

TA/TL/2021/1338

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS BAKTERI DOMINAN PADA INSTALASI  
PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL DENGAN  
TINGKAT RESIKO SANGAT TINGGI DI  
KABUPATEN SLEMAN**

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



**ANISA NORMA CAHYANI  
17513178**

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

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS BAKTERI DOMINAN PADA**  
**INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH**  
**KOMUNAL DENGAN TINGKAT RESIKO**  
**SANGAT TINGGI DI**  
**KABUPATEN SLEMAN**


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



**ANISA NORMA CAHYANI**  
**17513178**

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
**Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.**  
**NIK. 87510107**  
Tanggal : 24 September 2021

  
**Annisa Nur Lathifah, S.Si.,**  
**M.Biotech., Ph.D**  
**NIK. 155130505**  
Tanggal : 24 September 2021

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



**Eko Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D**  
**NIK 025100406**  
Tanggal : 24 September 2021

**HALAMAN PENGESAHAN**

**ANALISIS BAKTERI DOMINAN PADA  
INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH  
KOMUNAL DENGAN TINGKAT RESIKO  
SANGAT TINGGI DI  
KABUPATEN SLEMAN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Jumat

Tanggal : 24 September 2021

Disusun Oleh:

**ANISA NORMA CAHYANI  
17513178**

Tim Penguji :

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

(  )

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

(  )

Nelly Marlina, S.T., M.T.

(  )



## 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 tanggung jawab 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, 13 September 2021

Yang membuat pernyataan,



**Anisa Norma Cahyani**

NIM: 17513178

## **PRAKATA**

Puji syukur selalu dipanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Analisis Bakteri Dominan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal dengan Tingkat Resiko Sangat Tinggi di Kabupaten Sleman” untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi dan dalam rangka memperoleh gelar sarjana strata satu pada program studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada almarhum bapak saya yang telah memberikan kasih sayang hingga akhir hayatnya, serta ibu yang telah mendukung dan memberikan perhatian moril maupun materiil. Pada proses penulisan tugas akhir, penulis juga banyak mendapat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi atas segala ilmu, waktu serta kesabarannya dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
2. Ibu Nelly Marlina, S.T., M.T. selaku dosen penguji tugas akhir atas ilmu, koreksi, dan arahan yang diberikan.
3. Ibu Rina Isnikartika, S.Si. beserta staf Laboratorium Biotechnologi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama pengumpulan data maupun selama pengujian di laboratorium.
4. Pengurus IPAL Komunal Tambakrejo Bersih, IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati dan IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo yang membantu perizinan dan melaksanakan penelitian di IPAL Komunal
5. Teman-teman dan juga sahabat yang menemani penulis dalam mengerjakan tugas akhir dan mendengar keluh kesah selama penyelesaian tugas akhir.

6. Semua pihak yang terkait dalam memberikan dukungan dan bantuan yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir masih jauh dari kesempurnaan. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Yogyakarta, 13 September 2021

Anisa Norma Cahyani





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

الجمهورية الإسلامية الإندونيسية



## ABSTRAK

Anisa Norma Cahyani. Analisis Bakteri Dominan Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Resiko Sangat Tinggi di Kabupaten Sleman. Dibimbing oleh Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D

Penelitian mengenai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Kabupaten Sleman berdasarkan parameter fisika dan kimia sudah banyak diteliti, sedangkan informasi mengenai parameter biologi pada IPAL komunal di Kabupaten Sleman belum banyak informasinya. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji mengenai bakteri dominan pada tiga IPAL komunal terpilih di wilayah Kabupaten Sleman. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi lebih banyak mengenai mikroba dominan pada unit pengolahan IPAL komunal di Kabupaten Sleman sehingga dapat mengetahui tingkat efektifitas kinerja mikroba pada IPAL dalam melakukan penguraian pada IPAL. Sampel diambil dari tiga IPAL Komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman yaitu IPAL Komunal Tambakrejo Bersih, Manunggal Pringgodani Sejati dan Karya Asri Ambarukmo dengan metode *Grab Sampling*. Pengujian bakteri dominan menggunakan metode *Direct Plating* dengan menggunakan media *Dilute Nutrient Broth (DNB)* dan media *Plate Count Agar (PCA)*. Metode *Direct Plating* digunakan untuk menentukan adanya koloni atau bakteri dominan pada sampel berdasarkan kemiripan morfologinya secara berkelompok. Identifikasi secara morfologi kemudian dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya dan kemudian masing-masing kelompok koloni diidentifikasi dengan pewarnaan gram. Dari hasil penelitian diketahui bahwa mikroba dominan pada IPAL komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi berdasarkan morfologinya adalah bakteri dengan bentuk morfologi *Circular*, *Filamentous* dan *Rhizoid*. Sedangkan berdasarkan pewarnaan gram yaitu memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan *basil* gram positif. Sedangkan Pemetaan bakteri yang terdapat pada IPAL Komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi dapat

diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Advenella faeciporci*, *Ruminococcus albus*, *Methanogenic Bacteria*, *Clostridium*, *Nocardia Farcinica* dan *Thiothrix*. Bakteri *Clostridium* dan *Nocardia Farcinica* merupakan bakteri pathogen karena dapat menyebabkan penyakit. Adanya bakteri patogen yang mendominasi pada IPAL menyebabkan tingkat resiko pada IPAL komunal tersebut sesuai dengan klasifikasi IPAL dengan tingkat resiko sangat tinggi.

Kata kunci: IPAL Komunal, Kabupaten Sleman, Bakteri Dominan, Metode *Direct Plating*

## ABSTRACT

Anisa Norma Cahyani. Analysis of Dominant Bacteria In Very High Risk Wastewater Treatment plants in Sleman Regency. *Supervised by Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. and Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D*

*Research on Wastewater Treatment Plants (WWTPs) in Sleman Regency based on physical and chemical parameters has been widely studied, while there is not much information about biological parameters in communal WWTPs in Sleman Regency. Therefore, this study examines the dominant bacteria in three selected communal WWTPs in Sleman Regency. With this research, it is hoped to provide more information about the dominant microbe in the communal WWTP processing unit in Sleman Regency to determine the level of effectiveness of microbial performance in WWTP in decomposing the WWTP. Using the Grab Sampling method, samples were taken from three Communal WWTPs with a very high-risk level in Sleman Regency, namely Tambakrejo Bersih, Manunggal Pringgodani Sejati and Karya Asri Ambarukmo. Testing of dominant bacteria using Direct Plating method using Dilute Nutrient Broth (DNB) and Plate Count Agar (PCA) media. The Direct Plating method was used to determine the presence of dominant bacteria colonies in the sample based on their morphological similarities in groups. Morphological identification was then grouped based on morphological similarity, and then each colony group was identified by gram staining. The study results found that the dominant microbes in communal WWTPs with a very high-risk level based on their morphology were bacteria with Circular, Filamentous, and Rhizoid morphology. Meanwhile, based on gram staining, it has the shape of gram-negative coccus cells and gram-positive bacilli. While mapping bacteria found in Communal WWTPs with a very high-risk level, it can be assumed that the type of bacteria that dominates is Advenella faeciporci, Ruminococcus albus, Methanogenic Bacteria, Clostridium, and Thiothrix. Clostridium bacteria are pathogenic bacteria because they can cause diarrhea. The presence of pathogenic bacteria that dominates the*

*WWTP causes the level of risk in the communal WWTP following the WWTP classification with a very high-risk level.*

*Keyword: communal WWTP, Sleman Regency, Dominant Bacteria and Direct Plating Bacteria.*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI .....	xiv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xviii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian .....	3
1.5 Ruang Lingkup.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sleman .....	5
2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal .....	5
2.3 Sistem Pengolahan Air Limbah .....	6
2.4 Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal .....	6
2.5 Morfologi Bakteri .....	7
2.6 Bakteri pada IPAL .....	8
2.7 Bakteri Dominan.....	9
2.8 Metode Identifikasi Bakteri Dominan .....	9
2.9 Metode <i>Direct Plating</i> .....	11
2.10 Uji Gram Positif-Negatif.....	12
2.11 Penelitian Terdahulu .....	12
BAB III.....	16
METODE PENELITIAN .....	16
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	16
3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	17
3.4 Studi Literatur .....	17
3.5 Pengumpulan Data.....	17
3.4.1 Data Primer.....	17
3.4.2 Data Sekunder .....	18

3.6	Metode Penelitian .....	18
3.5.1	Klasifikasi IPAL Komunal .....	18
3.5.2	Metode Sampling.....	19
3.5.3	Metode Analisis Mikroba Dominan .....	19
3.7	Metode Analisa Data.....	22
BAB IV.....		23
HASIL DAN PEMBAHASAN .....		23
4.1	Penentuan Lokasi IPAL Komunal .....	23
4.2	Gambaran Umum Lokasi IPAL Komunal .....	26
4.2.1	IPAL Tambakrejo Bersih .....	27
4.2.2	IPAL Manunggal Pringgodani Sejati .....	28
4.2.3	IPAL Karya Asri Ambarukmo .....	28
4.3	Survey Lokasi IPAL Komunal.....	29
4.4	Pengambilan Sampel.....	30
4.4.1	Persiapan dan Sterilisasi Alat .....	30
4.4.2	Pengambilan Sampel .....	30
4.5	Pengujian Laboratorium.....	32
4.5.1	Metode Direct Plating.....	32
4.5.2	Perhitungan Jumlah Koloni dengan Media PCA.....	33
4.5.3	Perhitungan Jumlah Koloni dan Identifikasi Morfologi Bakteri dengan Media DNB.....	40
4.5.4	Pewarnaan Gram .....	50
4.6	Pemetaan Bakteri .....	57
4.6.1	IPAL Komunal Tambakrejo Bersih.....	57
4.6.2	IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati.....	58
4.6.3	IPAL Karya Asri Ambarukmo .....	60
4.6.4	Bakteri pada tahapan Anaerobik pada IPAL Komunal .....	61
BAB V .....		65
SIMPULAN DAN SARAN .....		65
5.1.	Simpulan .....	65
5.2.	Saran .....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN A .....		72
LAMPIRAN B .....		74

LAMPIRAN C ..... 76  
RIWAYAT HIDUP ..... 82



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Hasil Penelitian Sebelumnya.....	13
Tabel 3. 1Tabel Lokasi IPAL .....	19
Tabel 4. 1 Hasil Pengklasifikasian IPAL Komunal Kabupaten Sleman.....	24
Tabel 4. 2 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih .....	41
Tabel 4. 3 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati.....	42
Tabel 4. 4 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo .....	44
Tabel 4. 5 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih.....	51
Tabel 4. 6 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati.....	52
Tabel 4. 7 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo.....	53
Tabel 4. 8 Tabel bakteri pada proses anaerobic di IPAL Komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman.....	62



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian .....	16
Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode <i>Direct Plating</i> .....	20
Gambar 4. 1 IPAL Komunal Tambakrejo Bersih .....	27
Gambar 4. 2 IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati .....	28
Gambar 4. 3 IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo .....	29
Gambar 4. 4 Sterilisasi Alat dalam Autoklaf .....	30
Gambar 4. 5 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih.....	31
Gambar 4. 6 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati .....	32
Gambar 4. 7 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo.....	32
Gambar 4. 8 contoh koloni bakteri pada media PCA pada inlet IPAL Komunal Tambakrejo Bersih .....	33
Gambar 4. 9 Grafik Jumlah koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Tambakrejo Bersih .....	34
Gambar 4. 10 Grafik Jumlah koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati .....	35
Gambar 4. 11 Grafik Jumlah koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo .....	35
Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan jumlah koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media PCA.....	36
Gambar 4. 13 contoh koloni bakteri pada media DNB pada outlet IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo .....	40
Gambar 4. 14 Morfologi mikroba skala koloni, dengan bentuk <i>Rhizoid</i> ukuran besar.....	41
Gambar 4. 15 Grafik Jumlah koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Tambakrejo Bersih .....	46

Gambar 4. 16 Grafik Jumlah koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati .....	46
Gambar 4. 17 Grafik Jumlah koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo .....	47
Gambar 4. 18 Grafik Perbandingan jumlah koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media DNB .....	48
Gambar 4. 19 Proses Pewarnaan gram menggunakan 4 larutan warna .....	50
Gambar 4.20 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Tambakrejo Bersih.....	51
Gambar 4.21 Diagram bakteri dominan pada IPAL komunal Manunggal Pringgodani Sejati .....	52
Gambar 4.22 Diagram bakteri dominan pada IPAL komunal Karya Asri Ambarukmo.....	53
Gambar 4.23 Perbandingan Hasil Identifikasi Bakteri Dominan IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel dengan Pewarnaan Gram .....	54

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kabupaten Sleman adalah salah satu daerah dengan jumlah kepadatan penduduk yang tinggi. Kabupaten Sleman memiliki pertumbuhan penduduk yang meningkat cepat setiap tahunnya (BPS Kabupaten Sleman, 2020). Pertambahan penduduk seiring dengan bertambahnya limbah cair yang dihasilkan. Limbah tersebut dapat mengandung banyak bakteri pathogen yang dapat mencemari perairan di sekitar IPAL jika tidak diolah dengan baik. Limbah cair domestik harus diolah dengan baik agar tidak mencemari lingkungan dan dapat dikelola menggunakan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara komunal (Karyadi, 2010).

Persebaran penduduk terbanyak di Kabupaten Sleman terdapat pada Kecamatan Depok, dengan kepadatan penduduk sebesar 5.260 jiwa/km<sup>2</sup>. Sebagian masyarakat yang bermukim di daerah perkotaan seperti di Kecamatan Depok telah mempunyai fasilitas sanitasi yang memadai. Namun, tidak semua daerah di Kecamatan Depok merasakan fasilitas sanitasi tersebut. Masyarakat yang berada di bawah angka perekonomian masih belum mempunyai jamban individu, sehingga mereka menggunakan jamban bersama (komunal). Permasalahan lainnya juga terdapat pada pemukiman padat penduduk yang masih belum menggunakan fasilitas sanitasi khususnya tangki septik dengan baik, sehingga kondisi sanitasi di kecamatan ini masih perlu ditingkatkan (Buku Putih Sanitasi, 2010).

Pada IPAL terdapat berbagai proses kimiawi maupun biologi. Pada pengolahan biologi salah satu biota yang berperan dalam sistem pengolahan limbah pada IPAL adalah bakteri. Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme yang mampu melaksanakan proses metabolisme benda-benda organik sehingga merupakan bagian yang terpenting dalam rantai

makanan dan pengolahan air limbah. Keberadaan bakteri dan mikroba lainnya dalam IPAL sangat beragam dari sistem ke sistem. Keberagaman jenis bakteri dan mikroba lainnya disebabkan oleh perkembangan secara alami jenis mikroba dari air limbah, udara dan partikel-partikel lumpur. Bakteri dan mikroba tersebut akan teraklimatisasi terhadap cairan limbah dan memudahkan proses penghilangan bahan pencemaran (Ritni, 2012).

Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman, Jumlah IPAL komunal di Kabupaten Sleman saat ini kurang lebih 163 IPAL dan sebagian besar masih beroperasi dengan baik. Dari seluruh IPAL Komunal yang ada di Kabupaten Sleman, dilakukan pengklasifikasian IPAL yang tertulis di dalam Sanitasi Skala Kabupaten/ Kota Kabupaten Sleman. Melalui SSK (Sanitasi Skala Kabupaten/Kota) tersebut dapat diketahui bahwa IPAL di Kabupaten Sleman diklasifikasikan menjadi 4 strata yaitu IPAL dengan risiko rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Dari klasifikasi tersebut, penulis meneliti tiga lokasi IPAL strata empat yaitu dengan tingkat resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman. Alasan dipilih IPAL dengan tingkat resiko sangat tinggi yaitu karena ketiga IPAL tersebut belum terdapat data mengenai mikroba dominan dan kemungkinan keragaman bakterinya lebih tinggi daripada IPAL lain.

Berdasarkan data dari Badan Lingkungan Hidup DIY dari total keseluruhan IPAL komunal di DIY, pemantauan kualitas effluent IPAL komunal hanya dilakukan pada 41 IPAL dan beberapa diantaranya adalah IPAL komunal yang terletak di Kabupaten Sleman. Hasil pemantauan tersebut menunjukkan bahwa sampel dari IPAL komunal yang ada tidak memenuhi baku mutu berdasarkan parameter fisika dan kimia. Sedangkan informasi mengenai parameter biologi pada IPAL komunal di Kabupaten Sleman belum banyak diteliti. Oleh karena itu, penelitian ini mengkaji mengenai bakteri dominan pada tiga IPAL komunal terpilih di wilayah Kabupaten Sleman. Dengan adanya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan informasi lebih banyak mengenai mikroba dominan pada unit pengolahan IPAL komunal di Kabupaten Sleman sehingga dapat

mengetahui tingkat efektifitas kinerja mikroba pada IPAL dalam melakukan penguraian pada IPAL.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang, rumusan masalah yang akan dikaji pada penelitian ini yaitu kurangnya penelitian mengenai parameter biologi karena selama ini penelitian tentang kinerja IPAL komunal di Kabupaten Sleman masih berfokus pada efisiensi proses pada IPAL.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bakteri dominan pada IPAL Komunal dengan resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman. Pengidentifikasi ini perlu dilakukan untuk mengetahui IPAL Komunal dapat bekerja dengan baik dan *effluent* dari IPAL tidak berdampak buruk terhadap kualitas perairan di sekitar IPAL.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi terkait mikroba dominan pada unit pengolahan IPAL komunal di Kabupaten Sleman sehingga dapat mengetahui tingkat efektifitas kinerja mikroba pada IPAL dalam melakukan penguraian pada IPAL.
2. Memberikan informasi terkait mikroba dominan pada IPAL komunal di Kabupaten Sleman, sehingga dapat mengetahui perbandingan antara mikroba dominan pada inlet, outlet dan proses pengolahan di IPAL Komunal.
3. Dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya.

## 1.5 Ruang Lingkup

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bakteri dominan merupakan bakteri yang dominan pada suatu sampel yang sebelumnya telah dikelompokkan berdasarkan morfologi maupun jenis bakterinya.
2. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari jam 08.00 - 09.00 WIB, dimana pada jam ini terjadi aktifitas puncak di IPAL.
3. IPAL Komunal yang diteliti yaitu IPAL di Kabupaten Sleman yang masuk dalam resiko sangat tinggi menurut klasifikasi yaitu IPAL Manunggal Pringgodani Sejati, IPAL Karya Asri Ambarukmo dan IPAL Tambakrejo Bersih.
4. Analisis bakteri dominan dilakukan dengan membandingkan bakteri dominan pada inlet, outlet dan unit pengolahan pada masing-masing IPAL Komunal.
5. Metode yang digunakan yaitu Metode *Direct Plating*. Metode ini digunakan untuk menentukan adanya koloni atau bakteri dominan pada sampel berdasarkan kemiripan morfologinya secara berkelompok.
6. Parameter yang diuji yaitu bakteri dominan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Gambaran Umum Kabupaten Sleman**

Kabupaten Sleman memiliki luas wilayah 574, 82 km<sup>2</sup> yang terdiri dari 17 kecamatan. Kecamatan dengan wilayah tertinggi adalah kecamatan Turi, kecamatan dengan luas terbesar adalah Kecamatan Cangkringan, kecamatan dengan luas terkecil adalah Kecamatan Berbah dan kecamatan dengan kepadatan penduduk tertinggi adalah Kecamatan Depok. Batas-batas wilayah Kabupaten Sleman yaitu:

1. Bagian utara: berbatasan dengan Kabupaten Boyolali Provinsi Jawa Tengah,
2. Bagian Timur: berbatasan dengan Kabupaten Klaten, Provinsi Jawa Tengah,
3. Bagian selatan: berbatasan dengan Kabupaten Bantul dan Kota Yogyakarta, Provinsi D.I. Yogyakarta dan
4. Bagian barat: berbatasan dengan Kabupaten Kulon Progo, Provinsi D.I. Yogyakarta dan Kabupaten Magelang, Provinsi Jawa Tengah. (Sleman dalam Angka, 2020)

#### **2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal**

Menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017, sistem IPAL Domestik adalah serangkaian kegiatan pengelolaan air limbah domestik dalam satu kesatuan dengan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah domestik. Sistem IPAL Domestik Terpusat 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 perencanaan.

Dasar pertimbangan yang utama dalam pemilihan teknologi IPAL menurut Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 4 Tahun 2017 adalah kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk >150 jiwa/Ha (15.000 jiwa/Km<sup>2</sup>) dapat menerapkan sistem IPAL domestik terpusat sedangkan untuk kepadatan penduduk kurang dari 150 jiwa/Ha masih terdapat pertimbangan lainnya, seperti sumber air yang ada, kedalaman air tanah, permeabilitas tanah, kemiringan tanah, ketersediaan lahan, termasuk kemampuan untuk biaya perawatan IPAL.

### **2.3 Sistem Pengolahan Air Limbah**

#### **a. Sistem Sanitasi Terpusat**

Sistem terpusat (*Off Site System*) merupakan sistem pembuangan air rumah tangga (mandi, cuci, dapur dan limbah kotoran) di luar persil kemudian dibuang ke suatu tempat pembuangan (*disposal site*) yang aman dan sehat dengan atau tanpa pengolahan sesuai dengan kriteria baku mutu yang ditetapkan. Sistem penyaluran air limbah dapat dilakukan secara terpisah, tercampur, maupun kombinasi antara saluran air limbah dengan saluran air hujan (Masduki, 2000).

#### **b. Sistem Sanitasi Setempat**

Menurut Ayi Fajarwati dalam Penyaluran Air Buangan Domestik (2000), sistem sanitasi setempat adalah sistem pembuangan air limbah dimana air limbah tidak dikumpulkan serta disalurkan ke dalam suatu jaringan saluran yang akan membawanya ke suatu tempat pengolahan air buangan atau badan air penerima, melainkan dibuang di tempat.

