 880,833 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Q_{2026} = 1015,014 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$Y = 0,4$$

$$kd = 0,07$$

$$MLVSS = 3357 \text{ mg/L (rerata MLVSS pengambilan sampel tanggal 10 Agustus 2017)}$$

Nilai MLVSS atau *Mix Liquor Solid Concentration* atau sama dengan nilai X pada rumus perhitungan. Diketahui nilai MLSS merupakan standar kriteria bak aerasi dengan tipe *extended aeration* adalah 2000 – 5000 mg/L dan nilai MLSS didapat dari hasil uji laboratorium PDAM kota Balikpapan, UPT Laboratorium dan Radiologi Balikpapan.

Untuk mengetahui kondisi eksisting bak aerasi terhadap debit air limbah tahun 2017 dan pada tahun 2026 terhadap penurunan parameter COD maupun BOD, dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.19.

Efektivitas Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter COD

Tahun	Q (m^3/hari)	t (jam)	T_w ($^{\circ}\text{C}$)	K_w	S (mg/L)	η (%)	η <i>eksisting</i> (%)	X_v (mg/L)	R_r (kg/jam)	t_{min} <i>aerator</i> (jam)
2017	880,833	16,34	30	11,285	8,887	95	8,85	21,444	167,107	5,485
2026	1015,014	14,187	30	11,285	9,204	95	-	95,235	467,759	15,649

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Tabel 4.20.

Efektivitas Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter BOD

Tahun	Q (m ³ /hari)	t (jam)	Tw (°C)	Kw	S (mg/L)	η (%)	η eksisting (%)	Xv (mg/L)	Rr (kg/jam)	t min aerator (jam)
2017	880,833	16,34	30	11,285	4,721	95	39,71	49,776	243,538	7,994
2026	1015,014	14,187	30	11,285	4,889	95	-	52,393	260,531	8,552

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Contoh perhitungan tabel 4.19. efektivitas bak equalisasi terhadap penurunan parameter COD pada IPAL Margasari dapat diketahui dengan beberapa perhitungan yang di bagi menjadi 11 tahapan antara lain sebagai berikut ini :

1. Menghitung waku tinggal air limbah pada bak aerasi yaitu HRT (*hydraulic retention time*) dihitung berdasarkan persamamaan (2-9) :

$$\begin{aligned}
 HRT_{2017} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{600}{880,833} \\
 &= 0,681 \text{ hari} = 16,34 \text{ jam} \\
 HRT_{2026} &= \frac{V}{Q} \\
 &= \frac{600}{1015,014} \\
 &= 0,591 \text{ hari} = 14,187 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

2. Menghitung suhu bak yang dihitung berdasarkan persamaan (2-2) :

$$\begin{aligned}
 Tw_{2017} = Tw_{2026} &= \frac{D.Ti + f.t.Ta}{D + f.t} \\
 &= \frac{3 \times 30 + 1,5 \times 0,1 \times 30}{3 + 1,5 \times 0,1} \\
 &= 30^0 \text{ C}
 \end{aligned}$$

3. Koefisien penyisihan COD per hari dihitung berdasarkan persamaan (2-3) :

$$\begin{aligned}
 K_{(Tw)2017} = K_{(Tw)2017} &= K_{20} \times \theta^{(Tw-20)} \\
 &= 8 \times 1,035^{(30-20)} \\
 &= 8 \times 1,035^{(10)} \\
 &= 11,28 \text{ /jam}
 \end{aligned}$$

4. Kadar COD *effluent* dihitung berdasarkan persamaan (2-4) :

$$\begin{aligned}
 S_{2017} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_0 \\
 &= \frac{1+0,2 \times 16,348}{0,5 \times 11,28 \times 16,348} \times 192 \\
 &= 8,887 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi standar yang telah ditentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{COD\ 2017} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{192 - 8,887}{192} \times 100\% = 95\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{2026} &= \frac{1 + b \times t}{a \times K_{TW} \times t} \times S_o \\ &= \frac{1 + 0,2 \times 14,187}{0,5 \times 11,28 \times 14,187} \times 192 \\ &= 9,204 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi syarat yang telah ditentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_{COD\ 2017} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{192 - 9,204}{192} \times 100\% = 95\%\end{aligned}$$

5. Kadar COD berdasarkan kapasitas eksisting dihitung berdasarkan persamaan (2-4) :

$$\begin{aligned}\eta_{COD\ 2017} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{192 - 175}{192} \times 100\% \\ &= 8,85\% < 90\% \text{ (tidak memenuhi syarat yang telah ditentukan)}\end{aligned}$$

6. Kadar VSS dihitung berdasarkan persamaan (2-7) :

$$\begin{aligned}X_{V2017} &= \frac{a \times (S_o - S)}{1 + b \times t} \\ &= \frac{0,5 \times (192 - 8,887)}{1 + 0,2 \times 16,348} \\ &= 21,444 \text{ mg/L} \\ X_{V2026} &= \frac{a \times (S_o - S)}{1 + b \times t} \\ &= \frac{0,5 \times (192 - 9,204)}{1 + 0,2 \times 14,187} \\ &= 95,235 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

7. Oksigen yang dibutuhkan dihitung berdasarkan persamaan (2-5) :

$$\begin{aligned}Rr_{2017} &= (a' \times (S_o - S_e) \times (\frac{Q}{1000})) + (b' \times X_v \times Q \times t/1000) \\ &= (0,5 \times 183,11 \times (880,833/1000)) + (0,28 \times 21,444 \times 880,833 \times 16,348/1000) \\ &= 167,107 \text{ kg/jam} \\ Rr_{2026} &= (a' \times (S_o - S_e) \times (\frac{Q}{1000})) + (b' \times X_v \times Q \times t/1000) \\ &= (0,5 \times 182,8 \times (1,015014)) + (0,28 \times 95,235 \times 1,015014 \times 14,187) \\ &= 476,759 \text{ kg/jam}\end{aligned}$$

8. Transfer oksigen aktual pada suhu 30°C untuk elevasi +5 m dihitung berdasarkan persamaan (2-8) :

$$N_{2017} = N_{2026} = N_o \times \left(\frac{\beta \times (C_w - C_l)}{9,17} \right) \times 1,024^{T_w - 20} \times \alpha$$

$$= 3,3 \times \left(\frac{0,95 \times (7,6-1,16)}{9,17} \right) \times (1,024^{(30-20)}) \times 1,2$$

$$= 3,34 \text{ lb O}_2/\text{hp.h}$$

$$= 2,031 \text{ kg O}_2/\text{kW.h} < 1,2 - 2,4 \text{ kg O}_2/\text{Kw.h (memenuhi)}$$

9. Suplai oksigen maksimum dalam 1 hari dengan kapasitas aerator sebesar 15 kw sebagai berikut :

$$R_{\text{aktual2017}} = N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator}$$

$$= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 15 \text{ kw} \times 12 \text{ hour}$$

$$= 365,58 \text{ kg} > 167,107 \text{ kg}$$

$$R_{\text{aktual2026}} = N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator}$$

$$= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 15 \text{ kw} \times 12 \text{ hour}$$

$$= 365,58 \text{ kg} < 476,759 \text{ kg}$$

10. Dengan kapasitas aerator pada bak equalisasi sebesar 15 kw dengan masa operasi perhari maksimum 12 jam dengan 1 kali suplai oksigen sebesar :

$$t_{\text{minimum aerator 2017}} = \frac{167,107}{2,031 \times 15}$$

$$= 5,485 \text{ jam atau 5 jam sehari}$$

Dan pada tahun 2026 jangka waktu pengoperasiannya adalah :

$$t_{\text{minimum aerator 2026}} = \frac{476,759}{2,031 \times 15}$$

$$= 15,649 \text{ jam atau 16 jam sehari}$$

11. Menghitung F/M bak aerasi, berdasarkan (2-9) sebagai berikut (Metcalf dan eddy, 2003, p.598) :

Tabel 4.21.

