TA/TL/2019/[nomor admin]

TUGAS AKHIR

EVALUASI KEMAMPUAN UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) DALAM PENYISIHAN COD DAN TSS PADA IPAL KOMUNAL NGUDI MULYO DAN TIRTOMILI

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

MUHAMAD BAHARUDDIN ROFIQ
19513117

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

2023

TUGAS AKHIR

EVALUASI KEMAMPUAN UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) DALAM PENYISIHAN COD DAN TSS PADA IPAL KOMUNAL NGUDI MULYO DAN TIRTOMILI

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

MUHAMAD BAHARUDDIN ROFIQ
19513117

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng
NIK. 095130403
Tanggal: 21 . 08 . 2023

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T
NIK. 025100407
Tanggal: 21/8/23

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc., (Res.Eng.), Ph.D.
NIK. 045130401
Tanggal: 22 . 08 . 2023

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI KEMAMPUAN UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) DALAM PENYISIHAN COD DAN TSS PADA IPAL KOMUNAL NGUDI MULYO DAN TIRTOMILI

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa,
Tangggal : 15 Agustus 2023

Disusun Oleh:

MUHAMAD BAHARUDDIN ROFIQ
19513117

Tim Penguji :

Dr, Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. ( )

Dr. Andik Yulinato, S.T., M.T. ( ) 21/8'23

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

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 15 Mei 2023

Yang membuat pernyataan,



Muhamad Baharuddin Rofiq

NIM: 19513117

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "Evaluasi Kemampuan Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) dalam Penyisihkan COD dan TSS pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili". Penyusunan laporan Tugas Akhir bertujuan untuk memenuhi syarat untuk mendapatkan gelas Sarjana Teknik bagi mahasiswa S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan dan waktu perkuliahan tidak dapat terselesaikan tanpa dukungan dari berbagai pihak baik moril maupun materi. Oleh karena itu, dengan penuh kerendahan hati, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir dan selama perkuliahan kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen pembimbing I yang sabar membimbing dan memberikan masukan sehingga laporan dapat selesai dengan sebaik mungkin.
2. Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T selaku Dosen pembimbing II yang turut membimbing penulis dan memberikan saran dan masukan guna memperbaiki kekurangan-kekurangan penulis dalam pembuatan laporan ini.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku Dosen *Reviewer* yang senantiasa memberikan masukan dan motivasi selama penelitian berlangsung.
4. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Ibu Any Juliani S.T., M.Sc (Res Eng.,) Ph.D.
5. Kedua Orang Tua yang telah memberikan ridho serta doa dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Laboran Laboratorium Kualitas Air, Mba Nida, Mba Tika, Mas Bagus, dan Pak Tasyono, yang telah membantu dan membimbing dalam pengujian sampel air limbah.

7. Instansi yang telah berkontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini, segenap pengurus IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili.
8. Teman-teman seperjuangan terdekat yang telah menemani dan membantu selama masa perkuliahan Maul, Fadhil, Wisam, Asan, Rizky, Andyani, Tiara, Zulul, Giti, Aning, Abel, Aceng, Adan, Aldy, Dahayu, Farid, dan semua yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu.
9. Teman-teman masa perkuliahan saya dari seluruh mahasiswa/i Teknik Lingkungan 2019

Dalam penulisan tugas akhir ini, penulis sadar bahwa masih banyak sekali kekurangan yang terdapat dalam penulisan laporan ini. Karenanya penulis terbuka atas kritik dan saran guna menyempurnakan laporan ini. Semoga laporan ini dapat berguna tidak hanya bagi penulis, tetapi juga turut berguna bagi pembaca.

Yogyakarta, 15 Mei 2023

Muhamad Baharuddin Rofiq

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

MUHAMAD BAHARUDDIN ROFIQ. Evaluasi Kemampuan Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) dalam Penyisihan COD dan TSS Pada IPAL Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Dibimbing oleh Dr. Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. dan Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal merupakan sistem pengolahan air limbah domestik terpusat (SPALD-T) skala permukiman untuk mengurangi pencemaran air limbah di badan air. Masih terdapat IPAL komunal yang belum memenuhi Permen LHK No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah sehingga perlu adanya peningkatan efisiensi pengolahan IPAL komunal. Salah satu peningkatan yang digunakan yaitu dengan penambahan unit RBC. Penelitian ini bertujuan menganalisis performa dan mengevaluasi kinerja RBC sebagai *polishing unit* pada IPAL komunal dalam menyisihkan COD dan TSS di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Pengujian COD menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri dan TSS menggunakan metode gravimetri. Penelitian dilakukan selama 28 hari dengan 7 kali pengambilan sampel air pada influen dan efluen unit RBC. Hasil penelitian didapatkan hasil efisiensi penyisihan COD dan TSS pada unit RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo lebih optimal dibanding dengan IPAL komunal Tirtomili. IPAL komunal Ngudi Mulyo dapat menyisihkan COD dan TSS sebesar 66,78% dan 48,92% sedangkan IPAL komunal Tirtomili yaitu sebesar 29,00% dan 26,35%. Performa penyisihan COD dan TSS pada IPAL komunal Ngudi Mulyo lebih optimal dikarenakan kondisi HLR, OLR, dan HRT masih sesuai dengan kriteria desain unit RBC dan pada IPAL komunal Tirtomili sudah melebihi kapasitas pengolahan sehingga kurang optimal dalam menyisihkan COD dan TSS.

Kata kunci: Air limbah domestik, COD, IPAL komunal, RBC, TSS

ABSTRACT

MUHAMAD BAHARUDDIN ROFIQ. Evaluation of the Ability of Rotating Biological Contactor (RBC) in COD and TSS Removal at Ngudi Mulyo and Tirtomili WWTP. Supervised by Dr. Eng Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. and Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

The communal wastewater treatment plant (WWTP) is a settlement-scale centralized domestic wastewater treatment system (SPALD-T) to reduce wastewater pollution in water bodies. There are still communal WWTPs that have not met the Minister of Environment and Forestry No. 68 of 2016 concerning wastewater quality standards, so it is necessary to increase the efficiency of communal WWTP treatment. One of the improvements used is the addition of an RBC unit as a polishing unit. This study aims to analyze the performance and evaluate the performance of RBC in COD and TSS removal at the Ngudi Mulyo and Tirtomili communal WWTP. COD testing uses closed reflux method spectrophotometrically and TSS uses gravimetric method. The study was conducted for 28 days with 7 water samples taken in the influent and effluent RBC units. The results of the study found that the efficiency of COD and TSS removal in the RBC unit at the Ngudi Mulyo communal WWTP was more optimal than the Tirtomili communal WWTP. Ngudi Mulyo communal WWTP can set aside COD and TSS by 66.78% and 48.92% while Tirtomili communal WWTP is 29.00% and 26.35%. The performance of COD and TSS removal in the Ngudi Mulyo communal WWTP is more optimal because the conditions of HLR, OLR, and HRT are still in accordance with the design criteria of the RBC unit and the Tirtomili communal WWTP has exceeded the processing capacity so that it is less optimal in setting aside COD and TSS.