### **2.4 Sistem dan Teknologi Pengolahan IPAL Komunal**

IPAL Komunal sebagian besar menggunakan teknologi yang sederhana, seperti *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter*. *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) dan *Anaerobic Filter* (AF) dipilih karena memiliki efisiensi penyisihan polutan organik yang tinggi dan dianggap



cocok digunakan untuk mengolah air limbah domestik (Sasse, 1998). Kemudian juga pada IPAL dengan proses anaerobik tidak memerlukan suplai oksigen dalam proses pengolahannya, sehingga tidak memerlukan aerator dan dapat dibangun dengan sistem tertutup (Qasim, 1985)

a) *Anaerobic Filter (AF)*

Anaerobic Filter merupakan sebuah reaktor anaerob, dimana air limbah mengalir melewati mikroorganisme di dalam reaktor yang dibedakan menjadi tiga jenis yaitu lapisan biofilm tipis yang menempel pada permukaan media filter, mikroorganisme yang tersebar pada celah media filter dan Flok-flok atau gumpalan di dasar kompartemen, yang berada di bawah media filter (Von Sperling, 2005)

b) *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

*Anaerobic Baffled Reactor* merupakan jenis reaktor anaerob laju tinggi yang terdiri dari beberapa kompartemen bervolume sama. Antar tiap kompartemen ABR dipisahkan oleh *hanging* dan *standing baffle* secara selang-seling yang berfungsi memaksa cairan mengalir ke atas dan ke bawah pada tiap kompartemen untuk meningkatkan kontak antara air limbah dan mikroorganisme dalam selimut lumpur pada tiap dasar kompartemen (Hudson, 2010).

## 2.5 Morfologi Bakteri

Bakteri membentuk koloni yang sangat terstruktur ketika tumbuh di permukaan padat. Selama proses pembentukan koloni, satu bakteri membelah untuk membuat koloni yang terdiri dari milyaran keturunannya yang diatur dalam struktur yang teratur. Koloni bakteri memiliki karakteristik yang berbeda seperti ukuran, warna, bentuk, dan tekstur, yang secara fundamental bervariasi sesuai dengan spesiesnya (Kaufmann dan Schaible, 2005).

Sel-sel individu bakteri dapat berbentuk seperti elips, bola, batang (silindris), atau spiral (heliks). Masing-masing ciri ini penting dalam

mencirikan morfologi suatu spesies. Sel bakteri yang berbentuk seperti bola atau elips dinamakan kokus. Kokus muncul dalam beberapa penataan yang khas tergantung kepada spesiesnya. Sel bakteri berbentuk silindris atau seperti batang dinamakan basilus. Ada banyak perbedaan dalam ukuran panjang dan lebar di antara berbagai spesies basilus. Ujung beberapa basilus tampak persegi, yang lain bundar, dan yang lain lagi meruncing atau lancip seperti ujung cerutu. Kadang-kadang basilus tetap saling melekat satu dengan yang lainnya, ujung dengan ujung, sehingga memberikan penampilan rantai (Mamou *et al*, 2016).

## 2.6 Bakteri pada IPAL

Menurut penelitian Priadie(2012) disebutkan bahwa selama proses pengolahan aerobik air limbah domestik pada IPAL, genus bakteri yang sering ditemukan antara lain Gram-negatif dengan bentuk batang heterotrofik organisme, termasuk *Zooglea*, *Pseudomonas*, *Chromobacter*, *Achromobacter*, *Alcaligenes* dan *Flavobacterium*. *Filamentous* bakteri seperti genera *Beggiatoa*, *Thiotrix* dan *Sphaerotilus* juga ditemukan dalam *biofilm*, sebagaimana organisme seperti *Nitrosomonas* dan *nitrifikasi Nitrobacter*.

Beberapa hasil yang dilaporkan oleh Zeng (2015) dalam penelitiannya dengan menggunakan *highthroughput sequencing technology* untuk mempelajari komunitas mikroba. Pada lumpur aktif dari pengolahan air limbah perkotaan ditemukan bakteri yang paling dominan adalah *Proteobacteria*, *Firmicutes*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi*, *Acidobacteria* dan *Actinobacteria*. Berdasarkan analisis struktur komunitas mikroba untuk empat saluran air limbah yang dilakukan di Xinjiang, bakteri yang paling dominan yaitu *Proteobacteria*, *Bacteroidetes*, *Chloroflexi* dan *Actinobacteria*.

Bakteri dominan pada *anaerobic sludge*, *anoxic sludge* dan *oxic sludge* relative sama, dan masing - masing spesies bakteri relatif seragam, yang membedakan hanya dalam proporsi atau jumlahnya (Zhang *et al.*, 2019).

## 2.7 Bakteri Dominan

Bakteri dominan pada IPAL perlu untuk diidentifikasi sehingga dapat diketahui tingkat efektifitas kinerja mikroba pada IPAL dalam melakukan penguraian pada IPAL. Beberapa jenis bakteri dominan yang terdapat pada IPAL komunal diantaranya yaitu *Bacteroidetes*, *firmicutes*, *Planctomycetes* dan *Verrucomicrobia* (Numberger *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian Shuang Xu(2018), pada penelitian yang dilakukan di IPAL Xinjiang di musim dingin ditemukan beberapa macam bakteri dengan total 36 *filum*, 293 *famili* dan 579 *genera*. Dari penelitian juga disimpulkan bahwa suhu, BOD, DO dan kandungan ammonia memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada komposisi komunitas bakteri pada IPAL (Yang *et al.*, 2011).

## 2.8 Metode Identifikasi Bakteri Dominan

Analisis komunitas bakteri perlu dilakukan untuk memahami perubahan diversitas bakteri, apakah bersifat dominan atau hilang akibat kompetisi dengan bakteri indigen (Miyasaka *et al.*, 2006). Ada dua pendekatan dalam menganalisis komunitas bakteri pada suatu lingkungan, yaitu pendekatan *culture dependent* dan *culture independent*.

### a. *Culture dependent*

Pendekatan *culture dependent* melalui kultivasi bakteri penting dilakukan untuk memahami dengan pasti potensi dan karakteristik fisiologis dari bakteri. Namun, pada pendekatan ini tidak dapat memberikan gambaran secara utuh mengenai komunitas bakteri (Amann *et al.*, 1995; Onstott *et al.*, 1998). Penggunaan teknik kultivasi dalam analisis komunitas bakteri memiliki banyak kekurangan, karena tidak semua jenis bakteri dapat

dikultur. Bakteri yang dapat dikultivasi dengan medium pertumbuhan buatan hanya sekitar 1% dari total jumlah bakteri di alam (La Valley *et al.*, 2009). Metode *Direct plating* yang digunakan termasuk menggunakan pendekatan *culture dependent*.

*b. Culture independent*

Pendekatan *culture independent* melalui teknik molekuler secara langsung berdasarkan genotipe dari genom bakteri pada suatu sampel. Metode molekuler berbasis PCR (*Polymerase Chain Reaction*) dapat digunakan untuk analisis komunitas bakteri baik pada lingkungan perairan laut maupun terestrial (Wakefield & Gaffney, 2002). Teknik molekuler diketahui efektif mengkarakterisasi keragaman bakteri pada berbagai habitat yang sebelumnya tidak diketahui, seperti pelagis dan daerah laut pesisir (DeLong, 1992; Giovannoni *et al.*, 1990).

Untuk mengidentifikasi bakteri dominan pada suatu sampel terdapat beberapa metode yang dapat digunakan yaitu:

1. Metode Konvensional

Menurut Harrow and Feltham (2003), menyatakan bahwa teori yang ditarik di teknik konvensional adalah membandingkan bakteri yang sedang diidentifikasi dengan bakteri yang telah teridentifikasi sebelumnya. Bila tidak terdapat bakteri dengan ciri-ciri 100% serupa, maka dilakukan pendekatan bakteri yang memiliki ciri-ciri yang paling menyerupai. Oleh karena itu, teknik identifikasi dengan metode konvensional akan menghasilkan suatu bakteri tertentu yang sudah teridentifikasi sebelumnya dan tidak dapat menemukan spesies baru. Pada metode ini sebelumnya dilakukan pewarnaan gram untuk mengetahui bentuk sel bakteri, selanjutnya uji presumtif meliputi uji katalase, uji oksidase dan uji Gram yang bertujuan untuk mengetahui bakteri termasuk dalam kategori oksidase atau tidak, katalase atau tidak, dan termasuk Gram positif atau negatif pada saat pengamatan secara visual, kemudian dilanjutkan uji

biokimia meliputi uji oksidatif/fermentatif, uji *Sulphide Indole Motility* (SIM), uji *glucose (acid)*, uji *thioglycolate*, uji sulfida (H<sub>2</sub>S), uji pewarnaan spora yang bertujuan untuk mengetahui reaksi-reaksi yang ditimbulkan isolat bakteri setelah dimurnikan dan diinkubasi selama 24 jam atau 48 jam sehingga dapat digunakan untuk menentukan jenis dari masing-masing isolate.

## 2. Metode Modern

Metode modern menggunakan metode analisis molekular, identifikasi molekular pada bakteri menggunakan analisis 16s rRNA yang bertujuan untuk melengkapi hasil identifikasi karena data urutan gen yang didapatkan sangat spesifik. Kelebihan metode ini adalah, karena urutan gen yang didapatkan sangat spesifik, metode ini mampu mengetahui kekerabatan spesies satu dengan yang lain dengan perbandingan pasangan basa pada gen (Rohilla, 2010).

### 2.9 Metode *Direct Plating*

Metode *Direct Plating* adalah metode untuk menentukan adanya koloni atau bakteri dominan pada sampel berdasarkan kemiripan morfologinya secara berkelompok. Identifikasi secara morfologi kemudian dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya dan kemudian masing-masing kelompok koloni diidentifikasi dengan pewarnaan gram. Penggunaan Metode *Direct Plating* dapat memberikan konfirmasi perkiraan jumlah bakteri, bukti viabilitas patogen (dengan membandingkan hasil pada waktu awal hingga titik waktu selanjutnya), dan peluang untuk karakterisasi lanjut isolat bakteri (Harhay *et al.*, 2021). Kelebihan dari metode ini adalah pengujiannya yang mudah dan murah, proses pengujian yang tidak membutuhkan waktu lama, semua sel bakteri dapat dihitung, morfologi dapat dilihat, dimensi organisme dapat diukur dan diamati secara langsung, lalu tingkat akurasi untuk mengidentifikasi bakteri juga tinggi (Lavieri *et al.*,

2014) dan kelemahan dari metode ini adalah data yang diperoleh dari hasil pengukurannya seringkali sulit untuk diinterpretasikan. Perbedaan antara sel organisme yang hidup dengan sel organisme yang mati sulit untuk diamati dan juga mikroorganisme yang memiliki morfologi yang mirip dapat menyulitkan identifikasi selanjutnya (Frederick. 1965; Parkinson dan Paul, 1982).

## **2.10 Uji Gram Positif-Negatif**

Pewarnaan Gram merupakan salah satu teknik pewarnaan yang paling penting dan luas yang digunakan untuk identifikasi bakteri. Dalam proses ini, olesan bakteri yang sudah terfiksasi dikenai beberapa larutan yaitu zat pewarna kristal violet, larutan yodium, larutan alkohol (bahan pemucat), dan zat pewarna tandingannya berupa zat warna *safranin* atau air *fuchsin*. Metode ini diberi nama berdasarkan penemunya yang mengembangkan teknik ini untuk membedakan antara *Pneumokokus* dan bakteri *Klebsiella pneumonia*. Warna merah pada olesan bakteri menunjukkan bakteri gram negatif dan jika warna ungu menunjukkan bakteri gram positif (Michael, 2008).

Perbedaan dua kelompok bakteri ini didasarkan pada kemampuan sel menahan (mengikat) warna ungu dari kristal violet selama proses dekolorisasi oleh alkohol. Bakteri gram positif tidak mengalami dekolorisasi karena tetap mengikat warna ungu kristal violet dan pada tahap akhir pewarnaan tidak terwarnai safranin. Bakteri gram negatif mengalami dekolorisasi oleh alkohol dan pada tahap akhir pewarnaan terwarnai menjadi merah oleh safranin (Muslimin, 2014).

## **2.11 Penelitian Terdahulu**

Berikut merupakan penelitian terdahulu dari beberapa referensi jurnal terkait bakteri dominan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di beberapa tempat.

Tabel 2. 1 Tinjauan Hasil Penelitian Sebelumnya

NO	Penulis	Judul Penelitian	HASIL PENELITIAN
1.	Pratiwi, 2019	Analisis Kualitas Perairan berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plambon Semarang.	Pada penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa pengolahan air limbah dengan sistem RBC pada IPAL dapat menurunkan kadar BOD sebanyak 84,1 %. Sedangkan pada pengolahan air limbah dengan sistem Contact Aeration dapat menurunkan kadar BOD sebanyak 88,61 %. Berdasarkan hasil pemeriksaan, disimpulkan bahwa kedua sistem masih melebihi baku mutu yang ditetapkan Peraturan Daerah DIY Nomor 7 Tahun 2016.
2.	Ritni, <i>et al.</i> , 2012	Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu	Pada penelitian yang dilakukan didapatkan bahwa Keragaman bakteri yang teridentifikasi pada proses pengolahan limbah cair industri minuman dengan lumpur aktif ada lima jenis yaitu <i>Bacillus sp</i> , <i>Acinetobacter sp</i> , <i>Staphylococcus sp</i> , <i>Cardiobacterium sp</i> , dan <i>Mycoplasma sp</i> . Bakteri yang diidentifikasi dari lumpur pengolahan limbah cair industri minuman kemungkinan besar merupakan bakteri yang berperan dalam degradasi limbah cair industri minuman
3.	Ratnawilis, 2018	Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal di Kabupaten Sleman	Hasil penelitian yaitu tujuh lokasi IPAL di Kabupaten Sleman yang diteliti menggunakan teknologi <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> dan <i>Anaerobic Filter</i> . Tetapi



			<p>pada IPAL yang terdapat di Dusun Bandulan menambahkan teknologi Wetland (<i>Horizontal Gravel Filter</i>) dan kolam indikator. Berdasarkan Peraturan Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah, dari tujuh lokasi IPAL di Kabupaten Sleman secara keseluruhan belum memenuhi standar baku mutu, terutama pada parameter COD, BOD, TSS, minyak lemak dan total coliform.</p>
4.	Numberger <i>et al.</i> , 2019	<i>Characterization Of Bacterial Communities In Wastewater With Enhanced Taxonomic Resolution By Full-Length 16S Rrna Sequencing</i>	<p>Hasil penelitian yaitu didapatkan beberapa jenis bakteri dominan yang ada pada IPAL komunal yang diteliti di Berlin, Jerman diantaranya yaitu <i>Bacteroidetes</i>, <i>firmicutes</i>, <i>Planctomycetes</i> dan <i>Verrucomicrobia</i>. Kemudian pada penelitian terjadi perbedaan jumlah bakteri pada influent dan effluent di IPAL yang dapat disebabkan oleh parameter abiotik yaitu, konsentrasi oksigen pada air yang menjadikan spesies bakteri yang berbeda dengan karakteristik metabolisme yang berbeda pula. Selain itu, parameter lain yang berpengaruh yaitu pH, suhu, dan salinitas.</p>
5.	Jalal, K.C.A, <i>et al.</i> , 2006	<i>Isolation and Purification of Bacterial Strains from Treatment Plants for Effective and Efficient</i>	<p>Pada penelitian ini dilakukan identifikasi bakteri pada IPAL dengan mengambil sembilan sampel khususnya air limbah dan lumpur air limbah dikumpulkan dari tempat yang berbeda</p>



	<p><i>Bioconversion of Domestic Wastewater Sludge</i></p>	<p>Sumber di empat pabrik pengolahan di Malaysia. Empat pabrik tersebut adalah Pengolahan limbah Indah Water Konsotium (IWK), pabrik pengolahan IIUM-1, -2 dan -3, dan IPAL Kampus Gombak, Kuala Lumpur. Hasil uji digunakan untuk mengevaluasi proses biokonversi dalam kaitannya dengan biodegradasi dan bioseparasi yang efisiensi IPAL. Dari 46 Strain bakteri yang diisolasi ditemukan 52,2% (24 isolat) dan 47,8% (22 isolat) masing-masing di instalasi pengolahan IWK dan IIUM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi mikroba yang lebih tinggi berada di <i>clarifier sekunder</i> dalam perawatan IWK <i>plant</i> dibandingkan dengan pengolahan lainnya.</p>
--	---	--

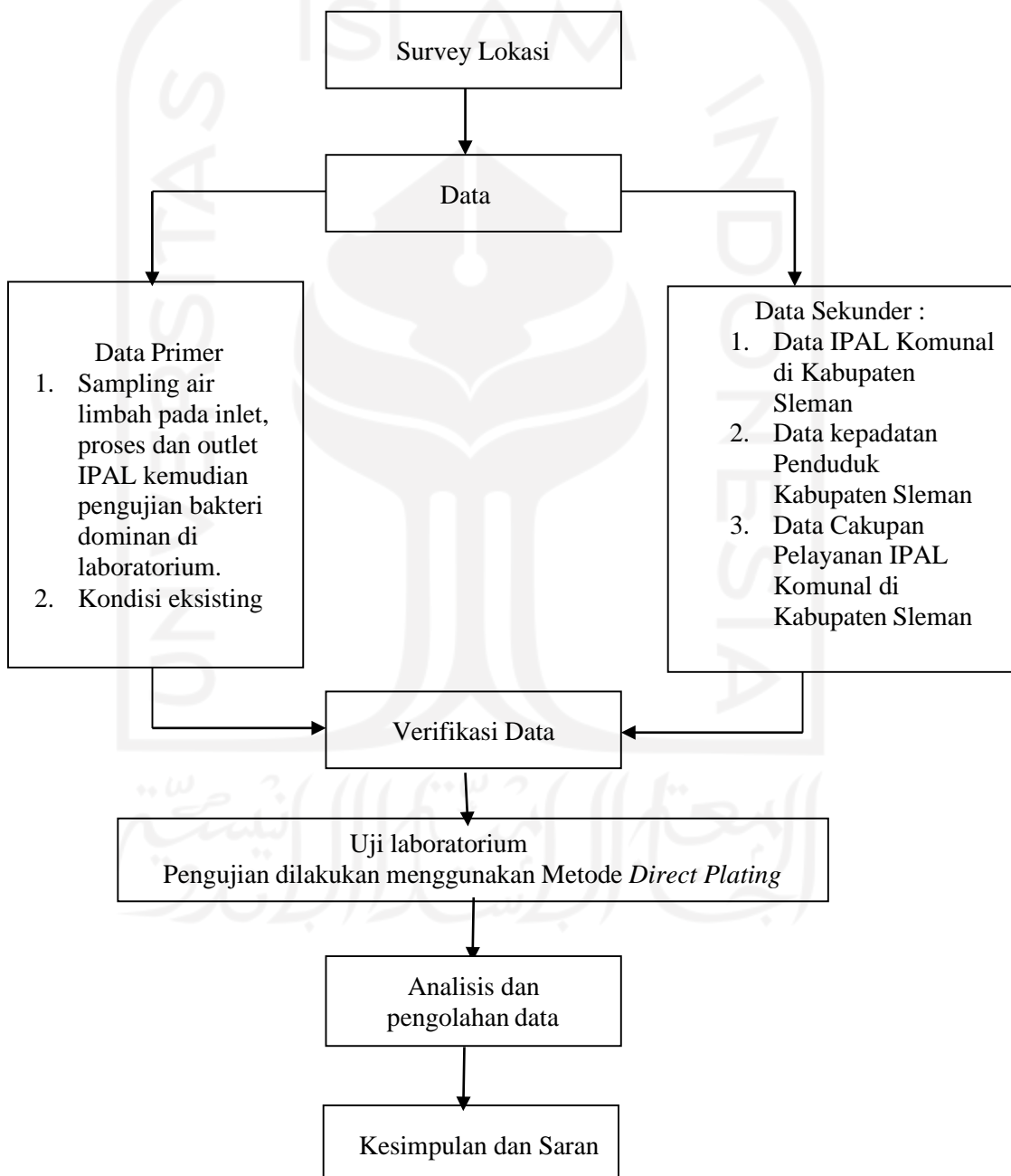
Berdasarkan penelitian diatas, disimpulkan bahwa sebagian IPAL belum memenuhi baku mutu berdasarkan parameter kimia dan biologi seperti parameter COD, BOD, TSS, minyak lemak dan total coliform. Kemudian terdapat Keragaman bakteri yang teridentifikasi pada proses pengolahan limbah dan terdapat perbedaan jumlah bakteri pada inlet dan outlet IPAL yang disebabkan antara lain oleh konsentrasi oksigen, pH, suhu dan salinitas.

# BAB III

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Diagram alir penelitian tugas akhir sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

### **3.3 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilakukan selama enam bulan dimulai pada bulan Maret 2021 dan dilakukan di IPAL Komunal dengan resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman yaitu IPAL Manunggal Pringgodani Sejati, IPAL Karya Asri Ambarukmo dan IPAL Tambakrejo Bersih. Sedangkan untuk analisis sampel dilakukan di Laboratorium Bioteknologi, Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

### **3.4 Studi Literatur**

Studi literature dilakukan untuk mengumpulkan data dan indormasi terkait dengan penelitian sehingga diperoleh data yang akurat dan relevan. Studi literatur dapat diperoleh dari buku, regulasi pemerintah, jurnal, laporan penelitian tugas akhir, dan sumber lainnya. Pada penelitian ini mengacu pada peraturan/regulasi terkait pengolahan limbah cair domestik dan jurnal nasional maupun internasional.

### **3.5 Pengumpulan Data**

Penelitian ini dilakukan pada air limbah IPAL di Kabupaten Sleman. Metode yang digunakan yaitu terdiri dari studi literatur, survey lapangan, pengumpulan data primer dan sekunder, hasil pembahasan serta kesimpulan yang didapat.