Perhitungan nilai F/M Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter COD

Tahun	Q air limbah (m ³ /hari)	V. Bak Aerasi (m ³)	So (mg/L)	MLVSS atau X (mg/L)	F/M	Q _{ijin} (m ³ /hari)	
						0,04	0,01
2017	880,833	600	192	3357	0,084	419,625	1049,063
2026	1015,014				0,097		

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Tabel 4.22.

Perhitungan nilai F/M Bak Aerasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter BOD

Tahun	Q air limbah (m ³ /hari)	V. Bak Aerasi (m ³)	So (mg/L)	MLVSS atau X (mg/L)	F/M	Q _{ijin} (m ³ /hari)	
						0,04	0,01
2017	880,833	600	102	3357	0,045	789,882	1074,706
2026	1015,014				0,051		

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Contoh perhitungan untuk tabel 4.21. adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\frac{F}{M}^{2017} &= \frac{Q \times S_o}{V \times X} \\ &= \frac{880,834 \times 192}{600 \times 3357} = 0,084 < 0,1 \text{ (memenuhi kriteria)} \\ \frac{F}{M}^{2026} &= \frac{Q \times S_o}{V \times X} \\ &= \frac{1015,014 \times 192}{600 \times 3357} = 0,096 < 0,1 \text{ (memenuhi kriteria)}\end{aligned}$$

Perhitungan debit harian yang mampu ditampung oleh bak aerasi apabila rasio F/M yang diijinkan per hari 0,04 adalah sebagai berikut :

$$Q_{ijin} = \frac{0,04 \times V \times (X)}{S_o} = \frac{0,04 \times 600 \times (3357)}{192} = 419,625 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Sementara untuk perhitungan debit harian yang ditampung oleh bak aerasi apabila rasio F/M yang diijinkan perhari 0,1 adalah sebagai berikut :

$$Q_{ijin} = \frac{0,04 \times V \times (X)}{S_o} = \frac{0,1 \times 600 \times (3357)}{192} = 1049,063 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Dari hasil perhitungan waktu minimum pengoperasian aerator bak aerasi adanya penambahan jumlah jam pengoperasian aerator. Dengan volume bak aerasi saat ini yaitu 600 m³/hari dapat disimpulkan bahwa :

1. Bak aerasi efektif untuk menampung proyeksi debit air limbah tahun 2017 maupun tahun 2026.
2. Suplai oksigen maksimum per jam (R aktual) untuk tahun 2017 sudah sesuai namun untuk tahun 2026 masih kurang dari oksigen yang dibutuhkan seharusnya.
3. Waktu pengoperasian aerator bertambah untuk tahun 2026.

4.6.3. Bak R.S.P.S.

Data yang dibutuhkan untuk menghitung efektivitas dari bak R.S.P.S sebagai berikut :

Tabel 4.23.

Data perhitungan Bak R.S.P.S. IPAL Margasari

No	Data	Satuan	Nilai
1	Volume bak R.S.P.S	m ³	75
2	Volume bak <i>equalisasi</i>	m ³	147
3	Volume bak aerasi	m ³	600
4	Kapasitas aerator bak aerasi	Kw	15
5	Daya Pompa bak R.S.P.S.	m ³ /jam	51

Sumber : Laporan bulanan IPAL Margasari, 2017

Perhitungan efektivitas bak R.S.P.S. merupakan pembagian beban pengolahan limbah setelah perhitungan efektivitas bak equalisasi dan bak aerasi, efektivitas pada bak R.S.P.S didapat dari perhitungan yang dilakukan dengan pada tahapan-tahapan berikut ini :

1. Menghitung jumlah oksigen yang diperlukan pada bak aerasi dan equalisasi, berdasarkan

perhitungan pada sub bab 4.6.1. dan sub bab 4.6.2. didapatkan jumlah oksigen sebagai berikut :

- Bak equalisasi untuk penurunan parameter COD sebagai berikut :

$$Rr_{2017} = 63,211 \text{ kg/hari}$$

$$Rr_{2026} = 53,481 \text{ kg/hari}$$

- Bak equalisasi untuk penurunan parameter BOD sebagai berikut :

$$Rr_{2017} = 58,781 \text{ kg/hari}$$

$$Rr_{2026} = 55,846 \text{ kg/hari}$$

- Bak aerasi untuk penurunan parameter COD sebagai berikut :

$$Rr_{2017} = 63,211 + 167,107 = 230,317 \text{ m}^3$$

$$Rr_{2026} = 53,481 + 476,759 = 530,240 \text{ m}^3$$

- Bak aerasi untuk penurunan parameter BOD sebagai berikut :

$$Rr_{2017} = 58,781 + 49,776 = 302,319 \text{ m}^3$$

$$Rr_{2026} = 55,846 + 52,393 = 316,377 \text{ m}^3$$

2. Menghitung lama operasi minimum bak aerasi dengan kapasitas aerator sebesar 15 kw

- Untuk penurunan parameter COD

$$t_{2017} = \frac{Rraerasi}{N \times \text{daya aerator}} = \frac{167,1068}{2,031 \times 15} = 7,560 \text{ jam}$$

$$t_{2026} = \frac{Rraerasi}{N \times \text{daya aerator}} = \frac{476,759}{2,031 \times 15} = 17,404 \text{ jam}$$

- Untuk penurunan parameter BOD

$$t_{2017} = \frac{Rraerasi}{N \times \text{daya aerator}} = \frac{243,538}{2,031 \times 15} = 9,923 \text{ jam}$$

$$t_{2026} = \frac{Rraerasi}{N \times \text{daya aerator}} = \frac{260,531}{2,031 \times 15} = 10,385 \text{ jam}$$

3. Menghitung sisa volume pada bak equalisasi dan R.S.P.S

- Terhadap penurunan parameter COD

$$\text{Tahun 2017} = \text{Volume equalisasi} + \text{Volume R.S.P.S} = 147 + 75 = 222 \text{ m}^3 > 63,211 \text{ m}^3$$

$$\text{Tahun 2026} = \text{Volume equalisasi} + \text{Volume R.S.P.S} = 147 + 75 = 222 \text{ m}^3 > 53,481 \text{ m}^3$$

- Terhadap penurunan parameter BOD

$$\text{Tahun 2017} = \text{Volume equalisasi} + \text{Volume R.S.P.S} = 147 + 75 = 222 \text{ m}^3 > 58,781 \text{ m}^3$$

$$\text{Tahun 2026} = \text{Volume equalisasi} + \text{Volume R.S.P.S} = 147 + 75 = 222 \text{ m}^3 > 55,846 \text{ m}^3$$

4. Operasional pompa R.S.P.S.

$$t_{2017} = \frac{Q}{\text{daya pompa}} = \frac{880,883}{51} = 17,271 \text{ jam}$$

$$t_{2026} = \frac{Q}{\text{daya pompa}} = \frac{1015,014}{51} = 19,902 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan waktu minimum pengoperasian pompa bak R.S.P.S adanya penambahan jumlah jam pengoperasian aerator. Dengan volume bak R.S.P.S. saat ini yaitu 75 m³/hari dapat disimpulkan bahwa :

1. Bak R.S.P.S. masih efektif untuk membantu menyuplai air limbah secara berkala terhadap proyeksi debit air limbah tahun 2017 maupun tahun 2026.
2. Waktu pengoperasian pompa bak R.S.P.S. bertambah untuk tahun 2026.