Keywords: *COD, Communal WWTP, RBC, TSS, Wastewater*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Tujuan Penelitian 2
1.4 Manfaat Penelitian 2
1.5 Ruang Lingkup 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal 5
2.2 Rotating Biological Contactor (RBC) 6
2.2.1. Kecepatan Putaran Disk 8
2.2.2. Organic Loading Rates (OLR) 9
2.2.3. Hydraulic Loading Rates (HLR) 9
2.2.4. Hydraulic Retention Time (HRT) 10
2.2.5. Suhu 10
2.2.6. *Dissolved Oxygen* (DO) 11
2.3 Penelitian Terdahulu 11
BAB III METODE PENELITIAN 14
3.1 Metode Penelitian 14
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian 15
3.3 Kerangka Penelitian 16
3.3.1 Pengumpulan Data 16
3.3.2 Pengambilan Sampel 16
3.3.3 Pengujian Sampel 18
3.3.4 Metode Analisis Data 18
3.3.5 Alternatif Peningkatan IPAL komunal 19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 23

4.1 Gambaran Umum IPAL 23
4.1.1 IPAL Komunal Ngudi Mulyo 23
4.1.2 IPAL Komunal Tirtomili 25
4.2 Kondisi Eksisting Unit RBC 26
4.3 Evaluasi Kemampuan Penyisihan COD 27
4.4 Evaluasi Kemampuan Penyisihan TSS 32
4.5 Peningkatan Efisiensi Penyisihan COD dan TSS 37
4.5.1. Perhitungan Bak Sedimentasi Akhir 38
4.5.2. Perhitungan *Sand Filter* 40
BAB V KESIMPULAN 43
5.1 Kesimpulan 43
5.2 Saran 43
DAFTAR PUSTAKA 45
LAMPIRAN 50
RIWAYAT HIDUP 57

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu 11
Tabel 3. 1 Penjelasan Lokasi IPAL 15
Tabel 3. 2 Metode Pengambilan Sampel 16
Tabel 3. 3 Metode Pengujian Parameter COD dan TSS 18
Tabel 3. 4 Perbandingan Efisiensi Removal, Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Pengolahan 21
Tabel 4. 1 Review Desain Unit RBC 27
Tabel 4. 2 Perbandingan Efektifitas Penyisihan COD dan TSS 37
Tabel 4. 3 Kriteria Desain Bak Sedimentasi 38
Tabel 4. 4 Kriteria Desain Sand Filter 40
Tabel 4. 5 Desain Sand Filter 40

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Lapisan Biofilm pada Media Disk RBC 7
Gambar 2. 2 Mekanisme Pengolahan Bahan Organik oleh Mikroorganisme pada RBC..... 8
Gambar 3. 1 Metode Penelitian..... 14
Gambar 3. 2 Lokasi IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili 15
Gambar 3. 3 Titik Pengambilan Sampel IPAL Komunal Ngudi Mulyo..... 17
Gambar 3. 4 Titik Pengambilan Sampel IPAL Komunal Tirtomili 17
Gambar 3. 5 Diagram Alir Alternatif Peningkatan Efisiensi IPAL komunal 20
Gambar 4. 1 IPAL komunal Ngudi Mulyo 23
Gambar 4. 2 Unit Pengolahan pada IPAL komunal Ngudi Mulyo 24
Gambar 4. 3 (a) Media Lattice 3 Dimensi (b) Unit RBC IPAL komunal Ngudi Mulyo 24
Gambar 4. 4 IPAL komunal Tirtomili..... 25
Gambar 4. 5 Unit Pengolahan Pada IPAL komunal Tirtomili 25
Gambar 4. 6 (a) Media Lattice 3 Dimensi (b) Unit RBC IPAL komunal Tirtomili 26
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian COD IPAL Ngudi Mulyo 28
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian COD IPAL Tirtomili..... 28
Gambar 4. 9 Perbandingan Efisiensi Removal COD IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili..... 29
Gambar 4. 10 Perbandingan Kadar DO dan Efisiensi Removal COD pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili 30
Gambar 4. 11 (a) Disk RBC IPAL komunal Ngudi Mulyo (b) Disk RBC IPAL komunal Tirtomili 31
Gambar 4. 12 Perbandingan Kadar COD pada Efluen unit RBC dengan Baku Mutu 32
Gambar 4. 13 Hasil Pengujian TSS IPAL Komunal Ngudi Mulyo 33
Gambar 4. 14 Hasil Pengujian TSS IPAL Komunal Tirtomili 33

Gambar 4. 15 Perbandingan Efisiensi Removal TSS IPAL Ngudi Mulyo dan IPAL Tirtomili 34
Gambar 4. 16 (a) Efluen unit RBC IPAL Komunal Ngudi Mulyo (b) Efluen Unit RBC IPAL Komunal Tirtomili..... 35
Gambar 4. 18 Perbandingan Kadar TSS pada Efluen Unit RBC dengan Baku Mutu 36
Gambar 4. 19 Tampak Atas Bak Sedimentasi 39
Gambar 4. 20 Tampak Samping Bak Sedimentasi..... 39
Gambar 4. 21 Tampak Atas Unit Sand Filter..... 41
Gambar 4. 22 Tampak Samping Unit Sand Filter..... 41

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur analisis laboratorium 50
Lampiran 2 Dokumentasi penelitian 53
Lampiran 3 Hasil analisis laboratorium 55

"Halaman ini sengaja dikosongkan"

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah domestik rumah tangga menjadi salah satu polutan yang masuk ke dalam badan air sehingga menimbulkan pencemaran pada badan air. Hal ini dikarenakan sekitar 60% - 80% air bersih yang digunakan dalam kegiatan sehari-hari akan menjadi air limbah yang dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu (Astika, et al., 2017).

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) merupakan bangunan yang berfungsi untuk mengolah air limbah domestik sebelum dibuang ke badan air sehingga air hasil pengolahan memenuhi standar baku mutu. Dari penelitian yang dilakukan oleh Panambunan, et al. (2017) pada IPAL Malendeng terdapat beberapa parameter efluen yang tidak melebihi baku mutu sesuai dengan Permen LHK RI No. 68 Tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik. *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Total Suspended Solids* (TSS) merupakan parameter penting dalam menentukan beban pencemaran air. Sehingga unit pengolahan yang digunakan diharapkan dapat menyisihkan COD dan TSS secara optimal.

Salah satu unit pengolahan yang dapat digunakan untuk meningkatkan hasil olahan air limbah pada IPAL komunal yaitu dengan unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) yang merupakan pengolahan dengan menggunakan biakan melekat (*attached grow*) sebagai proses pengolahannya (Said, 2005). Menurut Joanna, et al. (2018) keuntungan penggunaan RBC dalam pengolahan air limbah yaitu memiliki stabilitas dalam proses perawatan, pemakaian listrik, waktu detensi yang pendek, biaya operasional yang rendah dan kemudahan dalam pengoperasian RBC. Dari penelitian skala laboratorium yang dilakukan Waqas, et al (2021) efektifitas RBC dalam mengolah kandungan COD, ammonium, TN, dan *turbidity* sebesar 70,19%, 95,16%, 70%, dan 78,85% beban pencemar yang ada dalam air limbah domestik.

Tingkat efektifitas RBC sebagai unit pengolahan air limbah domestik juga tidak selalu optimal (Rizal, 2014), sehingga perlu dilakukan pemantauan secara berkala untuk mengetahui tingkat efektifitas unit RBC. Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kinerja unit RBC pada instalasi pengolahan air limbah komunal di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan IPAL Komunal Tirtomili dalam mengurangi kandungan COD dan TSS.