#### **3.4.1 Data Primer**

Pengumpulan data primer berupa hasil uji bakteri dominan menggunakan metode *Direct Plating* pada IPAL komunal dengan resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman. Data primer diperoleh dari hasil sampling air limbah pada inlet, unit pengolahan dan outlet pada masing-masing IPAL komunal. Pengambilan sampel secara *grab sampling* IPAL Komunal pada bagian inlet, proses dan outlet dari IPAL komunal di Kabupaten Sleman yaitu IPAL Manunggal Pringgodani Sejati, IPAL Karya Asri Ambarukmo dan IPAL Tambakrejo Bersih. Hasil sampling kemudian

diteliti berdasarkan parameter uji yaitu mikroba dominan di Laboratorim Bioteknologi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia. Kemudian Mengumpulkan informasi dari instansi terkait mengenai IPAL komunal, serta meninjau langsung (observasi), wawancara kepada petugas yang berkaitan dengan pembangunan dan pemeliharaan IPAL maupun masyarakat sekitar IPAL di Kabupaten Sleman

### **3.4.2 Data Sekunder**

Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini bersumber dari literatur yang berkaitan, data-data dari BPS (Badan Pusat Statistik), Buku Putih Sanitasi, dan Peraturan-Peraturan yang terkait serta segala sesuatu yang berhubungan dengan studi ini seperti data jumlah penduduk, jumlah KK, kondisi topografi tempat penelitian dan gambar rencana IPAL. Data sekunder digunakan untuk klasifikasi dalam pemilihan IPAL

## **3.6 Metode Penelitian**

### **3.5.1 Klasifikasi IPAL Komunal**

Seluruh IPAL yang ada di Kabupaten Sleman diklasifikasikan berdasarkan empat kriteria yang mengacu pada buku panduan praktis pelaksanaan EHRA serta buku panduan perencanaan teknik pengolahan IPAL komunal. Kriteria tersebut adalah kepadatan penduduk lebih dari 25 jiwa/Ha, cakupan pelayanan IPAL lebih dari 75 KK, debit puncak IPAL lebih dari 50 m<sup>3</sup>/hari dan usia IPAL komunal lebih dari delapan tahun. Berdasarkan empat kriteria penilaian tersebut mengklasifikasikan IPAL menjadi empat strata yaitu strata satu, dimana strata satu merupakan IPAL yang memenuhi nol sampai dengan satu kriteria, strata dua memenuhi dua kriteria, strata tiga memenuhi tiga kriteria dan strata empat memenuhi empat kriteria. Kemudian dari hasil klasifikasi tersebut, dipilih tiga IPAL untuk penelitian ini yaitu IPAL Manunggal Pringgodani Sejati, IPAL Karya Asri Ambarukmo dan IPAL Tambakrejo Bersih yang masuk ke dalam strata empat atau memiliki tingkat resiko sangat tinggi.

### 3.5.2 Metode Sampling

Sampling dilakukan di tiga IPAL Komunal di Kabupaten Sleman yaitu sebagai berikut:

Tabel 3. 1Tabel Lokasi IPAL

NO	NAMA IPAL	ALAMAT
1	Tambakrejo Bersih	Tambakrejo, Sariharjo, Ngaglik
2	Manunggal Pringgodani Sejati	Pringgodani Mrican, Caturtunggal, Depok
3	Karya Asri Ambarukmo	Ambarukmo RT 3 RW 1, Caturtunggal, Depok

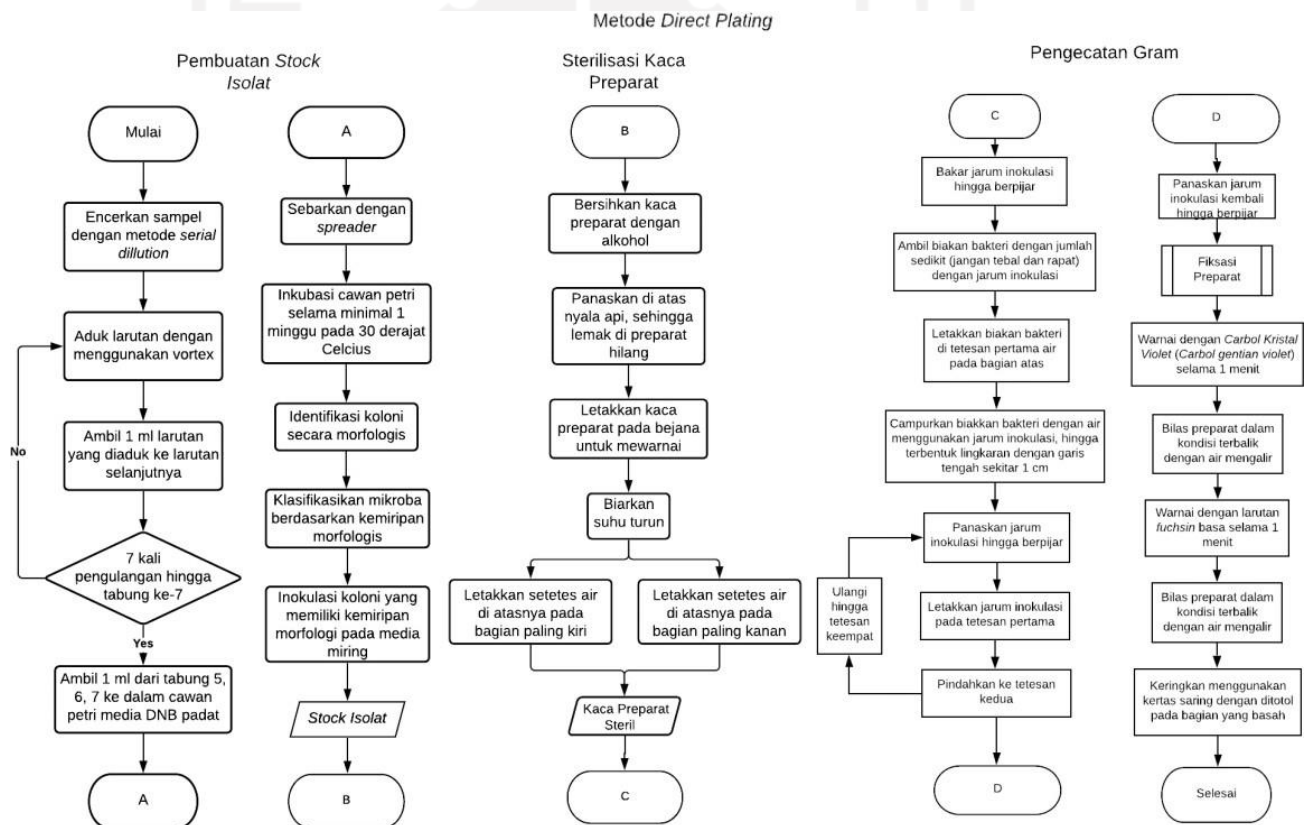
Sampling dilakukan pada titik-titik pengambilan sampel yang meliputi inlet, proses dan outlet di sekitar IPAL Komunal. Pengambilan sampel dilakukan pada pagi hari jam 08.00 - 09.00 WIB, dimana pada jam ini terjadi aktifitas puncak di IPAL. Kemudian pengambilan sampel pada tiap IPAL dilakukan dengan secara langsung (*Grab sampling*) pada lima titik tiap IPAL yang meliputi satu titik pada inlet, dua titik pada proses pengolahan dan satu titik pada outlet lalu selanjutnya langsung dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Sebelum melakukan sampling, semua alat dalam keadaan steril dengan melakukan sterilisasi terlebih dahulu di laboratorium. Sterilisasi dilakukan untuk membunuh bakteri yang ada pada alat yang akan dipakai dan bertujuan agar pekerjaan atau terbebas dari mikroba pencemar dari luar sampel yang tidak diinginkan.

### 3.5.3 Metode Analisis Mikroba Dominan

Pengujian bakteri dominan dilakukan dengan Metode *Direct Plating*. Metode *Direct Plating* adalah metode untuk menentukan adanya koloni atau bakteri dominan pada sampel berdasarkan kemiripan morfologinya secara berkelompok. Identifikasi secara morfologi kemudian dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologinya dan kemudian masing-masing kelompok koloni diidentifikasi dengan pewarnaan gram. Pemilihan metode ini pada penelitian adalah karena pengujiannya yang

mudah dan murah, lalu tingkat akurasi untuk mengidentifikasi bakteri juga tinggi. (Lavieri *et al.*, 2014)

Bahan yang diperlukan meliputi air sampel, aquades steril, Medium DNB(*Dilute Nutrient Broth* 100x), Media DNB padat (DNB+agar 2%), tabung reaksi berisi sembilan mL akuades steril, aluminium foil, kertas saring, larutan *Carbol Kristal Violet*, larutan *Lugol*, *Fuchin Basa*, Alkohol 96%, kapas. Sedangkan Alat yang digunakan pada penelitian meliputi Erlenmeyer, tabung reaksi, jarum inokulasi, kaca objek, mikroskop, gelas *Beaker* 100 mL, stopwatch dan timbangan analitik. Diagram alir pelaksanaan metode *Direct Plating* dapat dilihat pada berikut.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Metode *Direct Plating*

Metode ini dilakukan untuk uji mikroba dominan pada sampel, dengan melakukan Pengelompokan koloni secara morfologi terlebih dahulu, kemudian dilakukannya pewarnaan gram.

#### - Pengelompokan koloni

Pertama dilakukan pengenceran sampel dengan metode *serial dillutin* yaitu dengan tujuh kali pengenceran dari  $10^{-1}$  sampai  $10^{-7}$ , lalu dari tiga tabung pengenceran terakhir yaitu pengenceran  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$  dan  $10^{-7}$  masing-masing diambil 1 mL dan dimasukkan ke cawan petri berisi media DNB padat secara duplo lalu di spreadkan menggunakan *spreader*. Inkubasi selama minimal dua minggu pada inkubator pada suhu  $30^{\circ}\text{C}$ . Lalu setelah itu dari ketiga pengenceran terakhir diambil masing-masing 1 ml dan dimasukkan ke cawan petri berisi media PCA secara duplo, kemudian diinkubasi selama dua hari dan dihitung koloninya. Setelah masa inkubasi pada media DNB selama dua minggu kemudian dibuat media *Nutrient Agar* miring untuk isolasi koloni bakteri untuk selanjutnya dilakkan pewarnaan gram. Koloni yang tumbuh dikelompokkan berdasarkan kemiripan morfologi. Masing- masing kelompok koloni diidentifikasi dengan pengecatan gram.

#### - Pewarnaan gram

Pertama bersihkan preparat dengan alkohol, lalu meletakkan kaca objek dengan sisinya yang sudah tidak berlemak di bagian atas, pada bejana untuk mewarnai dan biarkan sampai dingin. Letakkan setetes air hingga empat tetesan. Lalu bakar jarum ose, ambil bakteri dan letakkan di tetesan pertama lalu campur dengan menggesekkan dengan jarum. Pijarkan jarum, lalu letakkan ose pada tetesan satu dan lakukan hingga tetesan empat. Fikserkan preparat dengan menggerakkan kaca objek melalui nyala api, warnai dengan carbol Kristal violet selama satu menit, bilas dengan air mengalir dan tetes dengan larutan lugol diamkan satu menit. Kemudian bilas pada air mengalir dan cuci dengan alcohol 90% selama satu menit, bilas dengan air mengalir, warnai dengan fuchin basa selama satu menit, lalu bilas dengan air mengalir. Kemudian keringkan dengan kertas saring dengan cara di totolkan pada bagian yang basah.

### 3.7 Metode Analisa Data

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif yang dilakukan dengan mendiskripsikan keberadaan kandungan mikroba dominan berdasarkan kadar mikroba yang ditentukan. Hasil pengamatan dan analisis dibandingkan antara mikroba dominan pada inlet, outlet dan proses pengolahan pada IPAL.





## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Penentuan Lokasi IPAL Komunal**

Penentuan lokasi IPAL Komunal dilakukan dengan klasifikasi berdasarkan strata. Klasifikasi IPAL dilakukan berdasarkan empat kriteria. Kriteria yang digunakan mengacu pada buku panduan praktis pelaksanaan EHRA (*Environment Health Risk Assessment*) serta buku panduan perencanaan teknik pengolahan IPAL komunal. Kriteria tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kepadatan penduduk  $> 25$  Jiwa/ Ha

Pada kriteria yaitu kepadatan penduduk lebih dari 25 jiwa/Ha mengacu pada penetapan strata yang dilakukan oleh PSPP (Program Percepatan Pembangunan Sanitasi Pemukiman). Pada PSPP menyatakan bahwa apabila dalam tingkat kabupaten kepadatan penduduk tidak merata, maka pelaksanaan penelitian ditamakan dilaksanakan pada wilayah dengan kepadatan penduduk lebih dari 25 Jiwa/Ha.

2. Cakupan pelayanan  $> 75$  KK

Cakupan pelayanan  $> 75$  KK mengacu berdasarkan pada data. Apabila cakupan IPAL melebihi rasio cakupan pelayanan maka akan mempengaruhi kinerja IPAL baik dari segi fisik maupun dari segi kualitas effluent yang dihasilkan.

3. Debit puncak IPAL komunal berada lebih dari  $50 \text{ m}^3$  / Hari

Kriteria selanjutnya yaitu debit puncak IPAL komunal berada lebih dari  $50 \text{ m}^3$  / Hari. Diasumsikan bahwa 1 KK terdiri dari 4 orang dengan menggunakan pendekatan penggunaan air bersih yaitu 140 L/orang/hari sehingga didapatkan debit puncak  $\text{m}^3$ /hari.

4. Usia IPAL komunal  $>$  dari 8 tahun

Usia IPAL komunal 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.

Jumlah IPAL komunal di Kabupaten Sleman saat ini kurang lebih 163 IPAL dan sebagian besar masih beroperasi dengan baik. Berdasarkan SSK (Sanitasi Skala Kabupaten/Kota) pengklasifikasian IPAL dibagi menjadi 4 klasifikasi yaitu wilayah IPAL dengan risiko rendah, sedang, tinggi dan sangat tinggi. Seluruh IPAL yang ada di Kabupaten Sleman diklasifikasikan berdasarkan empat kriteria yaitu kepadatan penduduk, rasio cakupan pelayanan IPAL, debit puncak IPAL dan usia IPAL komunal sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya. Berdasarkan empat kriteria penilaian tersebut IPAL dapat dibagi menjadi empat strata dengan strata satu yaitu strata yang memenuhi satu kriteria dari empat kriteria dan memiliki tingkat resiko rendah, strata dua yaitu strata yang memenuhi dua kriteria dari empat kriteria dengan tingkat resiko sedang, strata tiga yaitu strata yang memenuhi tiga kriteria dari empat kriteria dengan tingkat resiko tinggi dan strata empat yaitu strata yang memenuhi semua kriteria dengan tingkat resiko sangat tinggi. Kemudian dari hasil klasifikasi tersebut, dipilih tiga IPAL untuk penelitian ini yaitu IPAL Manunggal Pringgodani Sejati, IPAL Karya Asri Ambarukmo dan IPAL Tambakrejo Bersih yang masuk ke dalam strata empat atau memiliki tingkat resiko sangat tinggi.

Klasifikasi IPAL dilakukan karena jumlah IPAL Komunal di Kabupaten Sleman yang banyak sehingga dengan klasifikasi menjadi 4 strata tersebut dapat memperkecil lingkup IPAL yang akan di teliti. Hasil klasifikasi IPAL komunal di Kabupaten Sleman dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengklasifikasian IPAL Komunal Kabupaten Sleman

<b>Hasil Klasifikasi</b>			
<b>Strata 1</b>	<b>Strata 2</b>	<b>Strata 3</b>	<b>Strata 4</b>

Sidodadi Rejo	Sido Resik	Bagas	Sumber Sehat
Sembur Sejahtera	Legowo	Ngudi Sehat	Tambakrejo bersih
Ngudi Saras	Srikandi Mandiri	Andum Roso	Tanjung Permai
Rukun	Sumber Rejeki	Kalijaga	Losari Sejahtera
Sehat Lestari	Mitra Sehat	Nologaten Bersih	Sedyo Mulyo
Papringan Sehat	Ngudi Waras	Sehat sejahtera	Pelangi Manunggal Warga
Amanah Tiga Lima	Guyup Rukun	Layur Sehat	Cokro Manunggal
Patuk Mandiri	Kober	Mina Sehat	Karya Asri Ambarukmo
Munengan Sehat	Wahana Bina Lingkungan	Tirto Mili	Manunggal Pringgodani Sejati
Arum Tirta	Sedyo Bakti	Ngudi Sehat	
Gancangan Berseri	Kuningan Sejahtera	Wonosari Sehat	
Agung Lestari	Karanggayam Sehat	Wonokerso Sehat	
Gondang Asri	Mamanyu Hayuning Bawono	Dani tirta	
Ngudi Santoso	Banyu Bening	Wahana Sejahtera	
Tirto Wening	Sengkan Sehat	Sehat sejati	
Klawisan Sehat	Guyup Rukun	Ngudi Mulyo	
Sembilan	Karangayam sehat	Jetis Sehat	
Harapan Asri	Candi Indah	Mino Sehat	
Margi Waras	Gading indah	Sehati	
Dukuh Berbakti	Randugowang	Ngaglik Sejahtera	
Jambe Ombo Bersih	Tirto Asri	Tirta Bening	
Huntap Kisik	Sido Makmur	Tirto Wiyono	

Bangun Sehat Sejati	Gawe Marem	Guyub Rukun	
Bangun Sehat	Sedyo Mulyo	Siti Merdiko	
Swagama	Sedyo Rukun	Gedong	
Barongan Maju	Rukun Makmur	Amor	
Kroda	Guras	Guyup Makmur	
Krido Sembodo	Roso tunggal	Sehat Mulyo	
Rukun Migunani	Gotong Royong	Tegal Tirto Mulyo	
Bendosari Sehat	Pepeling	Bogo Indah	
Tirto Madu	Sido Akur	Kramen Sehat Agung	
	Gupit Asri	Tangkilan	
	Akur	Mandiri Sehat	
	Ngudi Saras	Beteng Sehat	
	Sasangka	Huntap Kaliadem	
	Sehat Mandiri		
	KPP Pendulan lestari/ KSM Bersih Lancar		
	Usri Usada Mulya		
	Sapta mulia		
	Sehat Sentosa		
	Ben Sehat		
	Sehat Lestari		
	Poncitan Asri		
	Lestari		
	Agung Lestari		
	Sembir Asri		

#### 4.2 Gambaran Umum Lokasi IPAL Komunal

Penelitian dilakukan pada tiga IPAL komunal yang terpilih dan termasuk pada strata 4 yaitu IPAL komunal dengan resiko sangat tinggi. IPAL

tersebut yaitu IPAL Komunal Tambakrejo Bersih di, IPAL Manunggal Pringgodani Sejati lainnya di Desa Sabdodadi, Kabupaten Bantul, dan IPAL Karya Asri Ambarukmo di Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta.

#### 4.2.1 IPAL Tambakrejo Bersih

IPAL Tambakrejo Bersih terletak di Desa Tambakrejo, Kelurahan Sariharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, D.I. Yogyakarta pada titik koordinat  $7^{\circ}43'06.99''$  S dan  $110^{\circ}22'37.12''$  E. IPAL ini dibangun pada tahun 2012 dengan teknologi pengolahan ABR yang mempunyai 7 sekat didalamnya. IPAL ini melayani sebanyak 84 KK dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 336 jiwa. IPAL ini menggunakan teknologi pengolahan bak penyaring *Anaerobic Baffled Reactor* tanpa bak *Horizontal Gravel Filter*, dan tanpa bak Klorinasi. Outlet dari IPAL dimanfaatkan untuk kolam ikan dan sebagian langsung dibuang ke sungai.



Gambar 4. 1 IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

#### 4.2.2 IPAL Manunggal Pringgodani Sejati

IPAL Manunggal Pringgodani Sejati terletak di Gg Arimbo No 7 Pringgodani Mrican, Caturtunggal, Kecamatan Depok, Kabupaen Sleman, D.I. Yogyakarta pada titik koordinat  $7^{\circ}46'20.37''S$  dan  $110^{\circ}23'09''E$ . Cakupan pelayanan IPAL ini sebanyak 78 KK dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 336 jiwa. IPAL ini dibangun pada tahun 2000 dan menggunakan teknologi pengolahan ABR dengan 7 (tujuh) sekat di dalamnya. Outlet dari IPAL yang telah diolah bening dan tidak berbau sehingga dapat langsung dibuang ke sungai.



Gambar 4. 2 IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

#### 4.2.3 IPAL Karya Asri Ambarukmo

IPAL Karya Asri Ambarukmo terletak di Ambarukmo, Kelurahan Caturtunggal, Kecamatan Depok, Kabupaen Sleman, D.I. Yogyakarta Yogyakarta pada titik koordinat  $7^{\circ}46'54.64'' S$  dan  $110^{\circ}23'52.06'' E$ . Cakupan pelayanan IPAL ini sebanyak 175 KK dengan jumlah penduduk terlayani sebanyak 336 jiwa. IPAL ini dibangun pada tahun 2000 dan menggunakan teknologi pengolahan ABR dengan 12 sekat didalamnya. Dari



hasil pengamatan di lapangan, outlet dari IPAL yang telah diolah menghasilkan air yang tidak keruh dan tidak berbau sehingga dapat langsung dialirkan ke Sungai Gajah Wong. IPAL Karya Asri Ambarukmo dari segi fisik terlihat kurang terawat terlihat dari bagian penutup dari unit pengolahan sebagian rusak, sehingga perlu dilakukan perbaikan.



Gambar 4. 3 IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

#### **4.3 Survey Lokasi IPAL Komunal**

Setelah dilakukan klasifikasi IPAL Komunal di Kabupaten Sleman dan terbagi menjadi empat strata, penulis melakukan survey pada strata terpilih yaitu strata empat dengan IPAL yang memiliki resiko sangat tinggi. Pada IPAL yang termasuk pada strata tersebut dilakukan tinjauan lapangan untuk dilihat apakah IPAL masih beroperasi dan dapat diambil sampel pada bagian inlet, outlet maupun proses pengolahan. Survey lokasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa IPAL memenuhi kriteria dari klasifikasi yang telah dilakukan. Pada saat survey lokasi IPAL, penulis bertemu dengan pengurus IPAL dan ketua RT untuk menanyakan perihal kondisi IPAL dan mengenai perizinan penelitian. Kemudian dari beberapa IPAL yang di datangi

terpilihlah tiga IPAL yang memenuhi kriteria sehingga dapat dilakukan penelitian.