4.6.4. Bak Sedimentasi

Efektivitas bak sedimentasi dihitung berdasarkan efisiensi penurunan parameter TSS atau *Total Suspended Solid*. Normalnya waktu pengendapan pada bak sedimentasi adalah sekitar 5 jam sampai 7 jam untuk sedimentasi dengan *high speed aeration*. Dengan mengetahui efektivitas bak sedimentasi terhadap penurunan parameter TSS perlu diketahui terlebih dahulu beberapa data pendukung sebagai berikut :

Tabel 4.24.

Data pendukung untuk mengetahui nilai efektivitas Bak Sedimentasi pada IPAL Margasari

No	Data	Satuan	Nilai	Sumber
1	Koefisien pengendapan			
	a	-	0,0075	Metcalf dan Eddy (2003, p.406)
	b	-	0,014	
2	Volume	m ³	225	
3	Influent TSS	mg/L	143	Uji Laboratorium (TSS maksimum)
4	Effluent TSS (ambang batas)	mg/L	100	Perda Provinsi Kalimantan Timur No 02 tahun 2011
5	Diameter butiran (d)	μm M	200 0,0002	Uji Labooratorium
6	Konstanta kohesi (k)	-	0,05	Metcalf dan Eddy (2003, p.409)
7	Spesific gravity (s)	-	1,03	Metcalf dan Eddy (2003, p.411)
8	Faktor gesekan Darcy-Wiesbach (f)	-	0,025	Metcalf dan Eddy (2003, p.409)

Sumber : Metcalf dan eddy (2003), Laboratorium PDAM kota Balikpapan UPT Radiologi Kota Balikpapan

Perhitungan efektivitas dari bak sedimentasi disimpulkan pada tabel 4.25. berikut ini :

Tabel 4.25.

Perhitungan efektivitas Bak Sedimentasi IPAL Margasari

Tahun	Q (m ³ /hari)	V (m ³)	t (hari)	t (jam)	R (%)	V _H (m/detik)	V pengendapan (m ³)
2017	880,833	225	0,255	6,131	90,284	0,108	0,000453
2026	1015,014		0,221	5,321	94,309		0,000522

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Perhitungan efektivitas bak sedimentasi dibagi menjadi 5 tahapan sebagai berikut ini :

1. Menghitung waktu tinggal air limbah pada bak sedimentasi berdasarkan persamaan (2-1)

$$t_{2017} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{(10 \times 5 \times 4,5)}{880,833}$$

$$= 0,255 \text{ hari}$$

$$= 6,13 \text{ jam}$$

$$t_{2026} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{(10 \times 5 \times 4,5)}{1015,014}$$

$$= 0,221 \text{ hari}$$

$$= 5,32 \text{ jam}$$

2. Efisiensi penurunan TSS dihitung berdasarkan persamaan (2-16)

$$R_{2017} = \frac{1}{(a + (b \times t))}$$

$$= \frac{1}{(0,0075 + (0,014 \times 0,255))}$$

$$= 90,284 \%$$

$$R_{2026} = \frac{1}{(a + (b \times t))}$$

$$= \frac{1}{(0,0075 + (0,014 \times 0,222))}$$

$$= 94,309 \%$$

Perhitungan efisiensi bak sedimentasi untuk parameter TSS menggunakan hasil uji pada tanggal 10 Agustus 2017 dikarenakan hasil uji yang lebih tinggi

3. Kecepatan pengendapan vertikal partikel dihitung berdasarkan persamaan (2-17) sebagai berikut :

$$V_H = \left(\frac{8 \times k \times (s - 1) \times g \times d}{f} \right)^{1/2}$$

$$= \left(\frac{8 \times 0,05 \times (1,03 - 1) \times 9,81 \times 0,0002}{0,02} \right)^{1/2}$$

$$= 0,108 \text{ m/detik}$$

4. Menghitung kecepatan pengendapan pada debit puncak dihitung berdasarkan persamaan (2-18) adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V_{2017} &= \frac{Q}{Ax} \\ &= \left(\frac{Q}{p \times l} \right) \times \left(\frac{1}{24 \times 3600} \right) \\ &= \left(\frac{880,833}{5 \times 4,5} \right) \times \left(\frac{1}{24 \times 3600} \right) \\ &= 0,0005 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{2026} &= \frac{Q}{Ax} \\ &= \left(\frac{Q}{p \times l} \right) \times \left(\frac{1}{24 \times 3600} \right) \\ &= \left(\frac{1015,014}{5 \times 4,5} \right) \times \left(\frac{1}{24 \times 3600} \right) \\ &= 0,0005 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Karena $V < V_H$ maka partikel tidak mengalami *resuspension* atau pengendapan kembali

4.6.5. Bak Klorin

Diketahui :

- Dosis Cl_2 = 1 mg/L = 1 g/m³
- Asumsi disinfektan berupa TCCA (*Asam tri-chloro-isocyanuric*)
- TCCA mengandung klor = 90%
- Berat volume TCCA = 1,2 mg/L
- Volume₂₀₁₇ per hari = 880,833 m³/hari
- Volume₂₀₂₆ per hari = 1015,014 m³/hari

Perhitungan berikut merupakan hitungan mengenai dosis disinfektan yang di berikan ke dalam bak air olahan IPAL Margasari, dan dijabarkan sebagai berikut :

1. Dosis disinfektan per hari

$$\begin{aligned} n_{2017} &= \text{Dosis } \text{Cl}_2 \times Q_{2017} \\ &= 1 \times 880,833 \\ &= 880,883 \text{ g/hari} \\ &= 0,880 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n_{2026} &= \text{Dosis } \text{Cl}_2 \times Q_{2017} \\ &= 1 \times 1015,014 \\ &= 1015,014 \text{ g/hari} \\ &= 1,015 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

2. Jumlah disinfektan yang dibutuhkan

$$\begin{aligned} X_{2017} &= \frac{n_{2017}}{TCCA \text{ klor}} \\ &= \frac{0,880}{0,9} \\ &= 0,979 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{2026} &= \frac{n_{2017}}{TCCA \text{ klor}} \\ &= \frac{1,015}{0,9} \\ &= 1,128 \text{ kg/hari} \end{aligned}$$

3. Volume larutan disinfektan

$$\begin{aligned} V_{2017} &= \frac{x}{\text{berat TCCA}} \\ &= \frac{0,998}{1,2} \\ &= 0,815 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{2026} &= \frac{x}{\text{berat TCCA}} \\ &= \frac{1,1278}{1,2} \\ &= 0,939 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

4.7. Evaluasi Bangunan Pengolah Limbah

Diketahui bahwa IPAL Margasari direncanakan hanya mampu menampung debit air limbah sebesar 972 m³/hari. Namun, dari perhitungan prediksi debit air limbah yang akan ditampung Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari untuk tahun 2026 yaitu sebesar 11,660 liter/detik atau setara dengan 1015,014 m³/hari. Dapat disimpulkan bahwa IPAL Margasari tidak efektif untuk menampung debit air limbah pada tahun 2026.

