

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL DI AREA SANITASI TINGKAT RISIKO
SEDANG DI KABUPATEN SLEMAN

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



ADITYA ANNAS MUHAMMAD

19513175

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL DI AREA SANITASI TINGKAT RISIKO
SEDANG DI KABUPATEN SLEMAN**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



ADITYA ANNAS MUHAMMAD

19513175

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Annisa Nur Lathifah, S.Si.,
M.Biotech., M.Agr., Ph.D.
NIK. 155130505
Tanggal: 20/10/2023

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

NIK. 025100407
Tanggal: 10/10/23

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Ani Juliani, S.T., M.Sc. (Res. Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 20/10/23

HALAM PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL DI AREA SANITASI TINGKAT RISIKO
SEDANG DI KABUPATEN SLEMAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: *Jumat*
Tanggal: *20 Oktober 2023*

Disusun Oleh:

**ADITYA ANNAS MUHAMMAD
19513175**

Tim Penguji:

Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng.

Handwritten signatures and dates of the three members of the assessment team. The first signature is for Annisa Nur Lathifah, dated 20/10. The second signature is for Dr. Andik Yulianto, dated 20/10. The third signature is for Dr. Joni Aldilla Fajri, dated 28/23.

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini merupakan asli dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik di Universitas manapun.
2. Karya tulis ini adalah karya saya sendiri tanpa bantuan pihak manapun kecuali bantuan arahan dari Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat pendapat ataupun karya dari orang lain kecuali dengan jelas tercantum sebagai acuan dan tertulis nama penulis yang dicantumkan di daftar pustaka.
4. Aplikasi software yang digunakan pada penelitian ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh sungguh dan apabila terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi apapun.

Yogyakarta, 20 Oktober 2023

Yang membuat pernyataan,



Aditya Annas Muhammad

NIM: 19513175



PRAKATA

Puji serta syukur Alhamdulillah, penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang sudah memberi limpahan hidayah, taufik serta rahmat-Nya, sehingga bisa terselesaikan dengan baik tugas akhir ini. Penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Identifikasi Mikroba Dominan Pada IPAL Komunal Di Area Sanitasi Tingkat Risiko Sedang Di Kabupaten Sleman” sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan rasa terimakasih yang tak ternilai besarnya kepada:

1. Bapak dan Ibu, selaku orang tua tersayang yang selalu memberikan pendampingan, kasih sayang dan dukungan moril maupun materil serta doa.
2. Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.dan Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing atas segala ilmu, waktu serta kesabaran dalam membimbing dan mendampingi penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku dosen penguji tugas akhir atas ilmu, koreksi dan arahan yang diberikan.
4. Ibu Ratna Isnikartika, S.Si. beserta staf Laboratorium Bioteknologi Teknik Lingkungan yang telah membantu proses pengujian di laboratorium.
5. Pengurus IPAL Komunal Rejo Santoso, IPAL Komunal Banyu Aji dan IPAL Komunal Randugowang yang membantu perizinan dan melaksanakan penelitian di IPAL Komunal.
6. Kakak, sahabat dan teman penulis yang selalu menemani dan mendengar keluh kesah selama penyelesaian tugas akhir.

Akhir kata penulis mohon maaf apabila masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Semoga penulisan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

ABSTRAK

Penelitian pada IPAL Komunal di Kabupaten Sleman sendiri masih sedikit mengenai parameter biologi khususnya mikroba dominan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mikroba dominan pada IPAL Komunal yang terpilih yang terletak pada area tingkat risiko yang sedang di Kabupaten Sleman. Pengambilan sampel dilakukan pada saluran inlet, outlet dan unit pengolahan tiap IPAL. Pengujian di laboratorium dilakukan dengan metode *Direct Plating* dengan menggunakan media agar berupa *Dilute Nutrient Broth (DNB)*. Untuk pengambilan sampel menggunakan metode *Grab Sampling*. Perhitungan identifikasi koloni menggunakan metode Pengujian *Total Plate Count (TPC)*. Metode selanjutnya yang dipakai adalah metode pewarnaan gram. Penelitian ini dilakukan pada tiga lokasi IPAL Komunal di area dengan tingkat risiko sanitasi sedang di Kabupaten Sleman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mikroba dominan pada IPAL terpilih berdasarkan morfologinya beragam pada tiap IPAL. IPAL Rejo Santoso memiliki bakteri dominan dengan bentuk *spindle* dengan garis tepi *entire* dengan warna putih dan ukuran *small* dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan persentase sebesar 41%. IPAL Komunal Banyu Aji memiliki bentuk *irregular* dengan garis tepi *lobate*, berwarna putih memiliki bentuk sel *coccus* dan gram negatif dengan persentase sebesar 29%. IPAL Randugowang dengan bentuk *spindle* dengan garis tepi *entire* berwarna putih dan memiliki bentuk sel *basil* dengan gram positif dengan besar persentase 32%. Hasil asumsi pemetaan bakteri dengan berdasarkan data dari literatur yang didapatkan dan digunakan sebagai pembanding, dapat diperkirakan bahwa beberapa jenis bakteri yang memiliki kemiripan dari ke setiap IPAL secara berurutan adalah *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Enterobacter*, *Zoogloea*, *Bacillus*, dan *Micrococcus*.

Kata kunci: IPAL Komunal, Kabupaten Sleman, Mikroba Dominan.

ABSTRACT

Research on Communal Wastewater Treatment Plants (CWWTPs) in Sleman Regency is still limited, particularly concerning biological parameters, specifically dominant microbes. This study aims to identify dominant microbes in selected Communal WWTPs located in areas with a moderate sanitation risk level in Sleman Regency. Sample collection was conducted at the inlet and outlet channels, as well as the treatment units of each Communal WWTP. Laboratory testing was performed using the Direct Plating method, utilizing *Dilute Nutrient Broth* (DNB) agar media. The sampling method used was *Grab Sampling*. Colony identification calculations were carried out using the *Total Plate Count* (TPC) method. The subsequent method employed was the gram staining method. This research was conducted at three Communal Wastewater Treatment Plant locations in areas with a moderate sanitation risk level in Sleman Regency. The results of the study showed that the dominant microbes in the selected Communal WWTPs varied in morphology at each plant. The Rejo Santoso Communal WWTP had dominant bacteria with *spindle* shaped morphology, entire edges, white color, small size, and *coccus* shaped, with a percentage of 41%. The Banyu Aji Communal Wastewater Treatment Plant had *irregular* shaped bacteria with *lobate* edges, white color, *coccus* shaped, and gram negative, with a percentage of 29%. The Randugowang Communal WWTP had *spindle* shaped bacteria with entire edges, white color, *basil* shaped, and gram positive, with a percentage of 32%. Based on the assumed bacterial mapping, using data from the literature obtained and used for comparison, it can be estimated that several bacterial types with similarities in the respective Communal WWTPs are, in order, *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Enterobacter*, *Zoogloea*, *Bacillus*, and *Micrococcus*.

Keywords: Communal WWTP, Sleman Regency, Dominant Microbes.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN.....	2
PRAKATA	3
ABSTRAK	5
DAFTAR ISI.....	7
DAFTAR TABEL	10
DAFTAR GAMBAR	11
BAB I PENDAHULUAN.....	12
1.1 Latar Belakang.....	12
1.2 Rumusan Masalah.....	14
1.3 Tujuan Penelitian	14
1.4 Ruang Lingkup	15
1.5 Manfaat Penelitian	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	16
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sleman	16
2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal.....	16
2.3 Limbah Domestik	17
2.4 Sistem Pengolahan IPAL	17
2.5 Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal.....	18
2.6 Morfologi Bakteri	19
2.7 Bakteri Dominan.....	20
2.8 Pengambilan Sampel.....	20
2.9 Metode Direct Plating.....	21
2.10 Perwarnaan Gram	21

2.11 Tingkat Area Beresiko.....	22
2.12 Penelitian Terdahulu	23
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2 Waktu dan Tempat Lokasi	25
3.3 Pengumpulan Data	26
3.4 Metode Penelitian	27
3.5 Bahan dan Alat yang Digunakan	32
3.6 Identifikasi Morfolgi Koloni pada Mikroba Dominan	32
3.7 Identifikasi Morfologi Sel Mikroba Dominan.....	33
3.8 Metode Analisis Data	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Penentuan Lokasi IPAL Komunal.....	36
4.2 Gambaran Umum Lokasi IPAL Komunal.....	39
4.2.1 IPAL Rejo Santoso.....	39
4.2.2 IPAL Banyu Aji	40
4.2.3 IPAL Randugowang.....	41
4.3 Pengambilan Sampel	42
4.3.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat.....	42
4.3.2 Pengambilan Sampel.....	42
4.3 Pengujian Laboratorium	44
4.4.2 Perhitungan Jumlah Koloni dan Identifikasi Morfologi Bakteri Menggunakan Media DNB	44
4.4.3 Perwarnaan Gram.....	51
4.6 Pemetaan Bakteri.....	56

4.6.1 IPAL Komunal Rejo Santoso.....	57
4.6.2 IPAL Komunal Banyu Aji	58
4.6.3 IPAL Komunal Randugowang.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan.....	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN A	66
LAMPIRAN B	68
LAMPIRAN C	71

DAFTAR TABEL

Table 4.1 Hasil Klasifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman.....	38
Table 4.2 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasrkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Rejo Santoso	45
Table 4.3 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasrkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Banyu Aji.....	46
Table 4.4 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasrkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Randugowang	47
Table 4.5 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Rejo Santoso	52
Table 4.6 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Aji	53
Table 4.7 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Randugowang.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 IPAL Komunal Rejo Santoso.....	39
Gambar 4.2 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Rejo Santoso.....	40
Gambar 4.3 IPAL Komunal Banyu Aji.....	40
Gambar 4.4 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Aji	41
Gambar 4.5 IPAL Randugowang	41
Gambar 4.6 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Randugowang.....	42
Gambar 4.8 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Menggunakan Gayung Bertangkai Panjang	43
Gambar 4.9 Contoh Koloni Bakteri Pada Media DNB.....	44
Gambar 4.10 Contoh Morfologi Koloni Dengan Bentuk Rizoid Berukuran Besar	45
Gambar 4.14 Diagram Perbandingan dominasi Mikroba pada ketiga IPAL Komunal	47
Gambar 4.15 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Rejosantoso	48
Gambar 4.16 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Banyu Aji	49
Gambar 4.17 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Randugowang.....	49
Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Perhitungan Koloni Media DNB Tiap IPAL Komunal.....	50
Gambar 4.19 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Rejo Santoso.....	52
Gambar 4.20 Hasil Diagram mikroba dominan pada IPAL Komunal Banyu Aji	53
Gambar 4.21 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Randugowang	54
Gambar 4.22 Hasil Perbandingan Setiap IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel Dengan Perwarnaan Gram	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Sleman merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan kepadatan yang tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2020, kabupaten Sleman tercatat memiliki jumlah penduduk sebanyak 374.148 kepala keluarga (BPS Kabupaten Sleman, 2020). Dampak yang timbul akibat kepadatan penduduk yang tinggi adalah peningkatan volume limbah domestik yang berasal dari kegiatan rumah tangga seperti air bekas cucian, air bekas memasak, MCK, dan lain sebagainya (Notoatmodjo, 2013). Peningkatan volume limbah domestik ini mengakibatkan peningkatan jumlah limbah yang diterima oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal di Kabupaten Sleman.

Berdasarkan Buku Putih Sanitasi, data persentase perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) rumah tangga di Kabupaten Sleman tahun 2010 menunjukkan bahwa di wilayah perkotaan, sebanyak 46% rumah tangga telah memiliki saluran pembuangan air limbah yang terhubung dengan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL). Sementara itu, sisanya membuang air limbah ke tanah atau mengalirkannya bersamaan dengan saluran drainase (Buku Putih Sanitasi, 2010).

Menurut website geoportal Dinas Kabupaten Sleman menyebutkan sampai saat ini di tahun 2022 pemerintah daerah telah melakukan pembangunan IPAL Komunal sebanyak 149. Dari 149 IPAL komunal tersebut dilakukan klasifikasi berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maulida, 2021 kriteria dalam penentuan strata IPAL Komunal dibagi menjadi empat. Melalui SSK tersebut didapatkan 4 klasifikasi yaitu wilayah IPAL dengan risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi.

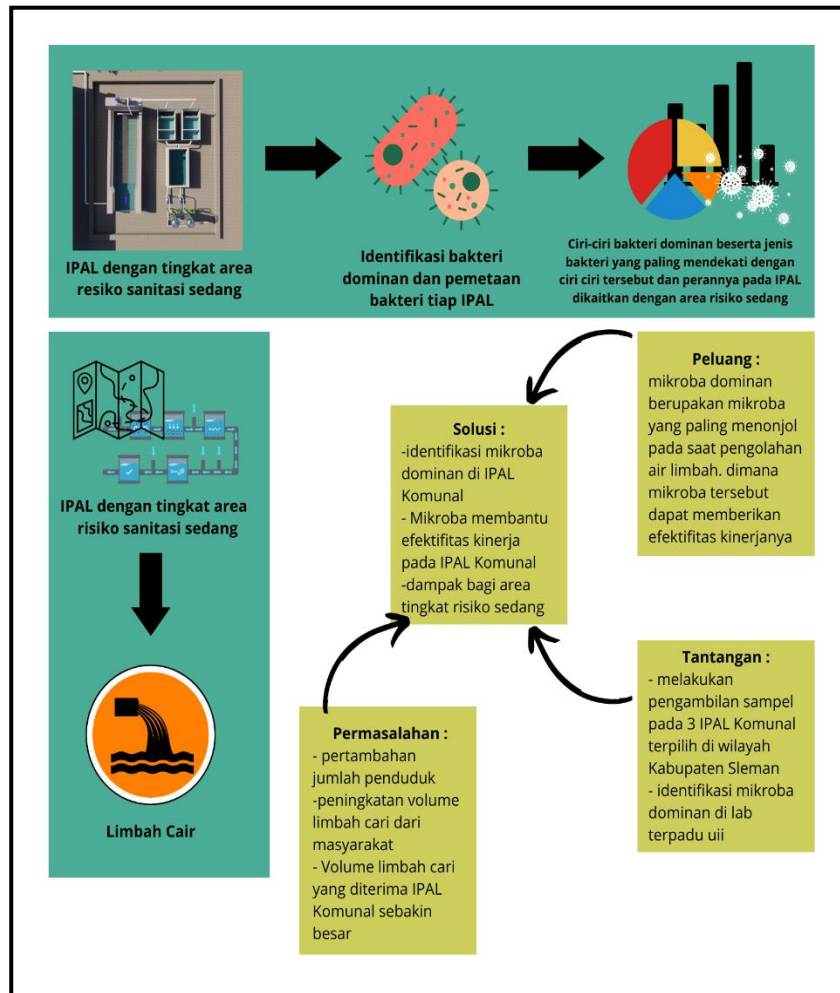
Berdasarkan klasifikasi tersebut, penulis melakukan penelitian pada IPAL yang berada pada area dengan tingkat risiko sedang dengan lokasi titik IPAL sebanyak 3 titik. Dipilihnya ketiga IPAL tersebut karena belum terdapat data mengenai mikroba dominan dan juga kemungkinan keragaman bakterinya lebih

tinggi. Keragaman mikroba dalam proses pengolahan IPAL akan mempengaruhi kinerja IPAL tersebut. Komposisi dan kadar mikroba perlu dijaga agar kinerja mikroba dapat berjalan dengan optimal (Kaswinarni, 2007). Contoh bakteri yang dapat tumbuh dalam air limbah rumah tangga adalah *Escherichia Coli* (Samina dkk., 2013). Mikroorganisme yang terdapat dalam air limbah rumah tangga antara lain *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.*, dan *Vibrio cholerae* yang merupakan bakteri patogen (Worang dkk., 2017).

Keberadaan IPAL komunal pada area risiko sanitasi sedang dapat mempengaruhi tingkat risiko sanitasi pada sektor air limbah (Anggi, 2021). IPAL dengan tingkat risiko sedang ini dapat memberikan dampak bagi manusia dan lingkungan. Pencemaran lingkungan merupakan potensi bagi lingkungan sekitar. Padatnya penduduk dengan diimbangi volume debit yang besar berpotensi mengakibatkan *effluent* yang dihasilkan kurang maksimal. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya efektivitas pengolahan IPAL yang ada. *Effluent* yang tidak sesuai baku mutu dan dibuang di lingkungan dapat membahayakan masyarakat sekitar yang menggunakan Sungai tersebut, kontaminasi akan berpotensi besar dalam konteks ini.

Penelitian ini penting mengingat dari lokasi IPAL yang terpilih belum pernah adanya penelitian mengenai uji bakteri dominan karena hal tersebut perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji mengenai bakteri dominan yang terdapat pada ketiga IPAL terpilih. Penelitian ini diharapkan bisa memberikan terkait informasi dan data-data mengenai IPAL terutama pada parameter mikroba dominan disetiap unitnya. Dengan informasi tersebut pengurus IPAL setempat dapat mengetahui tingkat efektivitas kinerja mikroba pada unit masing-masing IPAL.

Skema kerangka berpikir untuk penelitian ini dapat dilihat pada skema 1.