#### **4.4 Pengambilan Sampel**

##### **4.4.1 Persiapan dan Sterilisasi Alat**

Sebelum melakukan pengambilan sampel, dilakukan persiapan alat yang diperlukan selama *sampling* maupun alat untuk pengujian di laboratorium. Alat yang diperlukan untuk *sampling* antara lain botol sampel, tali rafia, box untuk tempat sampel, gunting, label, alcohol 70%, sarung tangan (*latex*). Alat- alat yang akan digunakan harus di sterilisasi terlebih dahulu agar bakteri yang ada pada alat hilang dan tidak terkontaminasi pada sampel yang akan diambil. Botol *sampling* di sterilisasi dengan dibungkus *Alluminium foil* terlebih dahulu, kemudian di masukkan dalam autoklaf selama kurang lebih 30 menit atau dapat dimasukkan dalam oven pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  selama 1 jam.



Gambar 4. 4 Sterilisasi Alat dalam Autoklaf

##### **4.4.2 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan pada jam 8 pagi karena pada saat jam tersebut termasuk jam puncak IPAL. Kemudian pengambilan sampel dilakukan dengan mematuhi protocol Covid 19 yaitu menggunakan masker,



sarung tangan dan juga menjaga jarak satu sama lain. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Direct Sampling* atau pengambilan sampel secara langsung. Pada tiga IPAL Komunal yang terpilih, dilakukan pengambilan sampel pada jam yang sama yaitu pukul 8 sampai 9 pagi, dimana pada jam ini terjadi aktifitas puncak di IPAL dan diambil sebanyak 5 sampel, dengan rincian tiap sampel yaitu satu sampel dari inlet, satu sampel dari outlet dan tiga sampel dari unit pengolahan. Sebelum dilakukan pengambilan sampel terlebih dahulu menggunakan sarung tangan yang telah di semprot dengan alkohol agar tetap steril, Pengambilan sampel dilakukan secara langsung menggunakan botol sampel yang ditali menggunakan tali rafia. Pengambilan sampel pada IPAL Tambakrejo Bersih dilakukan pada tanggal 24 Maret 2021, kemudian pada IPAL Manunggal Pringgodani Sejati pada tanggal 31 Maret 2021 dan pada IPAL Karya Asri Ambarukmo pada tanggal 13 April 2021. Setelah dilakukan sampling, sampel segera dibawa ke Laboratorium Biotek FTSP UII untuk selanjutnya dilakukan pengujian. Sampel yang masih digunakan disimpan di dalam pendingin di laboratorium.



Gambar 4. 5 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih



Gambar 4. 6 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati



Gambar 4. 7 Pengambilan Sampel pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

## 4.5 Pengujian Laboratorium

### 4.5.1 Metode *Direct Plating*

Setelah dilakukan pengambilan sampel, selanjutnya dilakukan pengujian di Laboratorium menggunakan Metode *Direct Plating*. Metode *Direct Plating* adalah metode untuk menentukan adanya koloni atau bakteri dominan pada sampel berdasarkan kemiripan morfologinya secara

berkelompok. Pemilihan metode ini pada penelitian adalah karena pengujiannya yang mudah dan murah, proses pengujian yang tidak membutuhkan waktu lama, lalu tingkat akurasi untuk mengidentifikasi bakteri juga tinggi ( *Lavieri et al*, 2014). *Direct Plating* dilakukan dengan melapisi kultur sel pada cawan petri dengan media pertumbuhan dan media yang digunakan yaitu media *Plate Count Agar* (PCA) dan media spesifik *Dilute Nutrient Broth* (DNB).

#### 4.5.2 Perhitungan Jumlah Koloni dengan Media PCA

Media *Plate Count Agar* (PCA) merupakan media yang mengandung agar sehingga setelah dingin media akan menjadi padat dan terdiri dari *casein enzymic hydrolysate*, *yeast extract*, *dextrose*, *agar* (Risa, 2018). Media *Plate Count Agar* (PCA) membutuhkan waktu inkubasi selama kurang lebih 1 hari (24 jam) pada inkubator pada suhu 30°C. Setelah waktu inkubasi selesai, dilakukan perhitungan koloni menggunakan *Colony Counter*.



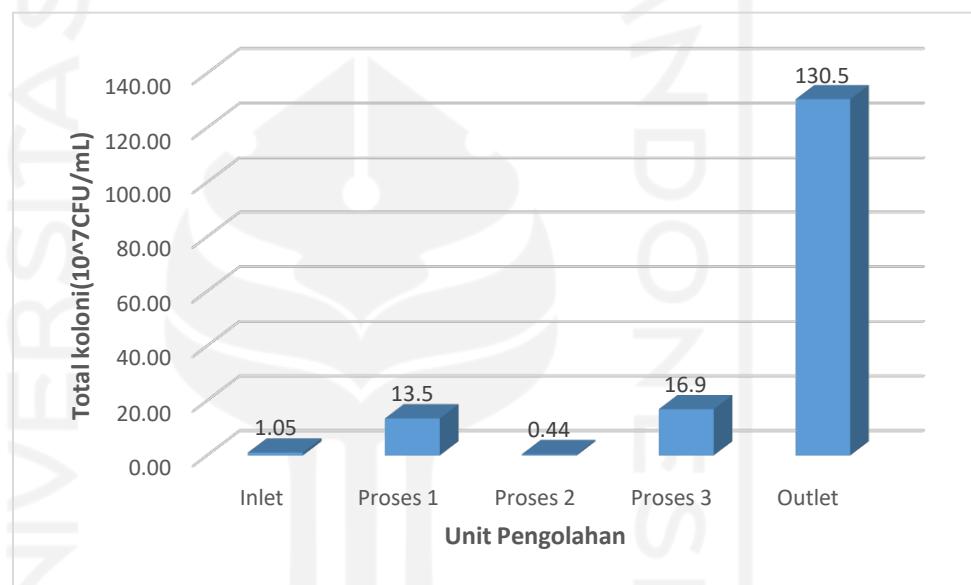
Gambar 4. 8 contoh koloni bakteri pada media PCA pada inlet IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

Perhitungan koloni bakteri pada media *Plate Count Agar* (PCA) dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC), yang mana pada penelitian TPC ini digunakan untuk menghitung jumlah total koloni bakteri dalam satu sampel dengan menggunakan teknik pengenceran dan cawan yang

dihitung adalah mengandung 30-300 koloni bakteri (Waluyo, 2010). Metode ini menggunakan cara tuang/penuangan (*Pour plate*). Pada penelitian TPC ini tidak mengidentifikasi jenis bakteri, namun hanya menghitung jumlah total koloni bakteri saja. Kelebihan dari teknik ini adalah mikroba yang tumbuh dapat tersebar merata pada media agar.

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

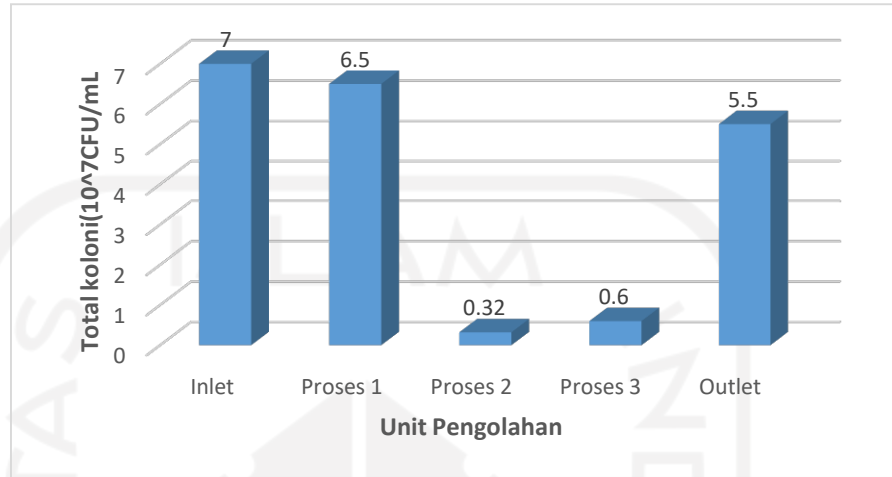
1. IPAL Komunal Tambakrejo Bersih



Gambar 4. 9 Grafik Hasil Perhitungan koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

Hasil perhitungan koloni bakteri pada media *Plate Count Agar (PCA)* berdasarkan perhitungan dalam CFU/ml pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet IPAL komunal Tambakrejo Bersih secara berurutan adalah  $1,05 \times 10^7$ ,  $13,5 \times 10^7$ ,  $4,40 \times 10^7$ ,  $1,69 \times 10^7$  dan  $1,31 \times 10^7$ .

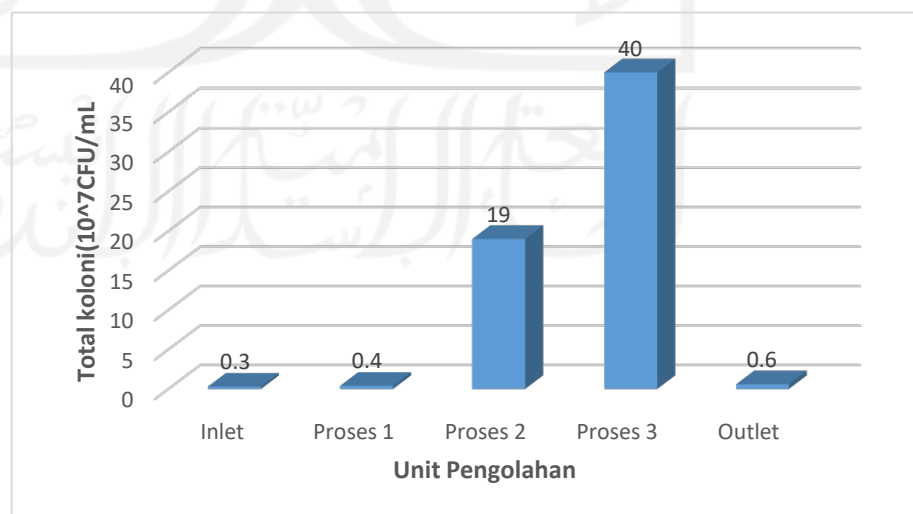
## 2. IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati



Gambar 4. 10 Grafik hasil perhitungan koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

Jumlah koloni bakteri pada media *Plate Count Agar (PCA)* berdasarkan perhitungan dalam CFU/ml diketahui bahwa total koloni pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet IPAL komunal Manunggal Pringgodani Sejati secara berurutan adalah  $7,0 \times 10^7$ ,  $6,5 \times 10^7$ ,  $0,32 \times 10^7$ ,  $0,6 \times 10^7$  dan  $5,5 \times 10^7$ .

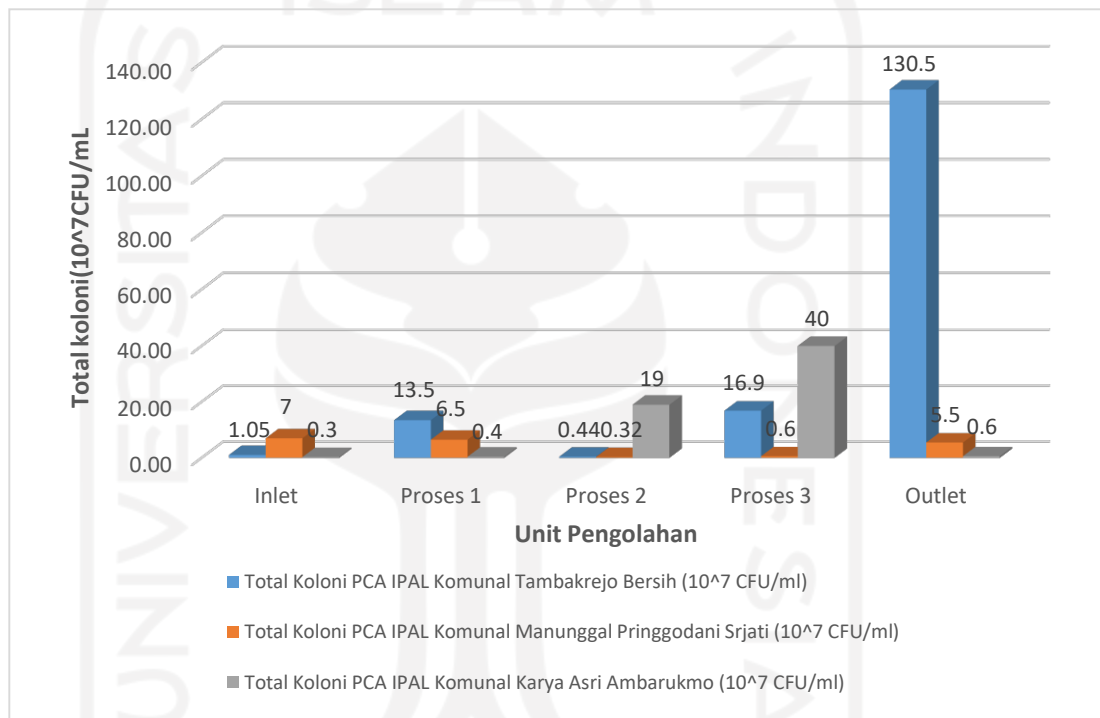
## 3. IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo



Gambar 4. 11 Grafik Hasil perhitungan koloni bakteri media PCA tiap Unit IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

Jumlah koloni bakteri pada media *Plate Count Agar (PCA)* berdasarkan perhitungan dalam CFU/ml diketahui bahwa total koloni pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet IPAL komunal Karya Asri Ambarukmo secara berurutan adalah  $0,31 \times 10^7$ ,  $0,4 \times 10^7$ ,  $19 \times 10^7$ ,  $40 \times 10^7$  dan  $0,6 \times 10^7$ .

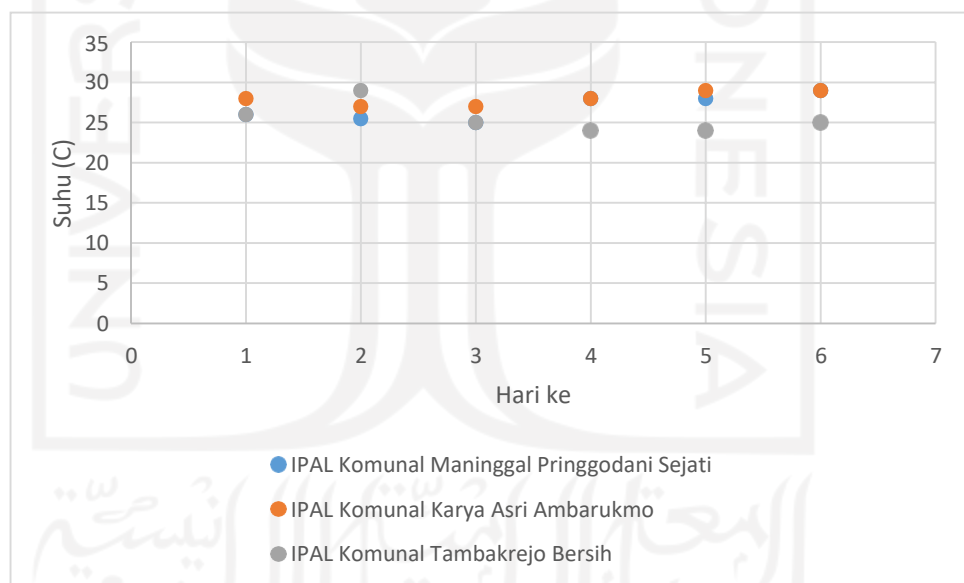
#### 4. Perbandingan jumlah koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media PCA



Gambar 4. 12 Grafik Perbandingan Hasil Perhitungan koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media PCA

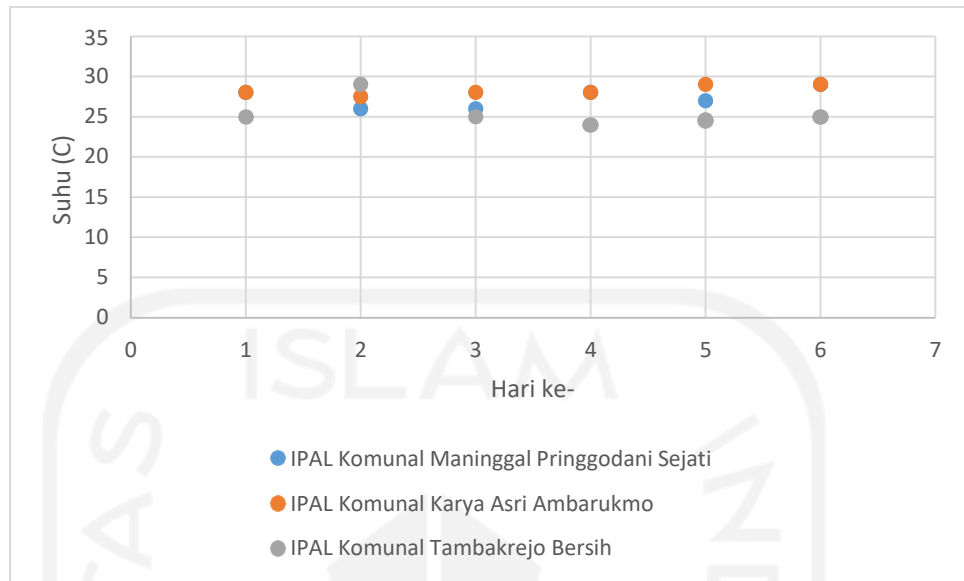
Grafik pada Gambar 4.12 terlihat hasil perhitungan koloni CFU/ml/unit adalah jumlah mikroba total yang ada pada IPAL tersebut. Hasil perhitungan tidak dapat merepresentasikan jumlah kandungan mikroba pada tiap unit. Grafik jumlah perhitungan koloni pada media *Plate Count Agar* bersifat fluktuatif dan berbeda pada setiap prosesnya. Hal tersebut dapat terjadi karena dipengaruhi oleh faktor fisik dan faktor kimia limbah cair yang terdapat pada IPAL. Faktor fisiknya antara lain yaitu suhu, pH dan tekanan osmotik Sedangkan faktor kimianya yaitu ketersediaan karbon, nutrisi dan oksigen. Kebanyakan bakteri menyukai pH yang netral dan beberapa jenis

mikroba dapat hidup pada rentang suhu yang luas dan jenis lainnya pada rentang suhu yang terbatas. Pada umumnya rentang suhu mikroba terletak antara 0°C - 90°C (Waluyo, 2005). Suhu sangat mempengaruhi pertumbuhan bakteri, karena suhu yang digunakan untuk inkubasi bakteri sebesar 30°C, maka bakteri yang bisa tumbuh pada media termasuk bakteri mesofilik sedangkan bakteri jenis lain akan sulit tumbuh. Air limbah umumnya mempunyai suhu yang lebih tinggi daripada lingkungan sekitar. Pengukuran suhu pada inlet dan outlet IPAL Komunal menggunakan termometer menunjukkan nilai yang hampir seragam berkisar antara 25-29°C. Pengamatan suhu dilakukan mulai pukul 06.30 sampai 08.50 WIB dimana waktu pagi belum banyak penetrasi sinar matahari. Berikut merupakan pengukuran hasil suhu pada inlet dan outlet digambarkan grafik pada Gambar 4.13 dan Gambar 4.14



Gambar 4. 13 Grafik suhu pada Inlet IPAL Komunal (sumber: Panji, 2021)





Gambar 4. 14 Grafik suhu pada Outlet IPAL Komunal (sumber: Panji, 2021)

Grafik pada gambar 4.13 dan gambar 4.14 terlihat bahwa suhu pada IPAL fluktuatif baik pada inlet maupun outlet di IPAL, namun berkisar antara 25-29°C, sedangkan temperatur optimum bakteri adalah 5-55°C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bakteri yang ada pada IPAL komunal berada dalam kisaran fase mesophilik. Rentang temperatur yang dimiliki limbah cair berada pada rentang temperatur optimum bakteri, sehingga bakteri dapat tumbuh dengan baik pada rentang tersebut (Komala *et al*, 2012). Derajat keasaman(pH) juga mempengaruhi pertumbuhan bakteri, Limbah pada IPAL menurut pengukuran Panji, 2021 mempunyai pH 6 - 7, sementara sebagian besar bakteri hidup pada rentang 5,3 - 7,5. Namun dengan kemampuannya beradaptasi mikroorganisme tersebut dapat hidup pada rentang asam maupun basa. Nilai pH pada setiap IPAL komunal juga mengalami peningkatan dan penurunan, adanya peningkatan nilai pH menandakan proses *methanogenesis* berjalan dengan baik. IPAL Komunal menggunakan proses biologi secara anaerob yang memanfaatkan mikroorganisme dalam mendegradasi polutan air limbah hanya akan berkembang dengan baik pada kondisi pH netral, dikarenakan bakteri metanogenik bekerja secara optimal pada kondisi pH netral (Lettinga & Haandel, 1994). Sehingga proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih cepat (Effendi, 2003).



Menurut (Feliatra, 2016) mikroba di lingkungan habitat alami membutuhkan berbagai jenis gas seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan metana. Untuk menumbuhkan mikroba di laboratorium, kita harus memperhatikan kebutuhan sejumlah gas tersebut. Jika kebutuhan gas kurang terpenuhi, pertumbuhan bakteri juga akan terhambat. Pada sampel yang diambil di IPAL komunal terdapat gumpalan lumpur yang muncul di permukaan dan kemungkinan dapat mempengaruhi intensitas keberadaan bakteri yang berada pada IPAL Komunal. Kemudian ketersediaan nutrisi pada media PCA yang lebih banyak juga dapat mempengaruhi bakteri yang dapat tumbuh pada media. Hal tersebut juga dapat terjadi karena sebagian data tidak dapat dihitung karena *spreader*.