Untuk itu evaluasi dari bangunan pengolah limbah Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari ini perlu dilakukan dengan cara memperhitungkan efektivitas dari tiap-tiap bak pengolah air limbah IPAL Margasari. Perhitungan efektivitasnya didasarkan pada dimensi masing-masing dari bak pengolah air limbah Instalasi Pengolah Air Limbah Margasari yaitu bak equalisasi, bak aerasi, dan bak sedimentasi dalam menampung debit air limbah yang masuk.

Dan Perhitungan untuk analisa kapasitas volume air limbah pada tiap-tiap bak pengolah air limbah seperti yang tertera pada tabel 4.26. berikut ini :

Tabel 4.26.

Analisa kapasitas volume air limbah pada tiap bak pengolah IPAL Margasari Kota Balikpapan

No	Bangunan	Dimensi awal (m)	Waktu Detensi (jam)	Volume Rencana awal (m)	Dimensi akhir (m)	Waktu Detensi (jam)	Volume Rencana akhir (m ³)	Volume air limbah proyeksi (m ³)
1	Bak Equalisasi	p = 7 l = 7 t = 3	3	147	p = 11 l = 7 t = 3	5	252	1015,014
2	Bak Aerasi	p = 20 l = 10 t = 3	16	600	p = 20 l = 10 t = 3	14	600	
3	Bak Sedimentasi 1	p = 5 l = 5 t = 4,5	6	112,5	p = 5 l = 5 t = 3	5	112,5	
4	Bak Sedimentasi 2	p = 5 l = 5 t = 4,5	6	112,5	p = 5 l = 5 t = 4,5	5	112,5	
Total		Tahun 2017		972	Tahun 2026		1056	

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Dengan mengetahui kapasitas tampungan IPAL Margasari pada tiap-tiap bak pengolah air limbah maka didapatkan hasil bahwa IPAL Margasari tidak mampu untuk menampung debit air limbah pada tahun proyeksi yaitu pada tahun 2026. Dari perhitungan analisa kapasitas volume tampungan bak pengolah air limbah tersebut dapat disimpulkan bahwa bak equalisasi memerlukan perencanaan ulang untuk dapat menampung prediksi debit tahun 2026, sebab bak equaliasi memiliki waktu tinggal air limbah yang tidak sesuai dengan acuan perencanaan suatu IPAL domestik yaitu 4 sampai 8 jam untuk satu kali operasi aerator. Maka mendesign ulang dimensi bak equalisasi pada IPAL Margasari merupakan solusi teknis yang dapat diberikan.

4.7.1. Bak Equalisasi

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab 4.6.1., didapatkan kesimpulan dari perhitungan efektivitas pada bak equalisasi adalah perlu untuk dilakukan modifikasi ulang pada dimensi bak equalisasi, hal ini dilakukan dengan pertimbangan sebagai berikut :

- Waktu tinggal pada bak yang kurang lama, pada tahun 2026 dengan debit 1015,014 m³/hari waktu tinggal air limbah bak aerasi hanya 3 jam tidak memenuhi kriteria yang ditentukan yaitu 4-8 jam.
- Suplai oksigen maksimum per jam (R aktual) yang kurang dari oksigen yang dibutuhkan terhadap penurunan parameter COD sudah memenuhi kriteria, namun untuk penurunan parameter BOD belum memenuhi yaitu pada tahun 2026 sebesar 55,846 kg.

Sementara suplai oksigen maksimum dalam 1 hari dengan kapasitas aerator sebesar 15 kw serta jumlah pengoperasian aerator 12 jam lebih kecil sebesar 53,618 kg/jam.

Maka, perencanaan ulang desain bak equalisasi adalah sebagai berikut :

Tabel 4.27.

Evaluasi Bak Equalisasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter COD

Tahun	Dimensi (m)	t (hari)	t (jam)	S (mg/L)	η (%)	Tw ($^{\circ}C$)	Kw	Xv (mg/L)	Rr (kg/hari)	N	t min aerator (jam)
2026	$p = 7$	0,14	3,476	1,152	99	30	11,285	0,157	53,481	3,349	11,969
	$l = 7$										
	$t = 3$										
2026	$p = 11$	0,24	5,462	0,078	99	30	11,285	0,172	53,786	3,349	12,038
	$l = 7$										
	$t = 3$										

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Evaluasi Bak Equalisasi Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari dilakukan juga untuk penurunan parameter BOD. Hal ini dilakukan karena persentase penurunan parameter BOD tidak memenuhi persentase penurunan yang di rencanakan pada awal tahap perencanaan IPAL Margasari. Untuk itu disajikan hasil perhitungan dari evaluasi bak equalisasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter BOD.

Tabel 4.28.

Evaluasi Bak Equalisasi IPAL Margasari terhadap penurunan parameter BOD

Tahun	Dimensi (m)	t (hari)	t (jam)	S (mg/L)	η (%)	Tw ($^{\circ}C$)	Kw	Xv (mg/L)	Rr (kg/hari)	N	t min aerator (jam)
2026	$p = 7$	0,145	4,005	128,437	100	30	11,285	0,157	53,481	3,349	12,499
	$l = 7$										
	$t = 3$										
2026	$p = 11$	0,248	5,958	76,428	100	30	11,285	0,172	53,786	3,349	12,374
	$l = 7$										
	$t = 3$										

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Dikarenakan nilai perhitungan efisiensi dari parameter BOD yang didasarkan pada hasil uji laboratorium, tidak sampai atau melebihi dari ketentuan yang ada yaitu 90%. Maka evaluasi dimensi bak equalisasi terhadap penurunan parameter BOD perlu untuk dilakukan.