Skema 1. 1 Skema Kerangka Berfikir Penelitian

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dikaji mengenai parameter biologi berupa kandungan mikroba dominan berdasarkan kemiripan morfologi yang berada pada IPAL Komunal di area dengan tingkat risiko sanitasi sedang di Kabupaten Sleman.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi mikroba dominan pada IPAL komunal yang terpilih di area tingkat risiko sanitasi sedang pada inlet, proses, dan outlet di Kabupaten Sleman.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

1. IPAL yang dilakukan pengambilan sampel adalah Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan Randugowang berlokasi Randugowang Sariharjo Ngaglik Sleman dengan area tingkat risiko sedang sesuai dengan klasifikasinya.
2. Parameter yang digunakan adalah mikroba dominan.
3. Pengambilan sampel dilakukan pada titik inlet, outlet dan pengolahan.
4. *Direct Plating* merupakan metode yang akan digunakan dengan media *Dilute Nutrient Broth (DNB)*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi kepada pihak pengelolaan Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) mengenai mikroba dominan, sehingga dapat meningkatkan pemahaman tentang efektivitas kinerja mikroba dalam melakukan penguraian limbah di IPAL.
2. Menyediakan referensi bagi peneliti-peneliti selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gambaran Umum Kabupten Sleman

Kabupaten Sleman memiliki luas sebesar 574,82 km², yang setara dengan sekitar 18% dari luas total Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang mencapai 3.185,80 km². Berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Sleman terletak pada koordinat 110° 33' 00" hingga 110° 13' 00" Bujur Timur dan 7° 34' 51" hingga 7° 47' 30" Lintang Selatan. Kabupaten ini memiliki jarak terjauh dari wilayah Utara ke Selatan sekitar 32 km dan dari Timur ke Barat sekitar 35 km. Secara administratif, Kabupaten Sleman terdiri dari 17 kecamatan, 86 desa, dan 1.212 dusun.

Adapun batas batas Kabupaten Sleman sendiri adalah pada wilayah barat berbatasan dengan Kabupaten Kulon Progo. Untuk wilayah Timur berbatasan dengan Kabupaten Klaten, wilayah utara berbatasan dengan Kabupaten Boyolali dan wilayah selatan berbatasan dengan Kota Yogyakarta (Sleman dalam angka, 2020)

2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal

Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017, Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat (SPALD-T) adalah sistem pengelolaan yang dilakukan dengan mengalirkan air limbah domestik dari sumber secara kolektif ke Sub-sistem Pengolahan Terpusat untuk diolah sebelum dibuang ke badan air permukaan. Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Sleman Nomor 4 Tahun 2019 Tentang Pengelolaan Air Limbah Domestik SPALD-T Skala Permukiman dulu dikenal dengan istilah Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal.

Sub-sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat terdiri dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (IPAL-D) yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik. Sub-sistem pengolahan ini terdiri dari unit pengolahan air limbah domestik (pengolahan fisik, pengolahan biologis, dan/atau pengolahan kimia),

pengolahan lumpur hasil olahan air limbah domestik tersebut (baik berupa lumpur dari pengolahan fisik maupun lumpur dari hasil pengolahan biologis/kimia), dan unit pembuangan akhir.

Menurut Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017 Lampiran I dalam pemilihan teknologi yang akan digunakan dalam IPAL sendiri mengacu pada kepadatan penduduk. Jika suatu kepadatan penduduk dalam suatu wilayah kisaran > 150 jiwa/ha atau 15.000 jiwa/km² maka dapat diterapkan IPAL domestik terpusat.

2.3 Limbah Domestik

Dilansir dari peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017 limbah domestik adalah limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartemen, dan asrama.

Sesuai dengan namanya limbah ini bukan berasal dari industri besar atau pabrik yang mengeluarkan limbah, akan tetapi limbah yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Limbah cair domestik adalah limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas rumah tangga masyarakat dalam kehidupan keseharian. Limbah cair domestik ini dihasilkan dari beberapa aktivitas seperti sisa air mandi, sisa air mencuci pakaian, sisa air memasak, kegiatan MCK, dan sebagainya (Notoatmodjo, 2013).

2.4 Sistem Pengolahan IPAL

a. Sistem Sanitasi Terpusat

Sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, sesuai dengan baku mutu lingkungan (Karyadi, 2010)

Sistem ini biasanya digunakan pada jamban keluarga. Sistem ini menggunakan unit sumur resapan untuk menampung limbah. Akan tetapi sistem ini memerlukan lahan yang luas untuk mendapatkan sumur peresapan itu sendiri.

b. Sistem Sanitasi Setempat

Sistem sanitasi lokal adalah sistem pembuangan air limbah di mana air limbah tidak dikumpulkan dan didistribusikan ke dalam jaringan saluran yang akan membawanya ke tempat perawatan Atau badan air penerima, tetapi dilemparkan di tempat (Fajarwati, 2008). Sistem ini dapat diterapkan jika syarat syarat yang berlaku dapat memenuhi kriteria.

Kelebihan dari sistem ini adalah:

- a) Biaya pembuatan relatif murah.
- b) Bisa dibuat oleh setiap sektor ataupun pribadi.
- c) Teknologi dan sistem pembuangannya cukup sederhana.
- d) Operasi dan pemeliharaan merupakan tanggung jawab pribadi.

Disamping itu, kekurangan sistem ini adalah:

- a) Umumnya tidak menyediakan pengolahan untuk limbah dari dapur, mandi, dan cuci.
- b) Mencemari air tanah bila syarat-syarat teknis pembuatan dan pemeliharaan tidak dilakukan sesuai aturannya.

2.5 Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal

Sistem pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah komunal biasanya menggunakan teknologi yang sederhana dan biaya yang terjangkau. Teknologi yang mayoritas dipakai di Indonesia seperti *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*, *Rotating Biological Contactor (RBC)*, *Anaerobic Filter (AF)*, Bio Filter dan lainnya. Adapun IPAL Komunal yang akan dijadikan tempat penelitian adalah IPAL Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian IPAL Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan IPAL Randugowang berlokasi Randugowang, Sariharjo, Ngaglik, Sleman.

a. *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

Anaerobic Baffled Reactor terdiri dari kompartemen pengendap yang diikuti oleh beberapa reaktor *baffle*. *Baffle* ini digunakan untuk mengarahkan aliran air ke

atas (upflow) melalui beberapa seri reaktor selimut lumpur (*sludge blanket*). Sistem *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* memang merupakan pengembangan dari tangki septik konvensional. Dalam *ABR*, penggunaan baffle (penghalang) memiliki peran penting dalam mengarahkan aliran air ke atas (upflow) melalui serangkaian reaktor dengan lapisan lumpur (*sludge blanket*) (Hudson,2010).

b. *Anaerobic Filter (AF)*

Teknologi *Anaerobic Filter* ini biasanya digunakan pada tahap *secondary treatment* pada sistem pengolahan skala rumah tangga. Didalam *AF* terdapat tempat untuk perlekatan mikroba yang dimana mikroba tersebut bertugas untuk melakukan proses suspense TSS. Mikroba yang telah melakukan suspense TSS dapat memulihkan biogas pada air limbah domestic yang diharapkan saat dibuang kelingkungan tidak berpotensi mencemari lingkungan (Safisani, 2018).

2.6 Morfologi Bakteri

Koloni bakteri memiliki ciri ciri yang berbeda satu sama lain. Berbagai karakteristik dimulai dari ukuran, warna, bentuk, dan tekstur merupakan ciri ciri dari tiap koloni. Bentuk dari tiap sel individu bakteri juga berbeda mulai dari elips, bola, batang, dan spiral. Setiap ciri ini memiliki pentingnya dalam mengidentifikasi morfologi suatu spesies. Bakteri membentuk koloni yang terstruktur dengan baik saat tumbuh di permukaan padat. Saat pembentukan koloni terjadi pembelahan pada tiap koloni untuk menghasilkan koloni dengan keturunan yang tersusun dalam struktur yang teratur. Koloni bakteri memiliki karakteristik berbeda, termasuk ukuran, warna, bentuk, dan tekstur (Kaufmann, 2005).

Sel bakteri yang berbentuk seperti bola atau elips disebut sebagai kokus. Kokus dapat muncul dalam beberapa pola pengaturan khas yang berbeda tergantung pada spesiesnya. Sel bakteri yang berbentuk silindris atau batang disebut *basilus*. Ujung dari beberapa *basilus* dapat tampak berbentuk persegi, sementara yang lain cenderung meruncing, dan ada juga yang berbentuk bundar atau lancip. Ukuran panjang dan lebar *basilus* juga dapat sangat berbeda antara spesies-spesies yang berbeda.

2.7 Bakteri Dominan

Identifikasi mikroba dominan dalam suatu air limbah memiliki tujuan penting, terutama dalam konteks pengelolaan air limbah. Identifikasi ini bermanfaat untuk memahami apakah bakteri tersebut memiliki dampak positif atau negatif terhadap perairan, terutama dalam pengelolaan limbah. Jumlah bakteri yang ada dalam Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) dapat bervariasi tergantung pada jenis limbah yang diolah. Dalam air limbah dapat ditemukan beberapa jenis bakteri meliputi *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Planctomycetes*, dan *Verrucomicrobia*. Pengelompokan bakteri membantu dalam mengidentifikasi bakteri dominan, sementara analisis keragaman bakteri dapat dihitung untuk tujuan analisis (Numberger *et al.*, 2019).

Contoh lain dari bakteri yang dapat ditemukan dalam limbah domestik adalah bakteri jenis *Shigella* dan *Vibrio*, keduanya termasuk dalam *filum Proteobacteria* (Ferguson, 2012). Bakteri yang dominan pada proses anaerobik sludge relative sama dan hasil dari masing-masing spesies bakteri relative seragam, dalam hal ini yang membedakan hanyalah jumlah hasil yang ditemukan (Zhang, 2019). Hasil penelitian oleh Nuremberg (2019) menunjukkan bahwa kondisi influent dan *effluent* dipengaruhi oleh filum-filum bakteri yang dominan yang berubah pada tiap bulannya. Dengan demikian, identifikasi dan pemahaman terhadap mikroba dominan serta perubahan komposisi bakteri dalam limbah cair menjadi penting dalam upaya pengelolaan air limbah yang efektif dan berkelanjutan.

2.8 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel berada pada Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan Randugowang berlokasi Randugowang, Sariharjo, Ngaglik, Sleman. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *grab sampling* dengan lokasi pengambilan pada inlet, outlet, dan proses IPAL.

Sebelum dilakukan pengambilan sampling perlu dilakukan sterilisasi pada alat yang akan digunakan. Sterilisasi ini dilakukan untuk menciptakan kondisi aseptis pada alat sehingga organisme yang mengganggu jalanya pengambilan

sampel dimatikan. Hasil pengambilan sampel kemudian dibawa ke Laboratorium Bioteknologi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia untuk dilakukan penelitian berdasarkan parameter uji yaitu bakteri dominan.

2.9 Metode Direct Plating

Pengujian mikroba dominan menggunakan metode *direct plating*, yang mana merupakan suatu pendekatan untuk menentukan keberadaan koloni dan mikroba dominan dalam sampel berdasarkan kemiripan morfologi secara berkelompok. Setelah dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya kemudian mikroba dominan yang terbentuk berdasarkan koloni maka dilakukan pewarnaan gram. Pemilihan metode ini dikarenakan biaya yang terjangkau serta tingkat akurasi yang tinggi dalam mengidentifikasi mikroba (Lavieri *et al.*, 2014).

kelebihan dari metode ini selain itu adalah proses yang dilakukan untuk pengujian hanya membutuhkan waktu yang singkat, pembentukan morfologi sel dapat dilihat dengan jelas, jumlah sel dapat dihitung serta dimensi bakteri dapat diukur dan diamati. Sedangkan untuk kelemahan dari metode ini seringkali hasil dari pengamatan tersebut sulit untuk diinterpretasikan.

2.10 Perwarnaan Gram

Dalam proses ini, olesan bakteri yang telah difiksasi akan mengalami serangkaian perlakuan dengan berbagai larutan. Langkah-langkah tersebut mencakup penggunaan zat pewarna *kristal violet*, larutan iodium, larutan alkohol (sebagai bahan pemucat), dan zat pewarna tandingan berupa safranin atau air fuchsin. Berdasarkan perubahan warna yang terjadi pada olesan bakteri, hasilnya dapat memberikan informasi tentang sifat gram dari bakteri tersebut (Michael, 2008).

Menurut Kemendikbud dalam buku ajar bakteriologi (2021) menyebutkan mewarnaan gram ini memiliki tujuan utama untuk membedakan antara bakteri gram positif dan gram negatif. Perbedaan dalam hasil pewarnaan gram ini juga memiliki implikasi terhadap jenis bakteri yang diidentifikasi, terutama dalam konteks sifat patogeniknya. Selain itu untuk mempermudah pengamatan morfologi bakteri dengan menggunakan bantuan mikroskop, memperjelas ukuran dan bentuk bakteri,

untuk melihat struktur luar dan struktur dalam bakteri seperti dinding sel dan vakuola, menghasilkan sifat-sifat fisik dan kimia yang khas dari bakteri dengan zat warna, serta meningkatkan kontras mikroorganisme dengan sekitarnya. Secara umum bakteri tidak berwarna dan hampir tidak nampak. Pewarnaan sangat diperlukan untuk dapat melihat bakteri dengan jelas, baik untuk melihat struktur internal ataupun eksternalnya secara keseluruhan.

Pada bakteri gram negatif, warna akan berubah menjadi merah setelah proses dekolorisasi oleh alkohol, dan pada tahap akhir pewarnaan, bakteri ini akan terwarnai dengan pewarna safranin. Di sisi lain, bakteri gram positif tidak mengalami perubahan warna saat dekolorisasi oleh alkohol karena mampu mempertahankan warna ungu dari *kristal violet*. Pada tahap akhir pewarnaan, bakteri gram positif tidak terwarnai oleh safranin. Perbedaan karakteristik ini bergantung pada kemampuan sel bakteri dalam mempertahankan warna ungu dari *kristal violet* selama proses dekolorisasi oleh alkohol (Muslimin, 2014).

2.11 Tingkat Area Beresiko

Penilaian skala prioritas dalam urutan potensi risiko kesehatan lingkungan dilakukan berdasarkan hasil dari studi Penilaian Risiko Kesehatan Lingkungan (Environmental Health Risk Assessment/EHRA). EHRA merupakan studi partisipatif di suatu wilayah kabupaten/kota dengan tujuan memahami status fasilitas sanitasi dan kebersihan serta perilaku masyarakat di tingkat rumah tangga. Menurut hasil EHRA, risiko kesehatan lingkungan terkait sanitasi dapat dikelompokkan ke dalam empat kategori, yaitu risiko rendah, risiko sedang, risiko tinggi, dan risiko sangat tinggi. Wilayah yang termasuk dalam kategori risiko rendah diindikasikan memiliki sanitasi yang baik, sementara wilayah dengan risiko sanitasi yang sangat tinggi mengindikasikan rendahnya tingkat sanitasi dan dampak kesehatan lingkungan yang tinggi. Oleh karena itu, dari klasifikasi ini, dapat ditentukan wilayah mana yang memerlukan langkah-langkah pengembangan sanitasi lebih lanjut (Ekasuci, 2021).

Studi EHRA tentang zonasi air limbah di Kabupaten Sleman menghasilkan pengelompokan ke dalam empat zona, yaitu zona penanganan air limbah sistem

onsite, zona off-side kepadatan sedang, zona IPAL Komunal, dan zona sistem off-side terpusat. Penentuan zona-zona ini didasarkan pada tingkat risiko yang telah ditentukan sebelumnya, yang digunakan sebagai dasar untuk menentukan penempatan area-area tertentu dalam klasifikasi zonasi air limbah tersebut.

2.12 Penelitian Terdahulu

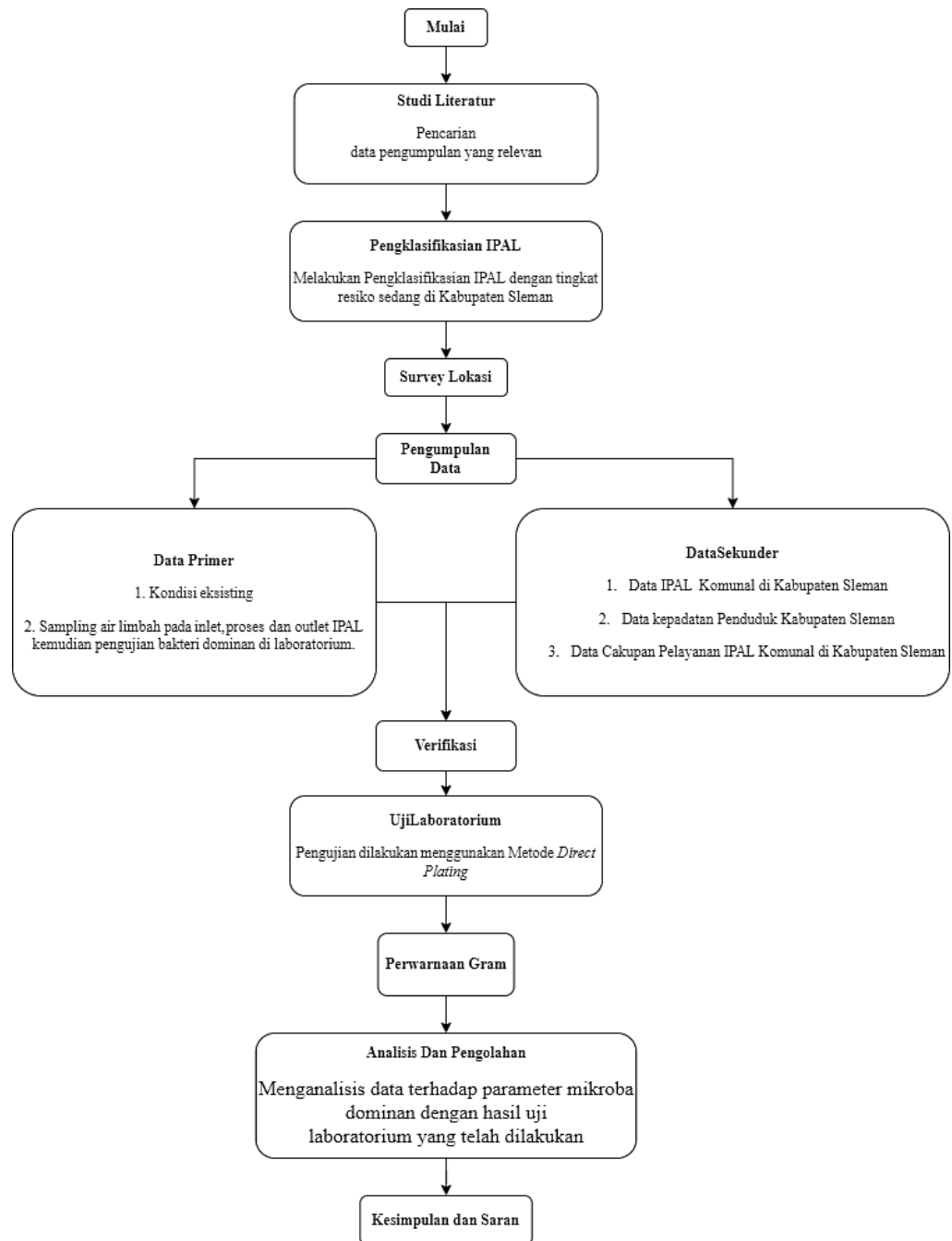
IPAL di kabupaten sleman sendiri telah diteliti oleh peneliti sebelumnya, berikut beberapa referensi jurnal terkait bakteri dominan pada IPAL di beberapa tempat. Sedangkan pada penelitian lain menurut Numberger *et al*, (2019) menemukan bahwa pada IPAL Komunal terdapat golongan golongan bakteri seperti kelompok *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Planctomycetes*, dan *Verrucomicrobia*. Selain itu, analisis penelitian mengindikasikan adanya perbedaan jumlah bakteri antara air influen dan air effluen di IPAL. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor lingkungan yang tidak hidup, atau abiotik. Di antara faktor-faktor abiotik tersebut, konsentrasi oksigen dalam air nampaknya memiliki peran penting dalam menentukan keberadaan jenis-jenis bakteri yang berbeda, dengan karakteristik metabolisme yang beragam. Selain konsentrasi oksigen, faktor-faktor lain seperti pH, suhu, dan salinitas juga terlihat berpengaruh dalam memengaruhi komposisi bakteri di lingkungan IPAL.