1.2 Rumusan Masalah

Penambahan unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) dalam instalasi pengolahan air limbah domestik sebagai *polishing unit* belum dapat diketahui performanya dalam menyisihkan kadar COD dan TSS. Selain itu belum adanya perbandingan performa unit RBC dan evaluasi dalam penambahan RBC apakah sudah efektif dalam menyisihkan kadar COD dan TSS pada air limbah di IPAL komunal.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini adalah menganalisis performa unit RBC sebagai *polishing unit* pada IPAL komunal dan melakukan perbandingan pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili ditinjau dari kadar COD dan TSS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu diharapkan hasil dari penelitian dapat digunakan sebagai bahan pembelajaran terhadap kemampuan efektifitas unit RBC dalam mengurangi polutan COD dan TSS yang terkandung dalam air limbah domestik sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan pemilihan unit RBC sebagai unit dalam pengolahan air limbah domestik. Selain itu dapat digunakan sebagai acuan dalam bahan evaluasi dalam meningkatkan performa RBC dalam IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili dan IPAL yang sudah menggunakan unit RBC sebagai unit pengolahan dalam IPAL domestik.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Data primer yaitu kualitas influen dan efluen air limbah yang berupa kandungan COD dan TSS pada IPAL Ngudi Mulyo dan Tirtomili
2. Data sekunder pada penelitian ini yakni berupa Debit, DO, pH, suhu, volume bak, dan luas permukaan disk pada unit RBC di IPAL Ngudi Mulyo dan Tirtomili.
3. Baku mutu air limbah domestik mengacu pada Permen LHK No.68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.

"*Halaman ini sengaja dikosongkan"*

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) adalah sistem pengolahan air limbah domestik sebelum dibuang ke badan air/sungai. IPAL terdiri dari sistem perpipaan dan bangunan pengolahan. Sistem perpipaan digunakan untuk mengalirkan air limbah domestik rumah tangga menuju ke bangunan pengolahan. Bangunan IPAL memiliki komponen-komponen pengolahan air limbah yang meliputi bak inlet, bak pengolahan, dan bak outlet. Bak pengolahan memiliki beberapa opsi teknologi yang disesuaikan dengan kebutuhan, kapasitas, kepadatan penduduk, luas lahan, muka air tanah, kemudahan pengoperasian, dan pemeliharaan (Ditjen Cipta Karya, 2016). Tujuan pembangunan IPAL adalah untuk menghilangkan atau mengurangi kontaminan dalam air limbah domestik sebelum dibuang ke badan air sehingga tidak mengancam manusia dan lingkungan di sekitarnya (Jasim, 2020).

Menurut Ditjen Cipta Karya (2016) IPAL komunal merupakan sistem pengolahan air limbah terpusat (SPALD-T) skala permukiman yang dilakukan secara komunal yaitu untuk melayani saluran rumah tangga dengan skala 50 – 20.000 jiwa yang dikelola oleh kelompok masyarakat. Hasil pengolahan air limbah akan dibuang ke badan air atau dimasukkan ke dalam sumur resapan sehingga diharapkan hasil olahan air limbah domestik sudah sesuai dengan baku mutu yang berlaku yaitu Permen LHK No. 68 Tahun 2016 yaitu tentang baku mutu air limbah domestik agar tidak mencemari badan air maupun sumur masyarakat.

IPAL komunal di indonesia banyak mengacu kepada sistem DEWATS (*Decentralized Wastewater Treatment and Sanitation*) yang mana memiliki beberapa kriteria yaitu:

1. Cocok untuk segala kondisi dan pengaplikasian yang mudah.
2. Menyediakan pengolahan air limbah domestik yang efisien
3. Perencanaan dan pengolahan yang singkat.
4. Biaya investasi yang terjangkau.

5. Pengoperasian dan perawatan yang mudah.

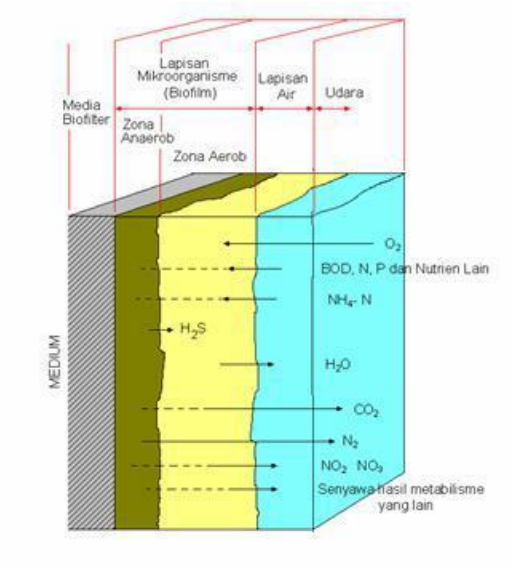
Pengolahan air limbah yang digunakan pada sistem IPAL komunal yaitu, sedimentasi, *anaerobic digestion, aerobic and facultative decomposition*, dan *post-treatment*. Sedimentasi digunakan untuk mengurangi padatan yang mudah mengendap seperti pasir dan lumpur, *anaerobic digestion* sebagai pengolahan bahan organik yang mudah terurai, *aerobic dan facultative decomposition* sebagai pengolahan bahan organik dan padatan yang sulit terurai, dan *post-treatment* sebagai pengolahan suspended solids dan lumpur aktif. (DEWATS, 2009)

2.2 Rotating Biological Contactor (RBC)

Rotating Biological Contactor (RBC) adalah unit pengolahan sekunder dalam pengolahan air limbah. RBC biasanya ditempatkan setelah unit pengolahan primer seperti tangki *septic*, *Anaerobic Filter* (AF), dan *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR). Proses pengolahan RBC yaitu dengan membiarkan air limbah mengalir di dalam tangki dengan melewati *disc* atau piringan yang digunakan sebagai media biofilm. Media akan berputar perlahan dan sekitar 40% akan terendam dalam air limbah. Penyisihan bahan organik secara aerobik dilakukan oleh mikroba di dalam film biologis dan kebutuhan udara untuk mikroba dipenuhi ketika *disc* tidak terendam air. Media biofilm sangat rapuh dan perlu perlindungan dari paparan angin, matahari dan perubahan cuaca secara langsung sehingga media biasanya diletakkan dalam ruangan tertutup (L. K. Wang et. al., 2009). Penggunaan RBC memiliki efisiensi transfer oksigen yang tinggi dan hemat biaya dibandingkan dengan proses lain yang menggunakan *diffusers* atau *surface aerator*. Selain itu teknologi ini memilki kapasitas yang tinggi dalam mengatasi perubahan fluktuasi air limbah dan untuk meredam *shock loading* (Metcalf, 2003).