Dapat dilihat pada tabel 4.27. bahwa perencanaan ulang dimensi bak equaliasi hanya dilakukan pada panjang bak equalisasi. Modifikasi ini dilakukan dengan mempertimbangkan lahan sisa untuk mendesain ulang bak equalisasi pada tahun 2017 yang masih luas. Serta untuk contoh perhitungan dari modifikasi bak equalisasi adalah sebagai berikut :

1. Menghitung waku tinggal air limbah t (*detention time*) untuk penurunan parameter COD maupun BOD adalah sama dan dihitung berdasarkan persamaan (2-1) :

$$\begin{aligned} t_{2026} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{147}{880,833} \\ &= 0,145 \text{ hari} = 3,476 \text{ jam} \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka waktu tinggal bak equalisasi menjadi :

$$\begin{aligned} t_{2026} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{11 \times 7 \times 3}{1015,014} \\ &= \frac{231}{1015,014} \\ &= 0,227 \text{ hari} = 5,461 \text{ jam} \approx 5 \text{ jam (memenuhi kriteria)} \end{aligned}$$

2. Menghitung suhu bak yaitu dihitung berdasarkan persamaan (2-2) :

$$\begin{aligned} Tw_{2026} &= \frac{D.Ti + f.t.Ta}{D + f.t} \\ &= \frac{3 \times 30 + 1,5 \times 0,1 \times 30}{3 + 1,5 \times 0,1} \\ &= 30^0 \text{ C} \end{aligned}$$

3. Koefisien penyisihan COD per hari dihitung berdasarkan persamaan (2-3) :

$$\begin{aligned} K_{(Tw)2026} &= K_{20} \times \theta^{(Tw-20)} \\ &= 8 \times 1,035^{(30-20)} \\ &= 8 \times 1,035^{(10)} \\ &= 11,28 \text{ /jam} \end{aligned}$$

4. Kadar COD dan BOD *effluent* dihitung berdasarkan persamaan (2-4) :

- Kadar COD *effluent* bak equalisasi :

$$\begin{aligned} S_{2026} &= \frac{1 + b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_0 \\ &= \frac{1 + 0,2 \times 3,476}{0,5 \times 11,28 \times 3,476} \times 192 \\ &= 1,517 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi standar yang telah ditentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{COD \ 2026} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\ &= \frac{192 - 1,152}{192} \times 100\% \\ &= 99\% \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka kadar *effluent* COD bak equalisasi menjadi :

$$\begin{aligned}
 S_{2026} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_o \\
 &= \frac{1+0,2 \times 5,462}{0,5 \times 11,28 \times 5,462} \times 192 \\
 &= 0,079 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi standar yang telah ditentukan)} \\
 \eta_{COD \ 2026} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{192-0,078}{192} \times 100\% \\
 &= 99\%
 \end{aligned}$$

- Kadar BOD *effluent* bak equalisasi :

$$\begin{aligned}
 S_{2026} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_o \\
 &= \frac{1+0,2 \times 3,476}{0,5 \times 11,28 \times 3,476} \times 102 \\
 &= 0 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi standar yang telah ditentukan)} \\
 \eta_{BOD \ 2026} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{102-0}{102} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka kadar BOD *effluent* bak equalisasi menjadi :

$$\begin{aligned}
 S_{2026} &= \frac{1+b \times t}{a \times K_{Tw} \times t} \times S_o \\
 &= \frac{1+0,2 \times 5,462}{0,5 \times 11,28 \times 5,462} \times 102 \\
 &= 0 \text{ mg/L} < 150 \text{ mg/L (memenuhi standar yang telah ditentukan)} \\
 \eta_{BOD \ 2026} &= \frac{COD_{inlet} - COD_{outlet}}{COD_{inlet}} \times 100\% \\
 &= \frac{102-0}{102} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

5. Kadar VSS dihitung berdasarkan persamaan (2-7) :

- Kadar VSS untuk penurunan parameter COD :

$$\begin{aligned}
 X_{V2026} &= \frac{a \times (S_o - S)}{1+b \times t} \\
 &= \frac{0,5 \times (192 - 1,152)}{1+0,2 \times 3,476} \\
 &= 0,157 \text{ mg/L}
 \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka kadar VSS bak equalisasi menjadi :

$$\begin{aligned} X_{v2026} &= \frac{a \times (S_0 - S)}{1 + b \times t} \\ &= \frac{0,5 \times (192 - 0,078)}{1 + 0,2 \times 5,462} \\ &= 0,172 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Kadar VSS untuk penurunan parameter BOD :

$$\begin{aligned} X_{v2026} &= \frac{a \times (S_0 - S)}{1 + b \times t} \\ &= \frac{0,5 \times (102 - 0)}{1 + 0,2 \times 3,476} \\ &= 7,451 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka kadar VSS bak equalisasi menjadi :

$$\begin{aligned} X_{v2026} &= \frac{a \times (S_0 - S)}{1 + b \times t} \\ &= \frac{0,5 \times (192 - 0)}{1 + 0,2 \times 5,462} \\ &= 5,468 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

6. Oksigen yang dibutuhkan dihitung berdasarkan persamaan (2-5) :

- Oksigen yang dibutuhkan untuk penurunan parameter COD :

$$\begin{aligned} R_{r2026} &= (a' \times (S_0 - S_e) + (b' \times X_v)) \\ &= (0,5 \times 190,848) + (0,28 \times 0,157) \\ &= 53,481 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka oksigen yang dibutuhkan bak equalisasi menjadi:

$$\begin{aligned} R_{r2026} &= (a' \times (S_0 - S_e) + (b' \times X_v)) \\ &= (0,5 \times 191,922) + (0,28 \times 0,172) \\ &= 53,876 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

- Oksigen yang dibutuhkan untuk penurunan parameter BOD :

$$\begin{aligned} R_{r2026} &= (a' \times (S_0 - S_e) + (b' \times X_v)) \\ &= (0,5 \times 102) + (0,28 \times 7,451) \\ &= 55,846 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka oksigen yang dibutuhkan bak equalisasi menjadi:

$$\begin{aligned} Rr_{2026} &= (a'x (So - Se) + (b'x Xv)) \\ &= (0,5 \times 102) + (0,28 \times 5,468) \\ &= 55,291 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

7. Transfer oksigen aktual pada suhu 30°C untuk elevasi +5 m dihitung berdasarkan persamaan (2-8) :

$$\begin{aligned} N_{2026} &= No \times \left(\frac{\beta \times (Cw - Cl)}{9,17} \right) \times 1,024^{Tw-20} \times \alpha \\ &= 3,3 \times \left(\frac{0,95 \times (7,6 - 1,16)}{9,17} \right) \times (1,024^{(30-20)}) \times 1,2 \\ &= 3,34 \text{ lb /hp.h} = 2,031 \text{ kg /kW.h} \end{aligned}$$