Menurut Cahyani (2021) asumsi bakteri dominan yang dapat ditemukan pada IPAL Komunal yang ditelitinya teridentifikasi beberapa jenis bakteri dengan bentuk morfologi yang mencakup *circular*, *filamentous*, dan *rhizoid*. Selanjutnya, berdasarkan pewarnaan gram, ditemukan bahwa bakteri dominan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan *basil* gram positif di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang diteliti dengan dugaan kuat bahwa jenis mikroorganisme yang mendominasi lingkungan IPAL Komunal dengan risiko tinggi mencakup *Advenella faeciporci*, *Ruminococcus albus*, bakteri *Metanogenik*, *Clostridium*, *Nocardia Farcinica*, dan *Thiothrix*. Dari hasil tersebut bisa digunakan sebagai konfirmasi hasil akhir pada penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Waktu dan Tempat Lokasi

Penentuan lokasi penelitian berdasarkan data IPAL yang sudah dilaksanakan, kategori IPAL yang akan digunakan adalah IPAL yang berada pada area risiko sedang. Nama dan lokasi IPAL terdiri atas Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan Randugowang berlokasi Randugowang Sariharjo Ngaglik Sleman.

Adapun kondisi eksisting pada setiap IPAL berbeda. IPAL Rejosantoso sendiri memiliki pelayanan Sambungan Rumah (SR) sebanyak 61 sambungan dengan debit puncak $55 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas 30,57 jiwa/ha. Letak dari IPAL ini sendiri berada dekat dari pemukiman dengan kondisi yang cukup terawat, pengurusan tidak rutin tergantung pendanaan dan digunakan multifungsi sebagai pos ronda sedangkan untuk kepengurusan tidak adanya kepengurusan, kepengurusan langsung jatuh ke dukuh setempat, menggunakan sistem gotong royong. Adapun keluhan dari masyarakat sekitar yaitu masyarakat susah untuk gotong royong mengenai IPAL.

IPAL Banyu Aji sendiri memiliki pelayanan SR sebanyak 64 sambungan dengan debit puncak $57 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas 30,57 jiwa/ha. Letak IPAL ini sendiri jauh dari pemukiman tepatnya di pojok desa. Kondisi IPAL sangat terawat, dan dilakukan pengurusan setiap 6 bulan sekali, terbentuknya juga kepengurusan IPAL. Sedangkan untuk IPAL Randugowang sendiri memiliki pelayanan SR sebanyak 60 sambungan dengan debit puncak $54 \text{ m}^3/\text{hari}$ dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas 30,57 jiwa/ha yang terletak jauh dari pemukiman dan di pojok desa. Kondisi sangat terawat, dan dilakukan pengurusan setiap 6 bulan sekali dengan terbentuknya sekretariat pengurus IPAL.

Analisis hasil di Laboratorium Bioteknologi, Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Waktu pelaksanaan penelitian selama 6 bulan dimulai pada desember 2022, dimulai dari survei lokasi dan mengurus perizinan, setelah perizinan diperoleh dilanjutkan pengambilan sampel kemudian dilakukan analisis di laboratorium.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang dipilih di Kabupaten Sleman. Metode yang digunakan meliputi beberapa tahap, yaitu studi literatur, survei lapangan, pengumpulan data primer dan sekunder, serta analisis hasil pembahasan dan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian tersebut.

Studi literatur adalah proses mencari data-data dan informasi yang relevan yang dapat dibuktikan yang selaras dengan penelitian yang akan digunakan untuk mencari dasar teori. Hal tersebut dapat diperoleh melalui dari *text book*, jurnal ilmiah, peraturan/regulasi dan jurnal.

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diambil secara primer, yaitu data untuk air limbah pada inlet, proses, dan outlet pada masing-masing IPAL yang terpilih. Hasil sampling kemudian dibawa ke Laboratorium Teknik Lingkungan UII untuk analisa hasil mikroba dominan yang ada di sampel tersebut. Metode yang digunakan untuk pengambilan sampel dilakukan secara *grab sampling*.

Pengambilan sampel dilakukan pada 3 IPAL Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan Randugowang berlokasi Randugowang Sariharjo Ngaglik Sleman. Kemudian melakukan wawancara bersama pengelola IPAL setempat dan pengamatan mengenai pemeliharaan dan kondisi IPAL serta masyarakatnya.

b. Data Sekunder

Data sekunder diambil untuk memenuhi kebutuhan penelitian yang diperlukan, data sekunder yang diambil seperti profil kabupaten sleman, profil IPAL terpilih, peta lokasi IPAL, data IPAL, dan jurnal terdahulu dari penelitian sebelumnya. Data sekunder ini diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, Buku Putih Kabupaten Sleman, Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman. Pencarian data dapat diakses melalui web instansi masing-masing.

3.4 Metode Penelitian

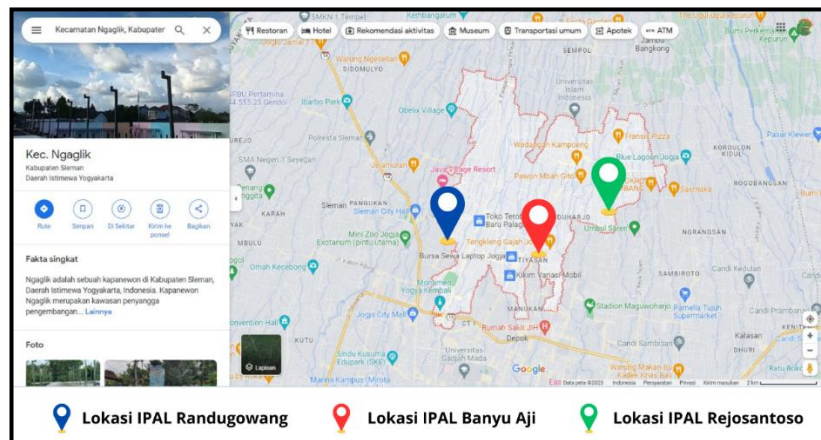
a. Metode Sampling

Titik lokasi sampling pada tiga IPAL terpilih:

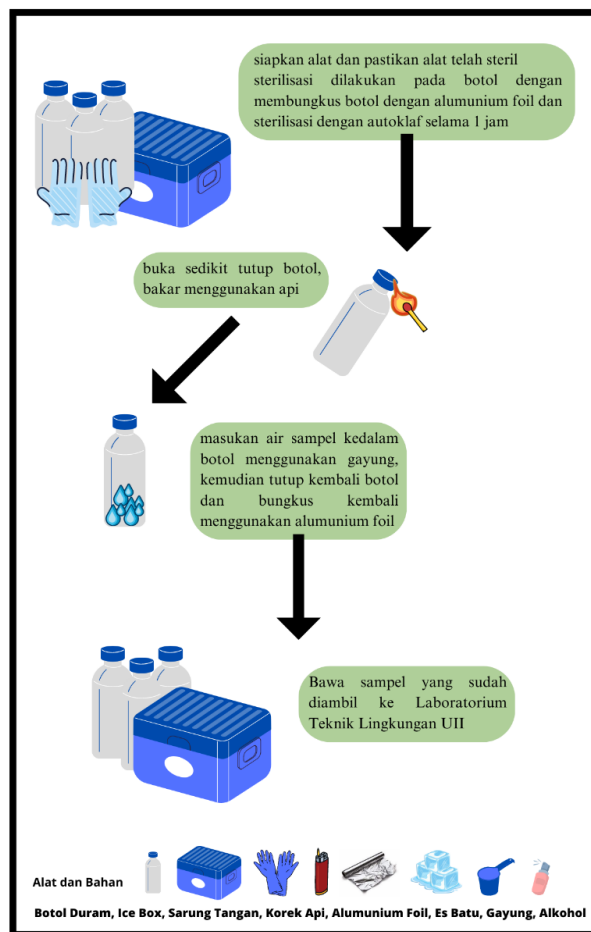
Table 3. 1 Titik Lokasi Sampling

NO	NAMA IPAL	TEKNOLOGI	ALAMAT
1	Rejo Santoso	Anaerobic Baffled Reactor -Anaerobic Filter	Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik (7°43'01.4"S 110°25'28.1"E)
2	Banyu Aji	Anaerobic Filter	Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik (7°43'47"S 110°24'05"E)
3	Randugowang	Anaerobic Filter	Sariharjo Ngaglik Sleman (7°43'32"S 110°22'19"E)

Titik pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan di tiga lokasi utama, yaitu pada inlet, outlet, dan unit pengolahan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Metode yang digunakan untuk mengambil sampel adalah metode *Grab Sampling*. Pengambilan sampel yang dilakukan secara langsung pada IPAL yang sedang dipantau. Metode ini menggambarkan karakteristik kondisi air IPAL pada saat pengambilan sampel (Effendi, 2003).



Gambar 3. 1 Peta Lokasi IPAL Komunal



Gambar 3. 2 Metode Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilaksanakan pada pagi hari antara pukul 07.00 - 09.00 WIB, periode di mana aktivitas di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) mencapai puncaknya. Karena pada jam tersebut diestimasikan bahwa keseluruhan kegiatan domestik seperti mandi, mencuci, memasak akan terjadi puncak tertingginya (Effendi, 2003). Pemilihan jam ini dihubungkan dengan fakta bahwa saat jam puncak terjadi peningkatan signifikan dalam debit air yang masuk ke dalam IPAL. Pemilihan jam puncak ini tidak akan berdampak pada hasil mikroba yang ditemukan pada hasil akhir nantinya.

Sebelum saat pengambilan sampel perlu adanya sterilisasi peralatan. Hal ini bertujuan untuk mematikan mikroorganisme yang akan mengganggu hasil akhir dari penelitian. Sterilisasi alat dan bahan digunakan untuk menciptakan suasana yang aseptis dalam pengambilan sampel nantinya. Hal ini dilakukan demi menghindari pencemar dari luar yang berpotensi akan masuk ke dalam sampel.

b. Metode Analisis Mikroba Dominan

Metode yang digunakan dalam analisis mikroba dominan adalah metode *Direct Plating (Culture Dependent)*. Metode ini merupakan pendekatan untuk mengidentifikasi keberadaan koloni dan mikroba dominan dalam sampel berdasarkan kemiripan morfologi secara berkelompok. Setelah dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya kemudian mikroba dominan berdasarkan koloni yang terbentuk maka dilakukan pewarnaan gram. Pemilihan metode ini dikarenakan biaya yang terjangkau serta tingkat akurasi yang tinggi dalam mengidentifikasi mikroba (Lavieri *et al.*, 2014)

Tahapan *direct plating serial dilution*, menurut Lathifah, dkk (2019), dilakukan dalam beberapa langkah. Pengenceran sampel sebanyak 1 ml sampel awal dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades steril. Larutan ini dihomogenkan menggunakan *vortex* untuk pencampuran merata antara sampel dan aquades. Pengenceran bertingkat dari larutan pengenceran pertama, diambil 1 ml dan dimasukkan ke dalam 9 ml aquades steril lainnya. Proses ini diulangi pada setiap tahap pengenceran berikutnya, yaitu dari tabung 2 ke tabung 3, dari tabung 3 ke tabung 4, dan seterusnya hingga mencapai tabung ke-7.

Pemilihan tabung pengenceran dari hasil pengenceran, langkah ini melibatkan pengambilan sampel dari tabung pengenceran ke-5, ke-6, dan ke-7. Setiap tabung diambil sebanyak 1 ml. Pembuatan media *pour plate* pada cawan petri steril, masing-masing 1 ml dari sampel yang diambil dari tabung ke-5, ke-6, dan ke-7 dimasukkan. Kemudian, media DNB yang masih dalam keadaan cair ditambahkan ke dalam cawan petri berisi sampel menggunakan metode *pour plate*. Tujuannya adalah agar mikroorganisme dalam sampel tercampur merata dengan media agar saat dituangkan ke dalam cawan petri.

Ketiga, cawan yang sudah berisikan media dan telah padat kemudian diinkubasi selama minimal selama 2 minggu menggunakan inkubator dengan suhu 30°C. Kemudian keempat dilakukan identifikasi terhadap koloni yang sudah tumbuh dengan dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya serta dilakukan perhitungan setiap koloni dengan membedakan warna, bentuk, ukuran. Perhitungan menggunakan metode pengujian *Total Plate Count* (TPC). Kelima, berdasarkan pengelompokan berdasarkan kemiripan morfologi yang serupa kemudian diinokulasi di media miring untuk mendapatkan stok selanjutnya. Terakhir, isolat dan akan digunakan untuk pengujian kelompok koloni tersebut masing diidentifikasi dengan pengecatan gram.

Pada tahap pengecatan gram, langkah-langkah dilakukan dalam beberapa tahapan. Langkah pertama adalah mengambil sebuah kaca preparat yang kemudian dibersihkan dengan alkohol dan dikeringkan. Setelah itu, kaca preparat dipanaskan sejenak di atas nyala api agar lemak yang mungkin ada pada permukaan kaca menghilang. Kaca preparat diletakkan dengan sisi yang sudah tidak berlemak di bagian atas bejana untuk mewarnai. Kemudian, biarkan hingga suhu kaca preparat turun. Pada tahap ini, setetes air diletakkan di bagian paling kiri kaca preparat, diikuti dengan penetesan air pada bagian kanan kaca preparat hingga tetes keempat. Jarum inokulasi dibakar hingga berpijar untuk sterilisasi. Setelah itu, jarum inokulasi digunakan untuk mengambil bakteri dari biakan yang ada. Bakteri yang telah diambil diletakkan di tetesan air pertama yang sudah diletakkan pada bagian atas kaca preparat.

Bakteri yang diletakkan pada tetesan air pertama dicampurkan dengan tetesan air yang sudah diletakkan sebelumnya, menggunakan gerakan gesekan jarum inokulasi. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menciptakan lingkaran dengan garis tengah sekitar 1 cm pada kaca preparat. Campuran bakteri dan air tersebut diaduk hingga suspensi mulai menjadi keruh.

Tahap keempat melibatkan jarum inokulasi yang telah digunakan sebelumnya. Jarum inokulasi ini dipanaskan hingga berpijar, kemudian diletakkan pada tetesan pertama yang berisi bakteri. Selanjutnya, ose yang ada pada jarum inokulasi dipindahkan dari tetesan pertama ke tetesan kedua. Langkah serupa dilakukan hingga pada tetesan keempat.

Pada tahap kelima, jarum inokulasi yang telah digunakan sebelumnya juga dipanaskan hingga berpijar. Sebelum itu lakukan fiksasi terhadap preparat yang berada pada kaca preparat. Caranya adalah dengan menggerakkan kaca preparat yang memiliki sampel bakteri di bagian atas beberapa kali melalui nyala api. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengeringkan tetesan air yang ada di kaca preparat dan meninggalkan hasil bakteri yang tertinggal.

