

TA/TL/2021/1308

TUGAS AKHIR
ANALISIS MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL KABUPATEN SLEMAN

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



MUHAMMAD RUMI AZHARI NUR IRFANI
16513001

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021

TUGAS AKHIR
ANALISIS MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL KABUPATEN SLEMAN

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



MUHAMMAD RUMI AZHARI NUR IRFANI
16513001

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


Dr. Andik Julianto, S.T., M.T.

NIK. 875110107

Tanggal:


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

NIK. 155130505

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

025100406

Tanggal: 21 Juni 2021

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS MIKROBA DOMINAN PADA IPAL
KOMUNAL KABUPATEN SLEMAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat
Tanggal : 18 Juni 2021

Disusun Oleh:

Muhammad Rumi Azhari Nur Irfani
16513001

Tim Penguji :

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

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

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



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Rumi Azhari N.I.

NIM: 16513001

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2020 ini ialah *Analisis Mikroba Dominan pada IPAL Komunal Kabupaten Sleman*.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D. selaku pembimbing. Rasa hormat juga penulis berikan kepada Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. sebagai *reviewer* atas Tugas Akhir penulis, serta sebagai dosen pembimbing akademik selama penulis menjadi mahasiswa Teknik Lingkungan di Universitas Islam Indonesia. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Ibu Rina Isnikartika, S.Si. dari staf Laboratorium Bioteknologi, serta kepada rekan tim penelitian Ilya Azka, Annisa Norma Cahyani, dan Ajeng yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 15 Februari 2021



Muhammad Rumi Azhari N.I.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

Muhammad Rumi Azhari Nur Irfani. *Analisis Mikroba Dominan pada IPAL Komunal Kabupaten Sleman*. Dibimbing oleh Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D.

Penelitian yang umumnya ada terhadap IPAL Komunal Kabupaten Sleman belum mencakup parameter biologi mikroba dominan. Penelitian berikut bertujuan untuk melengkapi informasi mengenai identifikasi mikroba dominan yang ada pada IPAL Komunal, meliputi *inlet*, unit pengolahan, dan *outlet*. Penelitian dilakukan pada IPAL Wahana Bima Lingkungan, Kecamatan Depok; IPAL Banyu Bening, Kecamatan Depok, dan; IPAL Guyup Rukun, Kecamatan Gamping. Penelitian yang bersifat analisis kuantitatif ini dilakukan dengan metode *Direct Plating*. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa terdapat dominasi mikroba pada tiap IPAL Komunal dengan morfologi sel *coccus* dan gram positif, namun tiap dominasi ketiga IPAL tersebut memiliki morfologi koloni yang berbeda satu sama lain. Hasil morfologi dipetakan secara asumsi sebagai bakteri *Microthrix* pada IPAL Komunal Banyu Bening dan bakteri kelompok *Methanobacteria* pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyub Rukun.

Kata kunci: IPAL Komunal, Kabupaten Sleman, Mikroba Dominan

ABSTRACT

Muhammad Rumi Azhari Nur Irfani. *Analysis of Dominant Microbe on Sleman Regency's Collective WWTP*. Supervised by Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. and Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech, Ph.D.

Research that generally exist on Communal Wastewater Treatment Plant (WWTP) in Sleman Regency has not included dominant microbial biological parameter. The following research aims to complement information regarding the identification of dominant microbe in Communal WWTP in Sleman Regency, including inlet, processing units, and outlet. The research was conducted at the Wahana Bima Lingkungan WWTP, Depok District; Banyu Bening WWTP, Depok District, and; Guyup Rukun WWTP, Gamping District. This quantitative analysis research was conducted using Direct Plating method. The results showed that there was microbial dominance in each communal WWTP with coccus cell morphology and gram-positive, but each of the three WWTPs had colony morphology that was different from one another. The morphological results were mapped assumptions as Microthrix bacteria in the Banyu Bening Communal WWTP and Methanobacteria at the Wahana Bima Lingkungan and Guyub Rukun Communal WWTPs.

Keywords: *Communal WWTP, Dominant Microbe, Sleman Regency*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal	3
2.2. Indikator Mikroba Dominan	6
2.3. Metode Pengujian.....	7
2.4. Penelitian Terdahulu.....	7
2.5. Hipotesa	8
BAB III METODE PENELITIAN.....	9
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian	9
3.2. Alat dan Bahan	9
3.3. Prosedur Pengumpulan Data.....	10
3.4. Metode Analisis Data	12
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1. Klasifikasi IPAL Komunal.....	15
4.2. Deskripsi Daerah Penelitian.....	17
4.3. Pengambilan Sampel	19
4.4. Uji Laboratorium.....	23
4.5. Dominasi Mikroba.....	29
4.6. Pemetaan Mikroba.....	34
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	38
5.1. Simpulan	38
5.2. Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43
RIWAYAT HIDUP.....	47



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1 . Penelitian Terdahulu	7
Tabel 2 . Alat dan Bahan	9
Tabel 3 . Kriteria dan Justifikasi Penilaian IPAL Komunal	15
Tabel 4 . Hasil Klasifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman.....	16
Tabel 5 . Hasil klasifikasi yang dipilih dalam penelitian	16
Tabel 6 . Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Banyu Bening	30
Tabel 7 . Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Bening	30
Tabel 8 . Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan	31
Tabel 9 . Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan.....	32
Tabel 10 . Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Guyub Rukun.....	32
Tabel 11 . Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Guyub Rukun	33
Tabel 12 . Tabel kuantitatif bakteri pada sistem anaerobik jenis ABR.....	36



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 . Diagram <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> (Safisani, 2018)	4
Gambar 2 . Diagram Anaerobic Filter (Safisani, 2018)	5
Gambar 3 . Diagram Dominasi Filum Bakteri. (Numberger, 2019)	7
Gambar 4 . Diagram Alir Prosedur Metode Pengujian	10
Gambar 5 . IPAL Komunal Guyub Rukun	17
Gambar 6 . Diagram Alir Unit Pengolah IPAL Komunal Guyub Rukun	17
Gambar 7 . IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan	18
Gambar 8 . Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Bening	18
Gambar 9 . IPAL Komunal Banyu Bening.....	19
Gambar 10 . Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Bening	19
Gambar 11 . Pencucian alat dengan bilasan air	20
Gambar 12 . Sterilisasi alat dengan autoklaf	21
Gambar 13 . Botol sampel dibungkus dengan <i>aluminium foil</i>	21
Gambar 14 . Sterilisasi alat dengan menggunakan oven pada suhu 105 derajat Celcius	21
Gambar 15 . Pengambilan sampel pada unit pengolah IPAL Wahana Bima Lingkungan	22
Gambar 16 . Cawan Petri berisikan media PCA dari sampel unit Proses 2 IPAL Komunal Guyub Rukun	23
Gambar 17 . Contoh cawan petri yang <i>spreader</i> ; nampak koloni tumbuh secara kolektif pada satu area besar.....	24
Gambar 18 . Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Banyu Bening.....	25
Gambar 19 . Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan	25
Gambar 20 . Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Guyub Rukun	25
Gambar 21 . Contoh koloni dalam cawan petri media DNB dari sampel Proses 2 IPAL Komunal Guyub Rukun.....	26
Gambar 22 . Morfologi mikroba skala koloni, dengan bentuk <i>filamentous</i> ukuran besar.	27

Gambar 23 . Pengecatan gram dengan <i>Carbol Crystal Violet</i> , Lugol Iodine, alkohol 70 persen, dan <i>Fuchsin</i> basa	28
Gambar 24 . Contoh morfologi sel bentuk <i>Coccus</i> , gram ungu positif	28
Gambar 25 . Contoh morfologi sel bentuk <i>Coccus</i> , gram merah negatif	28
Gambar 26 . Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Banyu Bening	28
Gambar 27 . Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan	29
Gambar 28 . Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Guyub Rukun	29
Gambar 29 . Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Banyu Bening.....	30
Gambar 30 . Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Bening	31
Gambar 31 . Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan	32
Gambar 32 . Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan.....	32
Gambar 33 . Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Guyub Rukun	33
Gambar 34 . Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Guyub Rukun.....	33
Gambar 35 . Perbandingan dominasi mikroba berdasarkan morfologi koloni dari ketiga IPAL Komunal	34
Gambar 36 . Perbandingan dominasi mikroba berdasarkan morfologi sel dan jenis gram dari ketiga IPAL Komunal	34



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية في إندونيسيا

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 . Perhitungan PCA IPAL Komunal Banyu Bening (dihitung pada 9 Maret 2021)	43
Lampiran 2 . Perhitungan PCA IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan (dihitung pada 17 Maret 2021)	43
Lampiran 3 . Perhitungan PCA IPAL Komunal Guyub Rukun (dihitung pada 17 Maret 2021)	43
Lampiran 4 . Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Banyu Bening (diidentifikasi pada 22 Maret 2021)	43
Lampiran 5 . Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan (diidentifikasi pada 29 Maret 2021)	45
Lampiran 6 . Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Guyub Rukun (diidentifikasi pada 29 Maret 2021)	45

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Sleman merupakan daerah dengan jumlah kepadatan penduduk yang tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2020 sudah tercatat 366.000 KK di Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil (Disdukcapil) Sleman (Hamied, 2020). Salah satu dampak dengan adanya jumlah penduduk yang padat tersebut ialah meningkatnya volume limbah domestik yang diterima oleh IPAL Komunal Kabupaten Sleman.

Peningkatan limbah domestik itu dapat memengaruhi komponen biologis yang ada pada IPAL Komunal, baik dari *inlet*, unit pengolah, hingga *outlet*. Sebab, limbah domestik secara umum bersifat organik, karena berasal dari pemukiman penduduk yang terdiri dari buangan dapur, air cucian, air kamar mandi, hingga kotoran manusia (Notoatmodjo, 2013). Sifat organik limbah domestik tersebut berkemungkinan dapat memberikan reaksi terhadap dominasi jumlah komponen biologis pada IPAL Komunal.

Safisani (2018) melaporkan bahwa ada tujuh IPAL di Kabupaten Sleman yang menggunakan teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*. Teknologi tersebut menggunakan komponen mikrobiologis untuk sistem pengolahannya, yang sekaligus menjelaskan bahwa ada potensi dominasi antara komponen mikrobiologis unit pengolah dengan komponen biologis dari limbah domestik (McCarty dan Bachmann, 1992). Namun, penelitian tersebut hanya menggunakan parameter COD, BOD, TSS, minyak lemak, dan total *coliform* saja. Artinya, penelitian itu tidak menganalisis kondisi komponen biologis yang ada pada IPAL Komunal Kabupaten Sleman.

Oleh sebab itu, diperlukan penelitian lebih lanjut yang bersifat komplementer untuk menjelaskan kondisi komponen biologis pada IPAL Komunal Kabupaten Sleman. Penelitian komplementer itu dapat berupa pemaparan jumlah dan perbandingan mikroba dominan yang ada pada *inlet*, unit pengolahan, dan *outlet* IPAL Komunal. Parameter mikroba dominan tersebut diharapkan mampu melengkapi kekurangan penelitian sebelumnya yang mencakup informasi terkait

mikroba dominan. Informasi tersebut akan menjadi informasi awal untuk mempelajari efisiensi sebuah IPAL Komunal berdasarkan dominasi mikroba yang ada pada masing-masing unit pengolahan IPAL.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat diambil rumusan masalah, yakni mikroba apa yang mendominasi dalam setiap tahapan dari beberapa IPAL Komunal di Kabupaten Sleman.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini ialah mengevaluasi mikroba apa yang mendominasi dalam setiap tahapan dari beberapa IPAL Komunal Kabupaten Sleman.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut: untuk memberikan informasi dan ilmu pengetahuan kepada masyarakat tentang aspek mikrobiologis pada air limbah domestik, memberikan referensi dalam perencanaan pengolahan air limbah domestik secara mikrobiologis, serta dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Lokasi yang diteliti adalah beberapa IPAL Komunal di Kabupaten Sleman, yaitu IPAL Wahana Bima Lingkungan, Kecamatan Depok; IPAL Banyu Bening, Kecamatan Depok, dan; IPAL Guyup Rukun, Kecamatan Gamping.
2. Parameter yang diujikan adalah mikroba dominan.
3. Sumber sampel diambil dari air *inlet*, unit pengolahan, dan *outlet*.
4. Metode yang digunakan ialah metode *direct plating* menggunakan media spesifik *Dilute Nutrient Broth* (DNB)
5. Analisis dilakukan dengan perhitungan *Colony Forming Unit* (CFU) dan dipetakan berdasarkan morfologi bakteri dan kondisi eksisting IPAL.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal

2.1.1. Pengertian IPAL Komunal

Sistem IPAL Komunal, dengan mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017, adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dengan kesatuan prasarana dan sarana pengelolaan limbah domestik. Sistem IPAL Domestik Komunal dapat diterapkan bila kepadatan penduduk lebih dari 150 jiwa/Ha. Adapun bila kurang daripada itu, maka dapat dipertimbangkan ulang dari kesediaan sumber air yang ada, kedalaman air tanah, permeabilitas tanah, kemiringan tanah, ketersediaan lahan, dan kapabilitas finansial untuk membiayai fasilitas sistem IPAL Domestik Komunal tersebut (Safisani, 2018).