Kemampuan unit RBC dalam menyisihkan kandungan organik bergantung kepada mikroorganisme yang hidup menempel pada *disc* di unit RBC dan membuat suatu lapisan film yang disebut biofilm, ditunjukkan oleh gambar 2.1. Biofilm pada RBC memiliki beberapa lapisan biofilm, lapisan terluar mengandung bakteri aerobik yang mana menggunakan bahan organik dan menghasilkan CO_2 dan H_2O (Martin, et al., 2012). Semakin tebal lapisan biofilm maka akan mengandung

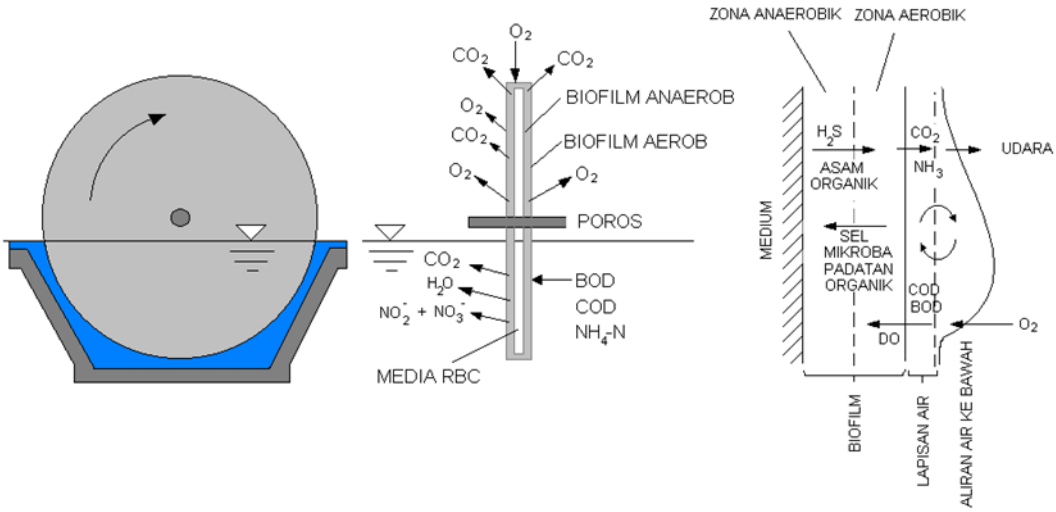
bakteri anaerobic atau anoxic karena tidak terkena oksigen. Pada lapisan anoxic mikroorganisme akan menggunakan nitrat atau nitrogen dan pada lapisan anaerobic mungkin menggunakan sulfat (Peng, et al., 2014). Adanya lapisan aerobik, anoxic, dan anaerobik, akan meningkatkan efisiensi pengolahan bahan organik dan nutrient yang ada pada air limbah yang membuat RBC sebagai pilihan unit yang efektif dalam IPAL.



Gambar 2. 1 Lapisan Biofilm pada Media Disk RBC

(Sumber: Said, 2005)

Unit RBC digunakan sebagai pengolahan air limbah domestik karena memiliki efisiensi penyisihan bahan organik yang tinggi, termasuk penyisihan COD. Penyisihan COD pada unit RBC bergantung kepada beberapa faktor yaitu, karakteristik air limbah, desain, parameter operasional, dan populasi mikroba pada biofilm (Chen, 2022). Karakteristik air limbah seperti konsentrasi dan sifat bahan organik mempengaruhi efisiensi RBC dalam menyisihkan kandungan COD. Pada *organic loading rates* (OLR) tinggi akan mengurangi efisiensi penyisihan COD karena mikroorganisme tidak mampu dalam mendekomposisi bahan organik yang terlalu banyak dan sifat bahan organik seperti biodegradabilitas dan toksisitas juga mengurangi efisiensi penyisihan COD. Secara garis besar penyisihan bahan organik dalam air limbah pada unit RBC ditunjukkan gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Mekanisme Pengolahan Bahan Organik oleh Mikroorganisme pada RBC

(Sumber: Said, 2005)

Faktor utama yang mempengaruhi performa unit yaitu tergantung dari beberapa parameter desain. Parameter desain yang utama yaitu, kecepatan putaran disk, *organic* dan *hydraulic loading rates*, *hydraulic retention time* (HRT), media RBC, *staging*, suhu, karakteristik biofilm dan air limbah, kadar *dissolved oxygen* (DO), resirkulasi air limbah dan lumpur, *step feeding*, dan tenggelamnya disk (Cortez, et al., 2008).

2.2.1. Kecepatan Putaran Disk

Kecepatan putaran disk menyebabkan tegangan geser pada biofilm dan jumlah kadar oxygen dan *nutrients* yang masuk ke dalam mikroorganisme (Soleimani, et al., 2021). Meningkatkan kecepatan putaran disk melebihi nilai optimalnya akan berdampak pada kinerja mikroorganisme dan efisiensi sistem yang mana akan meningkatkan tegangan geser pada biofilm yang akan menyebabkan lepasnya lapisan biofilm pada disk sehingga menurunkan performa RBC (Najafpour, et al., 2006). Ketika disk dalam kecepatan rendah, biofilm yang terbentuk akan tipis sehingga oksigen lebih mudah masuk ke dalam lapisan biofilm yang dalam. Tetapi ketika disk dalam kondisi kecepatan tinggi, biofilm yang terbentuk akan lebih tebal dan padat sehingga membatasi transfer oksigen yang masuk ke lapisan dalam

biofilm sehingga akan terjadi kondisi anaerob di lapisan dalam biofilm dan mengurangi performa RBC dalam mendegradasi polutan (Fuchigami, et al., 2020).

Peningkatan kecepatan putaran disk akan meningkatkan efisiensi pengolahan dan penyisihan bahan organik pada unit RBC, tetapi kecepatan putaran disk memiliki batas optimum sehingga jika melebihi akan mengurangi performa, meningkatkan kebutuhan energi, dan dampak negatif yang lain yang akan terjadi pada unit RBC. Kecepatan disk yang direkomendasikan yaitu antara 2 – 5 rpm pada skala besar (Waqas, et al., 2023)

2.2.2. Organic Loading Rates (OLR)

OLR merupakan jumlah bahan organik yang masuk ke dalam unit RBC dalam satuan per unit volume per hari. Performa RBC sangat tergantung kepada kemampuan mikroorganisme dalam biofilm untuk mendegradasi bahan organik. Jika OLR rendah, mikroorganisme mungkin tidak bisa mengolah semua bahan organik dalam air limbah yang berakibat pada tidak maksimalnya pengolahan sehingga efisiensi pengolahan menjadi rendah. Dan ketika ketika OLR tinggi, mikroorganisme tidak akan mampu bertahan karena kadar oksigen kurang dan bahan organik yang diolah akan menumpuk sehingga mengakibatkan turunnya efisiensi pengolahan (Lee, et al., 2001). Jumlah OLR yang optimal tergantung kepada jenis air limbah yang akan diolah yaitu berkisar antara 0,5 – 5 kg.COD/m^3.d. jumlah OLR yang optimal bergantung beberapa faktor seperti konsentrasi dan karakteristik bahan organik, suhu, pH, dan HRT (Waqas, et al., 2021). Sehingga penting untuk menjaga OLR tetap optimal karena jika melebihi kapasitas akan mengurangi efisiensi pengolahan dan pada OLR rendah, kurang dalam memanfaatkan kapasitas unit pengolahan sehingga OLR harus secara rutin dilakukan pemantauan dan dijaga agar tetap optimal untuk menjaga performa RBC.

2.2.3. Hydraulic Loading Rates (HLR)

HLR merupakan jumlah debit yang dimasukkan ke dalam RBC dengan satuan m^3/m^2.hari. Hubungan HLR dengan unit RBC yaitu dengan meningkatnya debit yang masuk maka akan mengurangi waktu tinggal di yang mengurangi RBC

performa RBC. Parameter HLR pada RBC tidak begitu diperhatikan dalam unit RBC dibanding dengan parameter OLR, tetapi jika beban hidrolik terlalu besar akan membuat biofilm pada media menjadi lebih tebal karena pertumbuhan mikroorganisme dan biofilm akan menjadi mudah terkelupas (Alemzadeh, et al., 2001).