Tahap keenam, dilakukan pewarnaan dengan *Carbol Crystal Violet* (*Carbol Gentian Violet*) selama 1 menit. Kemudian dibilas dengan akuades dengan posisi preparat terbalik. Tahap ketujuh, dilakukan pewarnaan dengan larutan iodine selama 1 menit, kemudian bilas dengan akuades. Tahap kedelapan, teteskan aseton/etanol selama 30 detik dan bilas dengan akuades. Tahap kesembilan lakukan pewarnaan menggunakan safarain selama 1 menit kemudian bilas dengan akuades. Dan tahap terakhir yaitu dilakukan pengeringan dengan mengusap bagian bawah dan samping preparat dengan tisu dan diangin kan hingga kering. Kemudian analisis menggunakan mikroskop.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam metode ini bahan yang digunakan meliputi, air sampel, *aquades steril* (air suling steril), medium DNB (*Dilute Nutrient Broth 100x*), media DNB padat (DNB + agar 2%), larutan *karbol kristal violet*, larutan *lugol*, *fuchsin basa*, alkohol 96%, kapas, tabung reaksi berisi 9 mL, akuades steril, dan alumunium foil. Selain itu, alat-alat yang digunakan dalam proses ini meliputi *erlenmeyer*, tabung reaksi, jarum inokulasi, kaca objek,

mikroskop, gelas beaker 100 mL, *stopwatch* (pengukur waktu), dan timbangan analitik. Semua langkah ini diambil untuk memastikan bahwa sampel yang diambil dan hasil analisis yang diperoleh bebas dari kontaminasi dan akurat dalam mewakili kondisi yang sebenarnya.

3.5 Bahan dan Alat yang Digunakan

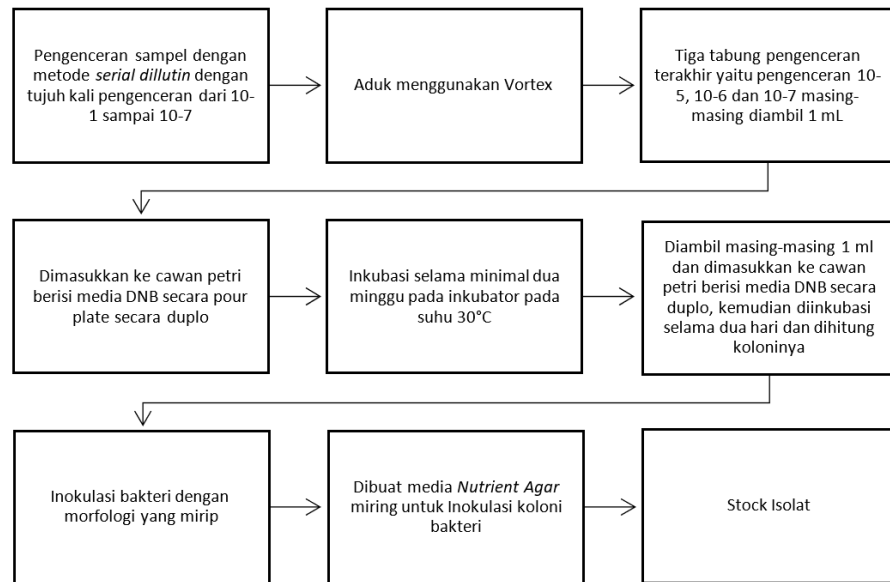
Peralatan yang dibutuhkan dalam seluruh tahapan, baik saat pengambilan sampel maupun pengujian di laboratorium, memiliki peran krusial. Pada tahap pengambilan sampel, beberapa alat penting meliputi botol sampel, tali rafia, *box* untuk menyimpan sampel, gunting, label untuk identifikasi, alkohol 70% untuk sanitasi, dan sarung tangan lateks sebagai perlindungan. Bahan yang digunakan antara lain zat pewarna *kristal violet*, larutan *iodium*, larutan alkohol (bahan pemucat), dan zat pewarna tandingannya berupa zat warna *safranin* atau air *fuchsin*.

3.6 Identifikasi Morfolgi Koloni pada Mikroba Dominan

Masing- masing kelompok koloni diidentifikasi dengan pengecatan gram. Pertama melakukan isolasi bakteri. Isolasi harus dilakukan secara aseptik dengan metode tertentu agar tidak terjadi kontaminasi dan berhasil mendapatkan isolat bakteri yang diinginkan. Kontaminasi akan mengaburkan pengamatan sehingga bakteri yang diteliti mungkin bukan bakteri yang diinginkan. Siapkan sampel yang sudah ada, kemudian lakukan pengenceran sampel dengan metode *serial dilution* dengan tujuh kali pengenceran (Darmayasa, 2008).

Pengenceran dimulai dari 10^{-1} hingga 10^{-7} dengan memasukan 1 ml sampel + 9 ml aquades kedalam tabung reaksi. Lalu tiga tabung terakhir yaitu 10^{-5} , 10^{-6} , dan 10^{-7} diambil 1 ml dan dimasukan kedalam cawan petri bersama dengan media DNB menggunakan teknik *pour plate*. Kemudian dari masing-masing cawan petri diinkubasi dengan inkubator bersuhu 30°C dengan waktu 2 minggu. Setelah inkubasi maka akan terdapat koloni-koloni bakteri kemudian dihitung menggunakan metode TPC. Kemudian dari masing-masing cawan diinokulasi menggunakan media miring *nutrient agar* untuk isolasi koloni dan kemudian

pewarnaan gram. Inkubasi bakteri selama 24 jam.



Gambar 3. 3 Alur Penelitian Morfologi Koloni

3.7 Identifikasi Morfologi Sel Mikroba Dominan

Langkah pertama bersihkan preparat dengan alkohol 70%. Fiksasi preparat melewati api hingga hampir kering. Kemudian letakan kaca objek dengan sisi yang telah bersih dari lemak pada posisi atas bejana untuk proses pewarnaan. Letakan 1 tetes air di sebelah kiri preparat dan sebelah kanan preparat. Selanjutnya bakar jarum ose hingga berpijar dan ambil bakteri dari tabung kemudian oleskan pada tetesan pertama atau paling kiri dan campur dengan menggesekan jarum ose tersebut. Kemudian ratakan kesemua tetesan menggunakan jarum ose.

Kemudian pijarkan kaca preparat menggunakan kaca objek melalui api, selanjutnya warnai dengan meneteskan larutan *kristal violet* selama satu menit, kemudian bilas dengan air mengalir dan dilanjutkan dengan penetasan larutan lugol, diamkan selama satu menit kemudian bilas dengan air mengalir. Kemudian cuci dengan alkohol 90% selama 30 detik, lalu bilas dengan air mengalir dan terakhir warnai dengan *fuchin* selama satu menit. Kemudian bilas dengan air mengalir dan tunggu hingga kering. Warna merah pada olesan bakteri menunjukkan bakteri gram negatif dan jika warna ungu menunjukkan bakteri gram positif (Michael, 2008).



Gambar 3. 4 Alur Identifikasi Morfologi Sel Mikroba Dominan

3.8 Metode Analisis Data

Hasil dari mikroba yang dihasilkan dari sampel inlet, outlet dan proses pengolahan pada IPAL kemudian dibandingkan satu sama lain. Dalam metode ini penulis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif sebagai metode analisis data. dimana pada penelitian ini mendeskripsikan mikroba dominan yang berasal dari IPAL. Penelitian ini diiringi dengan metode pengambilan sampling dengan cara *Grab sampling*. Dimana dengan metode ini menggunakan sistematika pengamatan kemudian pengambilan sampel dilapangan dan dilanjutkan dianalisis di laboratorium.

Kultur bakteri yang telah dilakukan isolasi menggunakan media *Dilute Nutrien Broth* pada cawan petri kemudian dikelompokkan berdasarkan morfologinya. Hasil dari data kuantitatif dapat mempresentasikan jumlah koloni yang memiliki morfologi serupa. Pengelompokan morfologi dapat menggunakan metode *Total Plate Count (TPC)* dimana metode ini dapat menghitung jumlah koloni kisaran 30-300 koloni (Rasika *et al.*, 2012).

Adapun rumus perhitungan koloni sebagai berikut:

$$Total\ bakteri = jumlah\ koloni\ bakteri \times \frac{1}{pengenceran}$$

Persamaan 1. 1 Rumus Perhitungan TPC

Hasil dari pengelompokan morfologi koloni kemudian diinokulasi pada media *Nutrient Agar* (NA) miring untuk dilakukan pewarnaan gram. Inokulasi bakteri dilakukan inkubasi dengan inkubator dengan suhu 30°C dengan lama waktu 24 jam dan dilanjutkan pewarnaan gram. Pewarnaan gram dilakukan bertujuan untuk mendapatkan identifikasi bentuk sel dari masing-masing koloni yang ditemukan berdasarkan morfologi. Hasil dari pewarnaan gram menunjukkan mikroba positif atau negatif, mikroba positif ditunjukkan dengan sel yang akan mengikat *kristal violet* dengan warna ungu sedangkan untuk sel negatif mengikat fuchsin basa dengan hasil warna merah. Pengujian gram dilakukan untuk mengetahui jenis mikroba positif dan negatif. Hasil perhitungan pengamatan disajikan dalam bentuk tabel.

Berdasarkan penelitian sebelumnya teridentifikasi beberapa jenis bakteri dengan bentuk morfologi yang mencakup *circular*, *filamentous*, dan *rhizoid*. Selanjutnya, berdasarkan pewarnaan gram, ditemukan bahwa bakteri dominan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan *basil* gram positif di dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang diteliti. Dalam penelitian ini, pemetaan bakteri yang ada pada IPAL mengarah pada asumsi bahwa jenis bakteri yang mendominasi meliputi *Advenella faeciporci*, *Ruminococcus albus*, *Methanogenic Bacteria*, *Clostridium*, *Nocardia Farcinica*, dan *Thiothrix* (Cahyani, 2021). Temuan ini dapat digunakan sebagai konfirmasi hasil akhir dalam penelitian ini, mengindikasikan adanya kecocokan atau konsistensi dengan penelitian sebelumnya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Lokasi IPAL Komunal

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maulida, 2021 kriteria dalam penentuan strata IPAL Komunal dibagi menjadi empat. Penentuan lokasi IPAL ini berdasarkan dengan klasifikasi strata dan juga melakukan survei langsung ke lokasi IPAL yang sesuai dengan strata yang terpilih

Berdasarkan pendekatan implementasi studi EHRA, Tim Sanitasi Kabupaten/Kota menjadikan seluruh Desa/Kelurahan sebagai daerah studi utama. Selain itu, diperlukan pembagian Desa/Kelurahan ke dalam kelompok-kelompok yang disusun berdasarkan empat kriteria, yaitu tingkat kepadatan penduduk, tingkat kemiskinan, lokasi geografis yang rawan banjir, serta dampak yang mungkin merusak ketentraman sosial masyarakat. Pada studi ini maka diambil kepadatan penduduk perkecamatan untuk mengklasifikasi tingkat area risiko.

Dalam pedoman penyusunan Buku Putih Sanitasi Kabupaten/Kota, penentuan area berisiko dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kepadatan penduduk, populasi, fungsi perkotaan/perdesaan, angka kemiskinan, serta cakupan layanan infrastruktur sanitasi (air limbah, persampahan, dan drainase). Penentuan zona sanitasi air limbah dipengaruhi oleh faktor seperti kepadatan penduduk, fungsi perkotaan/perdesaan dan isu-isu terkait air tanah. (POKJA AMPL, 2014)

Adapun kriteria tersebut adalah:

1. Kepadatan Penduduk > 25 Jiwa/ha.

Penetapan Strata dilakukan berdasarkan kriteria yang sudah ditetapkan oleh Program PPSP dan wajib digunakan oleh semua Pokja Sanitasi Kabupaten/Kota dalam melakukan Studi EHRA. Sementara untuk kabupaten umumnya hanya mempunyai data kepadatan penduduk sampai kecamatan. Dalam acuan tersebut disebutkan bahwa dalam tingkat kabupaten kepadatan penduduk jika tidak merata, maka pelaksanaan

penelitian dilaksanakan pada wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk lebih dari 25 jiwa/ha.

2. Rasio Cakupan Pelayanan > 75 KK.

Jika dari data yang didapatkan ternyata jumlah KK melebihi dari 75 maka dapat mempengaruhi kinerja IPAL itu sendiri. Sistem pengolahan dan juga *effluent* dari IPAL yang dihasilkan dapat berpengaruh.

3. Debit Puncak Harian Lebih Dari 50 m³/Hari.

Dalam kriteria ini menggunakan asumsi bahwa tiap 1 KK diasumsikan untuk penghuni sebanyak 4 orang dengan penggunaan air dengan pendekatan sebesar 140 L/orang/hari, hal ini berguna untuk mendapatkan debit puncak.

4. Usia IPAL Komunal > 8 Tahun.

Pada saat usia IPAL sudah memasuki 8 tahun, maka waktu ini adalah waktu yang normal bagi IPAL untuk mengganti suku cadang yang dipakai. Oleh karena ini dengan waktu kurang lebih 8 tahun ini dapat dijadikan hipotesis usia optimal IPAL.

Kriteria ini menunjukkan bahwa pada area tersebut tergolong pada sebuah strata. Dalam penelitian ini peneliti mengambil strata 2 dengan tingkat risiko sanitasi sedang pada wilayah tersebut. Berdasarkan kriteria di atas merujuk pada kriteria kepadatan penduduk > 25 jiwa/ha dan debit puncak harian lebih dari 50 m³/hari menunjukkan bahwa sanitasi pada daerah tersebut tergolong pada strata 2 yang berarti tingkat risiko sedang. Tingkat risiko pada wilayah tersebut berpengaruh juga dengan kinerja IPAL nantinya.

Di Kabupaten Sleman sendiri saat ini memiliki IPAL kurang lebih 169 IPAL dan sebagian besar masih beroperasi dengan optimal. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Maulida, (2021) kriteria dalam penentuan strata IPAL Komunal dibagi menjadi empat klasifikasi yaitu wilayah IPAL dengan tingkat risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Dalam pembagian tingkat risiko dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tingkat risiko rendah / strata 1: IPAL yang memenuhi 1 kriteria dari 4 kriteria.
2. Tingkat risiko sedang / strata 2: IPAL yang memenuhi 2 kriteria dari 4 kriteria.
3. Tingkat risiko tinggi / strata 3: IPAL yang memenuhi 3 kriteria dari 4 kriteria.
4. Tingkat risiko sangat tinggi / strata 4: IPAL yang memenuhi semua kriteria.

Pengelompokan IPAL ini berdasarkan SSK dengan menjadikan 4 strata pada klasifikasi IPAL. Klasifikasi ini bertujuan untuk memperkecil ruang lingkup penelitian karena mengingat banyaknya IPAL yang ada Di Kabupaten Sleman sendiri. Hasil Kualifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman dapat dilihat pada tabel 4.1.

Table 4. 1 Hasil Klasifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman

Strata 1	Strata 2	Strata 3	Strata 4
Sembur Sejahtera	Sido Resik	Ngudi Sehat	Tambakrejo Bersih
Sidodadi Rejo	Legowo	Bagas	Sumber Bersih
Rukun	Srikandi Mandiri	Kalijaga	Losari Sejahtera
Ngudi Saras	Banyu Aji	Andum Roso	Tanjung Permai
Paparing Sehat	Mitra Sehat	Sehat Sejahtera	Sedoyo Mulyo
Amanah Tiga Lima	Rejo Santoso	Nologaten Bersih	Pelangi Manunggal Warga
Patuk Mandiri	Randugowang	Layur Sehat	Cokro Manunggal

Dari pengklasifikasian tersebut penelitian ini mengambil strata 2 yang berarti pada wilayah IPAL tersebut memiliki tingkat risiko sedang. Wilayah IPAL dengan tingkat risiko sedang ini berarti IPAL yang dirujuk merupakan IPAL yang mempunyai cakupan kepadatan penduduk sebesar 25 jiwa/ha dan debit puncak limbah adalah lebih dari 50 m³/hari. Hal ini menandakan bahwa IPAL yang terpilih merupakan IPAL dengan layanan penduduk yang tidak merata serta dengan pengasumsian penggunaan air sebesar 140 L/orang/hari. Hal tersebut menandakan IPAL yang terpilih berada pada wilayah tingkat risiko sedang karena pada wilayah IPAL ini masuk dalam 2 pengklasifikasian dari 4 penilaian. Wilayah IPAL yang

terpilih sebagai tingkat risiko sedang adalah Banyu Aji, Rejo Santoso, Randaguwong.

4.2 Gambaran Umum Lokasi IPAL Komunal

Penelitian dilakukan pada 3 IPAL terpilih yang berada pada wilayah dengan tingkat sanitasi sedang yang termasuk pada strata 2. IPAL yang terpilih tersebut adalah Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik kemudian Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik dan Randugowang berlokasi di Randugowang Sariharjo Ngaglik Sleman.

4.2.1 IPAL Rejo Santoso

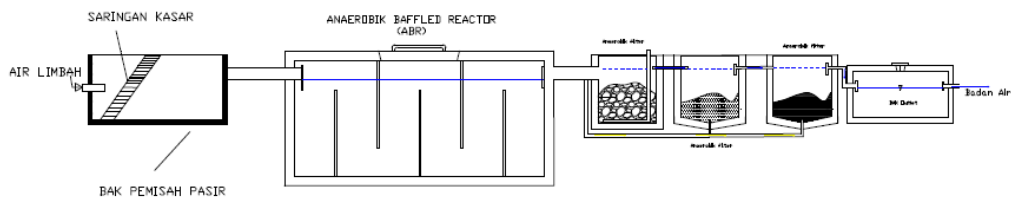
IPAL Rejo Santoso berlokasi di Surirejo, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman. IPAL Rejosantoso sendiri memiliki pelayanan Sambungan Rumah (SR) sebanyak 61 sambungan dengan debit puncak 55 m³/hari dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas 30,57 jiwa/ha. Letak dari IPAL ini sendiri berada dekat dari pemukiman dengan kondisi yang cukup terawat, pengurusan tidak rutin tergantung pendanaan dan digunakan multifungsi sebagai pos ronda sedangkan untuk kepengurusan tidak adanya kepengurusan, kepengurusan langsung jatuh ke dukuh setempat, menggunakan sistem gotong royong. Adapun keluhan dari masyarakat sekitar yaitu masyarakat susah untuk gotong royong mengenai IPAL.