2.1.2. Sistem Pengolahan Air Limbah Terpusat

Sistem Sanitasi Terpusat (*offsite*) ialah sistem pembuangan air limbah domestik yang disalurkan dari sumber pemukiman menuju fasilitas pengolahan limbah. Fasilitas ini berbentuk bangunan yang terdiri dari beberapa unit pengolah yang kemudian menyalurkan hasil olahan limbah tersebut ke badan perairan (Fajarwati, 2008).

Sistem Sanitasi Terpusat meliputi *Septic Tank* yang merupakan tangki tertutup untuk menampung volume aliran limbah domestik yang melwatinya, sehingga kandungan limbah padat dapat dipisahkan, diendapkan, atau diuraikan secara mikrobiologis di dalam tangki. Fungsinya ialah untuk mencegah bau dan memperkecil partikel padat agar bisa dialirkan di pengolahan lebih lanjut. Setidaknya, *Septic Tank* memiliki fungsi lain pula, diantaranya:

- Sedimentasi: Fungsi yang pokok dari *Septic Tank* ialah kemampuannya untuk mereduksi kandungan padat terlarut (*suspended solid*) pada limbah domestik.

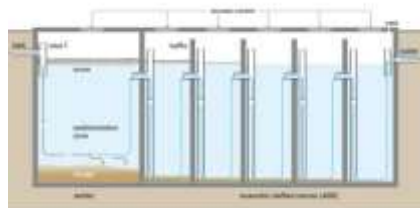
- Penyimpanan: *Septic Tank* memiliki kapabilitas untuk menampung endapan limbah domestik secara akumulatif di dalam tangkinya.
- Penguraian: Secara mikrobiologis anaerobik, *Septic Tank* memberikan penguraian dalam tempo waktu penyimpanan tertentu dari endapan di dalam tangki. Bakteri akan menghasilkan oksigen yang akan terlarut jika ia mengurai bahan organik yang berada di dalam limbah. Bakteri ini juga akan mengurai bahan organik kompleks dan mereduksinya menjadi selulosa, yang meliputi H_2 , CO_2 , NH_3 , H_2S , dan CH_4 .
- Menahan Laju Aliran: *Septic Tank* memiliki kapabilitas untuk mereduksi beban aliran puncak aliran limbah domestik.

Waktu tinggal limbah pada *Septic Tank* berukuran besar ialah kurang dari 12 jam. Dari segi kuantitas air buangan yang masuk ke dalam *Septic Tank*, didapati bahwa *grey water* yang berasal dari aktivitas mencuci, dapur, dan kamar mandi ada pada limbah domestik di dalam *Septic Tank*. Selain itu, didapati juga *black water* yang berasal dari *urine* dan *feces* (Safisani, 2018).

2.1.3. Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal

Secara umum, IPAL Komunal menggunakan teknologi *low-cost* dan relatif sederhana, seperti *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*. Selain faktor investasi yang rendah, opsi kedua teknologi tersebut tidak membutuhkan lahan yang luas, sebagaimana yang diperlukan pada lahan tersedia di sekitar pemukiman yang *offsite* dari IPAL Regional.

- *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR)

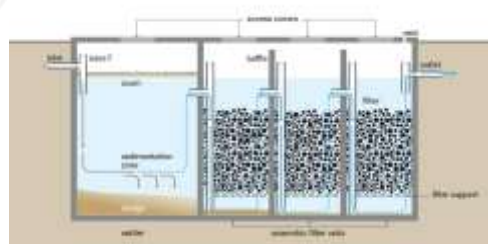


Gambar 1. Diagram *Anaerobic Baffled Reactor* (Safisani, 2018)

Anaerobic Baffled Reactor adalah hasil modifikasi dari *Septic Tank* konvensional. ABR terdiri dari bagian pengendap, yang kemudian diikuti oleh reaktor *baffle*. *Baffle* ini mengalirkan air limbah ke atas (*upflow*) melalui beberapa seri reaktor *sludge blanket*. Hal ini ditujukan untuk memberikan waktu detensi, atau waktu kontak, yang lebih lama antara mikrobakteri anaerobik di dalamnya dengan air limbah. Sehingga, kinerja pengolahan lebih efisien (McCarty and Bachmann, 1992).

ABR layak untuk diimplementasikan di lahan yang kecil. Reaktornya bisa dirancang secara efisien untuk aliran *inflow* harian, sehingga setara dengan volume limbah dari 1000 orang (200.000 liter/hari). Dari segi konstruksinya pun relatif sederhana, tidak memiliki komponen mekanis yang bergerak. Hal ini menjadikannya cenderung ekonomis untuk daerah komunal penduduk yang terpisah dari pelayanan *offsite*. Adapun dari segi operasinya, ABR memiliki *Hydraulic Retention Time* (HRT) yang rendah, sehingga relatif stabil. Namun, kendati demikian, pemasangan ABR tidak bisa pada daerah dengan elevasi muka air yang tinggi, karena memungkinkan terjadinya infiltrasi yang kelak mencemari air tanah (Barber, 1999).

- *Anaerobic Filter* (AF)



Gambar 2. Diagram Anaerobic Filter (Safisani, 2018)

Anaerobic Filter ialah reaktor yang bersifat *fixed-bed biological*. AF biasa digunakan sebagai *secondary treatment* dalam skala rumah tangga yang di dalamnya terdapat media sebagai tempat pelekatan mikroorganisme yang berfungsi untuk melakukan proses suspensi TSS terhadap air limbah domestik. Hal ini ditujukan untuk memulihkan biogas pada air limbah domestik sehingga mampu memperkecil potensi pencemaran lingkungan (Safisani, 2018).

- *Rotating Biological Contractor* (RBC)

RBC adalah adaptasi dari proses pengolahan air limbah dengan biakan melekat. Media yang dipakai adalah *disk* tipis berbentuk bulat, yang disusun sejajar satu sama lain dengan poros di tengahnya sebagai sumbu putar. Selanjutnya, *disk* tipis tersebut dirotasikan dalam reaktor khusus dengan dialiri air limbah secara terus-menerus (Idaman, 2005).

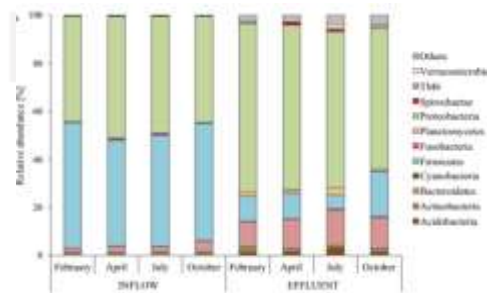
Prinsip kerja dari RBC ialah media tempat melekatnya film biologis. Mikroorganisme yang melekat pada *disk* akan menguraikan komponen organik yang ada dalam air limbah, serta mengambil oksigen terlarut dalam air atau dari udara sekitar untuk proses metabolismenya. Proses ini dapat membuat kandungan komponen organik dalam air limbah menjadi berkurang (Idaman, 2005).

2.2. Indikator Mikroba Dominan

Air limbah domestik mengandung berbagai jenis mikroba. Jenis mikroba tersebut dapat berasal dari filum seperti *Verrucomicrobia*, *Spirochaetae*, *Proteobacteria*, *Planctomycetes*, *Fusobacteria*, *Firmicutes*, *Cyanobacteria*, *Bacteroidetes*, *Actinobacteria*, dan *Acidobacteria* (Numberger, 2019). Contoh

dari bakteri pada limbah domestik adalah bakteri jenis *Shigella* dan *Vibrio*, yang keduanya berasal dari filum *Proteobacteria* (Ferguson, 2012).

Dominasi mikroba dari filum-filum bakteri tersebut dipengaruhi oleh kondisi *influent* dan *effluent* setiap bulan. Hal ini dapat dibuktikan dari penelitian Numberger (2019), bahwa terdapat persentase filum bakteri yang dominan antara *influent* dan *effluent* semenjak bulan Februari hingga bulan Oktober.



Gambar 3. Diagram Dominasi Filum Bakteri. (Numberger, 2019)

2.3. Metode Pengujian

Metode *Direct Plating* adalah metode yang menentukan koloni dominan berdasarkan kemiripan morfologinya secara berkelompok, yang kemudian diidentifikasi lebih lanjut dengan pengecatan gram.

2.4. Penelitian Terdahulu

IPAL Komunal di Kabupaten Sleman atau D.I. Yogyakarta telah beberapa kali diteliti sebelumnya. Berikut ini adalah penelitian terdahulu tersebut:

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Peneliti	Hasil
Safisani, Ratnawilis E. R., 2018	<p>1. Tujuh IPAL Komunal Sleman menggunakan teknologi <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> dan <i>Anaerobic Filter</i>. Tetapi pada IPAL Dusun Bandulan menambahkan teknologi <i>Wetland (Horizontal Gravel Filter)</i> dan kolam indikator.</p> <p>2. Tujuh lokasi IPAL Slemant tersebut tidak memenuhi baku mutu COD, BOD, TSS, minyak lemak, dan Total <i>Coliform</i> menurut PermenLHK No. P 68 tahun 2016.</p>

	<p>3. Semua IPAL Komunal dikelola oleh warga.</p> <p>4. Dari segi kesehatan, terjadi penurunan jumlah penyakit diare dari sebelum dibangunnya IPAL.</p>
Pratiwi, I.N., 2019	<p>1. Pengolahan air limbah dengan sistem RBC dapat menurunkan kadar BOD sebanyak 84,1%. Sedangkan pada pengolahan dengan sistem <i>Contact Aeration</i> dapat menurunkan BOD sebesar 88,61%.</p> <p>2. Pengolahan air limbah dengan sistem RBC menurunkan kadar TSS sebanyak 65,86%. Sedangkan sistem <i>Contact Aeration</i> dapat menurunkannya sebesar 88,61%.</p> <p>3. Parameter pH pada <i>outlet</i> air limbah dengan sistem RBC dan <i>Contact Aeration</i> didapatkan hasil 6,9 dan 6,2.</p> <p>4. Hasil pemeriksaan pada kedua sistem pengolahan parameter BOD tidak sesuai dengan baku mutu Perda DIY No. 7 tahun 2016.</p>
Diavid, G.H., Saraswati, S.P. and Nugroho, A.S.B., 2018	<p>1. Penurunan kadar <i>influent</i> ke <i>effluent</i> terjadi pada beberapa parameter, yaitu pH, BOD, COD, TSS, minyak dan lemak, deterjen, kecuali pada parameter Total <i>Coliform</i>, Amoniak, TDS, dan Suhu.</p> <p>2. Debit <i>influent</i> IPALD melebihi debit rencana, sehingga kapasitas kinerja IPALD kurang maksimal.</p> <p>3. Evaluasi kelayakan jenis material bak kontrol dinilai dari jumlah kandungan Total <i>Coliform</i> dan bakteri <i>E. coli</i> ditemukan pada bak kontrol di salah satu lokasi <i>sampling</i>.</p> <p>4. Kandungan parameter Total <i>Coliform</i> dan bakteri <i>E. coli</i> melebihi standar baku mutu kesehatan lingkungan dalam parameter biologi.</p>

2.5. Hipotesa

Hipotesa yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: dominasi mikroba ditentukan oleh jenis unit pengolahan yang digunakan dan perawatan IPAL Komunal oleh pengelolanya.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada beberapa IPAL Komunal Kabupaten Sleman, yaitu di IPAL Wahana Bima Lingkungan, Kecamatan Depok; IPAL Banyu Bening, Kecamatan Depok, dan; IPAL Guyup Rukun, Kecamatan Gamping. Uji laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Adapun periode penelitian berlangsung selama bulan September 2020 hingga Maret tahun 2021.