2.2.4. Hydraulic Retention Time (HRT)

HRT atau waktu tinggal merupakan parameter desain dan operational yang penting dalam unit RBC. HRT menunjukkan durasi waktu air limbah yang tinggal dan kontak dengan biofilm pada disk di RBC. HRT mempengaruhi performa RBC karena merupakan waktu yang dapat digunakan mikroorganisme dalam menyisihkan polutan. Waktu tinggal yang optimal bergantung kepada unit yang digunakan yang berkisar antara 4 – 24 jam (Irfan, et al., 2022).

Semakin lama waktu tinggal maka akan meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah karena mikroorganisme memiliki waktu yang cukup untuk mendegradasi polutan. Tetapi waktu yang lama juga mengakibatkan terjadinya akumulasi bahan organik dan pertumbuhan mikroorganisme yang tidak dibutuhkan sehingga menurunkan efisiensi penyisihan RBC. Di sisi lain, ketika waktu HRT pendek mengurangi waktu kontak antara air limbah dah biofilm sehingga menurunkan efisiensi penyisihan tetapi menurunkan akumulasi bahan organik dan mencegah tumbuhkan mikroorganisme yang tidak dibutuhkan yang akan meningkatkan efisiensi penyisihan (Daupdoto et al, 2021).

2.2.5. Suhu

Suhu pada air limbah mempunyai peran penting dalam performa RBC. Suhu harus berada pada kondisi yang optimal yaitu berada diantara 20 – 30 ^{o}C tergantung kepada mikroorganisme yang hidup dalam air limbah. Pada suhu yang rendah aktivitas mikroorganisme dalam air menurun dan ketika suhu tinggi akan merusak struktur biofilm dan melepaskan biofilm dari media sehingga akan menurunkan performa RBC (Waqas, et al., 2023).

2.2.6. *Dissolved Oxygen* (DO)

Pada kondisi aerobic di dalam unit RBC, mikroorganisme akan membentuk biofilm di media yang mana sebagian tenggelam di dalam air dan sebagian terkena udara. Proses masuknya oksigen pada unit RBC yaitu ketika media diputar, sehingga transfer oksigen dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu, dengan penyerapan oleh media biofilm ketika berada di udara, dengan kontak langsung antara air dan udara, dan penyerapan oksigen oleh mikroorganisme selama di udara (Grady, 1982).

Kadar DO pada air limbah sangat penting dalam penyisihan bahan organik dan terjadinya nitrifikasi yang menjadi faktor penting dalam desain unit RBC. Selama masa operasional kadar DO harus diperhatikan dan mencegah agar kadar DO tidak mencapai batas pengolahan aerobik, kadar DO pada air limbah kurang lebih yaitu sebesar 2 mg DO/l (Nowak, 2000).

2.3 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi dan perbandingan hasil penelitian yang akan dilakukan dan relevan terhadap judul penelitian. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang digunakan:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama	Hasil
(Waqas, *et. al*, 2020)	Unit RBC dapat menyisihkan polutan COD sekitar 70% yaitu dari 262 mg/l menjadi 82 mg/l pada aliran efluen. Penyisihan COD pada RBC bergantung pada kecepatan putaran disk, HRT, OLR, dan kedalaman disk tenggelam.
(Kadu, *et. al*, 2013)	Perbedaan ukuran disk RBC mempengaruhi efisiensi removal terhadap parameter COD dan TSS pada air limbah. Semakin lebar disk maka semakin besar pula luas permukaan disk sehingga lebih efektif dalam mengurangi polutan dalam air limbah.

(Utami, *et. al*, 2020)	Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) komunal sudah mampu menyisihkan parameter TSS sampai kurang dari baku mutu, sedangkan kemampuan dalam mengurangi kandungan COD masih perlu ditingkatkan karena masih diatas baku mutu.
(Rizal, 2014)	Efektifitas instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan menggunakan RBC sudah efektif dalam menyisihkan parameter polutan yang ada di dalam air limbah domestik, tetapi mengalami penurunan efektifitas pada tahun 2013 dan 2014 sekitar 7%.
Cvetkovic, *et. al*, 2014)	Efisiensi removal dari satu stage unit RBC dengan tambahan aerasi sama seperti dengan dua stage unit RBC. Selain itu pada kandungan OLR tinggi satu stage unit RBC, efisiensi removal yang didapatkan sama dengan satu stage uit RBC tanpa aerasi dengan OLR yang rendah.

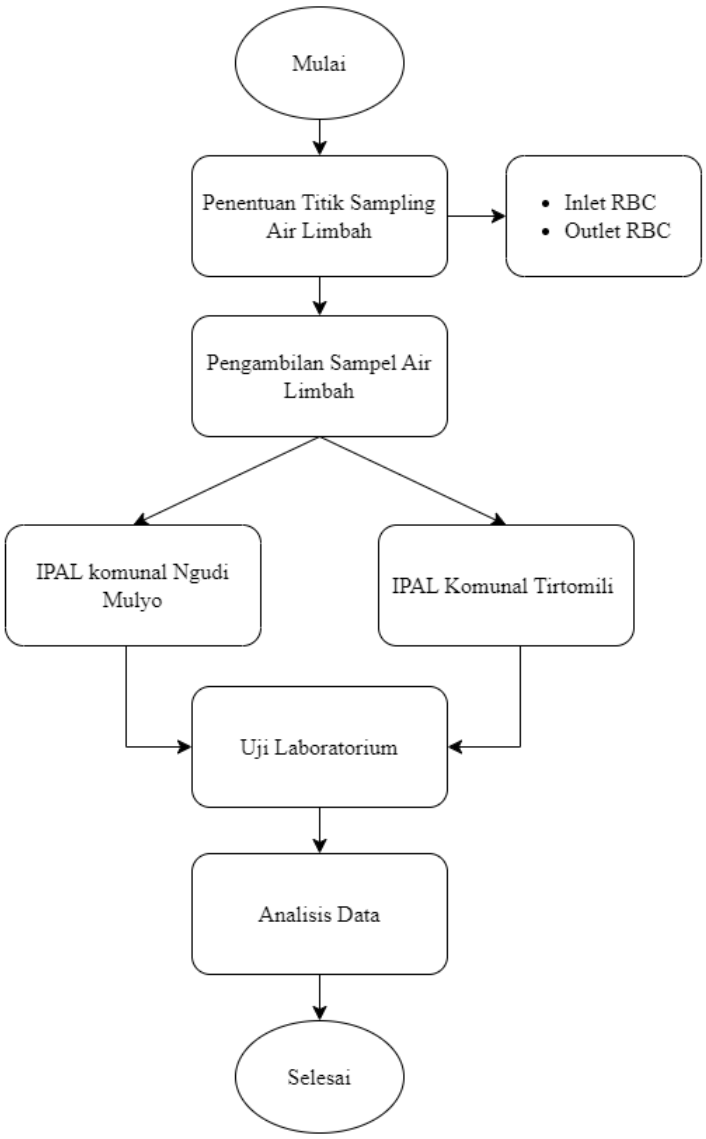
Dengan referensi yang ada dari penelitian terdahulu peneliti akan melakukan evaluasi efektivitas unit RBC dalam menyisihkan COD dan TSS pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan IPAL Komunal Tirtomili. Dari penelitian yang dilakukan apakah efektifitas RBC dalam menyisihkan COD dan TSS memiliki efektifitas yang sama dan apa saja yang memengaruhi unit RBC dalam menyisihkan kandungan COD dan TSS pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan IPAL Komunal Tirtomili. Sehingga peneliti dapat memberikan masukan untuk meningkatkan perfoma dan efisiensi dari unit RBC di dalam pengolahan IPAL.