Gambar 4. 1 IPAL Komunal Rejo Santoso

Sumber: Google Maps

IPAL Komunal Rejosantoso menggunakan unit pengolah berupa kombinasi *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dan *Anaerobic Filter (AF)*, kemudian untuk outlet disambungkan dengan pipa menuju sungai terdekat.



Gambar 4. 2 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Rejo Santoso

4.2.2 IPAL Banyu Aji

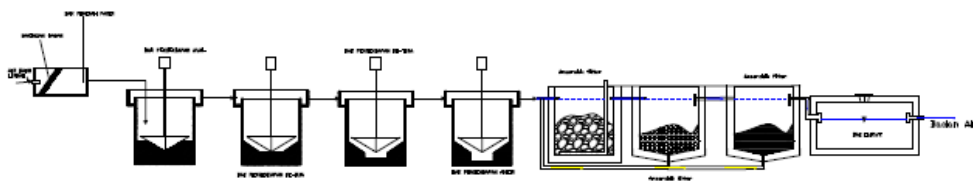
IPAL Banyu Aji berlokasi di Gandok Tambakan, Sinduharjo, Ngaglik, Sleman. IPAL Banyu Aji sendiri memiliki pelayanan SR sebanyak 64 sambungan dengan debit puncak $57\text{m}^3/\text{hari}$ dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas $30,57$ jiwa/ha. Letak IPAL ini sendiri jauh dari pemukiman tepatnya di pojok desa. Kondisi IPAL sangat terawat, dan dilakukan pengurusan setiap 6 bulan sekali, terbentuknya juga pengurusan IPAL.



Gambar 4. 3 IPAL Komunal Banyu Aji

Sumber: Google Maps

IPAL Komunal Banyu Aji memiliki 9 bagian yang terdiri atas intel, unit pengolahan dan juga outlet. Unit pengolahan yang digunakan adalah *settler* yang dilanjutkan dengan *Anaerobic Filter (AF)* kemudian hasil dari outlet disalurkan ke Sungai terdekat menggunakan pipa.



Gambar 4. 4 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Aji

4.2.3 IPAL Randugowang

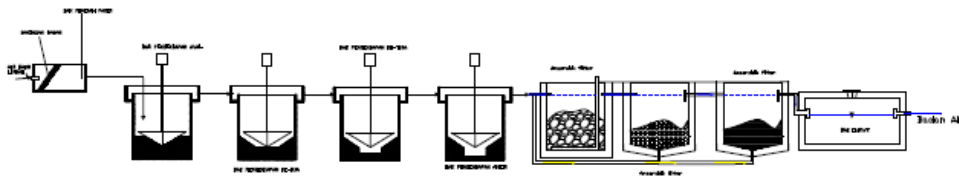
IPAL Randugowang berlokasi Randugowang, Sariharjo, Ngaglik, Sleman. IPAL Randugowang sendiri memiliki pelayanan SR sebanyak 60 sambungan dengan debit puncak $54\text{m}^3/\text{hari}$ dengan kepadatan penduduk Kecamatan Ngaglik seluas $30,57$ jiwa/ha yang terletak jauh dari pemukiman dan di pojok desa. Kondisi sangat terawat, dan dilakukan pengurasan setiap 6 bulan sekali dengan terbentuknya sekretariat pengurus IPAL.



Gambar 4. 5 IPAL Randugowang

Sumber: Google Maps

IPAL Komunal Randugowang memiliki 9 bagian yang terdiri atas intel, unit pengolahan dan juga outlet. Unit pengolahan yang digunakan adalah *Settler* yang dilanjutkan dengan *Anaerobic Filter* (AF) kemudian hasil dari outlet disalurkan ke sungai terdekat menggunakan pipa.



Gambar 4. 6 Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Randugowang

4.3 Pengambilan Sampel

4.3.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat

Pengambilan sampel dimulai dengan persiapan alat sampling dan persiapan alat pengujian. Alat yang digunakan untuk pengambilan sampel adalah botol duram, gayung bertangkai panjang, *ice box*, alkohol, gunting, label, dan sarung tangan lateks. Semua alat harus dalam kondisi steril. Khusus botol duram sterilisasi menggunakan autoklaf selama 30 menit, sedangkan untuk alat lainya cukup menggunakan alkohol kemudian dikeringkan. Sterilisasi ini bertujuan untuk menghilangkan bakteri yang ada di alat sehingga tidak menyebabkan sampel terkontaminasi.

4.3.2 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan pada pukul 07.00 – 10.00 WIB karena pada jam tersebut terjadi aktivitas puncak di IPAL. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Grab Sampling* atau pengambilan sampel secara langsung. Pada setiap IPAL dilakukan pengambilan sebanyak 3 titik yaitu inlet 1 sampel, proses 1 sampel, dan outlet 1 sampel.

Sebelum pengambilan sampel pastikan semua keadaan alat steril. Penggunaan sarung tangan sangatlah penting untuk menghindari dari kontaminasi.

Sarung tangan yang digunakan terlebih dahulu disemprot menggunakan alkohol. Siapkan dan buka botol duram yang sudah disteril, ambil sampel menggunakan gayung bertangkai panjang. Setelah dilakukan pengambilan sampel, selanjutnya sampel dibawa ke Laboratorium FTSP UII dan dilanjutkan dengan pengujian. Sampel yang masih akan dipergunakan disimpan kedalam kulkas.

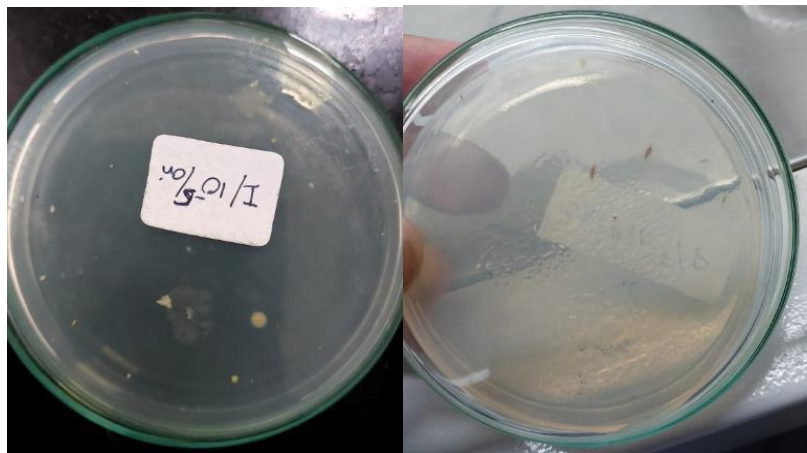


Gambar 4. 7 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Menggunakan Gayung Bertangkai Panjang

4.4 Pengujian Laboratorium

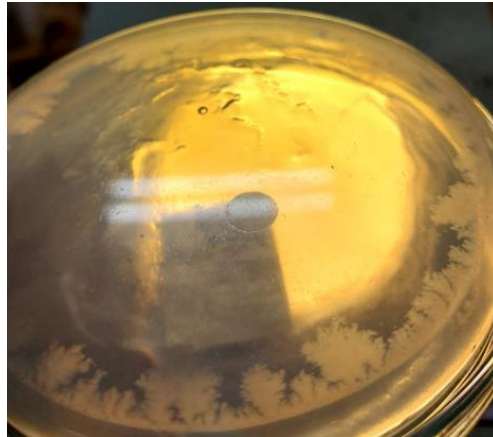
4.4.2 Perhitungan Jumlah Koloni dan Identifikasi Morfologi Bakteri Menggunakan Media DNB

Perhitungan jumlah koloni menggunakan media DNB yang bertujuan menghitung jumlah koloni yang berhasil ditumbuhkan pada cawan petri.



Gambar 4. 8 Contoh Koloni Bakteri Pada Media DNB

Setelah dilakukan inkubasi kurang lebih 14 hari maka dapat dilakukan pengamatan morfologi secara langsung. Pengamatan langsung morfologi dikelompokkan sesuai dengan bentuk, ukuran, tepian, elevasi, dan warna koloni bakteri. Koloni bakteri yang sudah dikelompokkan diambil yang paling dominan kemudian dilakukan inokulasi menggunakan media *nutrient agar* miring.



Gambar 4. 9 Contoh Morfologi Koloni Dengan Bentuk Rizoid Berukuran Besar

Data pengamatan yang diperoleh dari identifikasi morfologi pada ke tiga IPAL Komunal terpilih ditunjukkan pada tabel:

1. IPAL Komunal Rejosantoso

Hasil kuantitatif kelompok mikroba berdasarkan kemiripan morfologi pada IPAL Komunal Rejo Santoso dapat dilihat pada table 4.2:

Table 4. 2 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasarkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Rejo Santoso

No	Kode	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Presentase	Warna Sel	Gram + / -
1	A	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	18	24%	<i>Coccus</i>	Negatif
2	B	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Entrie</i>	10	23%	<i>Basil</i>	Negatif
3	C	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	30	41%	<i>Coccus</i>	Negatif
4	D	Coklat	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	5	7%	<i>Coccus</i>	Negatif
5	E	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entrie</i>	6	8%	<i>Coccus</i>	Negatif
6	F	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entrie</i>	5	7%	<i>Coccus</i>	Negatif
Jumlah					74			

Dapat diketahui bahwa mikroba yang mendominasi pada IPAL Rejo Santoso dengan kode C yaitu bentuk *spindle* dengan *margin* / garis tepi *entire* dengan warna putih dan ukuran *small* dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan persentase sebesar 41%.

2. IPAL Komunal Banyu Aji

Hasil kuantitatif kelompok mikroba berdasarkan kemiripan morfologi IPAL Komunal Banyu Aji.

Table 4.3 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasarkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Banyu Aji

No	Kode	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Presentase	Warna Sel	Gram +/-
1	A	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Lobate</i>	8	8%	<i>Basil</i>	Negatif
2	B	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Lobate</i>	30	29%	<i>Coccus</i>	Negatif
3	C	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	16	15%	<i>Basil</i>	Negatif
4	D	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	13	13%	<i>Coccus</i>	Positif
5	E	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Entire</i>	25	24%	<i>Coccus</i>	Negatif
6	F	Putih	<i>Circular</i>	<i>Entire</i>	11	11%	<i>Coccus</i>	Negatif
Jumlah					103			

Pada diagram 4.12 diatas didapatkan bahwa dominasi pada IPAL Komunal Banyu Aji dengan kode B memiliki bentuk *irregular* dengan margin *lobate*, berwarna putih memiliki bentuk sel *coccus* dan gram negatif dengan persentase sebesar 29%.

3. IPAL Komunal Randagowang

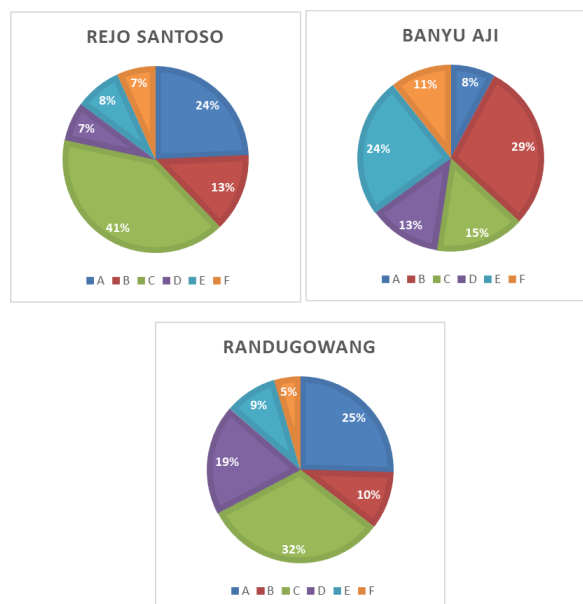
Hasil kuantitatif kelompok mikroba dominan yang didapatkan berdasarkan kemiripan morfologi pada IPAL Komunal Randugowang.

Table 4.4 Hasil Kuantitatif Kelompok Mikroba Berdasarkan Kemiripan Morfologi Pada IPAL Komunal Randugowang

No	Kode	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Presentase	Warna Sel	Gram +/-
1	A	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Entrie</i>	28	25%	<i>Coccus</i>	Negatif
2	B	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Lobate</i>	11	10%	<i>Coccus</i>	Negatif
3	C	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	35	32%	<i>Basil</i>	Positif
4	D	Putih	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	21	19%	<i>Coccus</i>	Negatif
5	E	Oren	<i>Irregular</i>	<i>Eundulate</i>	10	9%	<i>Coccus</i>	Negatif
6	F	Coklat	<i>Spindle</i>	<i>Entrie</i>	5	5%	<i>Coccus</i>	Negatif
Jumlah					110			

Pada diagram 4.13 dari hasil diatas didapatkan bahwa hasil mikroba dominan yang paling mendominasi pada IPAL Randugowang berada pada kode C dengan bentuk *spindle* dengan margin *entire* berwarna putih dan memiliki bentuk sel *basil* dengan gram positif dengan besar persentase 32%.

4. Perbandingan semua IPAL Komunal berdasarkan kemiripan morfologi koloni

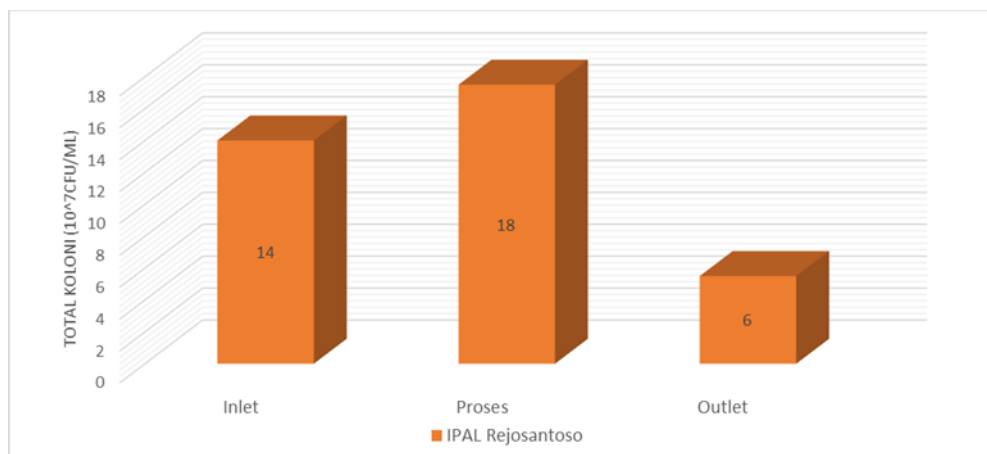


Gambar 4. 10 Diagram Perbandingan dominasi Mikroba pada ketiga IPAL Komunal

Dilihat dari gambar diagram 4.14 menunjukkan hasil yang berbeda pada setiap IPAL Komunal yang terpilih berdasarkan morfologi koloni pada mikroba dominan. Beberapa hal yang dapat membedakan dari kesemua IPAL seperti bentuk koloni, bentuk tepian, warna, ukuran, jumlah sel dan yang terakhir hasil dari pewarnaan gram. Ini menandakan bahwa dari masing-masing IPAL memiliki beban dan kinerja yang berbeda. Perbedaan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi eksisting, beban pengolahan yang berbeda hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja IPAL sehingga mikroba dominan yang didapatkan juga berbeda.

Hasil dari pengujian koloni bakteri menggunakan media DNB pada ketiga IPAL Komunal dapat dilihat sebagai berikut:

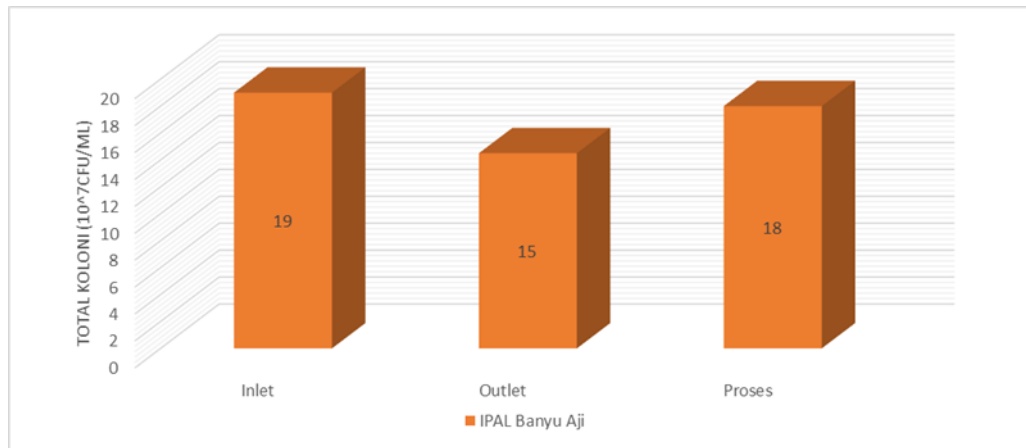
1. IPAL Komunal Rejo Santoso



Gambar 4. 11 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Rejosantoso

Data hasil perhitungan koloni dari IPAL Komunal Rejosantoso menggunakan media *Dilute Nutrient Broth* (DNB) dalam CFU/ml pada bagian inlet, proses pengolahan, dan outlet adalah 14×10^7 , 18×10^7 , 6×10^7 .