3.2. Alat dan Bahan

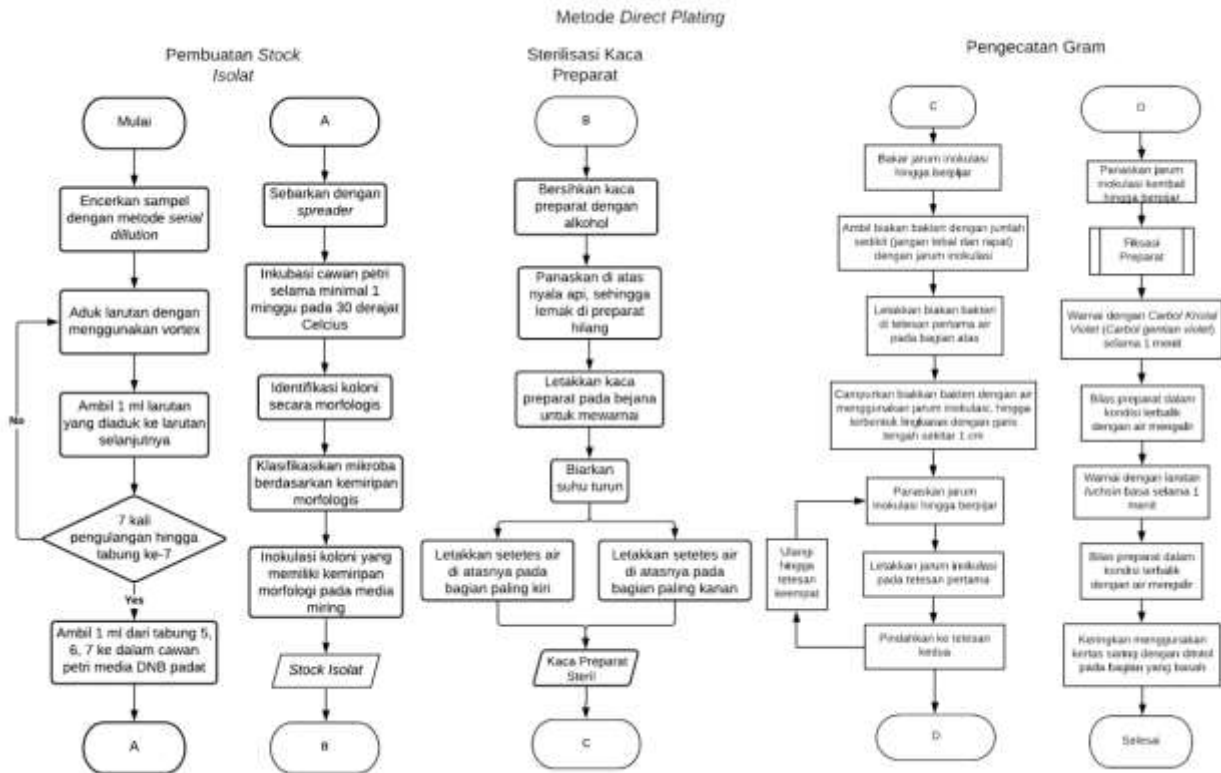
Berikut adalah alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian terhadap mikroba dominan:

Tabel 2. Alat dan Bahan

METODE DIRECT PLATING (CULTURE DEPENDENT)			
No	Item	Jumlah	Satuan
1	Alumunium Foil	20	Lembar
2	Aquades steril	2	Liter
3	Dilute Nutrient Broth	30	Gram
METODE PENGECATAN GRAM			
No	Item	Jumlah	Satuan
1	Kertas Saring	15	Buah
2	Kapas	1	Pack
3	Larutan Carbol Crystal Violet	100	Mili Liter
4	Laurtan Lugol	100	Mili Liter
5	Fuchsin Basa	1	Gram
6	Alkohol 70%	200	Mili Liter

3.3. Prosedur Pengumpulan Data

Secara primer, penelitian ini mengumpulkan data dan informasi melalui uji laboratorium dengan metode *direct plating* terhadap kadar mikroba dominan. Metode *Direct Plating* dibagi menjadi dua tahap: pembuatan *stock isolat* dan pengecatan gram.



Gambar 4. Diagram Alir Prosedur Metode Pengujian

3.3.1. Kultivasi Bakteri

Alat yang digunakan selama uji laboratorium dengan metode *direct plating* (*culture dependent*) adalah erlenmeyer steril berisi aquades steril dan timbangan analitik. Adapun bahan yang digunakan ialah sampel air, aquades steril dalam tabung untuk *serial dilution*, medium DNB (*Dillute nutrient broth 100x*) yang terdiri dari *Nutrient broth* 0,8 gr, *distilled water* 1000 ml dengan pH 6,8, media DNB padat (DNB + agar 2%), tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril sejumlah 7 buah, dan aluminium foil.

Cara kerja dari metode *direct plating* dilalui dengan beberapa tahap, yakni: pertama, encerkan sampel dengan metode *serial dilution*. Pengenceran ini

dilakukan dengan larutan sampel sebanyak 1 ml yang dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril (larutan 2). Setelah itu, diaduk larutan 2 tersebut menggunakan *vortex*. Selanjutnya, diambil 1 ml larutan 2 dan dimasukkan ke dalam 9 ml aquades steril (larutan 3). Kemudian, diaduk juga larutan 3 tersebut dengan *vortex*. Hal ini dilakukan berulang kali hingga pada tabung ke-7.

Kedua, dari tabung ke-5, 6, dan 7, ambil 1 ml, kemudian dimasukkan ke dalam cawan petri berisikan media DNB padat. Lalu disebar dengan *spreader*. Ketiga, cawan petri tersebut diinkubasikan selama minimal 1 minggu di inkubator dengan suhu 30 derajat Celcius. Keempat, dilakukan pengidentifikasian terhadap koloni yang tumbuh secara morfologis, dan dari identifikasi itu dilakukan pengelompokkan mikroba tersebut berdasarkan kemiripan morfologisnya. Kelima, koloni yang memiliki morfologi serupa diinokulasikan di media agar miring untuk disimpan sebagai *stock* isolat, dan akan digunakan untuk pengujian selanjutnya. Terakhir, kelompok koloni tersebut masing-masing diidentifikasi dengan pengecatan gram.

3.3.2. Pengujian Gram Bakteri

Identifikasi dengan pengecatan gram menggunakan alat berupa kaca objek, isolat bakteri uji, jarum inokulasi (*ose*), mikroskop, gelas kimia berisikan air dengan sebatang gelas, kertas saring, kapas, lampu busen, gelas kimia 100 ml, dan *stop watch*. Adapun bahan yang digunakan adalah larutan *Carbol Kristal Violet*, larutan *Lugol*, *Fuchsin* basa, dan alkohol dengan kadar 70 persen.

Prosedur kerja pengecatan gram ialah sebagai berikut: pertama, diambil sebuah kaca preparat, kemudian dibersihkan dengan sepotong kapas yang sudah dibasahi alkohol. Lalu, dipanaskan sejenak di atas nyala api sehingga lemak di preparat tersebut menghilang. Bagian kaca preparat yang digunakan adalah bagian sisinya.

Kedua, diletakkan kaca preparat dengan sisi yang sudah tidak berlemak di bagian atas pada bejana untuk mewarnai, dan biarkan hingga suhu menurun. Kemudian, diletakkan setetes air di atasnya pada bagian paling kiri kaca preparat, dengan diiringi penetesan air lagi pada bagian kanannya sampai tetesan keempat. Tetesan air ini harus menyebar sama rata, yang mana jika tidak menyebar maka

dapat lemaknya tidak akan hilang sepenuhnya, dan pekerjaan pun harus diulang kembali.

Ketiga, jarum inokulasi dibakar hingga berpijar. Setelah itu, jarum tersebut digunakan untuk mengambil sedikit bakteri dari biakannya, dan letakkan di tetesan pertama air tersebut pada bagian atas. Hindari biakan yang terlalu banyak (tebal dan rapat). Kemudian, dicampurkan bakteri tersebut pada tetesan air yang digunakan sebelumnya dengan menggosokkan jarum inokulasi, hingga terdapat suatu lingkaran dengan garis tengah, kira-kira 1 cm, hingga suspensi tadi tepat mulai keruh.

Keempat, jarum inokulasi yang telah dipakai dipijarkan, kemudian letakkan ose pada tetesan pertama dan pindahkan ke tetesan kedua. Langkah yang sama dilakukan hingga pada tetesan keempat. Setiap memindahkan ose ke tetesan yang baru, jarum ose selalu dipijarkan terlebih dahulu. Kelima, ose yang telah dipakai dipijarkan kembali. Dilakukan *fiksasi (fixerisasi)* terhadap preparat tersebut dengan menggerakkan kaca preparat (dengan bagian yang ada preparat di bagian atas) beberapa kali melalui nyala api.

Keenam, dilakukan pewarnaan dengan *Carbol kristal violet* (atau *Carbol-gentian violet*) selama 1 menit. Ketujuh, dibilas dengan air mengalir, dengan posisi preparat dalam posisi terbalik. Kedelapan, dilakukan pewarnaan dengan larutan *fuchsin* basa selama 1 menit. Kesembilan, dilakukan pembilasan kembali dengan air mengalir, dengan posisi preparat terbalik. Terakhir, dilakukan pengeringan menggunakan kertas saring dengan cara ditotolkan pada bagian yang basah.

3.4. Metode Analisis Data

Metode yang digunakan untuk analisis data penelitian berikut ini ialah analisis deskriptif kuantitatif, yakni mendeskripsikan mikroba dominan berdasarkan jumlah mikroba yang ditemukan. Penelitian ini diiringi dengan uji laboratorium menggunakan metode *direct sampling*.

Kultur bakteri yang telah berkembang biak pada cawan petri diobservasi berdasarkan jumlah koloni, morfologi koloni, morfologi sel, serta jenis gram bakteri. Data kuantitatif dari observasi jumlah koloni dapat merepresentasikan jumlah koloni yang memiliki morfologi serupa. Dari hal tersebut, dapat

diklasifikasikan kelompok morfologi koloni secara kuantitatif. Kelompok morfologi itulah yang pula merepresentasikan morfologi sel dan jenis gram bakteri.