8. Suplai oksigen maksimum dalam 1 hari dengan kapasitas aerator sebesar 2,2 kw sebagai berikut :

- Suplai oksigen maksimum terhadap penurunan parameter COD :

$$\begin{aligned} R_{aktual2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 12 \text{ hour} \\ &= 53,618 \text{ kg} > 53,481 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sementara dengan debit pada tahun prediksi yang sama, namun dimensi dari bak equalisasi telah di rencanakan ulang, maka suplai oksigen maksimum yang dibutuhkan bak equalisasi :

$$\begin{aligned} R_{aktual2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 12 \text{ hour} \\ &= 53,618 \text{ kg} < 53,786 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dikarenakan $R_{aktual2026}$ lebih kecil dari nilai R_{aktual} rencana, maka jumlah jam operasi aerator dinaikkan menjadi maksimum 14 jam, dan perhitungannya menjadi :

$$\begin{aligned} R_{aktual2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 14 \text{ hour} \\ &= 62,555 \text{ kg} > 53,786 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Suplai oksigen maksimum terhadap penurunan parameter BOD

$$\begin{aligned} R_{aktual2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\ &= 2,031 \text{ kg /kW.h} \times 2,2 \text{ kw} \times 12 \text{ hour} \\ &= 53,618 \text{ kg} < 55,846 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_{aktual2026} = N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator}$$

$$= 2,031 \text{ kg /kW.h} * 2,2 \text{ kw} * 12 \text{ hour}$$

$$= 53,618 \text{ kg} < 55,291 \text{ kg}$$

Dikarenakan $R_{\text{aktual}2026}$ lebih kecil dari nilai $R_{\text{aktual rencana}}$, maka jumlah jam operasi aerator dinaikkan menjadi maksimum 14 jam, dan perhitungannya menjadi :

$$R_{\text{aktual}2026} = N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator}$$

$$= 2,031 \text{ kg /kW.h} * 2,2 \text{ kw} * 14 \text{ hour}$$

$$= 62,555 \text{ kg} > 55,291 \text{ kg}$$

9. Dengan kapasitas aerator pada bak equalisasi sebesar 2,2 kw dengan masa operasi maksimum 12 jam dalam 1 suplai maksimum oksigen dalam 1 hari sebesar :

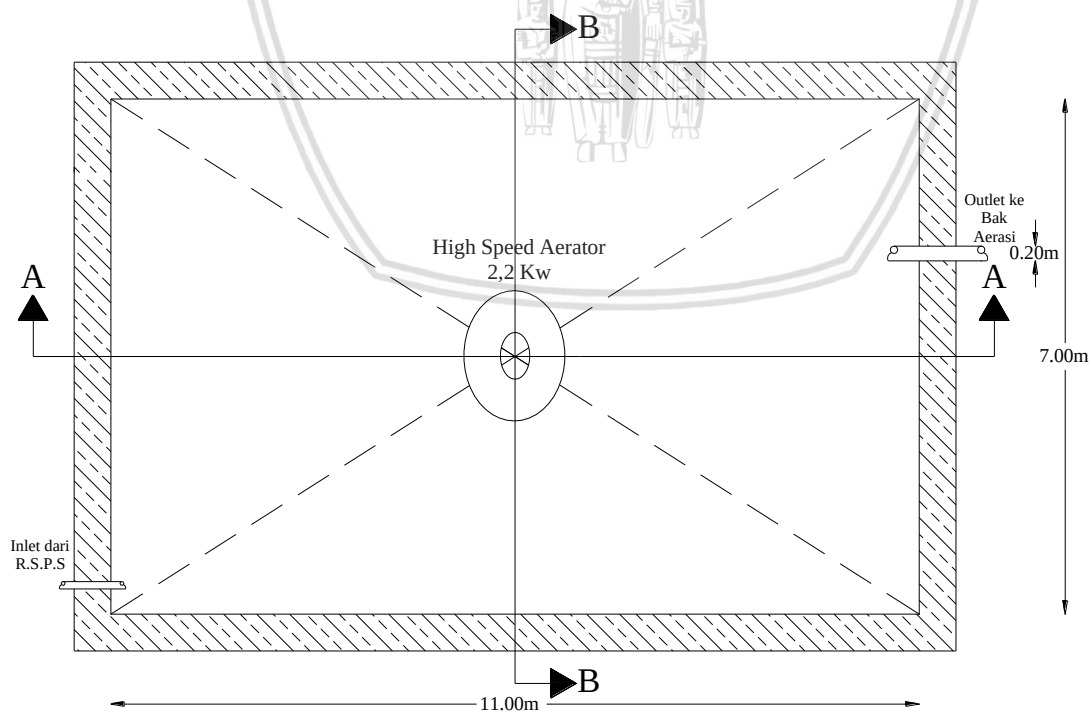
$$t_{\text{minimum aerator } 2026} = \frac{11,969}{2,031 \times 2,2} = 11,969 \text{ jam atau 12 jam sehari}$$

Dan pada tahun 2026, dengan perubahan dimensi maka minimal pengoperasian menjadi :

$$t_{\text{minimum aerator } 2026} = \frac{53,786}{2,031 \times 2,2} = 12,037 \text{ jam atau 12 jam sehari}$$

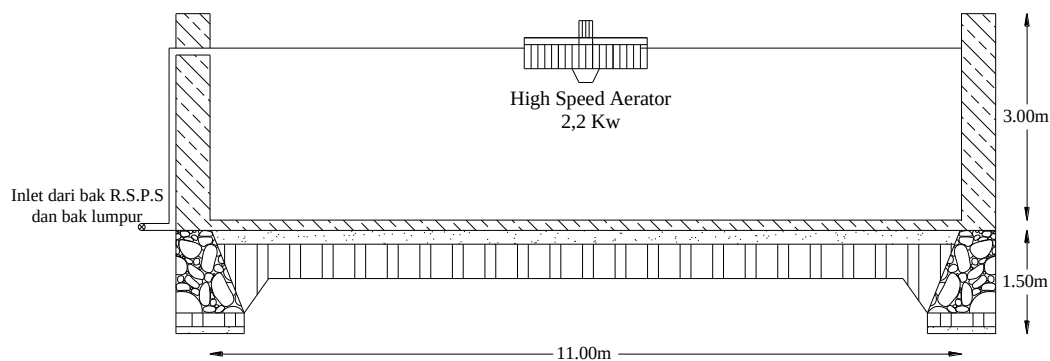
Untuk mengetahui apakah bak Equalisasi yang telah di modifikasi dapat menurunkan parameter pencemar COD maupun BOD, maka dapat dihitung pula efisiensi penurunan parameter pencemar berdasarkan perhitungan di atas, dan di jabarkan pada tabel berikut :

Berikut merupakan gambar denah dari bak equalisasi yang telah di ubah dimensinya sesuai dengan perhitungan evaluasi bak equalisasi IPAL Margasari.



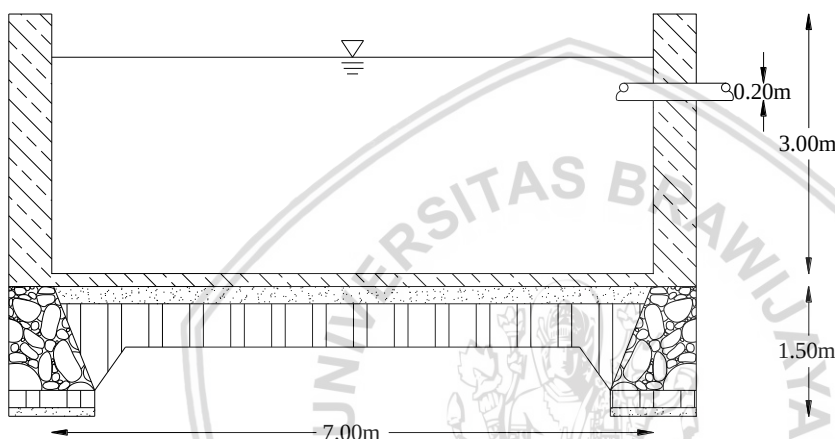
Gambar 4.48. Bak Equalisasi

Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.49. Denah potongan A-A Bak Equalisasi

Sumber : olahan peneliti



Gambar 4.50. Denah Potongan B-B Bak Equalisasi

Sumber : olahan peneliti

4.7.2. Bak Aerasi

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab 4.6.2., didapatkan kesimpulan dari perhitungan efektivitas bak aerasi adalah sebagai berikut :

1. Bak aerasi masih efektif atau mampu untuk menampung proyeksi debit air limbah tahun 2017 maupun tahun 2026 untuk tidak dilakukannya perencanaan ulang dimensi dari bak Aerasi.
2. Suplai oksigen maksimum per jam (R aktual) untuk tahun 2017 sudah sesuai namun untuk tahun 2026 masih kurang dari oksigen yang dibutuhkan seharusnya.