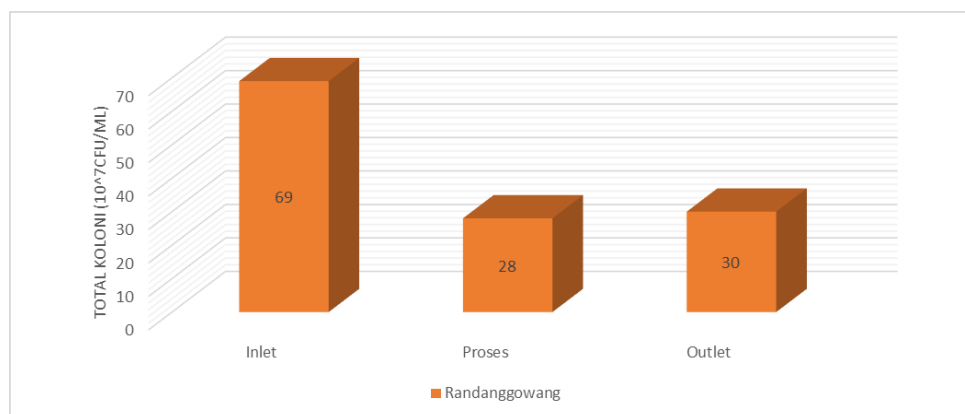
2. IPAL Banyu Aji



Gambar 4. 12 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Banyu Aji

Data hasil perhitungan koloni dari IPAL Komunal Rejosantoso menggunakan media *Dilute Nutrient Broth* (DNB) dalam CFU/ml pada bagian inlet, proses pengolahan, dan outlet adalah 19×10^7 , 15×10^7 , 18×10^7 .

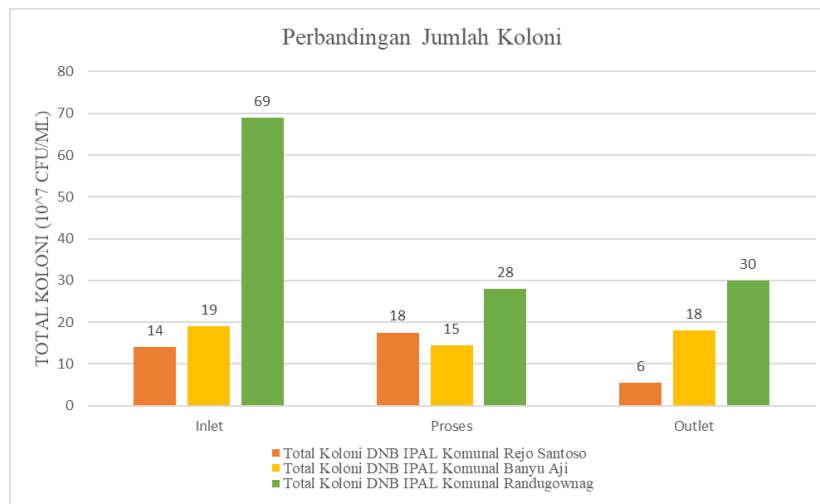
3. IPAL Randugowang



Gambar 4. 13 Grafik Perhitungan Bakteri Koloni Media DNB IPAL Komunal Randugowang

Data hasil perhitungan koloni dari IPAL Komunal Rejosantoso menggunakan media *Dilute Nutrient Broth* (DNB) dalam CFU/ml pada bagian inlet, proses pengolahan, dan outlet adalah 69×10^7 , 28×10^7 , 30×10^7 .

4. Perbandingan jumlah koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media DNB.



Gambar 4. 14 Perbandingan Hasil Perhitungan Koloni Media DNB Tiap IPAL Komunal

Grafik pada gambar 4.18 merupakan grafik hasil perhitungan koloni CFU/ml/unit dan grafik jumlah perhitungan koloni pada media DNB bersifat fluktuatif pada setiap sampelnya. Hal ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik dan faktor kimia. Faktor kimia limbah cair dari IPAL dipengaruhi oleh pH, penggunaan karbon, sumber energi, suhu, sintesis protein, dan pelepasan produk metabolisme dari dalam sel.

Pada media DNB karena dilakukan pengenceran maka nutrisi yang terkandung menjadi sedikit. Laju pertumbuhan mikroba dipengaruhi juga oleh penyerapan nutrisi oleh sel itu sendiri. Sel yang penyerapan nutrisi terhambat, sel baru akan lebih membutuhkan waktu untuk pertumbuhannya. Pada media yang digunakan ketersediaan nutrisi juga berpengaruh pada pembelahan sel baru. Perlambatan penyerapan nutrisi akan mempengaruhi efektifitas pemanfaatan nutrisi pada bakteri itu sendiri (Yamada *et al*, 2010). Perbedaan suhu dapat mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri. Kandungan oksigen terlarut dipengaruhi oleh suhu yang berada pada IPAL. Suhu yang lebih tinggi akan mengakibatkan adanya oksigen terlarut dalam suatu air akan menjadi turun kadar konsentrasinya. Hal ini dapat

membunuh mikroorganisme didalamnya dan limbah organik akan meningkatkan kadar nitrogen menjadi senyawa nitrat dan menyebabkan bau busuk pada air limbah itu sendiri (Lilin, 2004).

Nilai pH merupakan sebuah parameter untuk menunjukkan derajat keasamaan dalam sebuah air limbah. Karakteristik mikroorganisme dapat ditemukan secara beragam dalam air limbah. Keberadaan bakteri dalam pengolahan IPAL merupakan salah satu kunci efisiensi dalam proses biologis. Bakteri juga dapat berperan penting untuk mengevaluasi kualitas air (Purwaningsih, 2008).

Banyak kondisi IPAL komunal dengan starta sedang sebagian belum dikelola secara optimal. Hal ini dapat mempengaruhi densitas bakteri pada IPAL. Apabila beban organik yang diterima oleh IPAL kecil maka akan mengganggu kinerja IPAL. Hal ini disebabkan karena pada proses pengolahan memanfaatkan mikroorganisme yang sensitif terhadap perubahan lingkungan sekitar. Sedangkan mikroorganisme sendiri untuk menjalankan perannya membutuhkan waktu untuk mendegradasi air limbah pada IPAL (Thanwised, 2012).

4.4.3 Perwarnaan Gram

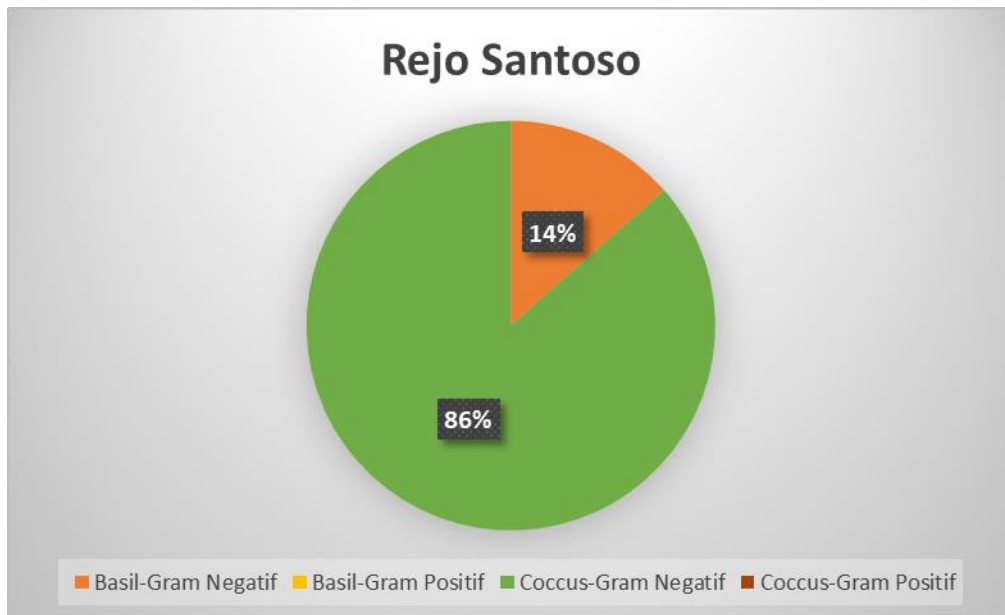
Pewarnaan gram dilakukan untuk membantu mengetahui ciri ciri morfologi sel bakteri berdasarkan gram positif dan gram negatif. Perbedaan dengan adanya warna pada bakteri gram positif dan gram negatif menunjukkan adanya perbedaan struktur dinding sel antara kedua bakteri tersebut. Bakteri yang memiliki dinding sel positif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan *peptidoglikan* yang tebal, sedangkan untuk bakteri dengan sel negatif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan lipid yang tinggi (Fitri, 2011).

Hasil dari pengamatan pewarnaan gram sebagai berikut:

1. IPAL Komunal Rejo Santoso

Table 4. 5 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Rejo Santoso

No	Bentuk Sel - Warna Sel - Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	10
2	Basil-Gram Positif	0
3	Coccus-Gram Negatif	64
4	Coccus-Gram Positif	0



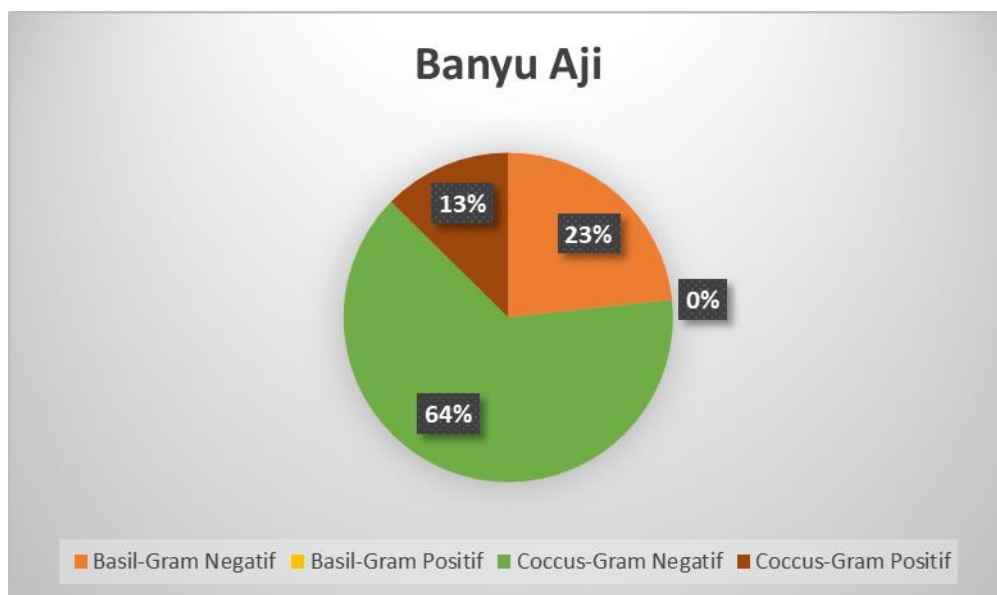
Gambar 4. 15 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Rejo Santoso

Pada gambar 4.19, dapat diketahui bahwa bakteri dominan yang mendominasi pada IPAL Rejo Santoso secara berurutan adalah *coccus* – gram negatif 86% dan *basil* – gram negatif sebesar 14%.

2. IPAL Banyu Aji

Table 4. 6 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Aji

No	Bentuk Sel – Gram + / -	Jumlah
1	<i>Basil</i> – Gram Negatif	24
2	<i>Basil</i> – Gram Positif	0
3	<i>Coccus</i> – Gram Negatif	66
4	<i>Coccus</i> – Gram Positif	13



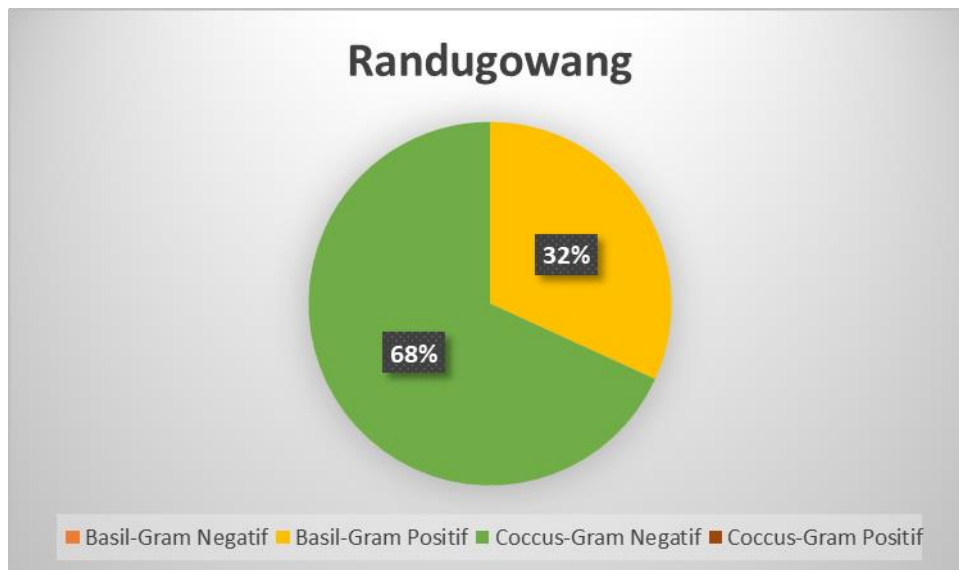
Gambar 4. 16 Hasil Diagram mikroba dominan pada IPAL Komunal Banyu Aji

Pada gambar 4.20 dapat dilihat bahwa mikroba yang mendominasi pada IPAL Banyu Aji secara berurutan adalah *coccus* – gram negatif sebesar 64%, *basil* – gram negatif sebesar 23% dan *coccus* – gram positif sebesar 13%.

3. IPAL Komunal Randugowang

Table 4. 7 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Randugowang

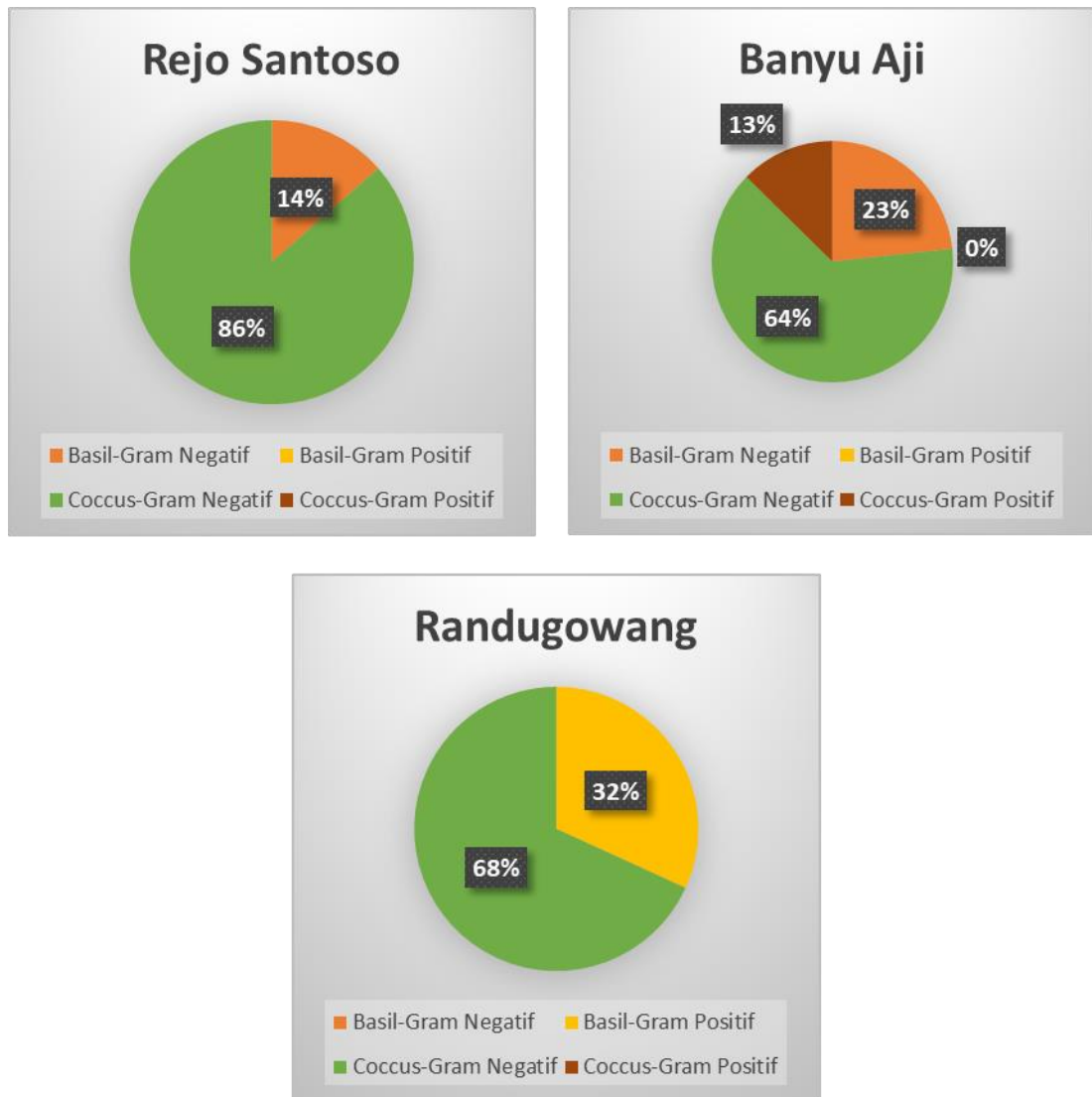
No	Bentuk Sel – Gram + / -	Jumlah
1	<i>Basil</i> – Gram Negatif	0
2	<i>Basil</i> – Gram Positif	35
3	<i>Coccus</i> – Gram Negatif	75
4	<i>Coccus</i> – Gram Positif	0



Gambar 4. 17 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Randugowang

Pada gambar 4.21, dapat dilihat bahwa mikroba yang mendominasi pada IPAL Banyu Aji secara berurutan adalah *coccus* – gram negatif sebesar 68%, *basil* – gram positif sebesar 32%.