Kelompok morfologi yang telah dikumpulkan secara kuantitatif diperbandingkan satu sama lain, agar kemudian didapat dominasi bakteri yang ada pada setiap unit pengolahan IPAL Komunal. Dominasi bakteri yang ditemukan lalu dipetakan berdasarkan morfologi dan kondisi eksisting IPAL.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Klasifikasi IPAL Komunal

IPAL Komunal Kabupaten Sleman diklasifikasikan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya risiko terhadap penurunan efisiensi masing-masing IPAL Komunal. Klasifikasi tersebut didasarkan pada empat kriteria: (1) kepadatan penduduk; (2) rasio cakupan pelayanan; (3) debit puncak; dan (4) usia IPAL Komunal. Justifikasi dari masing-masing kriteria tersebut sebagai berikut:

Tabel 3. Kriteria dan Justifikasi Penilaian IPAL Komunal

No	Kriteria Penilaian	Justifikasi	Referensi
1	Kepadatan Penduduk > 25 Jiwa/Ha	Didalam penetapan strata yang dilakukan oleh PPSP (program percepatan pembangunan sanitasi permukiman) yang wajib digunakan oleh semua Pokja Sanitasi Kab/Kota dalam melakukan studi EHRA mengatakan bahwa apabila dalam tingkat kabupaten kepadatan penduduk tidak merata, maka pelaksanaan penelitian ditamakan dilaksanakan pada wilayah dengan kepadatan penduduk lebih dari 25 Jiwa/Ha.)	Buku Panduan Praktis Pelaksanaan EHRA 2014
2	Rasio cakupan pelayanan > 75 kk	Penggunaan ketentuan cakupan pelayanan > 75 kk berdasarkan data. Apabila cakupan IPAL diatas rasio cakupan pelayanan maka berpengaruh terhadap kerentanan IPAL baik dari segi fisik maupun dari segi kualitas effluent yang dihasilkan.	<i>Stakeholder</i>
3	Debit Puncak IPAL komunal berada lebih dari 50 m ³ /hari	Kriteria ini digunakan dengan asumsi 1 KK terdiri dari 4 orang dengan menggunakan pendekatan penggunaan air bersih yaitu 140 L/orang/hari kg/m ³ sehingga didapatkan debit puncak m ³ /hari.	Buku Panduan Perencanaan Teknik Terinci Bangunan Pengolahan Lumpur Tinja
4	Usia IPAL Komunal ≥ 8 tahun	Kriteria tersebut termasuk ke dalam kategori pengklasifikasian karena pada rentang waktu tersebut merupakan waktu normal pergantian masa suku cadang, sehingga dapat dijadikan hipotesa usia optimal IPAL adalah sampai rentan waktu kurang lebih 8 tahun	<i>Stakeholder</i>

Tingkat IPAL Komunal dibedakan menjadi empat strata: (1) strata pertama merupakan IPAL yang memenuhi satu kriteria; (2) strata kedua merupakan IPAL yang memenuhi dua kriteria; (3) strata ketiga merupakan IPAL yang memenuhi tiga kriteria; dan (4) strata keempat merupakan IPAL yang memenuhi semua strata. Semakin tinggi strata IPAL, maka IPAL tersebut dinilai semakin berisiko.

Berdasarkan kriteria klasifikasi itu, maka didapatkan hasil klasifikasi IPAL Komunal Kabupaten Sleman sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Klasifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman

Hasil Klasifikasi IPAL Komunal			
Strata 1	Strata 2	Strata 3	Strata 4
Sidodadi Rejo	Wahana Bima Lingkungan	Bagas	Sumber Sehat
Sembur Sejahtera	Guyup Rukun	Ngudi Sehat	Tambakrejo bersih
Ngudi Saras	Banyu Bening	Andum Roso	Tanjung Permai
Rukun	Kuningan Sejahtera	Kalijaga	Losari Sejahtera
Papringan Sehat	Mitra Sehat	Nologaten Bersih	Sedyo Mulyo

Dari berbagai IPAL Komunal yang telah diklasifikasikan, dipilihlah tiga IPAL Komunal, dengan tujuan membuat sampel penelitian semakin spesifik dan lebih sesuai dengan kapabilitas peneliti dari seluruh total IPAL Komunal yang ada. Selain itu, hanya salah satu strata saja, dengan tujuan agar data yang didapatkan seragam dengan sesama IPAL Komunal yang satu tingkat risiko dari kriteria klasifikasi yang ada.

Hasil akhir dari klasifikasi tersebut ialah didapatkan lokasi IPAL Komunal yang akan diteliti, yaitu dari strata kedua, dengan rincian berikut:

Tabel 5. Hasil klasifikasi yang dipilih dalam penelitian

No.	IPAL Komunal	Lokasi
1	Wahana Bima Lingkungan	Pringgondani, Mrican, Caturtanggal, Depok
2	Banyu Bening	Sengkan RT 07/ RW 59 Joho, Condongcatur, Depok
3	Guyup Rukun	Kronggahan II, Trihanggo, Gamping

4.2. Deskripsi Daerah Penelitian

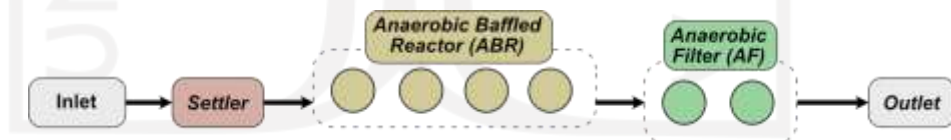
4.1.1. IPAL Komunal Guyub Rukun

IPAL Komunal yang dibangun pada tahun 2015 ini terletak di Kronggahan II, Trihanggo, Kecamatan Gamping. IPAL ini melayani 92 KK, dengan asumsi total 368 jiwa.



Gambar 5. IPAL Komunal Guyub Rukun

Kondisi eksisting IPAL cukup dirawat dengan baik oleh pengurus IPAL Komunal Guyub Rukun. Lingkungan sekitarnya adalah kandang hewan peternakan, dan diurus pula oleh beberapa petugas di peternakan tersebut.



Gambar 6. Diagram Alir Unit Pengolah IPAL Komunal Guyub Rukun

IPAL Komunal Guyub Rukun memiliki 7 kompartmen, dengan 1 inlet, 4 settler, 2 unit pengolah, dan 1 tangki untuk outlet menuju sungai terdekat. Unit pengolah yang digunakan adalah *Anaerobic Filter* (AF).

4.1.2. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

IPAL Komunal yang terletak di Pringgondani, Mrican, Caturtanggal, Kecamatan Depok ini melayani 51 KK. IPAL yang

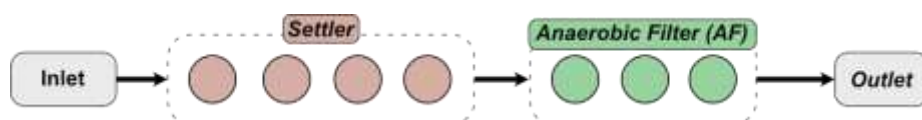
dibangun sejak 2010 ini terletak bersebelahan langsung dengan kali kecil, yang ujung dari kali tersebut adalah Sungai Opak.



Gambar 7. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

Kondisi eksisting IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dirawat dengan baik oleh pengelola setempat. Lingkungan masyarakat di sekitar adalah pemukiman padat pinggir sungai, dengan strata ekonomi menengah-kebawah. Pada bagian *inlet* limbah domestik berbentuk padat dan berwarna hitam, namun bagian *outlet* sudah berwujud bening dan bersih.

IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan memiliki 7 kompartmen, yang masing-masing dibagi menjadi *inlet* dan unit pengolahan, serta *outlet*. Unit pengolahan yang digunakan adalah *Settler* yang dilanjutkan dengan *Anaerobic Filter (AF)* dalam alur seri.



Gambar 8. Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Bening

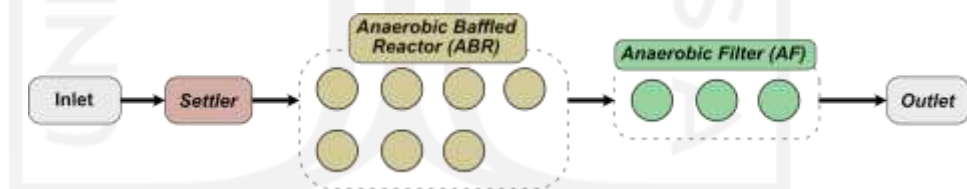
4.1.3. IPAL Komunal Banyu Bening

IPAL Komunal yang dibangun pada tahun 2014 ini terletak di Sengkan RT 07/ RW 59 Joho, Condongcatur, Depok. IPAL ini dibangun untuk melayani 62 KK, dengan asumsi total 248 jiwa.



Gambar 9. IPAL Komunal Banyu Bening

Kondisi eksisting dari IPAL Komunal Banyu Bening belum dirawat dengan baik, terbukti dari hasil wawancara dengan pengelola yang tidak teratur dalam mengurus IPAL tersebut. Hal ini memengaruhi bentuk limbah domestik dari IPAL, sehingga bagian *inlet* berbentuk lembek agak padat, meskipun *outlet* sudah nampak bersih dan bening.



Gambar 10. Diagram Alir Unit Pengolahan IPAL Komunal Banyu Bening

IPAL Komunal Banyu Bening menggunakan unit pengolahan berupa kombinasi *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dan *Anaerobic Filter (AF)*, dengan penggunaan pipa penyaring tambahan pada unit pengolahan AF. *Outlet* disambungkan dengan pipa menuju sungai terdekat.

4.3. Pengambilan Sampel

4.3.1. Persiapan dan Sterilisasi Alat

Dalam persiapan alat *sampling*, peneliti menggunakan 5-10 buah botol sampel yang tersedia di Laboratorium Biotek Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Botol sampel tersebut berukuran 250 ml. Satu lokasi *sampling* menggunakan 5 botol sampel untuk 1 *inlet*, 3 unit pengolah, dan 1 *outlet*. Sebelum digunakan, botol sampel dibersihkan terlebih dahulu dengan bilasan air. Kemudian, botol sampel disterilisasi menggunakan autoklaf selama 15 menit, atau dipanaskan dengan oven selama 60 menit dengan suhu 105 derajat Celcius.

Sterilisasi dilakukan dengan kondisi botol sampel yang telah dibungkus dengan *aluminium foil*. Tujuan dari sterilisasi botol sampel ini ialah untuk mengeliminasi kontaminan mikrobiologis yang ada di botol sampel.



Gambar 11. Pencucian alat dengan bilasan air

الجمعة، الأستد الأندو
المجلة الأستد الأندو



Gambar 12. Sterilisasi alat dengan autoklaf



Gambar 13. Botol sampel dibungkus dengan *aluminium foil*



Gambar 14. Sterilisasi alat dengan menggunakan oven pada suhu 105 derajat Celcius

4.3.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan secara bertahap, yakni dengan membagi 3 lokasi IPAL Komunal dengan waktu mingguan yang berbeda. Pada minggu pertama, yaitu pada 5 Maret 2021, dilaksanakan pengambilan sampel di IPAL Komunal Banyu Bening. Adapun untuk IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyup Rukun, dilaksanakan pada 14 Maret 2021. Periode waktu harian diambil sekitar jam 09.00 - 12.00 WIB.