“*Halaman ini sengaja dikosongkan”*

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

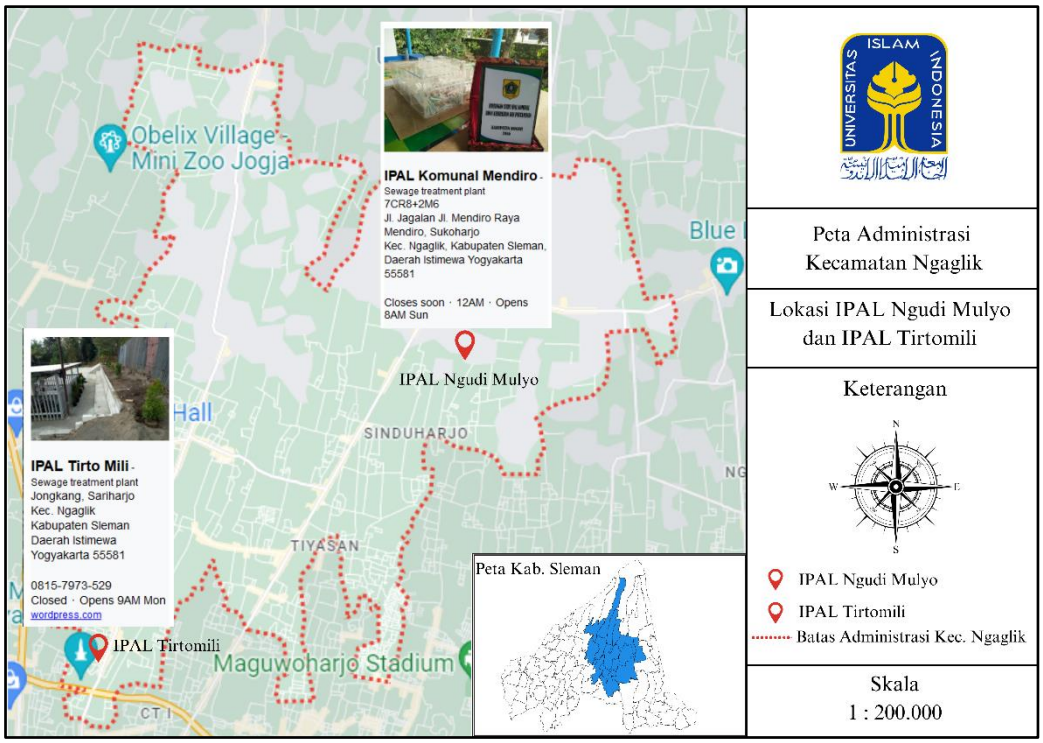
Metode penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 3.1 melalui diagram alir. Diagram alir penelitian digunakan sebagai garis besar tahapan penelitian yang akan dilakukan. Data-data yang dikumpulkan berupa data-data primer dan sekunder yang akan digunakan sebagai analisis data penelitian.



Gambar 3. 1 Metode Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Gambar 3.2 merupakan tempat pengambilan data yang berada di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan IPAL komunal Tirtomili dan secara rinci dijelaskan pada Tabel 3.1. Survei lokasi IPAL komunal dilakukan pada bulan Desember 2022 dan pengambilan sampel dimulai pada tanggal 25 Januari 2023 sampai 22 Februari 2023.



Gambar 3. 2 Lokasi IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili

Tabel 3. 1 Penjelasan Lokasi IPAL

Keterangan	IPAL Komunal Ngudi Mulyo	IPAL Komunal Tirtomili
Dusun	Mendiro	Jongkang
Kelurahan	Sukoharjo	Sariharjo
Kecamatan	Ngaglik	Ngaglik
Titik Koordinat	7°42’36” S 110°24’59” E	7°44’58” S 110°22’17” E
Elevasi	259 mdpl	153 mdpl

3.3 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan tahapan-tahapan yang digunakan sebagai gambaran keseluruhan penelitian yang dilakukan. Di dalam kerangka penelitian terdapat informasi yang dibutuhkan, tahapan-tahapan penelitian, dan hasil yang didapatkan selama penelitian.

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan 2 metode, yaitu:

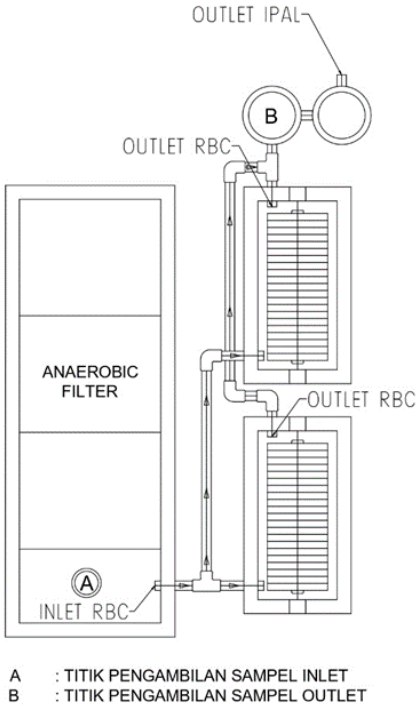
a. Data primer
   Data primer merupakan data yang diambil langsung selama masa penelitian dilakukan seperti data profil IPAL komunal, yang terdiri tahun pembangunan, teknologi pengolahan, dan cakupan layanan melalui wawancara. Selain itu diambil juga data debit, pH, suhu, dan kualitas air limbah berupa COD dan TSS dengan pengujian di laboratorium.
b. Data sekunder
   Data sekunder didapatkan dari sumber media massa seperti instansi pemerintah, surat kabar, dan penelitian terdahulu yang dipublikasikan. Data yang diambil terdiri dari data IPAL komunal dilakukan pemantauan secara berkala, permasalahan yang terjadi, dan hasil evaluasi dari penelitian terdahulu.