- Oksigen yang dibutuhkan dihitung berdasarkan untuk penurunan parameter COD :

$$R_{r2026} = 476,107 \text{ kg/jam lebih besar dari } R_{rencana} \text{ yaitu } 365,58 \text{ kg}$$

Dikarenakan suplai oksigen maksimum yang kurang dari suplai oksigen rencana, maka jumlah jam operasi aerator perlu di tambah menjadi 16 jam, dan perhitungannya menjadi :

$$R_{aktual2026} = N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2,031 \text{ kg /kW.h} * 15 \text{ kw} * 16 \text{ hour} \\
 &= 487,44 \text{ kg} > 476,759 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Oksigen yang dibutuhkan dihitung berdasarkan untuk penurunan parameter BOD :

$$R_{r2026} = 260,531 \text{ kg/jam lebih kecil dari } R_{rencana} \text{ yaitu } 365,58 \text{ kg}$$

Dikarenakan suplai oksigen maksimum yang lebih besar dari suplai oksigen rencana, maka jumlah jam operasi aerator tidak perlu di tambah untuk penurunan BOD. Namun, karena parameter COD memerlukan penambahan waktu pengoperasian aerator. Maka, untuk penurunan BOD mengikuti penambahan jumlah jam pengoperasian aerator sesuai dengan penurunan parameter COD. Dan perhitungannya menjadi :

$$\begin{aligned}
 R_{aktual2026} &= N \times \text{daya aerator} \times \text{jumlah jam operasi aerator} \\
 &= 2,031 \text{ kg /kW.h} * 15 \text{ kw} * 16 \text{ hour} \\
 &= 487,44 \text{ kg} > 260,531 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.7.3. Bak R.S.P.S.

Berdasarkan hasil perhitungan pada sub bab 4.6.3., masih mampu untuk menampung sisa volume debit air limbah. Untuk itu tidak perlu dilakukan modifikasi ulang dimensi dari bak R.S.P.S. Hasil evaluasi dari bak R.S.P.S. ini dapat dilihat pada perhitungan yang tertera pada tabel 4.29 berikut ini :

Tabel 4.29.

Hasil Evaluasi Bak R.S.P.S.

Parameter	Tahun	Volume (m ³)	Sisa Volume (m ³)	R aktual (m ³)
COD	2026	Equalisasi	147	53,481
		R.S.P.S.	75	53,786
BOD		Equalisasi	147	55,846
		R.S.P.S.	75	55,291

Sumber : hasil perhitungan, 2018

Dengan adanya evaluasi pada dimensi bak equalisasi, maka volume tampungan bak R.S.P.S. masih mampu untuk menampung sisa volume dari bak equalisasi dan dijabarkan pada tabel 4.29. Dan waktu pengoperasian pompa bak R.S.P.S. bertambah dari 10 jam perhari menjadi 19 jam per hari untuk tahun 2026.

$$t_{2026} = \frac{Q}{\text{daya pompa}} = \frac{1015,014}{51} = 19,902 \text{ jam}$$

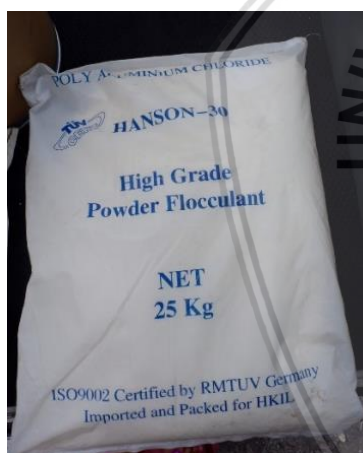
4.7.4. Bak Sedimen

Evaluasi bak sedimen dilakukan berdasarkan perhitungan efektivitas dari bak sedimen pada sub bab 4.6.4., berdasarkan perhitungan efektivitas bak sedimen terhadap penurunan kadar parameter TSS didapatkan hasil bahwa bak sedimen masih mampu untuk

menurunkan parameter TSS untuk beban air limbah yang terjadi pada tahun 2026 yang akan datang. Sehingga disimpulkan bahwa tidak perlu adanya modifikasi ulang pada bak sedimen IPAL Margasari.

4.7.5. Bak Klorin

Pada dasarnya bak klorin bukanlah bak pengolahan air limbah, melainkan bak ini digunakan sebagai disinfektan. Pemberian disinfektan bertujuan agar air tersebut layak untuk digunakan kembali. Air hasil olahan dari bak klorinasi ini akan dibuang ke sungai atau jika diperlukan akan digunakan oleh Dinas DKPP. DKPP kota Balikpapan menggunakan air hasil olahan dari bak klorinasi ini hanya di saat terjadi musim kemarau untuk menyiram tanaman pinggir jalan serta meminimalisir debu. Air hasil olahan dari bak klorinasi ini dialirkan ke bak air hasil olahan. Bak air olahan yang menampung air limbah hasil olahan yang digunakan untuk membantu memasok air pemadam kebakaran.. Penggunaan koagulan pada bak klorin ini adalah dibubuhkannya bahan kimia seperti PAC (*Poly Aluminium Chloride*), yang dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 4.51. PAC (*Poly Aluminium Chloride*)

Sumber : Dokumentasi pribadi, 2018

Pada praktek dilapangan diketahui bahwa penggunaan kadar PAC tidak sesuai dengan aturan yang terdapat pada perhitungan efektivitas IPAL Margasari seharusnya. Demikian dapat disimpulkan bahwa ini merupakan salah satu alasan meningkatnya kadar COD hasil olahan dari *effluent* pada outlet.

4.8. Kesimpulan Evaluasi IPAL Margasari

Dari perhitungan efektivitas yang didapatkan hasil berupa evaluasi IPAL Margasari, maka dapat disimpulkan bahwa bangunan pengolah ari limbah yaitu bak equalisasi perlu untuk di desain ulang. Skema proses pengolahan IPAL Margasari setelah evaluasi dilampirkan pada bagian lampiran.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Evaluasi yang dilakukan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari dibagi menjadi 3 tahapan antara lain analisa penurunan efisiensi kualitas *effluent* IPAL Margasari, efektifitas bangunan pengolah IPAL Margasari terhadap penurunan kadar parameter terkait, dan kinerja IPAL Margasari berdasarkan evaluasi dimensi bangunan pengolah.