Gambar 15. Pengambilan sampel pada unit pengolah IPAL Wahana Bima Lingkungan

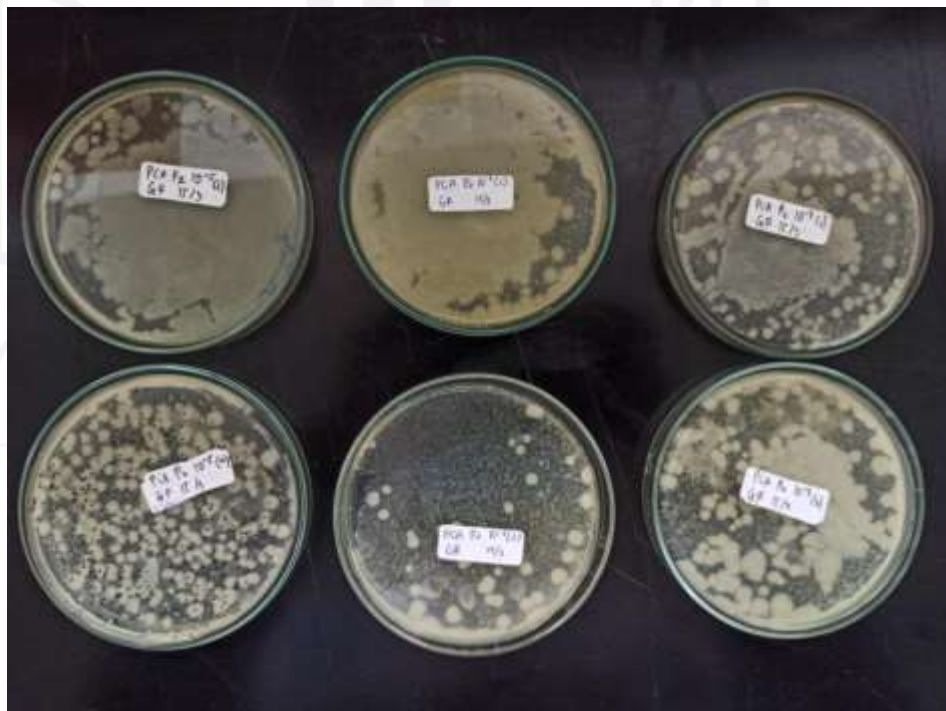
Sampling dilakukan dengan menggunakan botol sampel yang sebelumnya telah disterilisasi. *Aluminium Foil* yang membungkus botol sampel dibuka secara perlahan sembari disemprot alkohol 70% untuk meminimalisir kontak kontaminan. Kemudian, botol sampel ditali dengan tali rafia agar mampu menjangkau air sampel. Setelah itu, botol sampel dimasukkan ke *inlet*, unit pengolah, atau *outlet* untuk mengumpulkan air sampel ke dalam botol sampel hingga penuh. Botol sampel yang telah selesai digunakan dibungkus kembali dengan *aluminium foil* dan disemprot alkohol 70% agar tetap steril.

Setelah *sampling*, botol sampel dibawa langsung ke Laboratorium Biotek Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, lalu dimasukkan ke dalam kulkas. Lama waktu penyimpanan botol sampel di dalam kulkas maksimal sekitar 4-6 hari.

4.4. Uji Laboratorium

4.4.1. Uji Jumlah Koloni dalam Media PCA

Perhitungan koloni bakteri pada media *Plate Count Agar* (PCA) dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC). Metode TPC adalah metode untuk menghitung jumlah mikroba yang ada pada cawan petri, dengan tujuan dapat mengetahui total koloni keseluruhan yang tumbuh pada cawan petri tersebut. Cara pada metode TPC yang digunakan adalah cara penanaman dengan metode permukaan, yaitu dengan terlebih dahulu menuangkan media PCA pada cawan petri, baru kemudian dituangkan sampel sebanyak 0,1 ml pada cawan petri berukuran kecil, sedangkan 0,3 ml dituangkan pada cawan petri berukuran besar. Sampel yang telah dituang kemudian diratakan dengan *spreader* yang steril (Dwidjoseputro, 2005).



Gambar 16. Cawan Petri berisikan media PCA dari sampel unit Proses 2 IPAL Komunal Guyub Rukun

Koloni yang dihitung berada dalam rentang 30 hingga 300 koloni dari tiap cawan petri. Adapun bila lebih dari jumlah tersebut, maka data tidak digunakan. Koloni yang kurang dari 30, dilabeli >30, sedangkan untuk koloni lebih 300 dilabeli <300, atau *spreading* untuk cawan yang pertumbuhan koloninya menutupi area besar dalam cawan petri; sehingga tidak jelas untuk dapat dihitung.

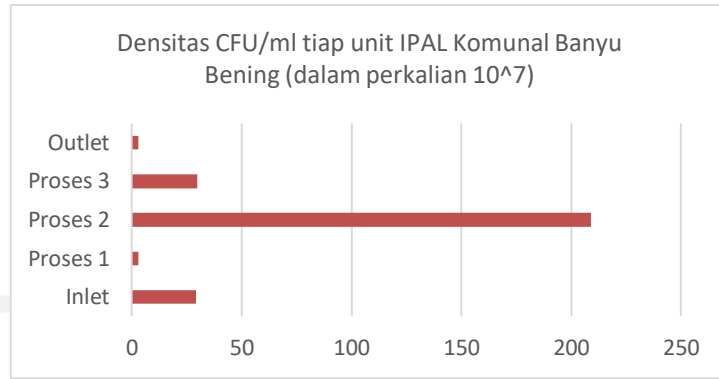


Gambar 17. Contoh cawan petri yang *spreading*; nampak koloni tumbuh secara kolektif pada satu area besar.

Sebagai uji jumlah koloni yang terpisah dengan media DNB, perhitungan pada media PCA ditujukan untuk mendapatkan jumlah keseluruhan bakteri total (semua jenis bakteri) dalam waktu yang singkat, yaitu 1 x 24 jam dengan inkubasi bersuhu 30 derajat Celcius.

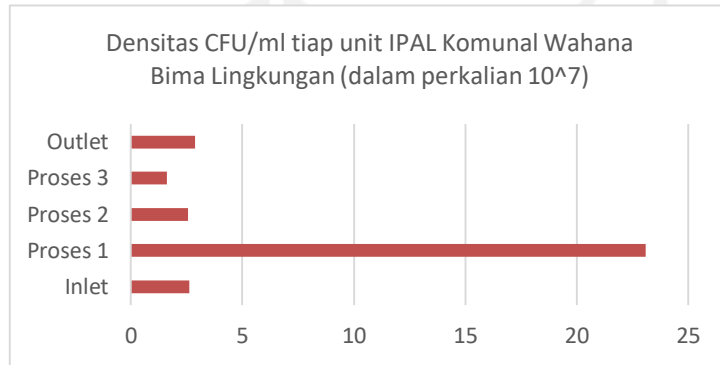
Hasil dari uji jumlah koloni dalam media PCA dari ketiga IPAL Komunal yang diuji adalah sebagai berikut:

a. IPAL Komunal Banyu Bening



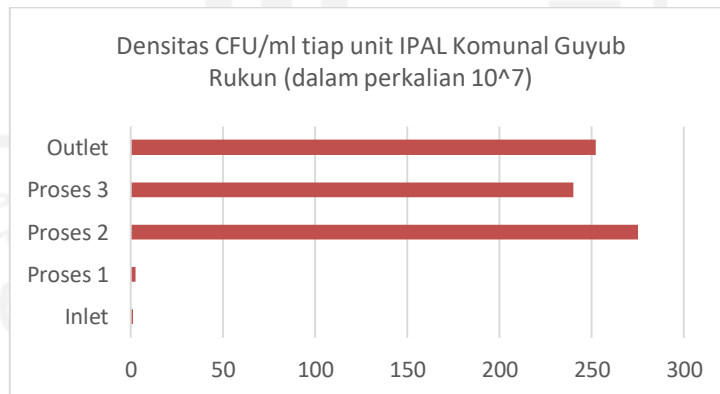
Gambar 18. Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Banyu Bening

b. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan



Gambar 19. Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

c. IPAL Komunal Guyub Rukun



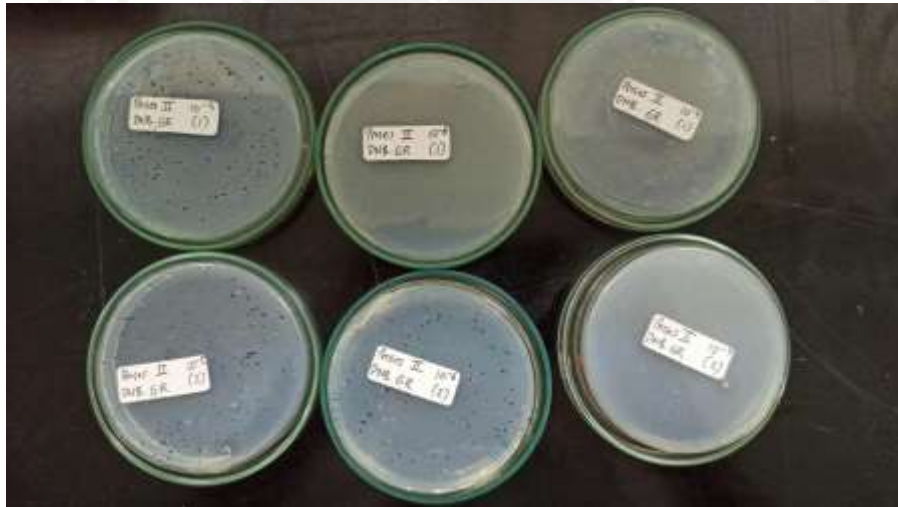
Gambar 20. Grafik PCA tiap Unit IPAL Komunal Guyub Rukun

Sebagai catatan, perhitungan TPC pada media PCA dalam penelitian ini tidak dapat merepresentasikan kuantitas CFU/ml secara akurat. Sebab, banyaknya cawan petri *spreading* menyebabkan hanya sedikit cawan petri saja yang dapat teridentifikasi.

Selain itu, grafik densitas CFU/ml/unit dari ketiga IPAL Komunal nampak bersifat fluktuatif, dikarenakan perbedaan perhitungan data antara pengenceran yang lebih kecil dengan yang lebih besar. Atas hal ini, grafik densitas CFU/ml/unit tidak bisa merepresentasikan jumlah kandungan mikroba pada tiap unit, melainkan untuk menjelaskan seberapa banyak pengenceran untuk didapatkan jumlah koloni dari tiap cawan petri terhadap masing-masing unit.

4.4.2. Uji Jumlah dan Identifikasi Morfologi dalam Media DNB

Pengujian jumlah koloni dalam media DNB dilakukan dengan tujuan dapat mengetahui jumlah koloni yang tumbuh pada cawan petri yang morfologinya dapat diamati. Data tersebut dapat merepresentasikan jumlah koloni yang memiliki morfologi serupa, agar dapat diklasifikasikan secara kuantitatif.



Gambar 21. Contoh koloni dalam cawan petri media DNB dari sampel Proses 2 IPAL Komunal Guyub Rukun

Selain dihitung jumlah koloni, dilakukan juga pengamatan morfologi dengan kriteria berikut: bentuk koloni, tepian koloni, ukuran koloni, warna koloni, dan elevasi. Khusus untuk cawan petri yang *spreader*, tidak diamati morfologi, dikarenakan tidak ada kejelasan secara visual tentang bentuk morfologi koloni secara utuh. Pengamatan morfologi tersebut ditujukan untuk merepresentasikan karakter mikroba

skala koloni, dikarenakan karakter skala seluler belum tentu memiliki keserupaan dalam skala koloni.



Gambar 22. Morfologi mikroba skala koloni, dengan bentuk *filamentous* ukuran besar.

Setelah diamati morfologinya, koloni bakteri kemudian dibiakkan dalam media miring Na, dengan tujuan untuk dapat diamati morfologi sel dan jenis gramnya secara mikroskopik. Pengamatan mikroskopik ini dilakukan dengan pengecatan gram, yaitu dengan menggunakan *Carbol Crystal Violet*, Lugol Iodine, alkohol 70 persen, dan *Fuchsin* basa berwarna merah.