3.3.2 Pengambilan Sampel

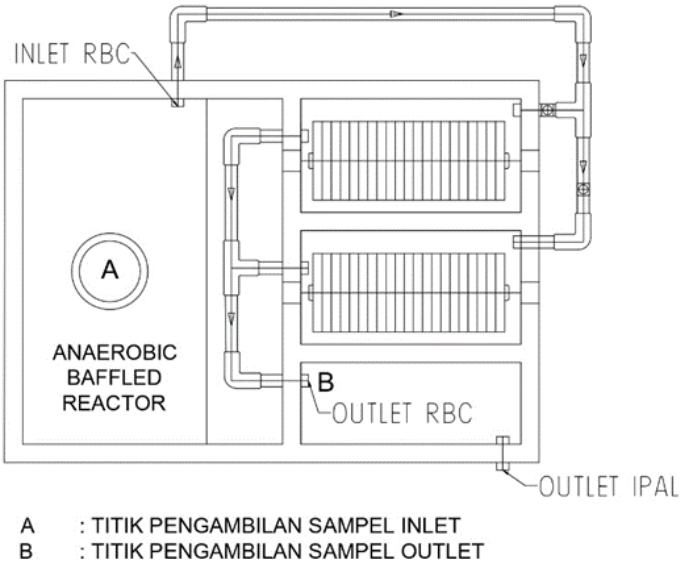
Pengambilan sampel air limbah IPAL komunal dilakukan mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang metoda pengambilan contoh air limbah. Sampel air limbah diambil pada inlet dan outlet unit RBC yaitu, pada bak sebelum unit RBC dan bak setelah unit RBC. Hal ini dikarenakan inlet dan outlet RBC cukup sempit sehingga tidak memungkinkan untuk pengambilan sampel. Berikut merupakan metode pengambilan sampel dan titik pengambilan sampel pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Metode Pengambilan Sampel

Nama IPAL	Titik Sampling		Hari Pengambilan Sampel	Metode Sampling
	Influen	Efluen		
IPAL komunal Ngudi Mulyo	A	B	1,6,8,14,21,28	*Grab Sample*
IPAL komunal Tirtomili	A	B		



Gambar 3. 3 Titik Pengambilan Sampel IPAL Komunal Ngudi Mulyo



Gambar 3. 4 Titik Pengambilan Sampel IPAL Komunal Tirtomili

3.3.3 Pengujian Sampel

Setelah pengambilan sampel pada IPAL komunal, air limbah akan dilakukan uji laboratorium sesuai dengan parameter yang akan diuji yaitu COD dan TSS sesuai pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Metode Pengujian Parameter COD dan TSS

No	Parameter	Satuan	Acuan	Metode Uji
1	COD	mg/l	SNI-6989.02:2019	Refluks tertutup secara spektrofotometri
2	TSS	mg/l	SNI-6989.03:2019	Gravimetri

3.3.4 Metode Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mengetahui efisiensi kinerja dari unit RBC dalam mengurangi parameter air limbah yaitu, COD dan TSS sehingga dapat diketahui apakah unit RBC efektif dalam mengurangi polutan dalam air limbah.

Sebelum menentukan efisiensi kinerja unit RBC, diperlukan juga perhitungan dalam menentukan kadar COD dan TSS dalam air limbah setelah data hasil pengujian laboratorium didapatkan. Dalam menghitung kadar COD disesuaikan dengan SNI-6989.02:2019 yaitu:

$$y = bx + a \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

$$x = \frac{y + a}{b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

y = nilai adsorbansi

Kemudian jika pengujian menggunakan pengenceran maka,

$$Kadar\ COD\ (mg\ O_2/l) = C \times f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

C = nilai COD contoh uji (mg/l)

f = faktor pengenceran

Perhitungan yang digunakan dalam menghitung TSS sesuai dengan SNI-6989:2019 yaitu:

$$TSS\ (mg/l) = \frac{(W_1 - W_0)\ \times 1000}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

W_0 = berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)
W_1 = berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg)
V = volume contoh uji (ml)
1000 = konversi mililiter ke liter

Setelah diketahui kandungan parameter COD dan TSS pada inlet dan outlet kemudian akan dihitung efisiensi removal dari unit RBC yand diambil. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan untuk menghitung efisiensi removal:

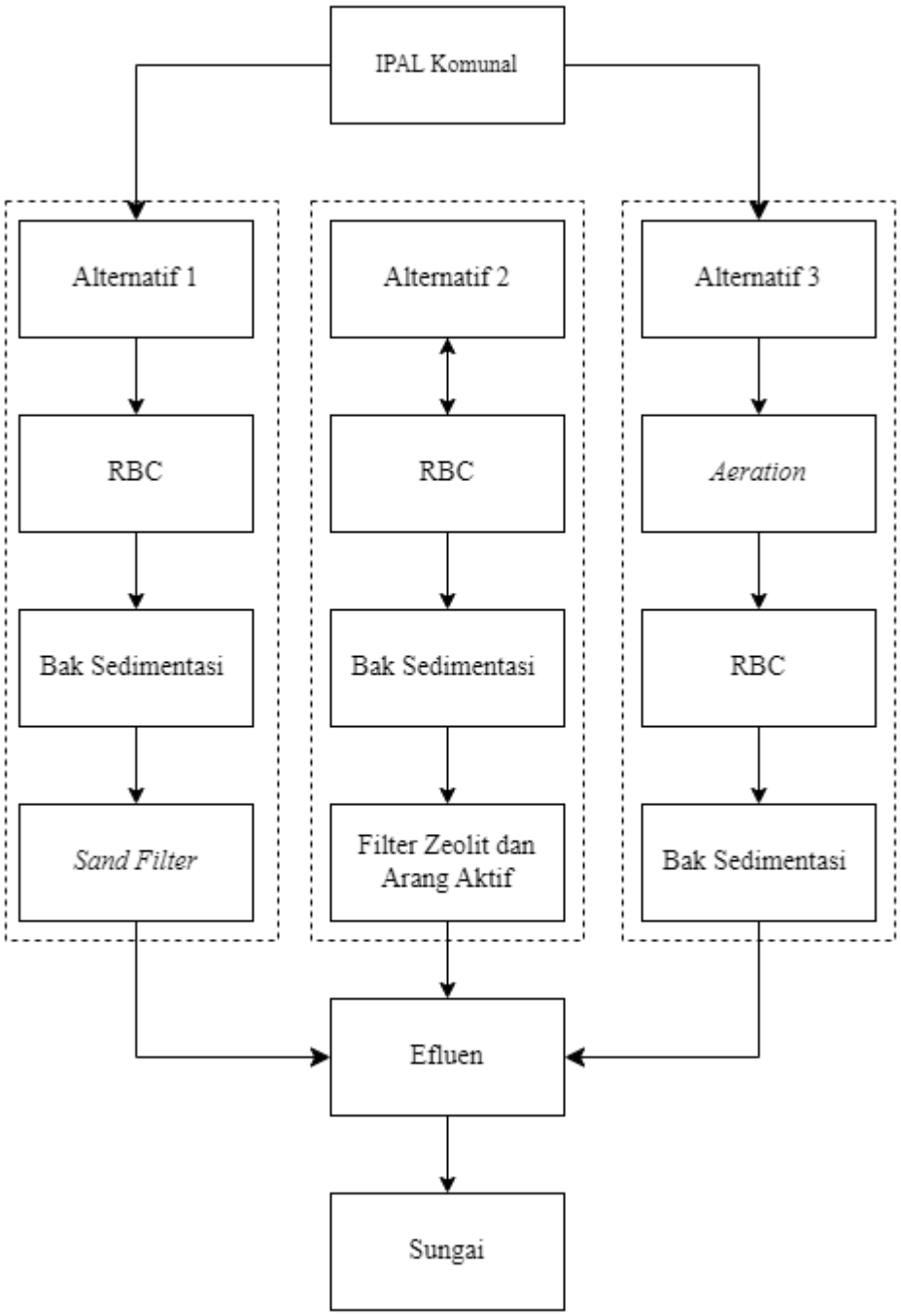
$$\%removal = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

C_{in} = Beban yang masuk

C_{out} = Beban yang keluar

3.3.5 Alternatif Peningkatan IPAL komunal

Peningkatan IPAL komunal yang akan direncanakan adalah dengan menambahkan pilihan teknologi pengolahan dengan menggunakan *sand filter*, filter zeolit dan arang aktif, dan *supplemental aeration*. Alternatif teknologi pengolahan yang digunakan pada IPAL komunal ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Alternatif Peningkatan Efisiensi IPAL komunal

Dalam perencanaan peningkatan efisiensi pengolahan IPAL komunal, air hasil olahan air limbah domestik akan dibuang ke badan air sesuai pada Permen LHK No. 68 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik agar badan air tidak tercemar oleh air hasil olahan IPAL komunal.