Densitas bakteri dihitung menggunakan metode TPC. *Total Plate Count* (TPC) dapat menghitung jumlah mikroorganisme secara keseluruhan dalam suatu sampel. Media PCA ini baik untuk pertumbuhan total mikroba (semua jenis mikroba) karena di dalamnya mengandung komposisi *casein enzymic hydrolysate* yang menyediakan asam amino dan substansi nitrogen kompleks lainnya serta ekstrak yeast mensuplai vitamin B kompleks, sehingga keseluruhan bakteri dapat tumbuh di media ini karena kaya akan nutrisi (Hiaranya, 2017)

Densitas bakteri juga tergantung pada kondisi lingkungan tempat pertumbuhan bakteri. Kondisi IPAL dengan strata sangat tinggi sebagian besar belum di kelola dengan baik dan kurang dipelihara. Pada IPAL yang diteliti, teknologi ABR dan AF pada IPAL memiliki beberapa sekat/kompartemen yang terdapat proses degradasi senyawa organik di dalamnya oleh bakteri pengurai. Proses tersebut dipengaruhi oleh waktu kontak air limbah dengan bakteri pengurai dan waktu retensi mikroba karena adanya pengendapan. Pengendapan tersebut jika tidak dilakukan pembersihan secara berkala menyebabkan terjadinya pelarutan kembali senyawa organik di dalam limbah (Davis, 2015). Dalam penelitian ini banyak jumlah bakteri tidak dipengaruhi oleh perbedaan ukuran media dan panjang dan jumlah kompartemen (Jenie, 1993)

#### 4.5.3 Perhitungan Jumlah Koloni dan Identifikasi Morfologi Bakteri dengan Media DNB

Pengujian jumlah koloni dalam media DNB dilakukan dengan tujuan dapat mengetahui jumlah koloni yang tumbuh pada cawan petri yang morfologinya dapat diamati. Media *Dilute Nutrient Broth* (DNB) membutuhkan waktu inkubasi selama 14 hari dalam inkubator pada suhu 30°C. Selanjutnya dilakukan perhitungan bakteri menggunakan *Colony Counter* dan dilakukan pengamatan morfologi bakteri.



Gambar 4. 15 contoh koloni bakteri pada media DNB pada outlet IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

Morfologi bakteri dapat diamati setelah diinkubasi menggunakan media *Dilute Nutrient Broth* (DNB). Setelah dilakukan inkubasi selanjutnya bakteri dilakukan pengamatan morfologi secara langsung yang meliputi bentuk, tepian, ukuran, elevasi dan warna koloni bakteri. Koloni bakteri dikelompokkan berdasarkan persamaan morfologi untuk selanjutnya diinokulasi ke dalam NA miring.



Gambar 4. 16 Morfologi mikroba skala koloni, dengan bentuk *Rhizoid* ukuran besar.

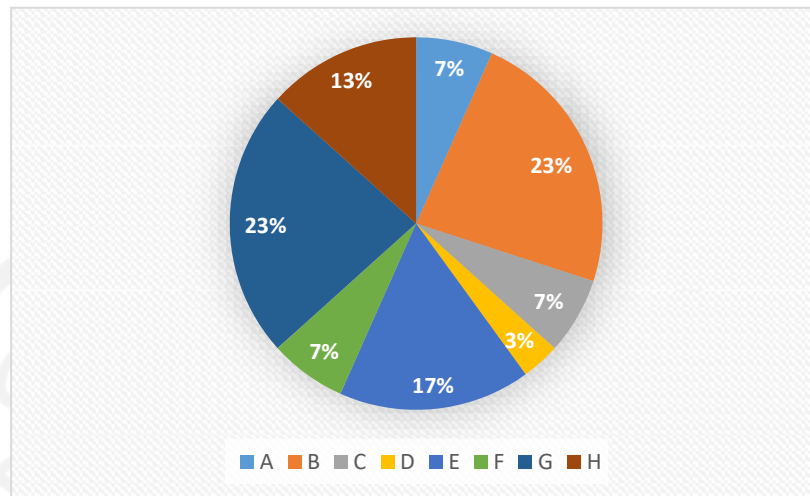
Hasil dari pengamatan morfologi yang teridentifikasi pada ketiga IPAL Komunal ditunjukkan pada Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 sebagai berikut:

#### 1. IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

Hasil Kuantifikasi Kelompok mikroba berdasarkan kemiripan morfologi pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih jika dilihat dari bentuk koloni, bentuk tepian koloni, ukuran, warna, jumlah, bentuk sel dan hasil pewarnaan gram dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 4. 2 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

No	Kode	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Jumlah	Warna Sel	Gram +/-
1	TB-A	Circular	Rata	Punctiform	Putih Susu	2	Basil	Negatif
2	TB-B	Circular	Rata	Small	Putih Susu	7	Coccus	Negatif
3	TB-C	Circular	Rata	Moderate	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
4	TB-D	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
5	TB-E	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	5	Coccus	Negatif
6	TB-F	Rizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	2	Coccus	Positif
7	TB-G	Rizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	7	Coccus	Negatif
8	TB-H	Rizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	4	Coccus	Negatif
<b>JUMLAH</b>						30		



Gambar 4. 17 Diagram dominasi Mikroba IPAL Tambakrejo Bersih berdasarkan koloni

Dari diagram 4.15 diketahui bahwa dominasi mikroba pada IPAL Tambakrejo Bersih adalah Kode B yaitu bentuk koloni circular dengan tepian rata, berukuran *small*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan kode G yaitu Rizoid dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan presentase masing- masing yaitu sebesar 23 %.

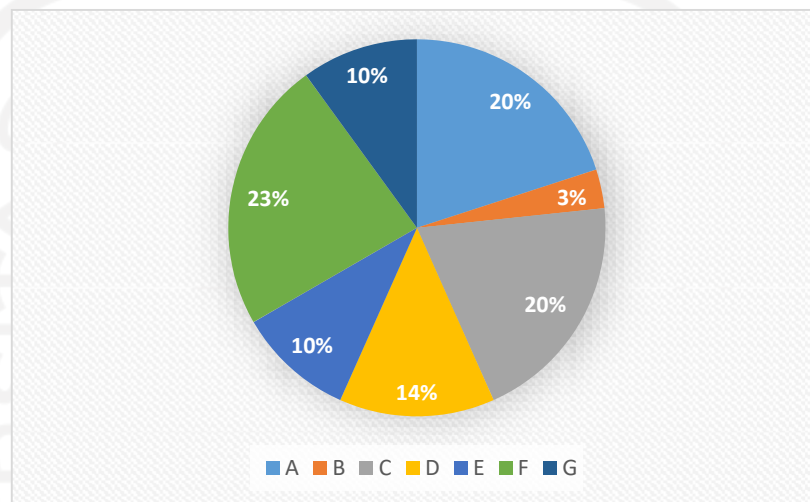
## 2. IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

Hasil Kuantifikasi Kelompok mikroba berdasarkan kemiripan morfologi pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati jika dilihat dari bentuk koloni, bentuk tepian koloni, ukuran, warna, jumlah, bentuk sel dan hasil pewarnaan gram dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut:

Tabel 4. 3 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

No	Kode	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Jumlah	Warna Sel	Gram +/-
1	MPS-A	Circular	Rata	Small	Putih Susu	6	Basil	Positif
2	MPS-B	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	1	Coccus	Negatif

3	MPS-C	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	6	Basil	Positif
4	MPS-D	Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	4	Coccus	Negatif
5	MPS-E	Rizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	3	Coccus	Negatif
6	MPS-F	Rizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	7	Coccus	Positif
7	MPS-G	Rizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	3	Coccus	Negatif
<b>JUMLAH</b>						30		



Gambar 4. 18 Diagram dominasi Mikroba IPAL Manunggal Pringgodani Sejati berdasarkan koloni

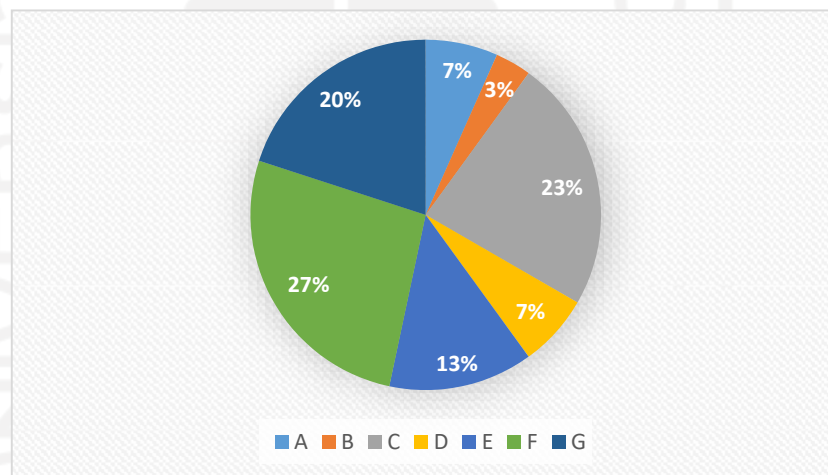
Dari diagram 4.16 diketahui bahwa dominasi mikroba pada IPAL Manunggal Pringgodani Sejati adalah kode F yaitu *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram positif dengan presentase yaitu sebesar 23 %.

### 3. IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

Hasil Kuantifikasi Kelompok mikroba berdasarkan kemiripan morfologi pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo jika dilihat dari bentuk koloni, bentuk tepian koloni, ukuran, warna, jumlah, bentuk sel dan hasil pewarnaan gram dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4. 4 Kuantifikasi Kelompok Mikroba berdasarkan Kemiripan Morfologi pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

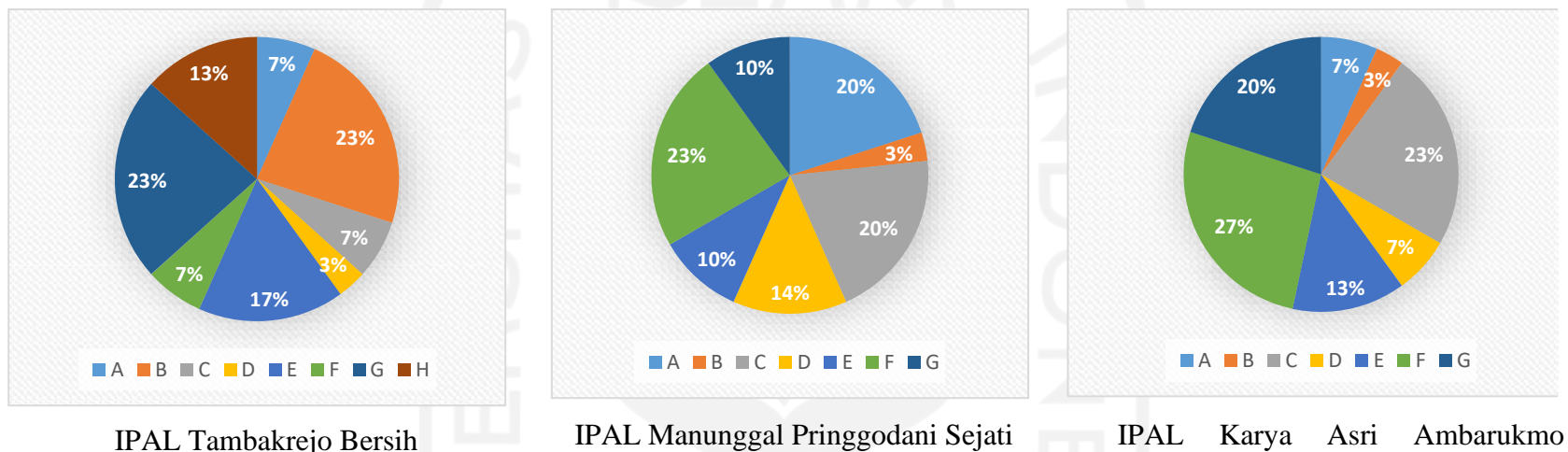
No	Kode	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Jumlah	Bentuk Sel	Gram +/-
1	KAA-A	Circular	Rata	Small	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
2	KAA-B	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
3	KAA-C	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	7	Coccus	Negatif
4	KAA-D	Rizoid	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
5	KAA-E	Rizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	4	Coccus	Negatif
6	KAA-F	Rizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	8	Coccus	Negatif
7	KAA-G	Rizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	6	Coccus	Negatif
<b>JUMLAH</b>						30		



Gambar 4. 19 Diagram dominasi Mikroba IPAL Karya Asri Ambarukmo berdasarkan koloni

Dari diagram 4.17 diketahui bahwa dominasi mikroba pada IPAL Karya Asri Ambarukmo adalah kode K yaitu *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan presentase yaitu sebesar 27 %.

4. Perbandingan dominasi Mikroba pada ketiga IPAL Komunal berdasarkan kemiripan morfologi koloni



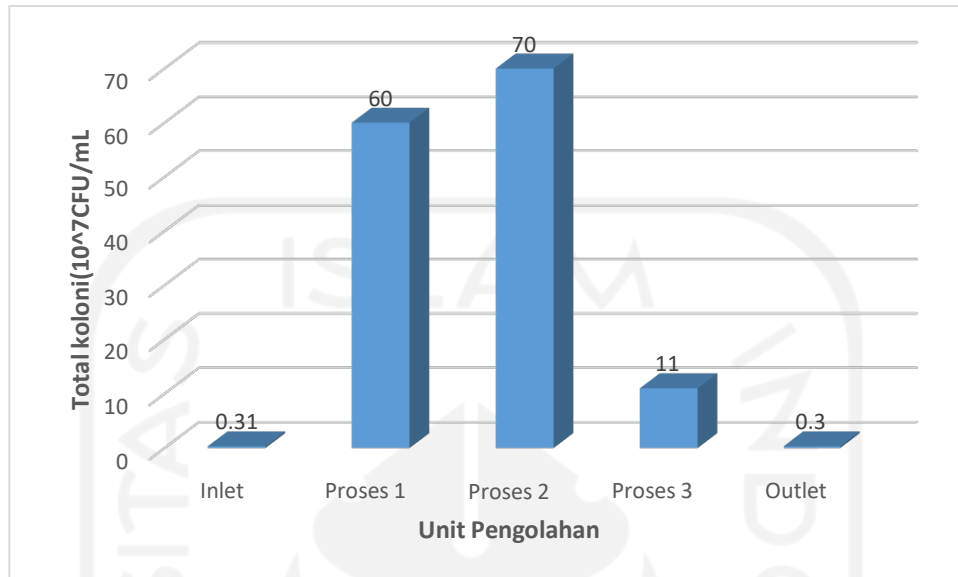
Gambar 4. 20 Diagram Perbandingan dominasi Mikroba pada ketiga IPAL Komunal berdasarkan kemiripan morfologi koloni

Diagram pada Gambar 4.18 menunjukkan perbedaan dominasi mikroba pada masing-masing IPAL komunal berdasarkan morfologi koloni. Pada diagram terlihat bahwa dominasi mikroba pada setiap IPAL berbeda-beda mulai dari bentuk koloni, bentuk tepian koloni, ukuran, warna, jumlah, bentuk sel dan hasil pewarnaan gram. Hal tersebut dapat terjadi karena masing-masing IPAL memiliki beban pengolahan yang berbeda, kondisi eksisting yang berbeda juga sehingga hal tersebut mempengaruhi dominasi mikroba yang terdapat pada IPAL komunal.



Hasil dari pengujian jumlah koloni bakteri menggunakan media DNB pada ketiga IPAL Komunal yang adalah sebagai berikut:

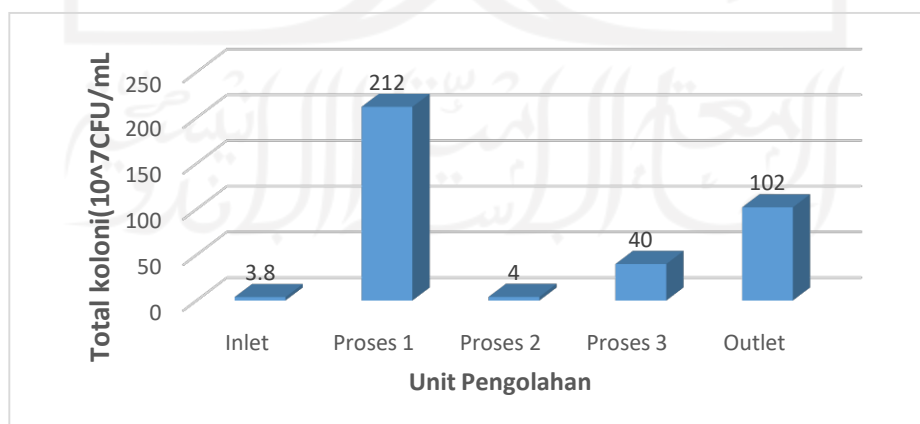
1. IPAL Komunal Tambakrejo Bersih



Gambar 4. 21 Grafik Hasil perhitungan koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

Hasil perhitungan koloni bakteri pada media *Dilute Nutrient Broth*(DNB) dalam CFU/ml pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet IPAL komunal Tambakrejo Bersih secara berurutan adalah  $0,31 \times 10^7$ ,  $60 \times 10^7$ ,  $70 \times 10^7$ ,  $11 \times 10^7$  dan  $0,3 \times 10^7$ .

2. IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

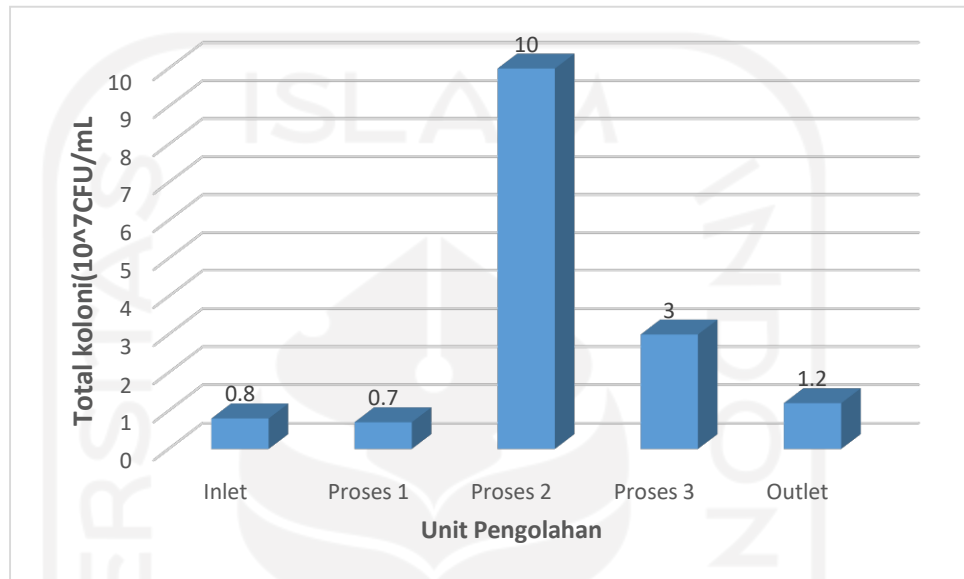


Gambar 4. 22 Grafik Jumlah koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati



Hasil perhitungan koloni bakteri pada media *Dilute Nutrient Broth(DNB)* dalam CFU/ml pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet PAL komunal Manunggal Pringgodani Sejati secara berurutan adalah  $3,8 \times 10^7$ ,  $212 \times 10^7$ ,  $4,0 \times 10^7$ ,  $40 \times 10^7$  dan  $102 \times 10^7$ .

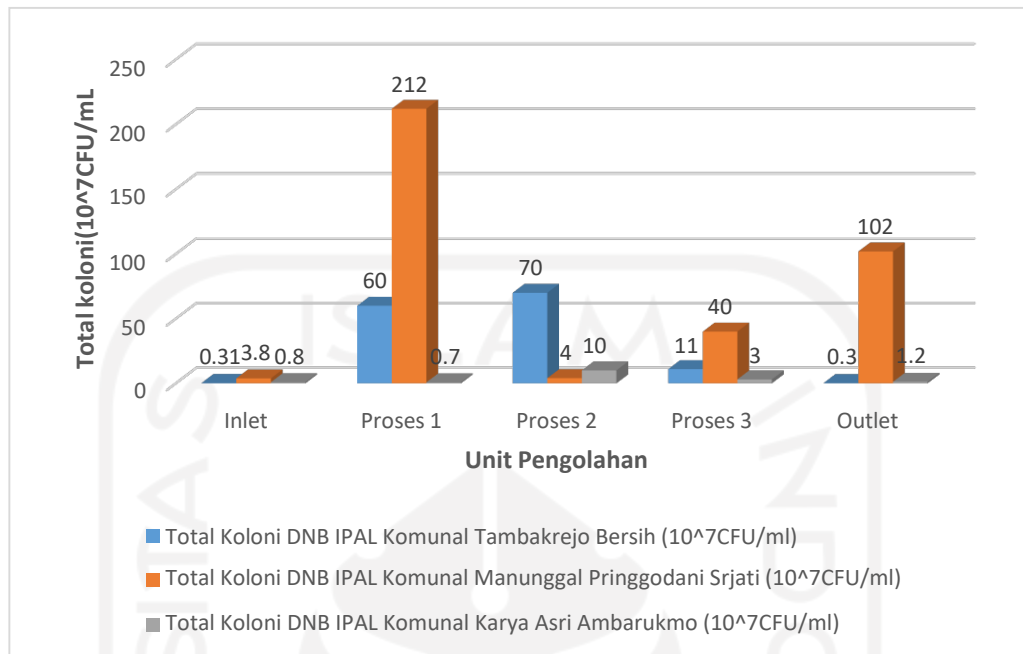
### 3. IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo



Gambar 4. 23 Grafik Jumlah koloni bakteri media DNB tiap Unit IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

Hasil perhitungan koloni bakteri pada media *Dilute Nutrient Broth(DNB)* dalam CFU/ml pada inlet, proses 1, proses 2, proses 3 dan outlet IPAL komunal Karya Asri Ambarukmo secara berurutan adalah  $0,8 \times 10^7$ ,  $0,7 \times 10^7$ ,  $10 \times 10^7$ ,  $3,0 \times 10^7$  dan  $1,2 \times 10^7$ .