4. Perbandingan dari setiap IPAL Komunal berdasarkan perwarnaan gram.



Gambar 4. 18 Hasil Perbandingan Setiap IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel Dengan Perwarnaan Gram

Sel dengan gram positif ditunjukkan dengan sel yang tidak melepaskan warna dan akan tetap berwarna seperti larutan *kristal violet* dengan warna biru / ungu. Sedangkan untuk sel gram negatif ditandai dengan kemampuan sel yang dapat melepaskan *kristal violet* dan mengikat safarin sehingga didapatkan warna merah muda. Pada IPAL Rejosantoso memiliki mikroba dominan dengan bentuk sel *coccus* berwarna merah dan merupakan sel negatif. Untuk IPAL Banyu Aji

memiliki mikroba dominan dengan sel *coccus* merah yang merupakan gram negatif. Kemudian untuk IPAL terakhir yaitu IPAL Randugowang memiliki dominan mikroba dengan bentuk sel *coccus* berwarna merah yang berarti gram negatif.

Perbedaan dengan adanya warna pada bakteri gram positif dan gram negatif menunjukkan adanya perbedaan struktur dinding sel antara kedua bakteri tersebut. Bakteri yang memiliki dinding sel positif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan *peptidoglikan* yang tebal, sedangkan untuk bakteri dengan sel negatif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan lipid yang tinggi (Fitri, 2011). Hasil dari identifikasi gram ini menunjukkan bahwa dominasi keseluruhan bersifat gram negatif.

4.6 Pemetaan Bakteri

Setelah diketahui bakteri dominan pada IPAL yang terpilih, maka selanjutnya dilakukan pemetaan bakteri untuk mengetahui jenis-jenis bakteri yang ada pada IPAL Komunal terpilih. Pemetaan ini berdasarkan literatur yang didapatkan sehingga hasil dari literatur tersebut digunakan sebagai pembandingan untuk menentukan jenis bakteri berdasarkan morfologi yang ditemukan.

Jenis bakteri yang ditemukan dalam penelitian ini merupakan hasil dari sampel yang sudah didapatkan. Limbah yang berada dari IPAL bersumber dari sanitasi masyarakat. Akan tetapi tidak menolak kemungkinan juga limbah tersebut tidak sepenuhnya dari kegiatan masyarakat. Oleh karena itu pada penelitian ini penulis menggunakan beberapa literatur yang berkaitan dengan sanitasi IPAL untuk mempertegas penemuan jenis bakteri dengan membandingkan berdasarkan kemiripan bentuk morfologi berdasarkan literatur yang ada.

4.6.1 IPAL Komunal Rejo Santoso

IPAL Komunal Rejo Santoso Letak dari IPAL ini sendiri berada dekat dari pemungkiman dengan kondisi yang cukup terawat, pengurusan tidak rutin tergantung pendanaan dan digunakan multifungsi sebagai pos ronda sedangkan untuk kepengurusan tidak adanya kepengurusan, kepengurusan langsung jatuh ke dukuh setempat, menggunakan sistem gotong royong. Adapun keluhan dari masyarakat sekitar yaitu masyarakat susah untuk gotong royong mengenai IPAL. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di laboratorium maka didapatkan bahwa bakteri dominan pada IPAL Komunal Rejo Santoso memiliki bentuk *spindle* dengan margin / garis tepi *entire* dengan warna putih dan ukuran *small* mempunyai bentuk sel *coccus* gram negatif sebesar 41%.

Berdasarkan ciri ciri diatas mempunyai kemiripan berdasarkan Jung & Park (2015) menyebutkan ciri ciri berbentuk *spindle* dan berdiameter *small* merupakan bakteri dengan genus *Acinetobacter*. Kemudian diambil dari Kurcik-Trajkovska, (2009) menyebutkan bahwa ciri ciri bakteri *Acinetobacter* salah satunya adalah memiliki dinding sel negatif dengan bentuk *coccus*.

Berdasarkan ciri ciri tersebut bakteri koloni *spindle* bergaris tepian *entire* berukuran *small*, berwarna putih dan memiliki bentuk sel *coccus* dengan gram negatif kemungkinan besar berdasarkan kemiripan sumber literatur yang dapat ditemukan dalam IPAL Komunal Rejo Santoso adalah *Acinetobacter*.

Acinetobacter merupakan genus bakteri dengan gram negatif dengan bentuk *spindle*. Menurut Megasari (2012) pada IPAL sendiri bakteri ini mampu mereduksi nitrat yang terkandung dalam lumpur aktif karena bakteri ini memiliki enzim nitrat reduktase yang ada di periplasma dan enzim nitrat reduktase yang ada di membran plasma. Contoh spesies dari bakteri ini adalah *Acinetobacter aumannii*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Acinetobacter lwoffii*.

Kemudian bakteri yang memiliki ciri koloni berbentuk *irregular* margin *entire* dan berwarna putih, kemudian berbentuk sel *basil* warna gram negatif, bakteri dengan ciri yang paling mendekati tersebut adalah *Sphaerotilus*. Hal ini diperkuat oleh Richard, (1985) menyebutkan bahwa ciri ciri bakteri dari *Sphaerotilus* memiliki gram negatif dengan bentuk sel *basil* berbentuk *irregular*.

Sphaerotilus memiliki peran pada IPAL pada proses aerobik. Jika bakteri ini bertumbuh secara berlebihan pada proses pengolahan IPAL maka akan mengakibatkan gangguan efisiensi. Bakteri ini adalah sebagai pengindikator jika ada gangguan atau masalah dalam operasional IPAL. Jumlah yang berlebih pada IPAL menunjukkan ketidakseimbangan dalam populasi mikroba dan menunjukkan faktor sangat tercemar pada IPAL (Agustina, 2014).

4.6.2 IPAL Komunal Banyu Aji

IPAL Banyu Aji ini sendiri jauh dari pemukiman tepatnya di pojok desa. Kondisi IPAL sangat terawat, dan dilakukan pengurasan setiap 6 bulan sekali. IPAL ini juga mempunyai kepengurusan sendiri. Dominasi mikroba pada IPAL Banyu Aji mempunyai bentuk *irregular*, margin *lobate*, berwarna putih memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif sebesar 29% dan bentuk *spindle*, margin *entire* berwarna putih berbentuk sel *coccus* gram negatif sebesar 24%.

Berdasarkan ciri koloni yang memiliki bentuk *irregular* margin *lobate*, berwarna putih dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif kemungkinan besar bakteri yang dapat ditemukan dalam IPAL Komunal Banyu Aji adalah Bakteri yang tergolong dalam genus *Enterobacter*. Bakteri ini hidup dengan baik pada suhu sekitar 30-37°C (Fatmawati *et al.*, 2009) dan hidup dengan baik pada pH 7-8 (Sastrawidana, 2011). Bakteri ini dapat membentuk biosurfaktan. Yaitu senyawa kimia yang dihasilkan oleh mikroorganisme yang mempunyai kemampuan untuk mengurangi tegangan permukaan antara air dengan zat hidrofobik (contohnya minyak atau lemak) (Astika, 2020). Adapun beberapa contoh spesies dari genus ini adalah *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter sakazakii*, dan *Enterobacter aerogenes*.

Selain ini dapat juga ditemukan bakteri dengan genus *Zoogloea*. Bakteri ini mempunyai ciri ciri seperti berbentuk *spindle* berukuran sekitar 0,5 hingga 2,0 mikrometer (μm) dan gram negatif. Bakteri ini memiliki peran sebagai mengkolonisasi partikel atau bahan organik pada suatu perairan dan memiliki sifat mobilitas yang tinggi (Grossart *et al.*, 2003; Grossart *et al.*, 2006). *Zoogloea* adalah jenis bakteri yang memainkan peran penting dalam pembentukan koloni biologis atau membran biologis (Prayitno, 2001). Dengan peran seperti itu maka dapat

diharapkan pembuangan hasil IPAL lebih ramah lingkungan.

Berdasarkan pengamatan morfologi bakteri dan kondisi IPAL Komunal Banyu Aji, dapat disimpulkan bahwa jenis bakteri yang mendominasi berdasarkan literatur dari yang paling mendekati adalah *Enterobacter* dan juga *Zoogloea*. Dimana kedua bakteri ini sama-sama dapat mendekomposisi atau sebagai pengurai bahan organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. (Grossart *et al.*, 2003; Grossart *et al.*, 2006).

4.6.3 IPAL Komunal Randugowang

Sedangkan untuk IPAL Komunal Randugowang sendiri terletak jauh dari pemukiman dan di pojok desa. Kondisi sangat terawat, dan dilakukan pengurasan setiap 6 bulan sekali dengan terbentuknya sekretariat pengurus IPAL. Dominasi mikroba pada IPAL Randugowang memiliki bentuk *spindle*, margin *entire*, berwarna putih dengan memiliki bentuk sel *basil* gram positif sebesar 32%. Kemudian bakteri yang mendominasi lainnya berdasarkan morfologinya dengan bentuk *circular* dengan margin *entire* berwarna kuning dan memiliki bentuk sel *coccus* dengan hasil pewarnaan gram negatif dan persentase sebesar 25 %.

Berdasarkan ciri-ciri bakteri berbentuk *spindle*, margin *entire*, berwarna putih dan memiliki bentuk sel *basil* gram positif maka bakteri yang paling mendekati dari kemiripannya berdasarkan literatur yang didapatkan adalah *Bacillus*. Bakteri ini mampu hidup pada suhu berkisaran 30° C (Belma *et al.*, 2000). *Bacillus megaterium* memiliki peran mendekomposisi bahan organik kompleks dalam air limbah (Indriyasari, 2021). Mereka dapat memanfaatkan zat organik yang terkandung dalam air limbah sebagai sumber karbon dan energi untuk pertumbuhan dan metabolisme mereka. Peran bakteri ini dapat ditemukan terutama pada tahap aerobik atau oksidasi biologis. Menurut Antony (2006) dalam penelitian oleh Anita (2012) menyebutkan bahwa bakteri ini dapat mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat dalam siklus nitrogen sehingga mampu mengatasi akumulasi bahan organik dan amonia dalam air.

Bakteri yang mendominasi kedua memiliki morfologi berbentuk *circular*, margin *entire* berwarna kuning dan memiliki bentuk sel *coccus*. Hasil pewarnaan

gram negatif dan persentase sebesar 25 %. Dari ciri ciri tersebut bakteri yang paling mendekati dari kemiripan tersebut adalah *Micrococcus*. Bakteri ini merupakan temuan dari beberapa penelitian terdahulu kemudian di bandingkan dengan ciri ciri kemiripannya. Spesies ini memiliki ciri ciri hidup pada suhu kurang lebih 37° C. memiliki bentuk sel bulat ukuran 1,0 - 2,0 µm (Thoyib, 2006).

Bakteri ini dapat membentuk penghasil biosurfaktan. Biosurfaktan adalah senyawa kimia yang diproduksi oleh mikroorganismenya yang memiliki kemampuan untuk mengurangi tegangan permukaan antara air dan minyak atau lemak. Dalam IPAL, ada kebutuhan untuk mencampur limbah dengan agen pengolahan atau reagen tertentu. Biosurfaktan dapat membantu dalam mencampurkan bahan kimia atau reagen ke dalam air limbah dengan lebih efektif, sehingga proses pengolahan menjadi lebih homogen (Utamy, 2021).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari tujuan penelitian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Mikroba dominan yang dapat ditemukan pada IPAL Komunal yang berada pada area dengan tingkat risiko sanitasi sedang dengan ciri ciri berdasarkan morfologi adalah untuk IPAL Rejo Santoso memiliki bakteri dominan berbentuk *spindle*, garis tepi *entire*, warna putih berukuran *small* dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif sebesar 41%. IPAL Komunal Banyu Aji memiliki bentuk *irregular*, garis tepi *lobate*, berwarna putih memiliki bentuk sel *coccus* dan gram negatif sebesar 29%. IPAL Randugowang memiliki bentuk *spindle*, garis tepi *entire* berwarna putih dan memiliki bentuk sel *basil* gram positif sebesar 32%.
2. Adapun asumsi pemetaan bakteri yang terdapat pada IPAL Komunal pada area sanitasi tingkat risiko sedang berdasarkan literatur yang didapatkan maka dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang kemungkinan mempunyai kemiripan dari beberapa literatur adalah bakteri pada genus *Acinetobacter*, *Sphaerotilus*, *Enterobacter*, *Zoogloea*, *Bacillus*, dan *Micrococcus*.

5.2 Saran

Adapun saran yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

1. Diperlukannya penelitian lebih lanjut mengenai bakteri dominan secara spesifik pada IPAL yang berkaitan dengan efektivitas kinerja IPAL.
2. Perlu adanya cara sampling yang berbeda dengan menambahkan waktu pengambilan yang bervariasi sehingga bakteri yang tumbuh juga akan lebih bervariasi.
3. Penambahan metode lebih lanjut untuk menemukan jenis bakteri berdasarkan morfologinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, C. (2014). **Pengelolaan Sumberdaya Lahan Berkelanjutan: Studi Di Das Sumber Brantas** . Universitas Brawijaya.
- Anggi, S. (2021). **Pengaruh Keberadaan Ipal Komunal Terhadap Area Risiko Sanitasi Sedang Sektor Air Limbah Di Kabupaten Sleman**.
- Anita. (2012). **Studi Viabilitas Dan Pola Pertumbuhan Bacillus Megaterium Pada Konsentrasi Molase Dan Waktu Inkubasi Yang Berbeda**. Skripsi Thesis, Universitas Airlangga.
- Astika, R. (2020). **Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan Pada Lumpur Kolam Contact Pond Ipal Industri Minyak Sawit**. Universitas Riau Pekanbaru .
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman. 2020. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2020*. Sleman
- Bappeda Kabupaten Sleman. 2010. Buku Putih Sanitasi Kabupaten Sleman. Sleman
- Cahyani. (2021). **Analisis Bakteri Dominan Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Dengan Tingkat Resiko Sangat Tinggi Di Kabupaten Sleman**.
- Cecilia, Et Al, O. (2019). **Profiling Bacterial Diversity And Potential Pathogens In Wastewater Treatment Plants Using High-Throughput Sequencing Analysis**. *Microorganisms* 7.11, 506.
- Darmayasa. (2008). **Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Lipid (Lemak)** . *Jurnal Bumi Lestari* 8, 122-127.
- Effendi, H. (2003). **Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Perairan**. Penerbit Kanisius.
- Ekasuci, A. (2021). **Pengaruh Keberadaan Ipal Komunal Pada Area Risiko Sanitasi Sangat Tinggi Sektor Air Limbah Kabupaten Sleman**. Yogyakarta: Uii.
- Elvano. (2021). **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air**. Universitas Sam Ratulangi, 19, 77.
- Fajarwati, A. (2000). **Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kota**. Progam Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung.
- Fatmawati, E. A. (2021). **Characteristic Of Extended Spectrum B-Lactamase-**

Producing Enterobacteriaceae From Fecal Carriage Isolates Of Intensive Care Unit Patients At Sanglah Hospital. *The Open Microbiology Journal*.

- Ferguson, A. S. (2012). **Comparison Of Fecal Indicators With Pathogenic Bacteria And Rotavirus In Groundwater. *Sci Total Environ*, 314-322.**
- Fitri, Y. (2011). **Isolasi Dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, Vol. 3, No. 2.**
- Grossart. (2007). **Interaction Of Planktonic Algae And Bacteria : Effects On Algal Growth And Organic Matter Dynamics. *Aquatic Microbial Ecology*, 163 – 176.**
- Hiroyuki Yamada. (2010). **Direct Observation And Analysis Of Bacterial Growth On. *American Society For Microbiology*.**
- Hudson, K. (2010). **Operational Performance Of The Anaerobic Baffled Reactorused To. *Research For Master Of Science University Of The Witwatersrand Johannesburg*.**
- Indonesia, R. (2017). **Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik. Jakarta: Menteri Pekerjaan Umum Dan Perumahan.**
- Indriyasari, E. (2021). **Dentifikasi Bakteri Bacillus Sp. Sebagai Pengurai Bahan Pencemar Organik Air Limbah Domestik Di Pulau Kodingareng Kota Makassar. Makassar: Universitas Hasanuddin Makassar 2021.**
- Jung,J.P. (2015). **Acinetobacter Species As Model Microorganisms In Environmental Microbiology. *Current State And Perspectives. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 99.**
- Karyadi. (2010). **Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Di Rt 30 Rw 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta. Skripsi, Program Studi Pendidikan Geografi Skripsi, Program Studipendidikan Geografi : Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.**
- Kaswinarni. (2007). **Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu. Tesis. Universitas Diponegoro.**
- Kaufmann. (2005). **100th Anniversary Of Robert Koch's Nobel Prize For The Discovery Of The Tubercle Bacillus. *Trends In Microbiology*, 13, 469-475.**
- Kemendikbud. (2021). **Buku Ajar Bakteriologi . Lms Spada, 90-93.**