Analisa penurunan efisiensi kualitas *effluent* IPAL Margasari, yang terdiri dari 4 parameter uji yaitu BOD, COD, NH_3 , dan TSS. Berdasarkan Perda Provinsi Kalimantan Timur No. 02 Tahun 2011, parameter COD mengalami kenaikan kadar melebihi batas baku mutu air limbah. Efisiensi penurunan parameter air limbah yang terjadi pada parameter COD dan BOD yang tidak sesuai dengan ketentuan yang ada yaitu minimal 90%. Untuk parameter COD selama waktu pengamatan belum memenuhi baku mutu air limbah dengan nilai rata-rata penurunan efisiensi sebesar 11%. Dan untuk parameter BOD selama waktu pengamatan juga belum memenuhi baku mutu air limbah dengan nilai rata-rata penurunan efisiensi sebesar 71%. Perbedaan signifikan yang terjadi pada parameter COD dan BOD ini terjadi akibat tingginya tingkat kandungan organik dalam air limbah. Bila direpresentasikan tingkat BOD tinggi dikarenakan jumlah senyawa organik tinggi, semakin banyak senyawa organik maka semakin banyak oksigen yang dibutuhkan, sehingga nilai DO dalam air hanya bernilai 1 mg/L. Sementara bila di representasikan tingkat COD yang sangat tinggi diakibatkan tingkat fosfat yang tinggi rata-rata 10 sampai 14 mg/L. Deterjen merupakan limbah dari kegiatan domestik yang paling potensial mencemari air. Penggunaan deterjen inilah yang meningkatkan senyawa fosfat pada air limbah.

Kinerja IPAL Margasari berdasarkan dari hasil analisa dimensi serta kapasitas pengolahan dibagi menjadi beberapa tahapan antara lain debit harian maksimum yang masuk pada tahun 2017 adalah sebesar 880,833 m³/hari yang mana masih memenuhi kriteria dari perencanaan debit air limbah yaitu 972 m³/hari. Namun, pada tahun 2026 debit air limbah yang masuk ke dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Margasari

adalah 1015,014 m³ yang mana melebihi kapasitas tampungan rencana. Waktu tinggal air limbah dengan lama waktu pengoperasian aerator adalah sama. Sebab, waktu tinggal air limbah didasarkan pada kapasitas dimensi bak pengolah air limbah untuk bisa menampung air limbah yang masuk. Dan dari perhitungan evaluasi diketahui bahwa waktu tinggal air limbah pada bak equalisasi adalah 3 jam tidak sesuai dengan ketentuan yaitu 4-8 jam. Sementara pengoperasian pompa aerator didasarkan pada banyaknya suplai oksigen maksimum dalam 1 hari dengan kapasitas aerator 2,2 kw adalah sebesar 53,618 kg yang mana lebih besar dari kapasitas rencana oksigen yang dibutuhkan yaitu sebesar 53,481 kg. Sehingga, lama waktu pengoperasian aerator pada bak equalisasi adalah sebanyak 12 jam dalam satu kali suplai oksigen. Jika dibandingkan dengan bak aerasi, waktu tinggal air limbah pada bak aerasi sudah memenuhi kriteria yang ada yaitu 14-16 jam per hari. Yang mengindikasikan bahwa bak aerasi masih mampu menampung debit air limbah yang digelontorkan dari bak equalisasi. Namun, bak aerasi membutuhkan penambahan jam operasi pompa aerator dari 14 jam per satu kali suplai oksigen menjadi 16 jam per satu kali suplai oksigen. Maka, untuk jangka waktu yang akan datang IPAL Margasari perlu untuk dilakukan modifikasi ulang.

5.2. Saran

Penulis merekomendasikan saran dan masukan untuk IPAL Margasari dan juga rekan-rekan mahasiswa lainnya yang mungkin mengambil penelitian yang sejenis ini.

Adapun saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Diharapkan dengan adanya penelitian ini monitoring terhadap kinerja operasional IPAL Margasari tiap bulannya dapat mengikuti aturan dan ketetapan perencanaan yang sudah ditetapkan.
2. Disarankan untuk mengecek kualitas pengolahan air limbah dengan jangka waktu yang rutin bukan pengecekan yang dilakukan hanya satu kali dalam satu bulan.
3. Sedangkan untuk teman-teman mahasiswa yang akan mengambil judul penelitian yang sama diharapkan untuk lebih memperbanyak kajian pustaka mengenai jenis dari subjek penelitian dikarenakan setiap subjek penelitian memiliki karakteristik yang berbeda.

Semoga dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai pertimbangan lain selain kajian pustaka untuk meningkatkan hasil daripada penelitian-penelitian yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Ciptakarya PU, (1996). *Analisis Kebutuhan Air Minum*. Jakarta: Ditjen Cipta Karya
- Djabu, Udin et.al. (1991). *Pedoman Bidang Studi Pembuangan Tinja dan Air Limbah pada Institusi Pendidikan Sanitasi/Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Pusdiknakes Depkes RI.
- Eckenfelder, W. Wesley. (2000). *Industrial Water Pollution Control*. New York: Mc Graw Hill.
- Fair, Geyer, and D.A. Okun. (1968) *Water and Wastewater Engineering, Volume 2*. Dalam Metcalf & Eddy, Inc. (Penyunting) New York: Mc Graw-Hill.
- Jenny, Rhayu. (1993). *Penanganan Limbah Industri Pangan*. Dalam Yunia, C. Rizki (2014). Pengaruh Penggunaan Starter Terhadap Kualitas Fermentasi Limbah Cair Tapioka sebagai Alternatif Pupuk Cair (skripsi). Malang: Universitas Brawijaya
- Kepmen, LH. No.112 . (2012) *Baku Mutu Limbah Domestik Indonesia*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup.
- Klosterman, R.E. (1990). *Community Analysis and Planning Techniques*. Unites State: Rowman
- Mara, D. Duncan. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*. London: Earthscan.
- Martopo, S. (1987). *Dampak Limbah Terhadap Lingkungan*. Yogyakarta Bahan Diskusi Kursus Singkat Penanganan Limbah Secara Hayati.
- Metcalf & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse*. Singapore: Mc Graw-Hill.
- Metcalf & Eddy, Inc. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th edition. Singapore: Mc Graw-Hill.
- Peraturan Daerah No. 02. (2011). *Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*. Kalimantan Timur: Pemerintah Daerah Provinsi.
- Peraturan Walikota Balikpapan. (2005) *Surat Keputusan Walikota Balikpapan No 188.45 49*. Balikpapan: Peraturan Walikota Balikpapan.
- Setiadi, Tjandra. (2008). *Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: Pusteklim.

- Shield. (1936). *Application of Similarity Principles and Turbulance Research to Bed-Load Movement*. Dalam Metcalf & Eddy, Inc. (Penyunting) New York: Mc Graw-Hill.
- Soeparman & Suparmin. (2002). *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*. Jakarta: UI Press.
- Tchobanoglous. G. Theisen. H. & Vigil. S.A. (1991). *Integrated Solid Waste Management*. Dalam Metcalf & Eddy, Inc. (Penyunting) New York: Mc Graw-Hill.