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



Gambar 4. 24 Grafik Perbandingan jumlah koloni bakteri pada masing – masing IPAL Komunal dengan media DNB

Grafik pada Gambar 4.22 adalah grafik hasil perhitungan koloni CFU/ml/unit dan tidak dapat merepresentasikan jumlah kandungan mikroba pada tiap unit. Grafik jumlah perhitungan koloni pada media *Dilute Nutrient Broth* bersifat fluktuatif dan berbeda pada setiap prosesnya. Hal tersebut dapat terjadi karena dipengaruhi oleh faktor fisik dan faktor kimia limbah cair yang terdapat pada IPAL tersebut baik dari segi ketersediaan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri untuk tumbuh maupun faktor pH, penggunaan karbon dan sumber energi, suhu, sintesis protein dan berbagai materi penyimpan, dan pelepasan produk metabolisme dari dalam sel (Bailey & Ollis 1986). Pertumbuhan mikroba secara normal pasti menuju pH netral sehingga mikroba dapat berkembang biak untuk mendegradasi bahan organik yang ada dalam limbah cair. Kemudian pada media DNB, ketersediaan nutrisi dalam media lebih sedikit dibandingkan dengan media PCA sehingga memungkinkan bakteri yang tumbuh juga lebih spesifik. Bakteri yang tumbuh pada media DNB termasuk dalam jenis bakteri *oligotrophic*, bakteri ini dapat hidup dengan keadaan kekurangan nutrisi (Suwa & Hattori, 1984). Jika penyerapan nutrisi oleh sel atau efisiensi pemanfaatan nutrisi terhambat, sel akan membutuhkan waktu

yang lebih lama untuk menghasilkan sel baru, sehingga laju pertumbuhan mikroba lebih kecil. Ketersediaan nutrisi pada media juga berpengaruh dalam proses pembelahan sel, dengan mengurangi laju pertumbuhan konstan melalui perlambatan penyerapan nutrisi atau menurunkan efisiensi pemanfaatan nutrisi. (Yamada, *et al*, 2010) Beberapa jenis mikroba dapat hidup pada rentang suhu yang luas sedang jenis lainnya pada rentang suhu yang terbatas. Pada umumnya rentang suhu mikroba terletak antara 0°C - 90°C (Waluyo, 2005). Suhu akan mempengaruhi pertumbuhan bakteri, karena suhu yang digunakan untuk inkubasi bakteri sebesar 30°C, maka bakteri yang bisa tumbuh pada media termasuk bakteri mesofilik sedangkan bakteri jenis lain akan sulit tumbuh. Kemudian berdasarkan pengukuran suhu pada IPAL yang dilakukan Panji, 2021 didapatkan hasil yang fluktuatif baik pada inlet maupun outlet di IPAL, namun berkisar antara 25-29°C, sedangkan temperatur optimum bakteri adalah 5-55°C. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa bakteri yang ada pada IPAL komunal berada dalam kisaran fase mesophilik. Lalu untuk pH limbah di inlet dan outlet pada IPAL menurut pengukuran Panji, 2021 mempunyai nilai pH 6 - 7, sementara sebagian besar bakteri hidup pada rentang pH 5,3 - 7,5. Dengan kemampuan adaptasinya, mikroorganisme tersebut dapat hidup pada rentang asam maupun basa. Nilai pH pada setiap IPAL komunal bersifat fluktuatif dan adanya peningkatan nilai pH menandakan proses *methanogenesis* berjalan dengan baik. Perubahan pH yang terjadi pada saat pengolahan air limbah dikarenakan oksidasi amonia menjadi nitrat akan menghasilkan H<sup>+</sup> yang menyebabkan turunnya pH (Joko Bowo, 1996). Kemudian faktor lain yang mungkin mempengaruhi jumlah bakteri juga dapat terjadi karena sebagian data tidak dapat dihitung karena *spreader*.

Pada media DNB, bakteri yang akan tumbuh pada media lebih spesifik karena adanya pengenceran yang menyebabkan nutrisi pada media lebih sedikit, berbeda dengan media PCA yang kaya akan nutrisi dan menyebabkan banyak bakteri yang lebih bervariasi akan tumbuh (Hashimoto *et al*, 2009). Jadi, densitas bakteri pada hasil perhitungan adalah jumlah bakteri yang dapat tumbuh dengan nutrisi minimal pada DNB. Pada penelitian Ohta Hattori (1980) mengamati bahwa jumlah koloni yang lebih tinggi diperoleh dengan pengenceran media *Nutrient Broth*

dengan sampel tanah, dan menemukan banyak bakteri yang sensitif terhadap media NB yang diencerkan/ DNB.

Kondisi IPAL dengan strata sangat tinggi sebagian besar belum di kelola dengan baik dan kurang dipelihara dapat mempengaruhi densitas bakteri pada IPAL. Pada *Anaerobic Baffled Reactor* dan *Anaerobic Filter* pada IPAL komunal yang diteliti memiliki beberapa kompartemen. Pada kompartemen tersebut terdapat degradasi senyawa organik oleh bakteri pengurai. Proses tersebut dipengaruhi oleh waktu kontak air limbah dengan bakteri pengurai dan waktu retensi mikroba karena adanya pengendapan. Jika tidak dilakukan pembersihan pada pengendapan yang terjadi dapat menyebabkan senyawa organik kembali terlarut dalam limbah (Davis, 2015)

#### 4.5.4 Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram dilakukan untuk memberi warna pada sel bakteri sehingga menambah kontras dan lebih jelas dalam mengamati bakteri. Setelah dilakukan pengamatan morfologi bakteri, selanjutnya bakteri pada cawan di inokulasikan ke dalam media *Nutrient Agar* miring dalam cawan dengan cara *Streak plate method* (cara gores). Setelah *Nutrient Agar* miring berisi bakteri diinkubasi selama 24 jam pada incubator dengan suhu 30° C. Setelah diinkubasi kemudian memasukkan bakteri dari NA miring ke dalam kaca preparat untuk dilakukan pewarnaan gram dan pengamatan sel menggunakan mikroskop. Pengamatan menggunakan mikroskop dilakukan dengan pembesaran 100 x.



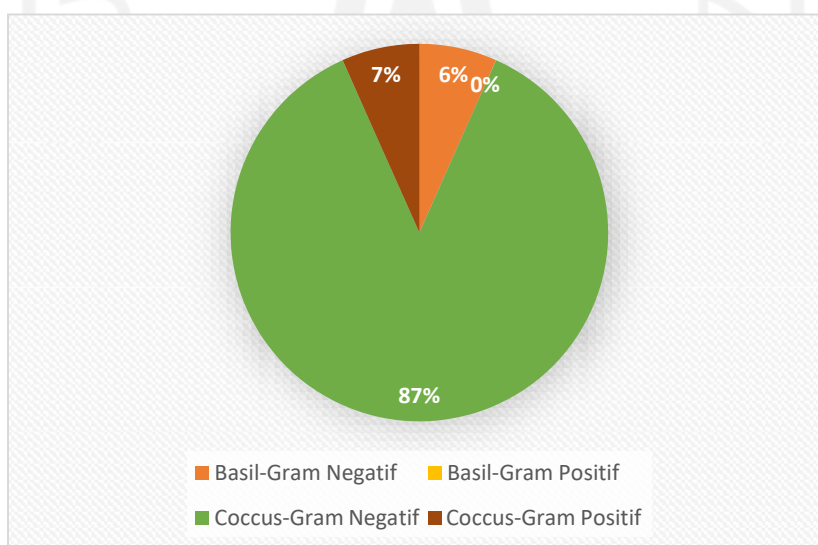
Gambar 4. 25 Proses Pewarnaan gram menggunakan 4 larutan warna

Pewarnaan gram dilakukan menggunakan 4 pewarna yaitu larutan gram A (kristal violet), gram B (lugol), gram C (alkohol 70%) dan gram D (fuchsin basa). Dalam perwarnaan gram, mula-mula sel bakteri diwarnai dengan zat warna basa yaitu violet Kristal, lalu selanjutnya ditetesi menggunakan larutan yodium (lugol). Sel kemudian dicuci dengan alkohol untuk menghilangkan violet Kristal. Setelah dicuci dengan air, kemudian diwarnai dengan “*counterstain*” yaitu safranin. Sel-sel yang tidak dapat melepaskan warna dan akan tetap berwarna seperti warna kristal violet, yaitu biru-ungu disebut bakteri gram-positif sedang sel-sel yang dapat melepaskan violet kristal dan mengikat safranin sehingga berwarna merah-muda disebut bakteri gram-negatif. Hasil pengamatan sel dari hasil pewarnaan gram dapat dilihat sebagai berikut:

1. IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

Tabel 4. 5 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

No	Bentuk Sel-Warna Sel-Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	2
2	Basil-Gram Positif	0
3	Coccus-Gram Negatif	26
4	Coccus-Gram Positif	2



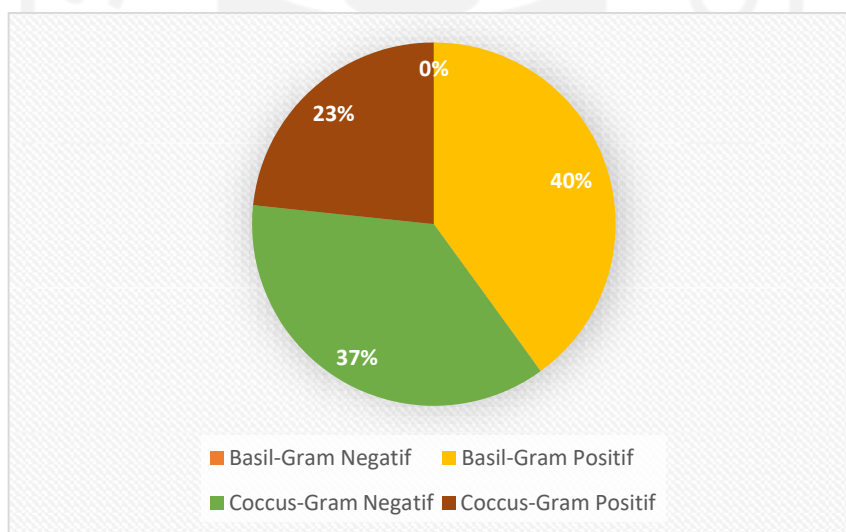
Gambar 4. 26 Diagram mikroba dominan pada IPAL komunal Tambakrejo Bersih

Pada diagram pada Gambar 4.25, diketahui bahwa bakteri dominan yang yang paling banyak di temukan pada IPAL Tambakrejo Bersih secara berurutan yaitu bakteri *coccus* – gram negatif sebesar 87 %, *coccus* – gram positif sebesar 7 % , *basil* – gram negatif sebesar 6 % dan *basil* – gram positif sebesar 0 %.

## 2. IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

Tabel 4. 6 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

No	Bentuk Sel-Warna Sel-Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	0
2	Basil-Gram Positif	12
3	Coccus-Gram Negatif	11
4	Coccus-Gram Positif	7



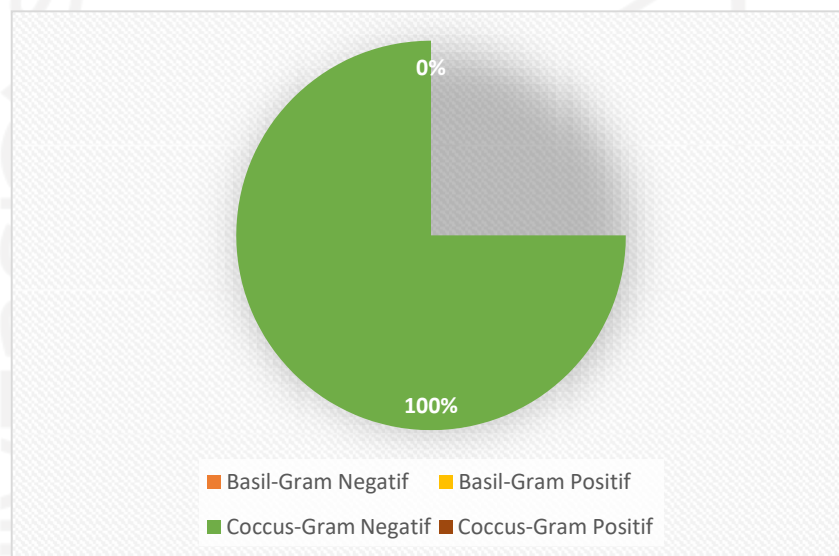
Gambar 4. 27 Diagram bakteri dominan pada IPAL komunal Manunggal Pringgodani Sejati

Pada diagram di Gambar 4.25 diketahui bahwa bakteri dominan yang yang paling banyak di temukan pada IPAL Manunggal Pringgodani Sejati secara berurutan yaitu bakteri *basil* – gram positif sebesar 40 %, *coccus* – gram negatif sebesar 37 %, *coccus* – gram positif sebesar 23 % , dan *basil*– gram negatif sebesar 0 %.

### 3. IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

Tabel 4. 7 Kuantifikasi Kelompok berdasarkan Morfologi Sel pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo

No	Bentuk Sel-Warna Sel-Gram +/-	Jumlah
1	Basil-Gram Negatif	0
2	Basil-Gram Positif	0
3	Coccus-Gram Negatif	30
4	Coccus-Gram Positif	0

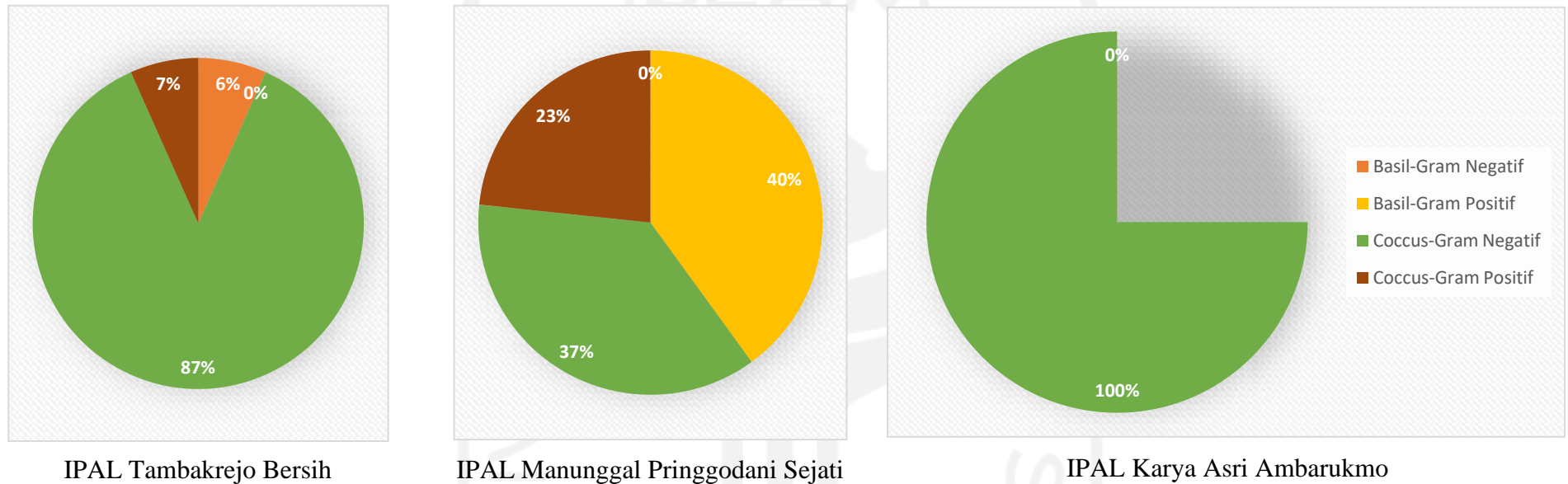


Gambar 4. 28 Diagram bakteri dominan pada IPAL komunal Karya Asri Ambarukmo

Pada diagram di Gambar 4.26, dapat diketahui bahwa bakteri dominan yang yang paling banyak di temukan pada IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo yaitu bakteri *coccus* – gram negatif sebesar 100 %.



#### 4. Perbandingan Hasil Identifikasi Bakteri Dominan IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel dengan Pewarnaan Gram

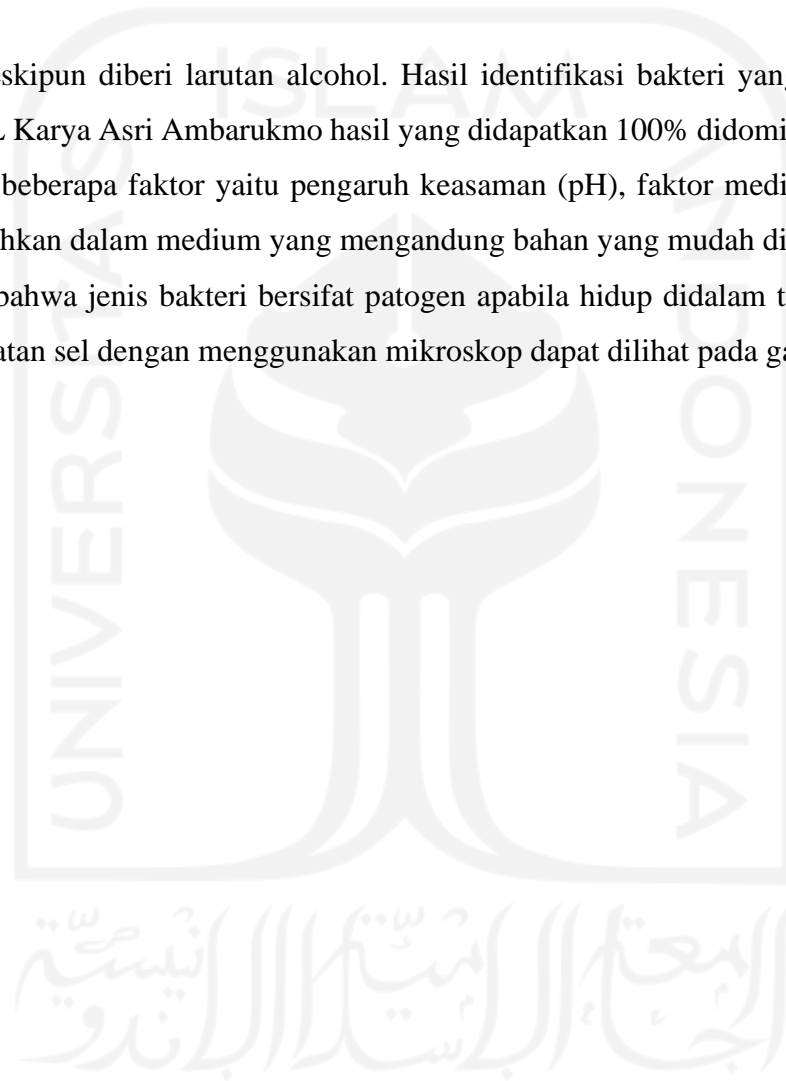


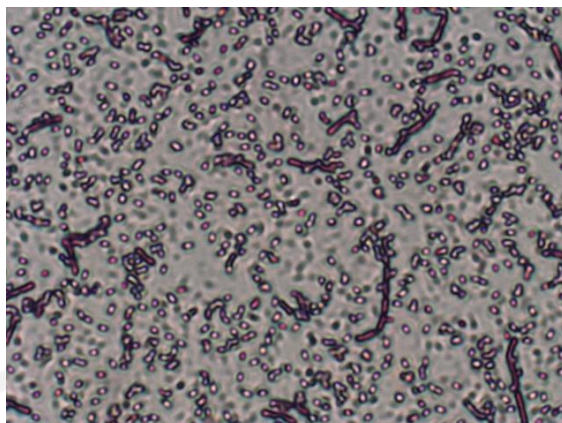
Gambar 4. 29 Perbandingan Hasil Identifikasi Bakteri Dominan IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel dengan Pewarnaan Gram

Gambar 4.27 merupakan Perbandingan Hasil Identifikasi Bakteri Dominan IPAL Komunal Berdasarkan Identifikasi Sel dengan Pewarnaan Gram, dari diagram tersebut dapat dilihat bahwa bakteri yang paling dominan pada ketiga IPAL Komunal adalah bakteri *coccus* – gram negatif. Perbedaan warna antara bakteri gram positif dan bakteri gram negatif disebabkan adanya perbedaan struktur dan dinding selnya. Dinding bakteri gram positif banyak mengandung peptidoglikan, sedangkan dinding bakteri gram negatif banyak mengandung lipopolisakarida (Sari *et al.*, 2015). Pewarnaan gram dengan hasil gram negatif berwarna ungu terjadi karena kompleks zat warna kristal



violet-yodium tetap dipertahankan meskipun diberi larutan alcohol. Hasil identifikasi bakteri yang dilakukan memperoleh dominasi gram negatif keseluruhan, bahkan pada IPAL Karya Asri Ambarukmo hasil yang didapatkan 100% didominasi oleh bakteri *coccus* – gram negatif. Hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pengaruh keasaman (pH), faktor media yang digunakan karena bakteri gram positif lemah jika terlalu lama ditumbuhkan dalam medium yang mengandung bahan yang mudah di fermentasi. Dengan didominasi bakteri gram positif, juga dapat menjelaskan bahwa jenis bakteri bersifat patogen apabila hidup didalam tubuh makhluk hidup. Beberapa contoh bentuk sel dan warna sel pada pengamatan sel dengan menggunakan mikroskop dapat dilihat pada gambar 4.28, 4.29, dan 4.30.

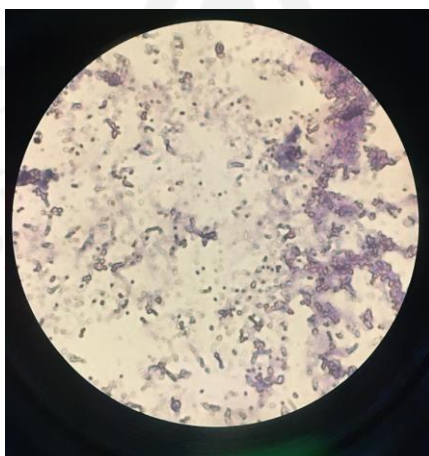




Gambar 4. 28 Bentuk Sel Coccus Berwarna Merah (Gram Negatif) dengan pembesaran 100 x



Gambar 4. 29 Bentuk Sel Basil Berwarna Ungu (Gram Positif) dengan pembesaran 100 x



Gambar 4. 30 Bentuk Sel Coccus Berwarna Ungu (Gram Positif) dengan pembesaran 100 x

## 4.6 Pemetaan Bakteri

Setelah diketahui bakteri dominan pada masing- masing IPAL Komunal yang di teliti, selanjutnya dilakukan pemetaan bakteri untuk mengetahui jenis bakteri yang ada pada IPAL Komunal.

### 4.6.1 IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

IPAL Komunal Tambakrejo Bersih menurut kondisi eksistingnya, terlihat bahwa belum tersedianya alat pemeliharaan dan sumber energi listrik pada IPAL komunal. Pemeliharaan IPAL yang kurang diperhatikan dapat menyebabkan pengaruh pada bakteri dominan pada IPAL Komunal. Berdasarkan penelitian di laboratorium, bakteri dominan yang ada pada IPAL Komunal Tambakrejo Bersih menurut morfologinya adalah bakteri dengan bentuk koloni *circular* dengan tepian rata, berukuran *small*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate* , berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan presentase masing- masing yaitu sebesar 23 %.