- Kurcik-Trajkovska, B. (2009). **Acinetobacter Spp. – A Serious Enemy Threatening Hospitals Worldwide.** *Maced. J. Med. Sci*, 157–162.
- Lathifah, D. (2019). **Modul Praktikum Mikrobiologi Lingkungan.** Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia .
- Lavieri. (2014). **Evaluation Of The Thin Agar Layer Method For The Recovery Of Pressureinjured And Heat-Injured Listeria Monocytogenes.** *Journal Food Of Protection*, 828-831.
- Lilin. (22004). **Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Yogyakarta.** Tesis Yogyakarta, Psl-Itb.
- Megasari, R. (2012). **Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu.** Pascasarjana Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan, 89-110.
- Michael. (2008). **Microbiology 2nd Edition.** Usa: Wmc Brown Publisher.
- Notoatmodjo. (2003). **Ilmu Kesehatan Masyarakat: Prinsip-Prinsip Dasar.** Jakarta: Pt. Rineka Cipta.
- Numberger. (2019). **Characterization Of Bacterial Communities In Wwastewater With Enhaced Taxonomic Resolution By Full-Length 16s Rrna Sequencing.** *Scientific Report*.
- Prayitno. (2001). **Isolasi Dan Identifikasi Mikroorganisme Dalam Lumpur Aktif Pengolahan Limbah Industri Kulit.** Majalah Kulit, Karet, Dan Plastik.
- Purwaningsih. (2008). **Pengolahan Limbah Cair Industri Batik Cv. Batik Indah Raradjonggrang Yogyakarta Dengan Metode Elektrokoagulasi Ditinjau Dari Pamareter Cod Dan Warna.** Universitas Islam Indonesia.
- Rasika,C.,T.G.(2012). **Isolation And Characterisation Of 1, 2 Benzenedicarboxylic Acid Ester Dioctyl Phthalate, A Bioactive Compound From Ehretia Laevis.** *Jof Pharma Research*, 5(6): 3251-3252.
- Safisani, E. A. (2018). **Evaluasi Pengelolaan Ipal Komunal Di Kabupaten Sleman.** Skripsi Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.
- Sastrawidana, K. (2011). **Studi Perombakan Zat Warna Tekstil Remazol Red Rb Secara Aerob Menggunakan Bakteri Enterobacter Aerogenes Yang Diisolasi Dari Lumpur Limbah Tekstil.** *Jurnal Kimia*, 117-124.
- Sukma, A. (2021). **Pengaruh Keberadaan Ipal Komunal Terhadap Area Risiko Sanitasi Sedang Sektor Air Limbah Di Kabupaten Sleman.**

- Thanwisid, P. W. (2012). **Effect Retention Time On Hydrogen Production And Chemical Oxygen Demand From Tapioca Wastewater Using Anaerobic Mixed Cultures In Anaerobic Baffled Reactor (Abr).** *International Journal Of Hydrogen Energy*, 15503-15510.
- Thoyib, H. (2006). *Seleksi Dan Identifikasi Bakteri Alkalifilik Penghasil Xilanase Dari Tanah Bukit Krakitan, Bayat, Klaten.* Surakarta: Universitas Sebelas Maret .
- Utamy, G. (2021). **Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil biosurfaktan Pada Air Kolam Anaerob Ipal Industri Minyak Kelapa Sawit.** *Jurnal Sumberdaya Dan Lingkungan Akuatik.*
- Worang, E. A. (2017). **Uji Kandungan Bakteri Total Coliform Dan Escherichia Coli Pada Air Laut Di Pesisir Pantai Teluk Amurang.** Kesmas.
- Yamada, E. A. (2010). Yamada, H., Takahashi, N., Okuda, S., Tsuchiya, Y., & Morisaki, H. 2010. **Direct Observation And Analysis Of Bacterial Growth On An Antimicrobial Surface.** *Applied And Environmental Microbiology.*
- Zhang, L. (2019). **Composition Of Bacterial Communities In Municipal Wastewater Treatment Plant .** *Science Of The Total Environment* 689, 1181-1191.

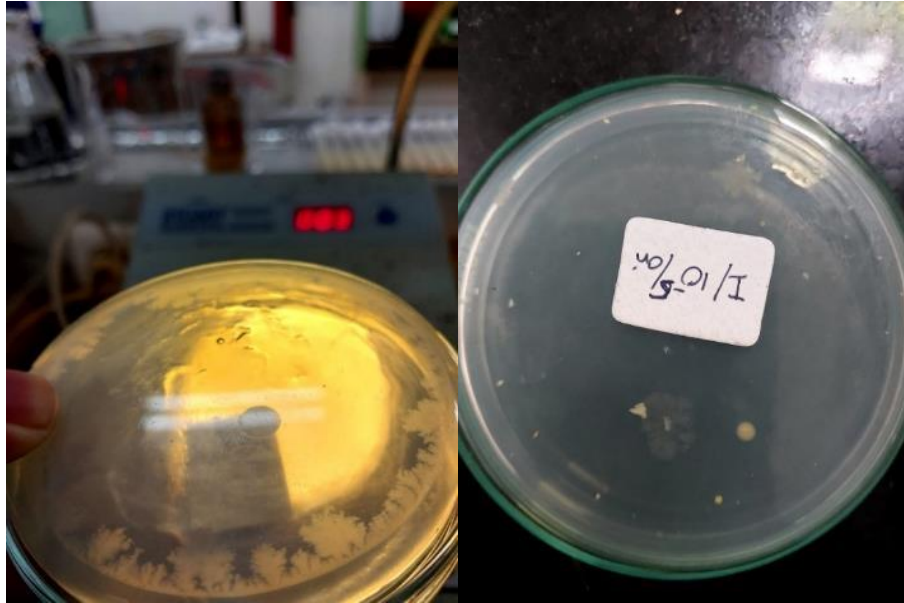
LAMPIRAN A

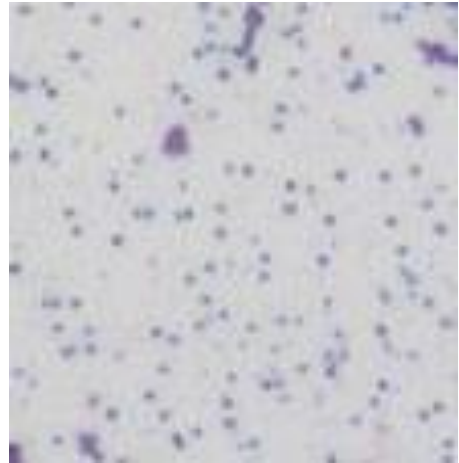
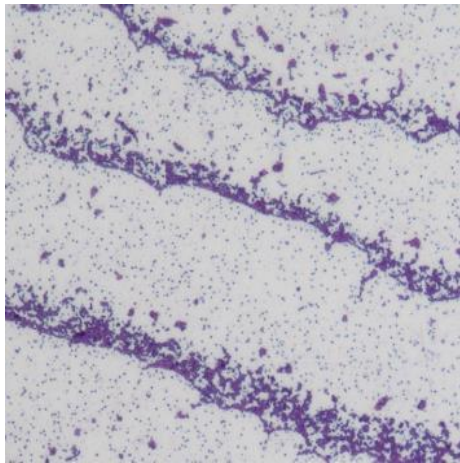
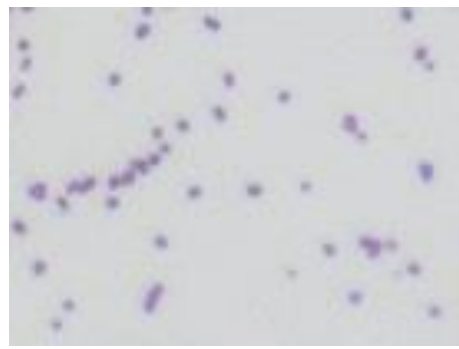
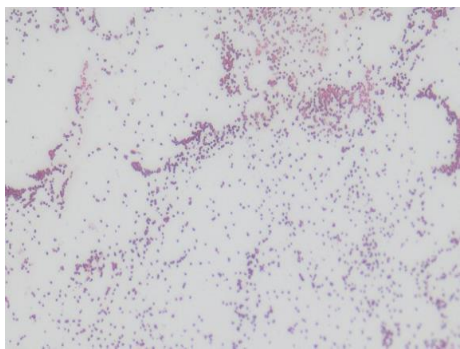
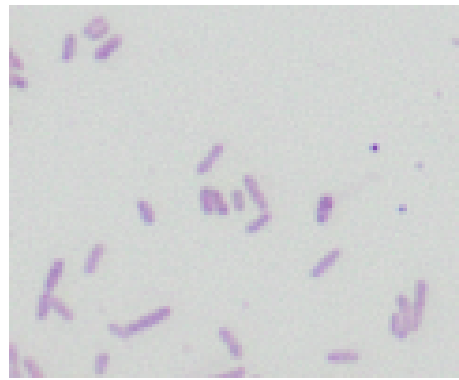
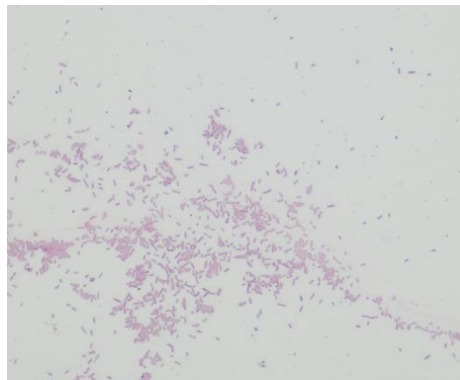
SURVEI LOKASI IPAL



LAMPIRAN B

PENGUJIAN SAMPEL DI LABORATORIUM





LAMPIRAN C

DATA HASIL IDENTIFIKASI LABORATORIUM

Lampiran C. 1 Hasil Identifikasi Laboratorium pada IPAL Komunal RejoSantoso.

Sampel	Pengenceran	warna	Jumlah	shape	jumlah	margin	jumlah	elevation	jumlah	size	jumlah	total	NA	basil/cocus	+ / -
Inlet	10 ⁻⁶	putih	18	spindle	18	entrie	18	flat	18	small	18	33	v	cocus	-
Inlet duplo	10 ⁻⁵	putih	15	irragular	10	entrie	10	flat	10	small	15		v	basil	-
				spindle	5	entrie	5	flat	5				v	cocus	-
proses	10 ⁻⁵	putih	32	spindle	30	entrie	30	flat	30	small	30	32	v	cocus	-
				rizoid	2	filamentous	2	rizoid	2	small	2		v	cocus	-
proses duplo	10 ⁻⁵	coklat	5	spindle	5	entrie	3	raised	5	punctiform	5	12	v	cocus	-
		putih	5	circular	5	undulate	2	flat	5	small	5				
	10 ⁻⁶	putih	2	circular	2	undulate	2	flat	2	small	2				
outlet	10 ⁻⁵	kuning	1	irragular	1	lobate	1	flat	1	small	1	7			
		putih	6	circular	6	entrie	6	flat	6	small	6		v	cocus	-
outlet duplo	10 ⁻⁵	putih	6	circular	5	entrie	5	flat	6	small	6	7	v	cocus	-
				rizoid	1	rizoid	1						v	basil	+
	10 ⁻⁶	putih	1	spindle	1	entrie	1	flat	1	small	1				

No	Kode	Sampel	Pengenceran	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Warna Sel	Gram + / -
1	A	Inlet Ori	10 ⁻⁶	Putih	Spindle	Entrie	18	Coccus	Negatif
2	B	Inlet Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Irregular	Entrie	10	Basil	Negatif
3	C	Proses Ori	10 ⁻⁵	Putih	Spindle	Entrie	30	Coccus	Negatif
4	D	Proses Duplo	10 ⁻⁵	Coklat	Spindle	Entrie	5	Coccus	Negatif
5	E	Outlet Ori	10 ⁻⁵	Putih	Circular	Entrie	6	Coccus	Negatif
6	F	Outlet Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Circular	Entrie	5	Coccus	Negatif
Jumlah							74		

No	Bentuk Sel - Warna Sel - Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	10
2	Basil-Gram Positif	0
3	Coccus-Gram Negatif	64
4	Coccus-Gram Positif	0

Lampiran C. 2 Hasil Identifikasi Laboratorium pada IPAL Komunal Banyu Aji.

Sampel	Pengenceran	warna	Jumlah	shape	jumlah	margin	jumlah	size	jumlah	total	NA	basil/cocus	+ / -
inlet	10 ⁻⁵	putih	8	irragular	8	lobate	8	small	8	9	v	basil	-
	10 ⁻⁶	putih	1	rizoid	1	rizoid	1	large	1				
inlet duplo	10 ⁻⁵	putih	30	irragular	30	lobate	30	small	30	39	v	cocus	-
		putih	5	spindle	5	entrie	5	punctiform	5		v	cocus	-
	10 ⁻⁶	putih	4	irragular	4	entrie	4	small	4				
proses	10 ⁻⁵	putih	33	irragular	11	undulate	11	small	33	33	v	basil	-
				circular	16	entrie	16						
				spindle	6	entrie	6						
proses duplo	10 ⁻⁵	putih	13	circular	13	entrie	13	small	13	13	v	cocus	+
outlet	10 ⁻⁵	putih	38	spindle	25	entrie	25	small	38	38	v	cocus	-
				irragular	13	undulate	13						
outlet duplo	10 ⁻⁵	putih	4	rizoid	4	rizoid	4	moderate	4	15	v	cocus	+
		putih	11	circular	11	entrie	11	small	11		v	cocus	-

No	Kode	Sampel	Pengenceran	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Warna Sel	Gram + / -
1	A	Inlet Ori	10 ⁻⁵	Putih	Irregular	Lobate	8	Basil	Negatif
2	B	Inlet Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Irregular	Lobate	30	Coccus	Negatif
3	C	Proses Ori	10 ⁻⁵	Putih	Circular	Entire	16	Basil	Negatif
4	D	Proses Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Circular	Entire	13	Coccus	Positif
5	E	Outlet Ori	10 ⁻⁵	Putih	Spindle	Entire	25	Coccus	Negatif
6	F	Outlet Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Circular	Entire	11	Coccus	Negatif
Jumlah							103		

No	Bentuk Sel - Warna Sel - Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	24
2	Basil-Gram Positif	0
3	Coccus-Gram Negatif	66
4	Coccus-Gram Positif	13

Lampiran C. 3 Hasil Identifikasi Laboratorium pada IPAL Komunal Randugowang.

Sampel	Pengenceran	warna	Jumlah	shape	jumlah	margin	jumlah	elevation	jumlah	size	jumlah	total	NA	bsil/cocus	+ / -						
inlet	10 ⁻⁵	kuning	36	filamentous	2	lobate	2	flat	36	moderate	4	43									
				spindle	3	entrie	34			punctiform	3										
				circular	28					small	28		v	cocus	-						
10 ⁻⁶	putih	4	4	filamentous	4	lobate	4	flat	4	small	4										
				circular	4	entrie	4	flat	4	small	4	v	cocus	-							
10 ⁻⁵	kuning	11	11	circular	11	entrie	11	flat	11	small	11										
				putih	13	irragular	3	lobate	3	flat	15	small	15	26	v	basil	+				
															oren	1	spindle	11			
10 ⁻⁶	kuning	9	9	filamentous	3	lobate	3	flat	45	small	45	49									
				putih	36	circular	7						entrie	42							
						spindle	35														
10 ⁻⁶	putih	4	4	circular	2	entrie	2	flat	4	small	4										
				irragular	2	undulate	2														
Proses duplo	10 ⁻⁵	putih	25	circular	2	lobate	3	flat	25	small	4	36									
				irragular	2	entrie	22						punctiform	21	v	cocus	-				
				spindle	21																
10 ⁻⁶	putih	11	11	irragular	10	undulate	4	flat	11	small	11										
				circular	9	entrie	9														
outlet	10 ⁻⁵	oren	10	irragular	10	undulate	10	flat	10	small	10	15	v	cocus	-						
				putih	4	circular	4						entrie	4	flat	4	large	4			
						kuning	1						filamentous	1					lobate	1	small
outlet duplo	10 ⁻⁵	putih	4	spindle	2	entrie	4	flat	4	small	4	9									
				circular	2																
				10 ⁻⁶	coklat								5	spindle	5	entrie	5	flat	5	small	5

No	Kode	Sampel	Pengenceran	Warna	Shape	Margin	Jumlah	Warna Sel	Gram + / -
1	A	Inlet Ori	10 ⁻⁵	Kuning	Circular	Entrie	28	Coccus	Negatif
2	B	Inlet Duplo	10 ⁻⁶	Putih	Spindle	Lobate	11	Coccus	Negatif
3	C	Proses Ori	10 ⁻⁵	Putih	Spindle	Entrie	35	Basil	Positif
4	D	Proses Duplo	10 ⁻⁵	Putih	Spindle	Entrie	21	Coccus	Negatif
5	E	Outlet Ori	10 ⁻⁵	Oren	Irregular	Eundulate	10	Coccus	Negatif
6	F	Outlet Duplo	10 ⁻⁶	Coklat	Spindle	Entrie	5	Coccus	Negatif
Jumlah							110		

No	Bentuk Sel - Warna Sel - Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	0
2	Basil-Gram Positif	35
3	Coccus-Gram Negatif	75
4	Coccus-Gram Positif	0

RIWAYAT HIDUP



Nama penulis tugas akhir ini adalah Aditya Annas Muhammad lahir Di Sleman, 24 Mei 2000. Penulis beralamat dan tinggal Di Keringan, Wonokerto, Turi, Sleman, Yogyakarta. Riwayat pendidikan penulis adalah SMP N 1 Turi dan lulus tahun 2016, SMA Muhammadiyah 2 yogyakarta dan lulus pada tahun 2019 dan Pendidikan yang ditempuh sekarang adalah berkuliah di jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia dari 2019-sekarang.

Selama kegiatan berlangsung penulis pernah ikut organisasi dan kepanitiaan di kampus maupun luar kampus. Pada tahun 2020 penulis mengikuti kepanitiaan dan bekerja dibawah departemen kominfo pada acara Envirotation. Kemudian pada tahun 2021 penulis menjadi salah satu staff departemen kominfo pada organisasi Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI). Pada keanggotaan ini penulis mempunyai kewajiban sebagai desain dan publikasi pada setiap acara acara dan juga berkesempatan sebagai pimpinan redaksi pada program bulletin pada tiap tahunnya. Dikesempatan yang sama juga sebagai CO desain pada acara Dies Natalis IMTLI. Pada tahun 2022 penulis berkesempatan melakukan kerja praktek di Indonesia Power PRIOK POMU. Penulis berkesempatan melakukan pembelajaran mengenai pengelolaan limbah B3.