Gambar 23. Pengecatan gram dengan *Carbol Crystal Violet*, Lugol Iodine, alkohol 70 persen, dan *Fuchsin* basa

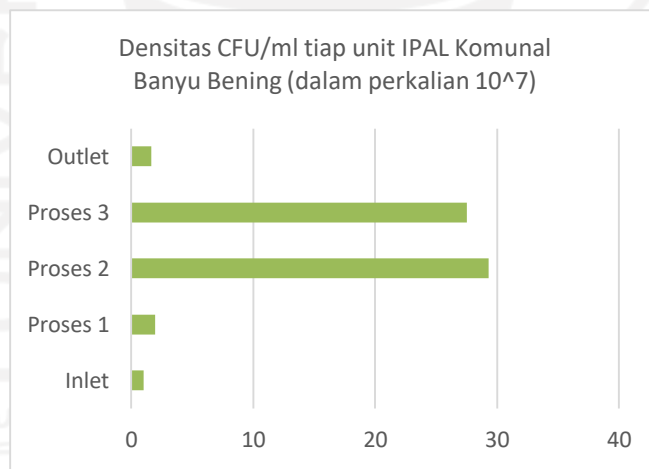


Gambar 24. Contoh morfologi sel bentuk *Coccus*, gram ungu positif

Gambar 25. Contoh morfologi sel bentuk *Coccus*, gram merah negatif

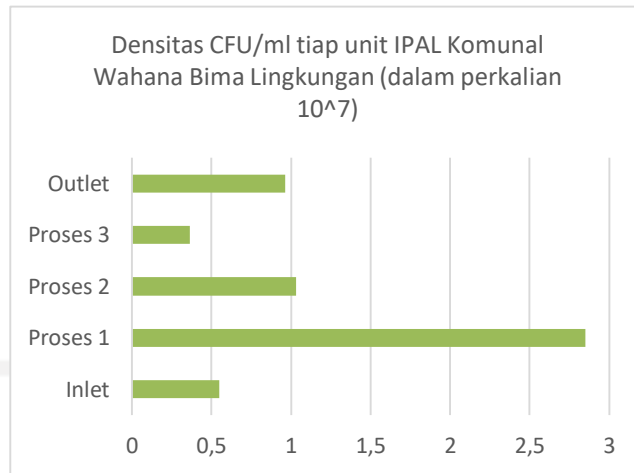
Hasil dari pengujian jumlah koloni beserta morfologi yang teridentifikasi pada ketiga IPAL Komunal yang adalah sebagai berikut:

a. IPAL Komunal Banyu Bening



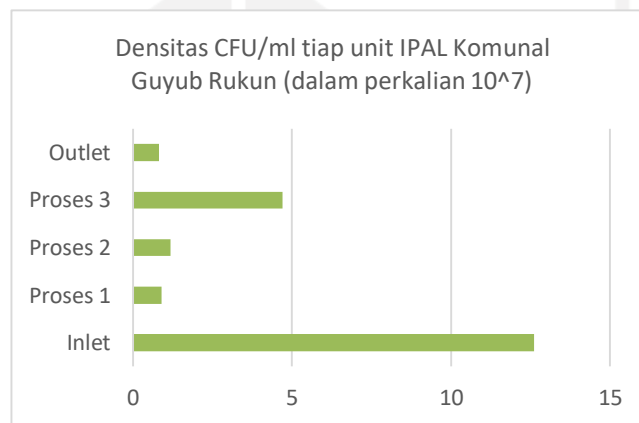
Gambar 26. Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Banyu Bening

b. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan



Gambar 27. Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

c. IPAL Komunal Guyub Rukun



Gambar 28. Grafik Densitas Koloni IPAL Komunal Guyub Rukun

Seperti pada PCA, grafik densitas CFU/ml/unit untuk media DNB dari ketiga IPAL Komunal juga nampak bersifat fluktuatif, dikarenakan perbedaan perhitungan data antara pengenceran yang lebih kecil dengan yang lebih besar. Atas hal ini, grafik densitas CFU/ml/unit tidak bisa merepresentasikan jumlah kandungan mikroba pada tiap unit, melainkan untuk menjelaskan seberapa banyak pengenceran untuk didapatkan jumlah koloni dari tiap cawan petri terhadap masing-masing unit.

4.5. Dominasi Mikroba

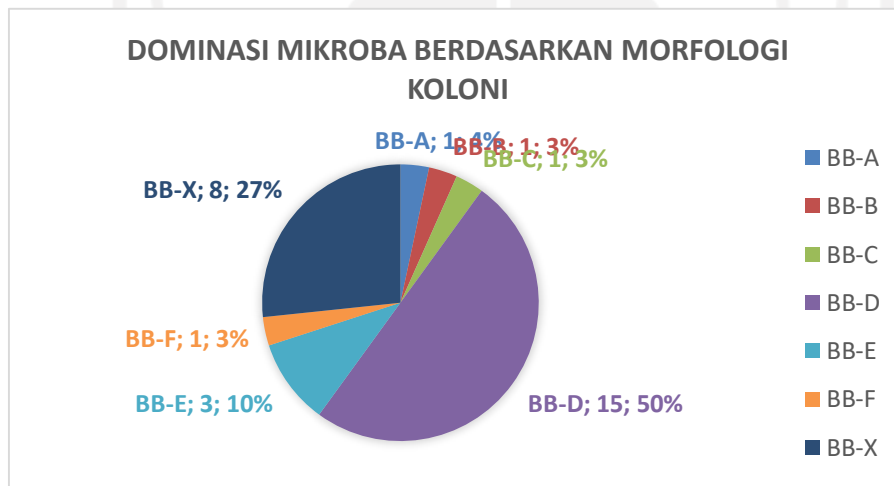
Data jumlah koloni, morfologi koloni, bentuk sel, dan jenis gram dapat diklasifikasikan menjadi kelompok berdasarkan kemiripan morfologinya. Kelompok tersebut direpresentasikan secara kuantitatif, yang

dengannya didapat perbandingan dari tiap kelompok. Perbandingan itulah yang menentukan dominasi mikroba dari setiap IPAL Komunal yang diuji.

4.5.1. IPAL Komunal Banyu Bening

Tabel 6. Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Banyu Bening

Kode	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Jumlah	Bentuk Sel	Gram (+/-)
BB-A	Filamen	Rata	Kecil	Putih	Datar	1	Coccus	Negatif
BB-B	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	1	Coccus	Positif
BB-C	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	1	Coccus	Negatif
BB-D	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	15	Coccus	Positif
BB-E	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	3	Coccus	Negatif
BB-F	Rizo	Bergerigi	Besar	Putih	Cembung	1	-	-
BB-X	Spreader					8	-	-



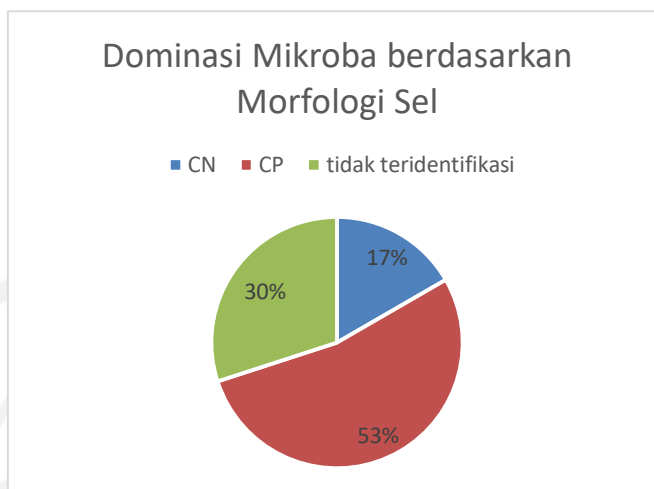
Gambar 29. Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Banyu Bening

Berdasarkan grafik dominasi mikroba berdasarkan morfologi koloni tersebut, maka dapat diketahui bahwa jenis mikroba yang dominan pada IPAL Komunal Banyu Bening adalah yang bercirikan bentuk *filamenteous*, bergerigi, ukuran sedang, warna putih, dan memiliki elevasi datar.

Tabel 7. Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Bening

Kode	Morfologi Sel		Jumlah
	Bentuk Sel	Gram (+/-)	
CN	Coccus	Negatif	5
CP	Coccus	Positif	16

tidak teridentifikasi	-	9
-----------------------	---	---

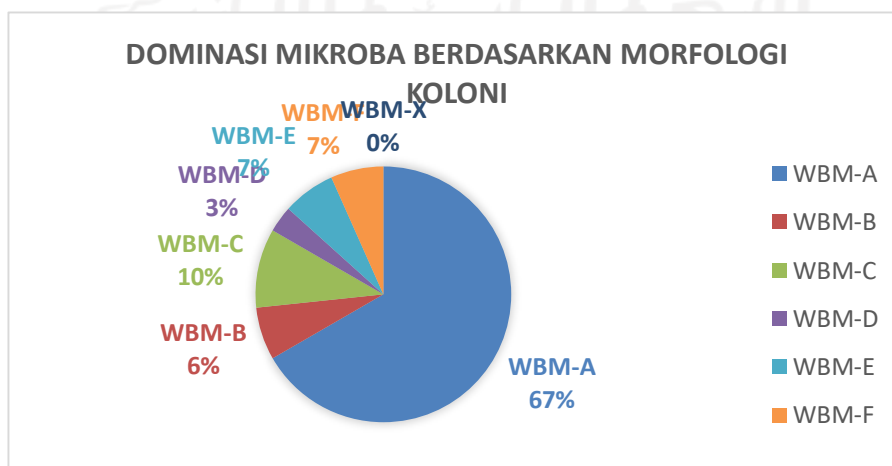


Gambar 30. Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Banyu Bening

4.5.2. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

Tabel 8. Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

Kode	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Jumlah	Bentuk Sel	Gram (+/-)
WBM-A	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	20	Coccus	Positif
WBM-B	Bulat	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	2	Coccus	Positif
WBM-C	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	3	Coccus	Positif
WBM-D	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Cembung	1	Basil	Positif
WBM-E	Bulat	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	2	Coccus	Negatif
WBM-F	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	2	Coccus	Negatif
WBM-X	Spreader					0	-	-

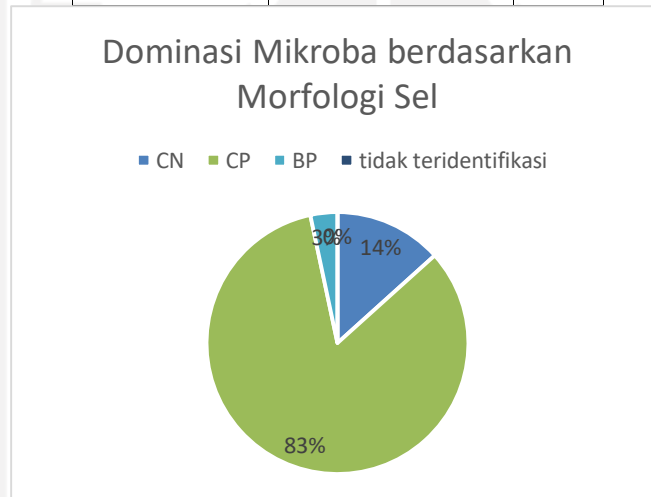


Gambar 31. Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

Berdasarkan grafik dominasi mikroba berdasarkan morfologi koloni tersebut, maka dapat diketahui bahwa jenis mikroba yang dominan pada IPAL Komunal Banyu Bening adalah yang bercirikan bentuk bulat, rata, ukuran kecil, warna putih, dan memiliki elevasi cembung.