Berdasarkan ciri-ciri tersebut, bakteri dengan koloni *circular* dengan tepian rata, berukuran *small*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif kemungkinan besar adalah *Advenella faeciporci* yang ada pada tahapan asidogenesis. Bakteri ini berbentuk *coccus* mesofilik gram negatif dan berperan membantu dalam fermentasi glukosa dan hidrokarbon dan denitrifikasi nitrit. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimal di kisaran 25 - 35 °C dan pH 7-9.

Kemudian untuk bakteri kedua yaitu *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif, menurut ciri-cirinya bakteri tersebut kelompok *Methanogenic Bacteria*.. Bakteri ini berperan dalam mengolah hasil dari tahapan methanogenesis untuk menghasilkan gas metan dan biasanya terdapat pada tahapan terakhir dalam degradasi anaerobik (Mahardika, 2006).

Berdasarkan pengamatan morfologi bakteri dan kondisi IPAL Komunal Tambakrejo Bersih, dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Advenella faeciporci* yang ada pada tahapan asidogenesis dan bakteri kelompok *Methanogenic Bacteria* yang ada pada tahapan methanogenesis.

#### 4.6.2 IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati

Bakteri dominan pada IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati dengan morfologi koloni *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram positif sebesar 27%. Kemudian terdapat bakteri dominan berbentuk filamentous dan circular dengan dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *basil* gram positif masing-masing sebesar 20%.

IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati menurut kondisi eksistingnya, terlihat bahwa kondisi IPAL kurang terawat dan jarang adanya pengecekan IPAL oleh dinas terkait kinerja IPAL. Pemeliharaan IPAL yang kurang diperhatikan dapat menyebabkan pengaruh pada bakteri dominan pada IPAL Komunal.

IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati menggunakan pengolahan anaerobik, pada hasil penelitian ditemukan adanya bakteri Filamen pada pengolahan limbah termasuk bakteri berbahaya yang dapat memengaruhi kinerja IPAL, yaitu dengan berperan sebagai *stabilizer* busa pada IPAL. Akibatnya, busa tersebut sulit menghilang, dan menyebabkan penurunan kinerja IPAL (Smeaton, 2017).

Tingginya bakteri filamen pada IPAL dapat mempengaruhi kinerja pada IPAL karena sifatnya yang mengganggu. Pembusaan menyebabkan tenaga ekstra untuk mengendalikan busa dengan menyemprotkan air atau menambahkan penghilang busa, dan sering kali mengarah pada tugas yang tidak menyenangkan untuk membersihkan busa berfilamen untuk menjaga kondisi sanitasi dan untuk menghindari masalah operasional (Heard, 2008).

Bakteri dengan bentuk *rizoid* dengan pinggiran tidak rata, permukaan datar, berwarna putih, gram positif, sel umumnya berbentuk *coccus*. Menurut karakteristiknya bakteri tersebut mirip dengan bakteri *Ruminococcus albus* yang terdapat pada tahapan hidrolisis pada proses anaerobik. Bakteri tersebut berperan untuk sebagai pendegradasi sel dan menghasilkan elulosom, kompleks multi enzim, yang meningkatkan degradasi proses polisakarida kompleks. Spesies ini biasanya ditemukan dalam digester anaerobik yang beroperasi pada suhu 37°C dengan suhu optimal kisaran pH 7,0-7,5, dan mengolah substrat dengan kandungan selulosa tinggi seperti limbah kertas dan kotoran hewan (Li *et al.*, 2018)

Kemudian bakteri dominan pada IPAL dengan bentuk *circular* dengan pinggiran tidak rata, permukaan datar, berwarna putih, gram positif, sel umumnya berbentuk basil berantai. Menurut karakteristiknya bakteri tersebut mirip dengan bakteri *Clostridium sp.* Bakteri *Clostridium sp.* yang ditemukan dalam air limbah dengan perlakuan anaerob ini tergolong dalam mikroorganisme selulolitik. Bakteri ini dapat ditemukan pada tahapan hidrolisis yang berperan mengubah gula, asam amino, dan asam lemak menjadi asam organik. Oleh karena itu pentingnya keberadaan *Clostridium sp.* sebagai bakteri hidrolitik adalah hasil kerja mereka bisa dimanfaatkan oleh mikroorganisme lain untuk metabolisme (Hermanus *et al.*, 2015). Namun, keberadaan bakteri ini juga dapat bersifat pathogen karena bakteri *Clostridium sp.* merupakan bakteri pathogen dan bakteri methanogenik (Haribi, 2008). Bakteri ini dapat menyebabkan penyakit diare, sebagaimana penelitian (Musher *et al.* 2005) yang menyebutkan bahwa bakteri *Clostridium sp.* hasil dari limbah rumah sakit adalah penyebab utama penyakit diare yang mengakibatkan lebih dari 300.000 kasus setiap tahun di Amerika Utara. Bakteri ini memiliki sifat spora yang kokoh sehingga sangat mungkin bakteri dapat bertahan hidup setelah melewati proses klorinasi, perawatan alkali dan *dewatering* pada pengolahan limbah. Sehingga ada kemungkinan bakteri tetap ada di *effluent* dan menyebabkan kerugian bagi lingkungan/manusia salah satunya yaitu penyakit diare (Xu, *et al.*, 2014).

Sedangkan bakteri ketiga yang mendominasi IPAL dengan bentuk *filamentous* dan bentuk sel *basil* gram positif dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Nocardia Farcinica*. Hal ini dapat disimpulkan dari morfologi *Nocardia Farcinica* yang berbentuk filamen gram positif (Naido *et al.*, 2011). Bakteri ini merupakan bakteri yang dapat menyebabkan pembusakan pada IPAL dan bersifat pathogen karena dapat menyebabkan penyakit Nocardiosis yang dapat bermanifestasi sendiri sebagai penyakit infeksi akut, subakut atau kronis yang terjadi dalam bentuk kulit, paru dan diseminata (Iglesia *et al.*, 2002).

Berdasarkan pengamatan morfologi dan kondisi IPAL Komunal Manunggal Pringgodani Sejati yang demikian, bakteri yang mendominasi pada IPAL adalah bakteri *Ruminococcus albus*, bakteri *Clostridium sp.* yang terdapat pada tahapan hidrolisis pada proses anaerobic dan merupakan bakteri pathogen

yang dapat menyebabkan penyakit diare dan bakteri *Nocardia Farcinica* yang tergolong sebagai bakteri pencemar filamen pada sistem anaerobik dan bersifat patogen karena menyebabkan penyakit. Bakteri pathogen *Clostridium sp* dan *Nocardia Farcinica* pada penelitian masih ditemukan pada outlet sehingga dapat ikut mengalir dari outlet dan mencemari perairan sekitar.

#### 4.6.3 IPAL Karya Asri Ambarukmo

IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo memiliki bakteri dominan dengan morfologi koloni *Rizoid* dengan tepian bergerigi, ukuran *moderate*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan presentase yaitu sebesar 27 %. Kemudian juga terdapat bakteri dengan bentuk *Filamentous* dengan tepian bergerigi, ukuran *small*, berwarna putih susu dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dengan presentase yaitu sebesar 23%.

Berdasarkan pengamatan secara langsung di lapangan, kondisi IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo kurang terawat dan tidak terkelola dengan baik. Terlihat dari lokasi IPAL yang kotor dan sebagian penutup pada unit pengolahan telah rusak. Hal tersebut dapat mempengaruhi dominasi mikroba pada IPAL dan dibuktikan dengan tingginya jumlah bakteri filament pada IPAL.

Adanya bakteri filament pada IPAL kemungkinan dapat disebabkan karena kurangnya perawatan oleh pengurus IPAL sehingga proses pengolahan di dalam IPAL tidak berjalan secara maksimal. Bakteri dengan bentuk *filamentous* dan bentuk sel *coccus* gram negatif dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Thiothrix*. Hal ini dapat disimpulkan dari morfologi *Thiothrix* yang berbentuk filamen gram negatif (Henriet *et al*, 2017). Kemudian untuk bakteri kedua yaitu bentuk rizoid, bentuk sel *coccus* dan merupakan gram negatif memiliki ciri morfologi mendekati dengan bakteri pada jenis *Advenella faeciporci* yang ada pada tahapan asidogenesis. Bakteri ini berbentuk *coccus* mesofilik gram negatif dan berperan membantu dalam fermentasi glukosa dan hidrokarbon dan denitrifikasi nitrit. Bakteri ini tumbuh pada suhu optimal di kisaran 25 - 35 °C dan pH 7-9.

Namun kinerja bakteri pada tahapan hidrolisis menjadi kurang maksimal karena adanya bakteri filament yang terdapat pada IPAL dapat mengganggu kinerja



dari IPAL. Bakteri filament dapat menyebabkan pembusaan yang sulit untuk dihilangkan.

#### 4.6.4 Bakteri pada tahapan Anaerobik pada IPAL Komunal

Pengolahan anaerobik IPAL dalam pengolahan biologis terjadi dalam tiap tahap pemecahan bahan organik yang menghasilkan gas metana (CH<sub>4</sub>) yaitu:

##### 1. Hidrolisis

Proses ini merupakan proses dimana aktivitas kelompok bakteri saprofilik menguraikan bahan kompleks. Proses degradasi hidrolisis ini adalah proses yang paling menentukan dalam menghasilkan substrat-substrat untuk berhasilnya tahap selanjutnya dan proses paling lambat dari ketiga tahapan. Contoh bakteri hidrolisis adalah *Anaerobacterium chartisolvens*, *Bellilinea caldifistulae*, *Fibrobacter intestinalis*, *Gracilibacter thermotolerans*, *seudobacteroides cellulosolvans*, *Clostridium cellulolyticum* (Amin, et al., 2020).

##### 2. Asetogenesis

Proses acetogenesis, yaitu perubahan asam organik dan alkohol menjadi asam asetat. Pada proses ini senyawa asam organik dan etanol diuraikan *acetogenic bacteria* menjadi asam format, asetat, CO<sub>2</sub>, dan H<sub>2</sub>.

##### 3. Asidogenesis

Proses ini mengubah bahan organik menjadi asam organik rantai pendek seperti asam butirat, asam propionate, asam amino, asam asetat, dan asam lain oleh bakteri asidogenik. Contoh bakteri pada proses Asidogenesis adalah *Advenella faeciporci*, *Alkalitalea saponilacus*, *Bacteroides caccae*, *Cloacibacillus porcorum*, *Dechloromonas denitrifican* (Amin, et al., 2020).

##### 4. Methanogenesis

Proses Metanogenesis merupakan proses bakteri Metanogenik mengkonversi asam organik volatil menjadi gas metan dan karbondioksida (Indriyati, 2002). Contoh bakteri pada proses Methanogenesis adalah *Methanobacterium bryantii*, *M. formicum*, *M. Sochnenii*, *M. Thermoautotrophicum*, *Methanococcus vannielii*, *Methanococcus voltae*, *Methanogenium aggregans*, *Methanogenium marisnigri*, *Methanomicrobium mobile*, *Methanosarcina barkeri*, dan *Methanobrevitbacter of smithii* (Amin, et al., 2020).

Tabel 4. 8 Tabel bakteri pada proses anaerobic di IPAL Komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi di Kabupaten Sleman

No	Tahapan	Bakteri Menurut Literatur	Ciri-ciri bakteri	Peran Bakteri	Bakteri Menurut Hasil Penelitian
1.	Hidrolisis	<i>Anaerobacterium chartisolvans</i>	Berbentuk Batang /0.8-1µm lebar, 3,5-15µm panjang.	Mendegradasi karbohidrat menghasilkan asetat, etanol, laktat dan suksinat.	
		<i>Clostridium cellulolyticum</i>	Berbentuk batang sedikit melengkung /lebar 0,6-1µm, 3-panjang 6µm	Menghidrolisis varietas karbohidrat dan mayor produk fermentasi dari selulosa.	<i>Clostridium</i>
		<i>Bellilinea caldifistulae</i>	Multifilamen/0.2-0,4µm lebar, >100µm panjang.	Memanfaatkan karbohidrat, protein dan variasi gula yang terbatas untuk asetat, format, laktat dan H <sup>2</sup> .	
		<i>Clostridium thermocellum</i>	Bentuk batang/0.4-0.6µm lebar, panjang 2-5µm	Menghidrolisis selulosa kristal dengan selobiosa sebagai produk utama	
		<i>Ruminococcus albus</i>	Berbentuk coccus	sebagai pendegradasi sel dan menghasilkan elulosom, kompleks multi enzim, yang meningkatkan degradasi proses polisakarida kompleks	<i>Ruminococcus albus</i>
2.	Asidogenesis	<i>Advenella faeciporci</i>	Kokus-gram negatif /lebar 0,75µm, panjang 1,5-2µm,	Membantu glukosa dan hidrokarbon fermentasi dan denitrifier nitrit	<i>Advenella faeciporci</i>
		<i>Bacteroides caccae</i>	Bentuk batang lebar / 1,4-1,6µm, panjang 2,5-12µm.	memfermentasi karbohidrat untuk menghasilkan suksinat dan asetat	



		<i>Bifidobacterium animalis</i>	Batang pendek/lebar 0,3µm, 1.3-1.5µm panjang	Memfermentasi gula menjadi laktat dan asetat.	
		<i>Christensenella minuta</i>	Bentuk batang lebar / 0,4µm, 1,8-1.9µm panjang	Memfaatkan berbagai gula dan menghasilkan VFA sebagai produk fermentasi.	
		<i>Cloacibacillus porcorum</i>	Batang Melengkung/1µm lebar, panjang 4.25µm	Fermentasi asam amino untuk menghasilkan asetat, format, dan propionat. Butyrate dihasilkan dari Serine saja.	
3.	Asetogenesis	<i>Acetobacterium wieringae</i>	batang/ lebar 1µm, 1-panjang 2µm	Pertumbuhan terjadi dengan H <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> ke membentuk asetat.	
		<i>Acetobacterium woodii</i>	Bentuk batang pendek/1µm, 1-panjang 2µm	Mengoksidasi H <sub>2</sub> dan mereduksi CO <sub>2</sub> menjadi menghasilkan asetat	
		<i>Clostridium aceticum</i>	Lebar 0,8-1µm, 5µm panjang dengan H <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> dan panjang 40µm dengan panjang fruktosa	Mengubah putresin menjadi asetat, Butirat, molekul H <sub>2</sub> dan amonia.	
		<i>Clostridium thermoautotrophicum</i>	Berbentuk batang	Mengubah H <sub>2</sub> dan CO <sub>2</sub> menjadi asetat	
4.	Methanogenesis	<i>Methanimicrococcus balticola</i>	Berbentuk bulat	Menghasilkan Metanol dan amina termetilasi.	<i>Methanogenic Bacteria</i>
		<i>Methanobacterium aarhusense</i>	Filamentous/5-18 m panjang, lebar 0,7µm	Menghasilkan H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> .	
		<i>Methanobacterium aggregans</i>	Bentuk batang	Menghasilkan H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> .	

		<i>Methanobacterium alcaliphilum</i>	Bentuk batang/2-25µm, lebar 0,5-0,6µm	Menghasilkan H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> .	
		<i>Methanobacterium arcticum</i>	Batang melengkung/3-6µm panjang, lebar 0,45-0,5µm	Menghasilkan H <sub>2</sub> /CO <sub>2</sub> .	

Sumber: Amin, *et al.*, 2020

Pada tabel 4.8 diketahui bahwa bakteri yang mendominasi pada proses anaerobic yaitu pada tahapan hidrolisis oleh bakteri *Clostridium* yang berperan menghidrolisis varietas karbohidrat dan mayor produk fermentasi dari selulosa, dan bakteri *Ruminococcus albus* yang berperan sebagai pendegradasi sel dan menghasilkan elulosom, kompleks multi enzim, yang meningkatkan degradasi proses polisakarida kompleks. Kemudian pada tahapan Asidogenesis bakteri yang dominan adalah *Advenella faeciporci*, bakteri ini berbentuk *coccus* mesofilik gram negatif dan berperan membantu dalam fermentasi glukosa dan hidrokarbon dan denitrifikasi nitrit. Sedangkan pada tahapan methanogenesis, bakteri yang dominan adalah kelompok *Methanogenic Bacteria* yang berperan dalam mengolah hasil dari tahapan methanogenesis untuk menghasilkan gas metan dan biasanya terdapat pada tahapan terakhir dalam degradasi anaerobik. Namun pada proses anaerobic ini terdapat bakteri *Thiothrix* yang tergolong sebagai bakteri pencemar filamen yang dapat mengganggu proses pada IPAL karena dapat menyebabkan pembusaan yang sulit untuk dihilangkan. Pada IPAL juga terdapat bakteri pathogen yaitu bakteri *Clostridium* yang dapat menyebabkan penyakit diare dan bakteri *Nocardia Farcinica* yang dapat menyebabkan penyakit Nocardiosis.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian , maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil penelitian diketahui bahwa mikroba dominan pada IPAL komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi berdasarkan morfologinya adalah bakteri dengan bentuk morfologi *Circular*, *Filamentous* dan *Rhizoid*. Sedangkan berdasarkan pewarnaan gram yaitu memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif dan *basil* gram positif.
2. Pemetaan bakteri yang terdapat pada IPAL Komunal dengan tingkat resiko sangat tinggi dapat diasumsikan bahwa jenis bakteri yang mendominasi adalah *Advenella faeciporci*, *Ruminococcus albus*, *Methanogenic Bacteria*, *Clostridium*, *Nocardia Farcinica* dan *Thiothrix*. Hal ini dapat disimpulkan dari morfologi *Advenella faeciporci* yang berbentuk bentuk *circular* dengan bentuk sel *coccus* gram negatif, *Ruminococcus albus* dengan bentuk *rizoid* dengan pinggiran tidak rata, permukaan datar, berwarna putih, bentuk sel *coccus* gram positif, *Clostridium* yang berbentuk sel basil gram positif, *Methanogenic Bacteria* yang berbentuk bentuk *circular* dengan bentuk sel *coccus* gram negatif, *Nocardia Farcinica* yang berbentuk *filamentous* dan bentuk sel *basil* gram positif dan *Thiothrix* yang berbentuk filamen dan memiliki bentuk sel *coccus* gram negatif. Namun bakteri *Clostridium* dan bakteri *Nocardia Farcinica* merupakan bakteri pathogen karena dapat menyebabkan penyakit. Bakteri *Clostridium* memiliki spora yang kokoh yang dapat keluar bersama effluent dan keberadaannya dapat menyebabkan penyakit diare. Kemudian adanya bakteri filament *Thiothrix* dan *Nocardia Farcinica* dapat mempengaruhi kinerja IPAL karena dapat menyebabkan pembusakan pada IPAL. Adanya bakteri pathogen yang mendominasi pada IPAL menyebabkan tingkat resiko pada IPAL komunal tersebut sesuai dengan klasifikasi IPAL dengan tingkat resiko sangat tinggi.

## 5.2. Saran

Saran yang perlu diberikan setelah melakukan penelitian ini adalah :

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai bakteri dominan secara spesifik di dalam IPAL dan pengaruhnya terhadap keoptimalan IPAL Komunal.
2. Perlu adanya penelitian yang lebih lanjut mengenai bakteri dominan pada IPAL komunal dengan cara *sampling* yang berbeda, waktu pengambilan sampel yang lebih bervariasi dan menambahkan parameter uji air limbah lainnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amann, R.I., W. Ludwig, and K.H. Schleifer. 1995. Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiol Rev.*, 59(1):143-69.
- Amin, F. R., Khalid, H., El-Mashad, H., Chen, C., Liu, G., & Zhang, R. 2020. Functions of bacteria and archaea participating in the bioconversion of organic waste for methane production. *Science of The Total Environment*, 143007.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Sleman.2020. *Kabupaten Sleman dalam Angka 2020*. Sleman
- Bailey, J. E. dan Ollis, E.L. 1986. *Biochemical Engineering Fundamentals, 2 nd edition*. McGraw-Hill. New York.
- Bappeda Kabupaten Sleman. 2010. *Buku Putih Sanitasi Kabupaten Sleman*. Sleman
- Bowo M, Djoko. 2008 *Teknik Pengolahan Air Limbah Secara Biologis*. Jurusan Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya.
- Davis, Mackenzie L. 2015. *Water and Wastewater Engineering: Design Principles and Practice*. New York: Mc. Graw Hill.
- DeLong, E.F. 1992. Archaea in coastal marine environments. *Proc Natl Acad Sci*, 89(12):5685-5689.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Fajarwati, Ayi. 2000. *Perencanaan Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kota Palembang*. Progam Studi Teknik Lingkungan. Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Foxon, KM., CA Buckley, CJ Brouckaert., P Dama., Z Mtembu., N Rodda., M Smith., S Pillay., N Arjun., T Lalbahadur and F Bux. 2006. The evaluation of the anaerobic baffled reactor for sanitation in dense peri-urban settlements. *Report to the Water Research Commission*. Pollution Research Group, University of KwaZulu-Natal, Durban, 4041 2 Centre for Water and Wastewater Research, Durban Institute of Technology, Durban
- Frederick, L.R. 1965. Microbial Populations by Direct Microscopy. In C.A. Black (ed.). *Methods of Soil Analysis. Vol. 2. Agronomy Series No.9*. ASA. Madison. p. 1452-1459.
- Harhay, Dayna M., Weinroth, Margaret D., Bono, James L., Harhay, Gregory P., Bosilevac, Joseph M. 2021. Rapid Estimation Of Salmonella Enterica Contamination Level In Ground Beef - Application Of The Time-To-

- Positivity Method Using A Combination Of Molecular Detection and Direct Plating. *Food Microbiology Journal*, 93(2021), 103615..
- Harrow, G.I., and R.K.A. Feltham.2003. *Cowan and Steel's Manual for The Identification of Medical Bacteria. 3th ed.* Cambridge University Press, United Kingdom, 331 p.
- Hashimoto, T., Koga, M., & Masaoka, Y. 2009. Advantages of a diluted nutrient broth medium for isolating N<sub>2</sub>-producing denitrifying bacteria of a-Proteobacteria in surface and subsurface upland soils. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(5), 647–659.
- 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
- Henriet, Olivier, Christophe M, Paul H., Jacques M. 2017. *Filamentous bulking caused by Thiobacillus species is efficiently controlled in full-scale wastewater treatment plants by implementing a sludge densification strategy.* Scientific Reports.
- Hermanus, Muson B., Bobby Polii, Lucia C. Mandey. 2015. Pengaruh Perlakuan Aerob dan Anaerob Terhadap Variabel Bod, Cod, pH, dan Bakteri Dominan Limbah Industri *Desiccated Coconut* PT. Global Coconut Radey, Minahasa Selatan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, Vol. 3 No. 2
- Hiaranya, Meganada Putri; Sukini; Yodong. 2017. *Mikrobiologi.* Buku Bahan Ajar keperawatan Gigi, Jakarta: Badan Pengembangan dan Pemberdayaan Sumber Daya Manusia Kesehatan.
- Hudson, Kerri. 2010. *Operational Performance of the Anaerobic Baffled Reactor Used to Treat Wastewater from a Peri Urban Community.* Research for Master of Science University of the Witwatersrand Johannesburg – South Africa
- Jalal, K.C.A.; Zahangir Alam, Md.; Suleyman A; Muyibi and Jamal P.; 2006, Isolation and Purification of Bacterial Strains from Treatment Plants for Effective and Efficient Bioconversion of Domestic Wastewater Sludge. *American Journal of Environmental Sciences* 2 (1): 1-5, 2006 ISSN 1553-345X
- Jennie dan Rahayu. 1993. *Penanganan Limbah Industri Pangan.* Yogyakarta: Kanisius
- Karyadi, L. 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 Fakultas Ilmu Sosial Dan Ekonomi: Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

- Kaufmann, S.H.E., and Schaible, U.E. 2005. 100th anniversary of Robert Koch's Nobel Prize for the discovery of the tubercle bacillus. *TRENDS in Microbiology*. Vol 13 No 10, 469–475.
- Komala, P.S., Helard, D., Delimas, D., 2012. Identifikasi Mikroba Anaerob Dominan Pada Pengolahan Limbah Cair Pabrik Karet Dengan Sistem Multi Soil Layering (MSL). *Jurnal Teknik Lingkungan*. UNAND 9 (1), 74–88
- La Valley, K.J., S. Jones, M. Gomez-Chiarri, J. Dealteris, and M. Rice. 2009. Bacterial Community Profiling of the Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*): Comparison of Culture-Dependent and Culture-Independent. *Journal of Shellfish Research*, 28(4):827-835
- Lavieri, N.A., Sebranek, J.G., Cordray, J.C., Dickson, J.S., Jung, S., Manu, D.K., Mendonca, A.F., Brehm-Stecher, B.F., Stock, J., Stalder, K.J., 2014. Evaluation Of The Thin Agar Layer Method for The Recovery Of Pressure-Injured and Heat-Injured *Listeria Monocytogenes*. *Journal Food of Protection*. 77, 828-831.
- Lettinga, G., & Haandel, A. C. (1994). *Anaerobic Sewage Treatment : A Practical Guide for Regions With A Hot Climate*. England: John wiley and Son
- Mahardika, Anung Tri. 2006. Efektifitas Bio H+ Dalam Menurunkan TSS, dan COD Pada Air Limbah Septic Tank. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Mamou, Gideon; Malli Mohan, Ganesh Babu; Rouvinski, Alex; Rosenberg, Alex; Ben-Yehuda, Sigal. 2016. Early Developmental Program Shapes Colony Morphology in Bacteria. *Cell Reports*, 14(8), 1850–1857
- Masduqi, A dan Slamet, A., 2000. Satuan Proses. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya
- Megasari, Ritni, dkk. 2012. Identifikasi Keragaman Jenis Bakteri Pada Proses Pengolahan Limbah Cair Industri Minuman Dengan Lumpur Aktif Limbah Tahu. *EnviroScienceae* 8 (2012) 89-101
- Michael. 2008. *Microbiology 2nd Edition*. USA: WMC Brown Publisher
- Miyasaka, T., H. Asami, and K. Watanabe. 2006. Impacts of bioremediation schemes on bacterial population in naphthalene-contaminated marine sediments. *Biodegradation*, 17: 227–235.
- Musher, D.M., Aslam, S., Logan, N., Nallacheru, S., Bhaila, I., Borchert, F. and Hamill, R.J. (2005) Relatively poor outcome after treatment of *Clostridium difficile* colitis with metronidazole. *Clin Infect Dis* 40, 1586–1590



- Naidoo, D., Kumari, S., & Bux, F. (2011). Characterization of *Nocardia farcinica*, a Filamentous Bacterium Isolated from Foaming Activated Sludge Samples. *Water Environment Research*, 83(6), 527–531.
- Numberger, D., Ganzert, L., Zoccarato, L. *et al.* 2019. Characterization of bacterial communities in wastewater with enhanced taxonomic resolution by full-length 16S rRNA sequencing. *Scientific Reports* 9, 9673.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No.4 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik
- Pillay, S. K. Foxon, N. Rodda, M.T. Smith and C.A. Buckley. 2005. Microbiological Studies Of An Anaerobic Baffled Reactor (ABR). Pollution Research Group, Department of Chemical Engineering, University of KwaZuluNatal (Howard College)
- Pratiwi, A.D., Widyorini, N., dan Rahman A. 2019. Analisis Kualitas Perairan berdasarkan Total Bakteri Coliform di Sungai Plambon Semarang. *Jurnal of Maquares*. Volume 8. Nomor 3. Halaman 211-220
- Priadi, Bambang .2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. Volume 10, Issue 1: 38-48
- Ohta, H., & Hattori, T. 1980. Bacteria sensitive to nutrient broth medium in terrestrial environments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 26(1), 99–107.
- Qasim, S.R. 1985. *Wastewater Treatment Plants: Planning, Design and Operation*, Second Edition. New York: CRC Press.
- Safisani, Ratnawilis E. R. 2018. *Evaluasi Pengelolaan IPAL Komunal di Kabupaten Sleman*. Skripsi. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Teknik Lingkungan. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Said NI, Marsidi. 2005. *Mikroorganisme Patogen dan Parasit di Dalam Air Limbah Domestik Serta Alternatif Teknologi Pengolahan*. JAI 1(1): 65-81
- Smeaton, Dan, *Anaerobic Foaming: Causes and Prevention*. <http://cswea.org/wp-content/uploads/2017/09/SP03.pdf>. Diakses pada tanggal 10 Juni 2021
- Suwa, Y., and T. Hattori. 1984. Effect of nutrient concentration on the growth of soil bacteria. *Soil Sci. Plant Nutr.* 30:397–403.
- Tim Laboratorium Mikrobiologi, *Modul Praktikum: Pengujian Total Coliform dan Escherichia coli*, UII, Yogyakarta.
- Von Sperling, Marcos. 2005. *Biological wastewater Treatment in Warm Climate Regions*, Vol One. London: IWA Publishing
- Wakefield, J.R. and P.M. Gaffney. 2002. mDGGE reveals additional population structure in Eastern Oyster (*Crassostrea virginica*) populations. *J. Shellfish Res.* 15:513.



- Waluyo, L. 2005. Mikrobiologi Lingkungan. Malang: UMM Press.
- Xu, Shuang; Yao, Junqin; Ainiwaer, Meihaguli; Hong, Ying; Zhang, Yanjiang. 2018. Analysis of Bacterial Community Structure of Activated Sludge from Wastewater Treatment Plants in Winter. *BioMed Research International*, 2018(), 1–8.
- Xu, C., Weese, J. S., Flemming, C., Odumeru, J., & Warriner, K. 2014. Fate of *Clostridium difficile* during wastewater treatment and incidence in Southern Ontario watersheds. *Journal of Applied Microbiology*, 117(3), 891–904.
- 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*, 76(16), 5409–5414. doi:10.1128/aem.00576-10
- Zeng, N., 2015. *Analysis of Microbial Community Structures and Compositions of Extracellular Polymeric Substances in a Wastewater Treatment Plant*. Chongqing University (In Chinese).
- Zhang, Lei; Shen, Zhen; Fang, Wangkai; Gao, Guang .2019. Composition Of Bacterial Communities in Municipal Wastewater Treatment Plant. *Science of The Total Environment*, 689(), 1181–1191.



## PENGAMBILAN SAMPEL AIR PADA IPAL



1. Menyemprotkan alcohol 70% pada botol sampel



2. Membuka botol sampel dan menalinya dengan tali rafia



3. Mengambil sampel air dengan menurunkan botol yang sudah diikat dengan tali.

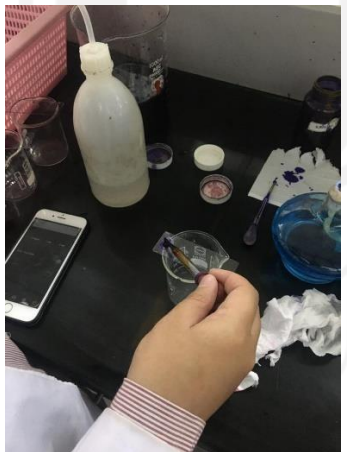


4. Menutup kembali botol sampel hingga rapat



**LAMPIRAN B**

## PENGUJIAN SAMPEL DI LABORATORIUM







## DATA HASIL IDENTIFIKASI LABORATORIUM

### Lampiran C 1. Data Identifikasi Morfologi Koloni IPAL Komunal Tambakrejo Bersih

No	Kode Isolat	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Total Koloni Dalam Cawan	Total Koloni dalam Cawan (CFU/ mL)	Warna Sel	Gram +/-
1	Inlet 10-5 (1)	Circular	Rata	Moderate	Putih Susu	Datar	31	3,1 x 10 <sup>6</sup>	Coccus	Negatif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung			Coccus	Negatif
2	Inlet 10-5 (2)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	19		Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung			Coccus	Negatif
3	Inlet 10-6 (1)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
4	Inlet 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	1		Coccus	Negatif
5	Inlet 10-7 (1)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
6	Inlet 10-7 (2)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
7	Proses 1, 10-5 (1)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
8	Proses 1, 10-5 (2)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	5		Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung		Coccus	Negatif	
9	Proses 1, 10-6 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	1	Coccus	Negatif	
10	Proses 1, 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	3	Coccus	Negatif	
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
11	Proses 1, 10-7 (1)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
12	Proses 1, 10-7 (2)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	60	Coccus	Negatif	
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
13	Proses 2, 10-5 (1)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	3	Coccus	Negatif	
14	Proses 2, 10-5 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	2	Coccus	Negatif	
		Circular	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
15	Proses 2, 10-6 (1)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	1	Coccus	Negatif	
16	Proses 2, 10-6 (2)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	2	Coccus	Negatif	
17	Proses 2, 10-7 (1)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
18	Proses 2, 10-7 (2)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	70	Coccus	Negatif	
19	Proses 3, 10-5 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
20	Proses 3, 10-5 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung	2	Coccus	Negatif	
		Circular	Rata	Small	Kuning	Datar		Coccus	Negatif	
21	Proses 3, 10-6 (1)	Circular	Rata	Punctiform	Putih Susu	Datar	>300	Coccus	Positif	
22	Proses 3, 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	106	Coccus	Positif	
23	Proses 3, 10-7 (1)	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	Datar	8	Coccus	Negatif	
24	Proses 3, 10-7 (2)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	-			
25	Outlet 10-5 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung	3	Coccus	Negatif	
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
26	Outlet 10-5 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Datar	4	Coccus	Negatif	
		Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar		Coccus	Negatif	
27	Outlet 10-6 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	30	Coccus	Positif	
28	Outlet 10-6 (2)	Tidak ada koloni	-	-	-	-	0			
29	Outlet 10-7 (1)	Circular	Rata	Punctiform	Putih Susu	Datar	254	Basil	Negatif	
30	Outlet 10-7 (2)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	1	Coccus	Negatif	

**Lampiran C 2. Data Identifikasi Morfologi Koloni IPAL Komunal Manunggal  
Pringgodani Sejati**

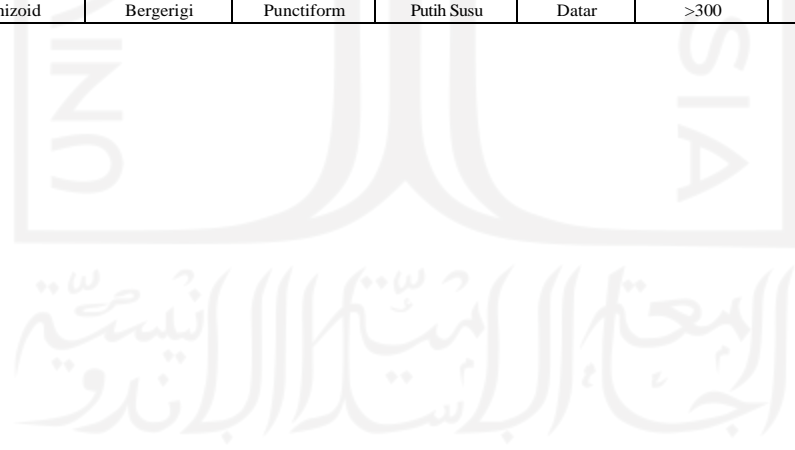
No	Kode Isolat	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Jumlah	Warna Sel	Gram +/-
1	INLET	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	2	Coccus	Positif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	2	Basil	Positif
		Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
		Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
2	PROSES 1	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	2	Coccus	Positif
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	2	Basil	Positif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	1	Basil	Positif
3	PROSES 2	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
		Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	1	Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	2	Coccus	Positif
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	1	Basil	Positif
4	PROSES 3	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	1	Coccus	Positif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	2	Basil	Positif
		Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	1	Basil	Positif
5	OUTLET	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	2	Coccus	Negatif
		Circular	Rata	Small	Putih Susu	2	Basil	Positif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	1	Basil	Positif





**Lampiran C 3. Data Identifikasi Morfologi Koloni IPAL Komunal Karya Asri Ambarukmo**

No	Kode Isolat	Bentuk Koloni	Bentuk Tepian Koloni	Ukuran Koloni	Warna Koloni	Elevasi	Total Koloni Dalam Cawan	Total Koloni dalam Cawan (CFU/ mL)	Warna Sel	Gram +/-
1	Inlet 10-8 (1)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	>300	8 x 10 <sup>6</sup>	Coccus	Negatif
2	Inlet 10-8 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	80		Coccus	Negatif
		Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar			Coccus	Negatif
3	Inlet 10-9 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	>300		Coccus	Negatif
4	Inlet 10-9 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	sp		Coccus	Negatif
5	Inlet 10-10 (1)	Circular	Rata	Small	Putih Susu	Datar	115		Coccus	Negatif
		Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung		Coccus	Negatif	
6	Inlet 10-10 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	>300	Coccus	Negatif	
7	Proses 1, 10-8 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	sp	7,4 x 10 <sup>6</sup>	Coccus	Negatif
8	Proses 1, 10-8 (2)	Filamentous	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	74		Coccus	Negatif
		Circular	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung			Coccus	Negatif
9	Proses 1, 10-9 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	43		Coccus	Negatif
10	Proses 1, 10-9 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Datar	sp		Coccus	Negatif
11	Proses 1, 10-10 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	21		Coccus	Negatif
12	Proses 1, 10-10 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung	3	Coccus	Negatif	
13	Proses 2, 10-5 (1)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	>300	1,0 x 10 <sup>8</sup>	Coccus	Negatif
		Circular	Rata	Punctiform	Putih Susu	Datar			Coccus	Negatif
14	Proses 2, 10-5 (2)	Circular	Rata	Punctiform	Putih Susu	Datar	>300		Coccus	Negatif
15	Proses 2, 10-6 (1)	Filamentous	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	Cembung	101		Coccus	Negatif
16	Proses 2, 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung	14		Coccus	Negatif
17	Proses 2, 10-7 (1)	Rhizoid	Rata	Moderate	Putih Susu	Datar	20		Coccus	Negatif
18	Proses 2, 10-7 (2)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	38	Coccus	Negatif	
19	RBC 10-5 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	8	3 x 10 <sup>7</sup>	Coccus	Negatif
20	RBC 10-5 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	4		Coccus	Negatif
		Circular	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung			Coccus	Negatif
21	RBC 10-6 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	30		Coccus	Negatif
22	RBC 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	2		Coccus	Negatif
23	RBC 10-7 (1)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Cembung	12		Coccus	Negatif
24	RBC 10-7 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Cembung	8	Coccus	Negatif	
25	Outlet 10-5 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Large	Putih Susu	Cembung	sp	1,2 x 10 <sup>7</sup>	Coccus	Negatif
26	Outlet 10-5 (2)	Filamentous	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	123		Coccus	Negatif
27	Outlet 10-6 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Moderate	Putih Susu	Datar	116		Coccus	Negatif
28	Outlet 10-6 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Small	Putih Susu	Datar	120		Coccus	Negatif
29	Outlet 10-7 (1)	Rhizoid	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	Datar	>300		Coccus	Negatif
30	Outlet 10-7 (2)	Rhizoid	Bergerigi	Punctiform	Putih Susu	Datar	>300		Coccus	Negatif



**Lampiran C 4. Data Identifikasi Sel Hasil Pewarnaan Gram IPAL Komunal  
Tambakrejo Bersih**

<b>Hasil Pewarnaan Gram IPAL Tambarejo Bersih</b>				
<b>Waktu Pewarnaan : 14 April 2021</b>				
<b>No</b>	<b>Kode</b>	<b>Bentuk Sel</b>	<b>Warna Sel</b>	<b>Gram +/-</b>
1	Inlet 10-5 (1) A	Coccus	Merah	-
2	Inlet 10-5 (1) B	Coccus	Merah	-
3	Proses 1, 10-7 (2) A	Coccus	Merah	-
4	Proses 1, 10-7 (2) B	Coccus	Merah	-
5	Proses 2, 10-7 (2) A	Coccus	Merah	-
6	Proses 3, 10-6 (2) A	Coccus	Merah	-
7	Outlet 10-6 (1) A	Coccus	Ungu	+
8	Outlet 10-7 (1) A	Basil	Merah	-

**Lampiran C 5. Data Identifikasi Sel Hasil Pewarnaan Gram IPAL Komunal  
Manunggal Pringgodani Sejati**

<b>Hasil Pewarnaan Gram IPAL Manunggal Pringgodani Sejati</b>				
<b>Waktu Pewarnaan : 16 April 2021</b>				
<b>No</b>	<b>Kode</b>	<b>Bentuk Sel</b>	<b>Warna Sel</b>	<b>Gram +/-</b>
1	Inlet 10-6 (2) A	Coccus	Merah	-
2	Proses 1, 10-6 (2) A	Coccus	Ungu	+
3	Proses 1, 10-7 (1) A	Basil	Ungu	+
4	Proses 2, 10-6 (2) A	Coccus	Merah	+
5	Proses 3, 10-7 (2) A	Basil	Ungu	+
6	Outlet 10-7 (1) A	Basil	Ungu	+
7	Outlet 10-7 (2) A	Coccus	Merah	-

**Lampiran C 6. Data Identifikasi Sel Hasil Pewarnaan Gram IPAL Komunal  
Karya Asri Ambarukmo**

<b>Hasil Pewarnaan Gram IPAL Karya Asri Ambarukmo</b>				
<b>Waktu Pewarnaan : 28 April 2021</b>				
<b>No</b>	<b>Kode</b>	<b>Bentuk Sel</b>	<b>Warna Sel</b>	<b>Gram +/-</b>
1	Inlet 10-8 (2) A	Coccus	Merah	-
2	Inlet 10-8 (2) B	Coccus	Merah	-
3	Inlet 10-10 (1) A	Coccus	Merah	-
4	Inlet 10-10 (1) B	Coccus	Merah	-
5	Proses 1, 10-8 (1) A	Coccus	Merah	-
6	Proses 1, 10-9 (1) A	Coccus	Merah	-
7	Proses 2, 10-6 (1) A	Coccus	Merah	-
8	Proses 2, 10-7 (2) A	Coccus	Merah	-
9	Proses 3, 10-6 (1) A	Coccus	Merah	-
10	Outlet 10-5 (2) A	Coccus	Merah	-
11	Outlet 10-6 (1) A	Coccus	Merah	-
12	Outlet 10-6 (2) A	Coccus	Merah	-



## RIWAYAT HIDUP

Nama penulis tugas akhir ini adalah Anisa Norma Cahyani yang lahir di Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta pada tanggal 7 Mei 1998. Penulis merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis mempunyai dua kakak laki-laki yang sudah bekerja dan satu adik laki-laki yang masih SMA. Ayah penulis bernama Suparno dan Ibu bernama Sri Mulat Supeni. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari taman kanak-kanak di TKIT Yaa Bunayaa pada tahun 2004-2005, kemudian sekolah dasar di SDIT Hidayatullah pada tahun 2005-2010, lalu SMP di SMP N 1 Sleman pada tahun 2010-2013, dan sekolah menengah kejuruan di SMK N 2 Depok jurusan Kimia Analisis pada tahun 2014-2017, dan berkuliah di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia pada tahun 2017-sekarang.

Selain kegiatan akademik di kampus, penulis juga aktif di organisasi baik di kampus maupun di luar kampus. Dalam organisasi/ kelembagaan kampus penulis terlibat secara aktif sebagai anggota bidang Kajian Strategis Lembaga Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan (LEM FTSP) pada tahun periode 2020-2021, kemudian aktif sebagai pengurus di Mahasiswa Pecinta Alam Universitas Islam Indonesia (MAPALA UNISI) sebagai anggota bidang Pemberdayaan masyarakat pada tahun periode 2019-2021, penulis juga pernah menjadi bagian dari *Zero Waste* Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan dan menjabat sebagai anggota bidang Media dan Komunikasi pada tahun periode 2019-2020. Penulis juga turut aktif menjadi panitia kegiatan / *event* yang diadakan oleh kampus, seperti panitia Pekan Taaruf FTSP UII, Lintas Lingkungan FTSP UII, dan masih banyak lagi. Selain organisasi kampus, penulis juga aktif menjadi anggota Karang Taruna desa dan menjabat sebagai bendahara pada tahun periode 2017-sekarang.