Tabel 9. Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

Kode	Morfologi Sel		Jumlah
	Bentuk Sel	Gram (+/-)	
CN	Coccus	Negatif	4
CP	Coccus	Positif	25
BP	Basil	Positif	1
tidak teridentifikasi	-	-	0

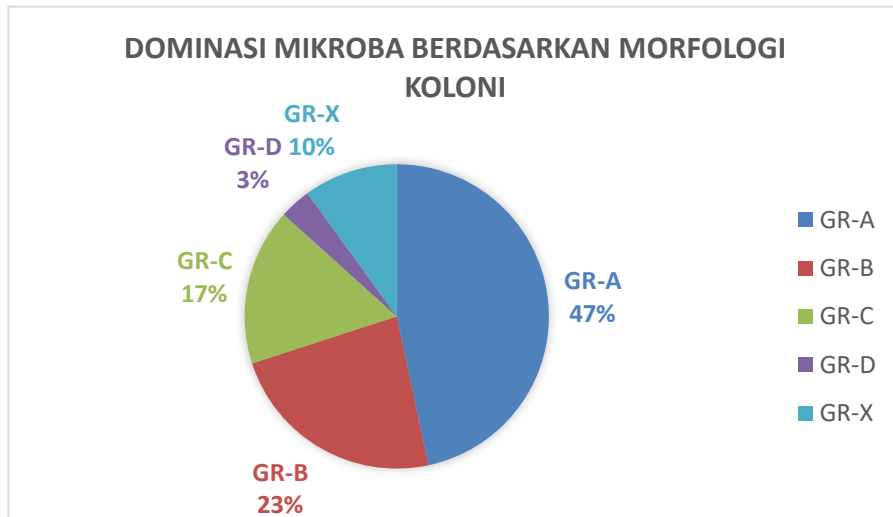


Gambar 32. Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan

4.5.3. IPAL Komunal Guyub Rukun

Tabel 10. Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Guyub Rukun

Kode	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Jumlah	Bentuk Sel	Gram (+/-)
GR-A	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	14	Coccus	Positif
GR-B	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	7	Coccus	Positif
GR-C	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	5	Coccus	Positif
GR-D	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	1	-	-
GR-X	Spreader					3	-	-

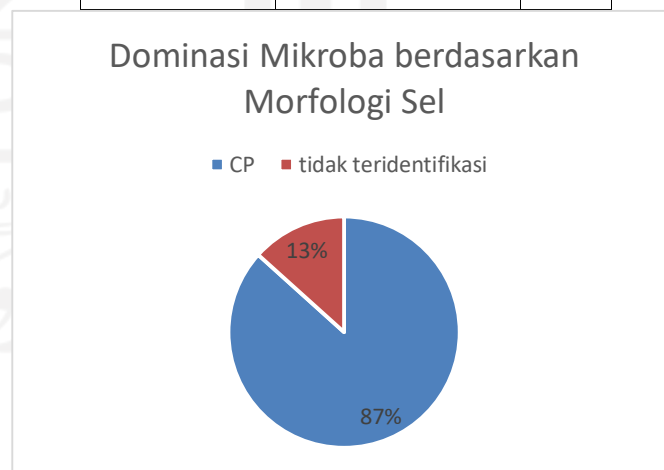


Gambar 33. Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Koloni pada IPAL Komunal Guyub Rukun

Berdasarkan grafik dominasi mikroba berdasarkan morfologi koloni tersebut, maka dapat diketahui bahwa jenis mikroba yang dominan pada IPAL Komunal Banyu Bening adalah yang bercirikan bentuk bulat, rata, ukuran kecil, warna putih, dan memiliki elevasi datar.

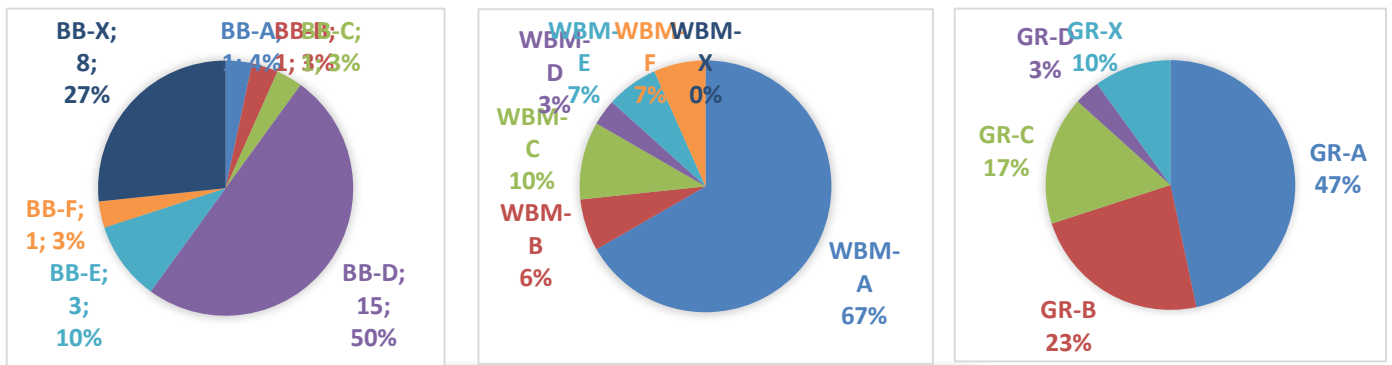
Tabel 11. Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Guyub Rukun

Kode	Morfologi Sel		Jumlah
	Bentuk Sel	Gram (+/-)	
CP	Coccus	Positif	26
tidak teridentifikasi	-	-	4



Gambar 34. Grafik Dominasi Mikroba berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Guyub Rukun

Dari ketiga grafik dominasi mikroba tersebut, maka dapat diperbandingkan antara ketiga IPAL Komunal sebagai berikut:



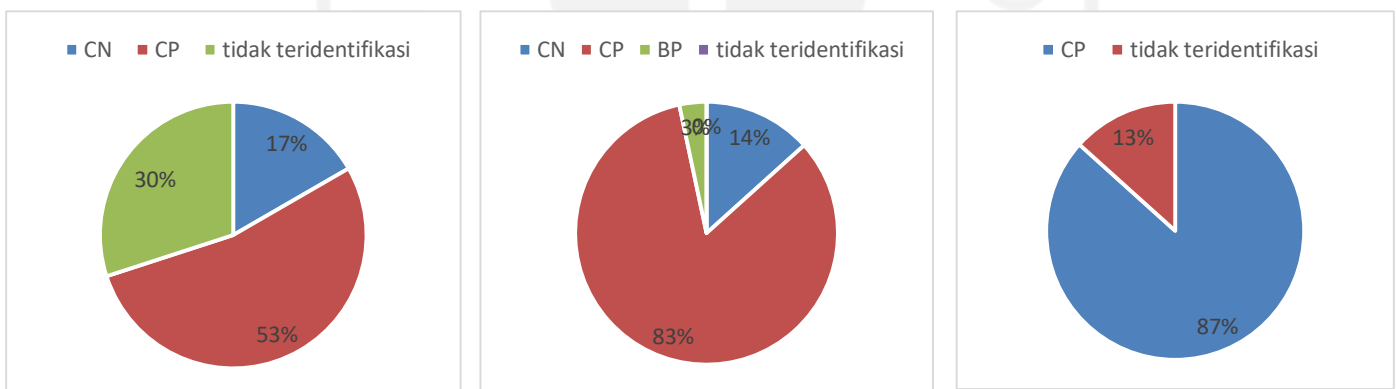
IPAL Komunal Banyu Bening

IPAL Komunal Wahana Bima

IPAL Komunal Guyub Rukun

Lingkungan

Gambar 35. Perbandingan dominasi mikroba berdasarkan morfologi koloni dari ketiga IPAL Komunal



IPAL Komunal Banyu Bening

IPAL Komunal Wahana Bima

IPAL Komunal Guyub Rukun

Lingkungan

Gambar 36. Perbandingan dominasi mikroba berdasarkan morfologi sel dan jenis gram dari ketiga IPAL Komunal

4.6. Pemetaan Mikroba

Dari dominasi mikroba yang telah diidentifikasi dari tiap IPAL Komunal, maka data tersebut dapat digunakan untuk pemetaan mikroba dalam upaya mengetahui jenis mikroba yang ada dari sampel.

4.6.1. IPAL Komunal Banyu Bening

Sesuai dengan deskripsi lokasi dari survey lapangan, kondisi unit pengolahan pada IPAL Komunal Banyu Bening tidak terkelola dengan baik.

Pengurus hanya mengontrol kinerja IPAL Komunal dalam interval waktu bulanan yang tidak terjadwal. Oleh karena itu, dominasi mikroba yang ada pada IPAL pun terpengaruhi.

Hal tersebut dapat diketahui dari dominasi bakteri Filamen pada unit pengolahan IPAL Komunal Banyu Bening yang menggunakan sistem pengolahan anaerobik. Pada sistem anaerobik, bakteri Filamen termasuk bakteri berbahaya yang dapat memengaruhi kinerja IPAL, yaitu dengan berperan sebagai *stabilizer* busa pada IPAL. Akibatnya, busa tersebut sulit menghilang, dan menyebabkan kinerja IPAL menurun (Smeaton, 2017).

Penurunan kinerja IPAL ini berupa limit *effluent* yang melebihi batas dan berkurangnya efisiensi *treatment*. Selain itu, adanya busa juga akan mempersulit pembersihan *sludge*, yang berujung pada meningkatnya pengeluaran dana operasional dalam mengelola IPAL tersebut (Heard, 2008). Atas hal berikut, dominasi bakteri Filamen disebabkan kurang adanya kontrol oleh pihak pengelola IPAL Komunal Banyu Bening, sehingga dominasi bakteri pencemar lebih kuat daripada bakteri pengurai.

Berdasarkan pengamatan morfologi dan kondisi IPAL Komunal Banyu Bening yang demikian, dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Microthrix*. Hal ini dapat disimpulkan dari morfologi *Microthrix* yang berbentuk filamen dan memiliki gram positif, sekaligus sebagai bakteri yang memiliki kapabilitas dalam memproduksi busa dalam kondisi aerobik dan mampu stabilisasi busa pada kondisi anaerobik (Ganidi, 2009).

4.6.2. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyub Rukun

Dominasi bakteri dengan morfologi koloni bulat, *coccus*, dan gram positif pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyub Rukun mengindikasikan bahwa persentase bakteri pencemar filamen ada pada angka yang minimum, yaitu hanya 17% untuk IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan 26% untuk IPAL Komunal Guyub Rukun. Kesimpulan kecilnya persentase bakteri pencemar filamen ini sekaligus juga menunjukkan bahwa dominasi ada pada bakteri pengurai. Hal ini juga didukung dengan kondisi eksisting IPAL yang dikelola baik oleh pengurus

IPAL tersebut, sehingga memperbesar dominasi bakteri pengurai dengan adanya perawatan yang intens.

Dalam pengolahan anaerobik, terdapat 4 jenis bakteri yang berperan berdasarkan substratnya, yaitu:

1. Bakteri Hidrolitik

Berperan dalam menguraikan bahan organik limbah domestik menjadi asam organik. Hasil dari penguraiannya adalah H_2 dan CO_2 .

2. Bakteri Acidogen (penghasil asam)

Berperan dalam mengubah asam organik yang ada menjadi asam volatil.

3. Bakteri Acitogen (pembentuk asam asetat)

Berperan dalam pembentukan asetat, namun tidak memiliki andil dalam pembentukan metan dan karbondioksida.

4. Bakteri Methanogenik (pembentuk metan)

Berperan dalam mengolah hasil dari tahapan acitogenesis untuk menghasilkan gas metan. Bakteri ini ada pada tahapan terakhir dalam degradasi anaerobik (Mahardika, 2006).

Sistem pengolahan dari IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyub Rukun sebanding dengan prinsip *anaerobic digestion*, yang meliputi penggunaan unit jenis *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* dan *Anaerobic Filter (AF)*. Dalam pengolahan *anaerobic digestion* pada jenis ABR yang diteliti oleh Malakahmad, Amirhossein & Zain (2009), didapati dominasi bakteri secara kuantitatif sebagai berikut:

Tabel 12. Tabel kuantitatif bakteri pada sistem anaerobik jenis ABR

Bacteria species	Percentage
Methanobacterium	4%
Methanosprilium	2%
Methanococcus	21%
Methanosarcina	16%
Methanotrix	15%
Cintrobacteroloini	7%
Cintrofermonas	5%
Proteolytic Eubacterium	6%
Acetobacterium	4%
Biofidobacteria	3%
Bacteroides	7%
Streptococi	5%
Entrobacteriaceoe	3%

Jenis bakteri *methanogenic* tersusun dari jenis gram positif dan negatif dengan berbagai macam bentuk. Pada pengolahan *anaerobic digestion*, jenis *methanogenic* adalah mikroba yang menjadi dominan.

Berdasarkan hal itulah, dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri dominan yang ada pada IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan dan Guyub Rukun dapat dipetakan sebagai jenis bakteri kelompok *Methanobacteria*. Bakteri *Methanobacteria* meliputi *methanobacterium*, *methanobacillus*, *methanococcus*, dan *methanosarcina*.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat dievaluasi dominasi mikroba berdasarkan morfologinya dari ketiga IPAL Komunal, sebagai berikut:

1. IPAL Komunal Banyu Bening: mikroba yang dominan ialah yang morfologinya memiliki bentuk koloni filamen, tepian bergerigi, ukuran kecil, dan warna putih, dengan persentase sejumlah 50% dari total koloni bakteri yang diamati. Adapun dari segi morfologi sel, sejumlah 53% didominasi dengan bentuk sel bulat, serta gram positif. Pemetaan terhadap mikroba dominan yang diasumsikan ialah *Microthrix*, yang tergolong sebagai bakteri pencemar filamen pada sistem anaerobik.
2. IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan: mikroba yang dominan ialah yang morfologinya memiliki bentuk koloni bulat, tepian rata, ukuran kecil, warna putih, dengan persentase sejumlah 67% dari total koloni bakteri yang diamati. Adapun dari segi morfologi sel, sejumlah 83% didominasi dengan bentuk sel bulat, serta gram positif. Pemetaan terhadap mikroba dominan yang diasumsikan ialah bakteri kelompok *Methanobacteria*, yang tergolong sebagai bakteri pengurai pada sistem anaerobik.
3. IPAL Komunal Guyub Rukun: mikroba yang dominan ialah yang morfologinya memiliki bentuk koloni bulat, tepian rata, ukuran kecil, warna putih, dengan persentase sejumlah 47% dari total koloni bakteri yang diamati. Adapun dari segi morfologi sel, sejumlah 87% didominasi dengan bentuk sel bulat, serta gram positif. Pemetaan terhadap mikroba dominan yang ditemukan diasumsikan bakteri kelompok *Methanobacteria*, yang tergolong sebagai bakteri pengurai pada sistem anaerobik.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian berikut ini ialah:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang parameter mikroba dominan dan dampaknya terhadap efisiensi kinerja IPAL Komunal, supaya dapat

dikorelasikan data kuantitas mikroba dominan dengan evaluasi pengelolaan IPAL Komunal.

2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut untuk dapat mengidentifikasi jenis mikroba dari morfologi pada ketiga IPAL Komunal yang telah diteliti dengan lebih akurat.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman, 2015, **Sleman Dalam Angka 2015**, BPS: Sleman.
- Barber, W.P. and Stuckey, D.C., 1999, **The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review**, *Water Research*, 33(7), pp.1559-1578.
- Diavid, G.H., Saraswati, S.P. and Nugroho, A.S.B., 2018, October. **Evaluasi Kelayakan Kinerja Sistem Instalasi Pengolah Air Limbah Domestik: Studi Kasus Di Kabupaten Sleman**. *In Seminar Nasional Teknologi Terapan (MESIN) (Vol. 4, No. 1, pp. 43-52)*.
- Dwidjoseputro, D., 2005, **Dasar-dasar Mikrobiologi**, Djambatan, Jakarta.
- Fajarwati, A., 2000. **Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang (Studi Kasus: Kecamatan Ilir Timur I dan Kecamatan Ilir Timur II)(Skripsi)**. Bandung: Program Sarjana, Institut Teknologi Bandung.
- Ferguson, A. S. et al. **Comparison of fecal indicators with pathogenic bacteria and rotavirus in groundwater**. *Sci. Total Environ.* 431, 314–322 (2012)
- Ganidi, N., Tyrrel, S., & Cartmell, E. (2009). **Anaerobic Digestion Foaming Causes – A review**. *Bioresource Technology*, 100, 5546-5554.
- Hamied, Abdul R., **Jumlah Pengisi Sensus Penduduk Sleman Minim**, <https://jogjapolitan.harianjogja.com/read/2020/03/04/512/1033457/jumlah-pengisi-sensus-penduduk-sleman-minim>. Diakses tanggal 13 September 2020.
- Heard, J., Harvey, E., Johnson, B. B., Wells, J. D., & Angove, M. J. (2008). **The effects of filamentous bacteria on foam production and stability**. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 63, 21-26.
- Idaman, Nusa. 2005. **Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (Rotating Biological Contractor) dan Parameter Disain**. *JAI*. Vol.1, No.2.
- Mahardika, Anung Tri, **Efektivitas Bio H+ dalam Menurunkan TSS dan COD pada Air Limbah Septic Tank**, <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/686>, diakses pada 12 Mei 2021.
- Malakahmad, Amirhossein & Zain, S & Bastri, N & Kutty, S.R.M. & Isa, Mohamed Hasnain. (2009). **Identification of Anaerobic Microorganisms for Converting Kitchen Waste to Biogas**. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 36.
- McCarty, P.L. and Bachmann, A., Leland Stanford Junior University, 1992. **Bioconversion r]Reactor**. *U.S. Patent* 5,091,315.
- Notoatmodjo, Soekidjo. 2003. **Ilmu Kesehatan Masyarakat: Prinsip-prinsip Dasar**. Jakarta: PT. Rineka Cipta.
- Numberger, D., Ganzert, L., Zoccarato, L. et al. **Characterization of bacterial communities in wastewater with enhanced taxonomic resolution by full-length 16S rRNA sequencing**. *Sci Rep* 9, 9673 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46015-z>

- Pratiwi, I.N., 2019. **Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Di Dusun Sukunan, Banyuraden, Gamping, Sleman Tahun 2019** (*Doctoral dissertation*, Poltekkes kemenkes Yogyakarta).
- Safisani, Ratnawilis E. R., 2018, **Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal di Kabupaten Sleman**, Yogyakarta: DSpace UII.
- Sleman, B.K., 2010. **Buku Putih Sanitasi Kawasan Perkotaan Kabupaten Sleman**. Yogyakarta: Bappeda.
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23th ed.**
New York: American Public Health Association, 2017.
- Smeaton, Dan, **Anaerobic Foaming: Causes and Prevention**.
<http://cswea.org/wp-content/uploads/2017/09/SP03.pdf>. Diakses pada tanggal 12 Mei 2021.
- Tim Laboratorium Mikrobiologi, **Modul Praktikum: Pengujian Total Coliform dan Escherichia coli**, UII, Yogyakarta.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan PCA IPAL Komunal Banyu Bening (dihitung pada 9 Maret 2021)

Kode	Inlet	Proses 1	Proses 2	Proses 3	Outlet
10 ⁻⁵ (1)	spreader	289	spreader	spreader	281
10 ⁻⁵ (2)	spreader	spreader	spreader	spreader	spreader
10 ⁻⁶ (1)	spreader	spreader	spreader	297	spreader
10 ⁻⁶ (2)	291	spreader	spreader	spreader	spreader
10 ⁻⁷ (1)	spreader	spreader	spreader	spreader	spreader
10 ⁻⁷ (2)	spreader	spreader	209	spreader	spreader
CFU/ml	2,91E+08	2,89E+07	2,09E+09	2,97E+08	2,81E+07

Lampiran 2. Perhitungan PCA IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan (dihitung pada 17 Maret 2021)

Kode	Inlet	Proses 1	Proses 2	Proses 3	Outlet
10 ⁻⁵ (1)	268	>300	244	>300	>300
10 ⁻⁵ (2)	256	>300	271	162	289
10 ⁻⁶ (1)	spreader	231	spreader	51	>300
10 ⁻⁶ (2)	>300	spreader	spreader	spreader	>300
10 ⁻⁷ (1)	spreader	spreader	spreader	spreader	256
10 ⁻⁷ (2)	199	162	spreader	177	178
CFU/ml	2,62E+07	2,31E+08	2,58E+07	1,62E+07	2,89E+07

Lampiran 3. Perhitungan PCA IPAL Komunal Guyub Rukun (dihitung pada 17 Maret 2021)

Kode	Inlet	Proses 1	Proses 2	Proses 3	Outlet
10 ⁻⁵ (1)	spreader	spreader	spreader	spreader	spreader
10 ⁻⁵ (2)	127	258	>300	spreader	spreader
10 ⁻⁶ (1)	135	221	spreader	spreader	spreader
10 ⁻⁶ (2)	spreader	spreader	>300	spreader	>300
10 ⁻⁷ (1)	spreader	286	spreader	240	254
10 ⁻⁷ (2)	spreader	spreader	275	spreader	250
CFU/ml	1,27E+07	2,58E+07	2,75E+09	2,40E+09	2,52E+09

Lampiran 4. Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Banyu Bening (diidentifikasi pada 22 Maret 2021)

Kode Isolat		Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Total Koloni dalam Cawan	(CFU/ml)	Bentuk Sel	Gram (+/-)
Inlet	10 ⁻⁵ (1)	Filamen	Rata	Kecil	Putih	Datar	102	1,02E+07	Coccus	Negatif
	10 ⁻⁵ (2)						spreader			
	10 ⁻⁶ (1)						spreader			
	10 ⁻⁶ (2)						spreader			
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	138		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (2)						spreader			
Proses 1	10 ⁻⁵ (1)						spreader	1,92E+07		
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	192		Coccus	Negatif
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	199		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
Proses 2	10 ⁻⁵ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300	2,93E+08		
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	293		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (1)						spreader			
	10 ⁻⁷ (2)						spreader			
Proses 3	10 ⁻⁵ (1)						spreader	2,75E+08		
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	275		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	>300			
Outlet	10 ⁻⁵ (1)	Rizo	Bergerigi	Besar	Putih	Cembung	>300	1,61E+07		
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	161		Coccus	Negatif
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	243		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			

Lampiran 5. Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Wahana Bima Lingkungan
(diidentifikasi pada 29 Maret 2021)

Kode Isolat	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Total Koloni dalam Cawan	(CFU/ml)	Bentuk Sel	Gram (+/-)	
Inlet	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300	5,50E+06		
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	55		Basil	Positif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	68		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
Proses 1	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300	2,85E+07		
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	41		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	16		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Cembung	21		Basil	Positif
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	>300			
Proses 2	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	82	1,03E+07	Coccus	Positif
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	124		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	77		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	70		Coccus	Negatif
Proses 3	10 ⁻⁵ (1)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	33	3,65E+06	Coccus	Negatif
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	40		Coccus	Negatif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Bergerigi	Kecil	Putih	Cembung	84		Coccus	Negatif
Outlet	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300	9,65E+08		
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Cembung	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	112		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Cembung	81		Coccus	Positif

Lampiran 6. Jumlah dan Morfologi IPAL Komunal Guyub Rukun (diidentifikasi pada 29 Maret 2021)

Kode Isolat	Bentuk Koloni	Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Total Koloni dalam Cawan	(CFU/ml)	Bentuk Sel	Gram (+/-)
-------------	---------------	---------------	---------------	--------------	---------	--------------------------	----------	------------	------------

Inlet	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300	1,26E+08		
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	126		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	50		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (2)						spreader			
Proses 1	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	116	8,90E+06	Coccus	Positif
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	62		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (1)						spreader			
	10 ⁻⁷ (2)						spreader			
Proses 2	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	130	1,18E+07	Coccus	Positif
	10 ⁻⁵ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	105		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	75		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (1)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
Proses 3	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300	4,70E+07		
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	47		Coccus	Positif
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
Outlet	10 ⁻⁵ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300	8,10E+06		
	10 ⁻⁵ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	81		Coccus	Positif
	10 ⁻⁶ (1)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁶ (2)	Filamen	Bergerigi	Sedang	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (1)	Bulat	Rata	Sedang	Putih	Datar	>300			
	10 ⁻⁷ (2)	Bulat	Rata	Kecil	Putih	Datar	>300			

RIWAYAT HIDUP



Muhammad Rumi Azhari Nur Irfani adalah penulis Tugas Akhir ini. Penulis kelahiran 14 Juli 1998 di Surakarta ini adalah putra kedua dari ketiga bersaudara. Penulis memiliki kedua orangtua, bernama Aidul Fitriada Azhari dan Utami Permatasari.

Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SMP Al-Islam 1 Surakarta (lulus tahun 2013), kemudian melanjutkan pada SMA Al-Islam 1 Surakarta (lulus tahun 2016), hingga akhirnya bisa menempuh masa kuliah di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