Teknologi peningkatan efisiensi IPAL komunal dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, antara lain yaitu berdasarkan karakteristik air limbah, biaya, ketersediaan lahan, dan kemudahan operasional. Perbandingan efisiensi removal, kelebihan dan kekurangan dari masing-masing alternatif teknologi pengolahan air limbah ditunjukkan pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Perbandingan Efisiensi Removal, Kelebihan dan Kekurangan Teknologi Pengolahan

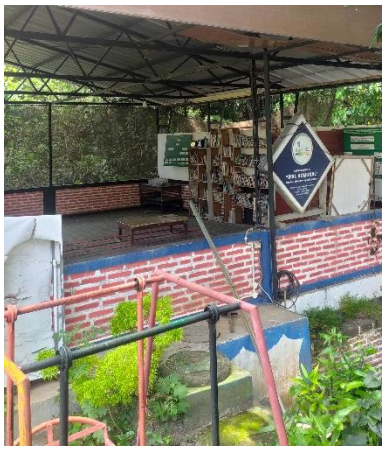
Parameter	Sedimentasi + *Sand Filter*	Sedimentasi + Zeolit dan Arang Aktif	*Supplemental Aeration* + Sedimentasi
Efisiensi removal	- COD : 85% - TSS : 84,21% (Aghababaee, et al., 2022)	- COD : 73,75% - TSS : 80,65% (Asadiya dan Karnaningroem, 2018)	- COD : 71% - TSS : 56% (Cvetkovic, et al., 2014)
Kelebihan	- Efektif dalam mengurangi kekeruhan - Kebutuhan lahan yang kecil (Patel, 2019)	- Efektif dalam menurunkan kadar COD - Dapat menurunkan kadar bau air limbah (Gemala, 2020)	- Mampu mengolah beban organik yang lebih tinggi. - Meningkatkan kadar DO pada air limbah (Shalom, et al., 2014)
Kekurangan	- Tidak efektif untuk mengurangi bakteri dan bahan organik. (Patel, 2019)	- Kurang dalam penyisihan ammonia (Oktavitri, et al., 2019)	- Kebutuhan daya lebih tinggi - Tersumbatnya filter aerator - Air memiliki tingkat kejenuhan DO (Shalom, et al., 2014)

“*Halaman ini sengaja dikosongkan”*

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

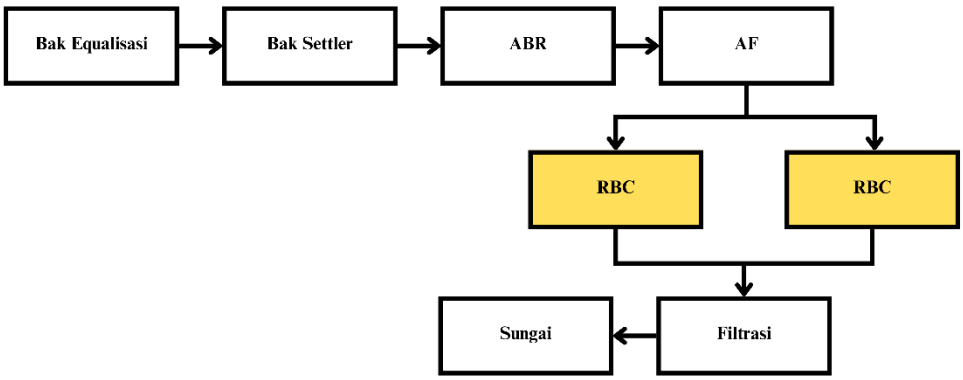
4.1 Gambaran Umum IPAL

4.1.1 IPAL Komunal Ngudi Mulyo



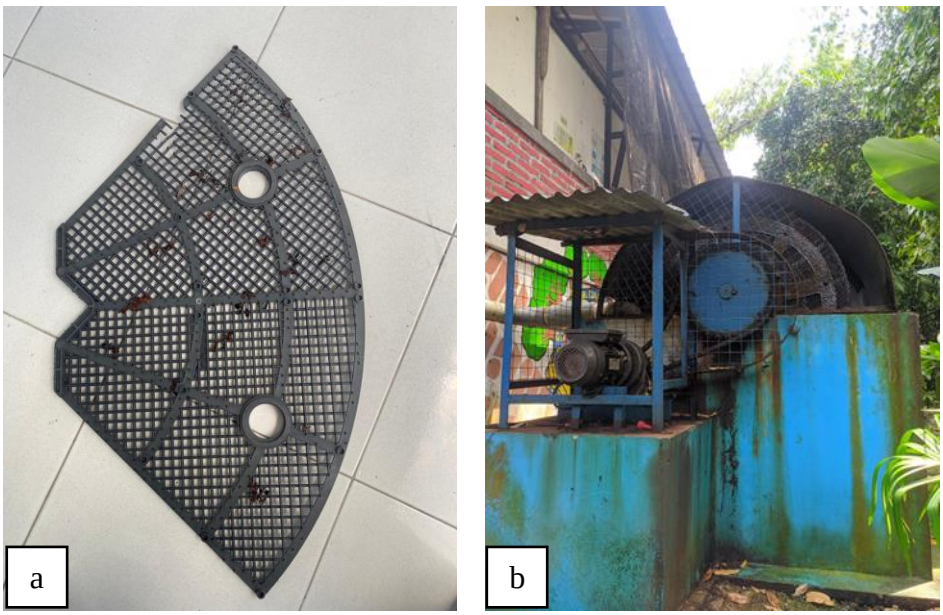
Gambar 4. 1 IPAL komunal Ngudi Mulyo

IPAL komunal Ngudi Mulyo berada di padukuhan Mendiro, Desa Sukoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman. IPAL komunal Ngudi Mulyo dikelola oleh Kelompok Pengguna dan Pemelihara (KPP) IPAL komunal KSM Ngudi Mulyo yang dibangun pada tahun 2015 dengan bantuan dari program SANIMAS dan swadaya masyarakat pedukuhan Mendiro. IPAL Komunal Ngudi Mulyo mulai beroperasi pada tahun 2016 dan saat ini melayani 68 KK atau 256 jiwa dengan sambungan rumah (SR) sebanyak 61 SR. IPAL Komunal Ngudi Mulyo memiliki kapasitas pelayanan 500 jiwa dengan menggunakan teknologi Anaerobic Baffled Reactor (ABR), Anaerobic Filter (AF) dan Gravel Filter seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Unit Pengolahan pada IPAL komunal Ngudi Mulyo

Selama berjalannya waktu, IPAL Komunal Ngudi Mulyo mendapat tambahan unit pengolahan aerobik dari PUSTEKLIM yaitu berupa RBC dengan media *lattice* 3 dimensi sebanyak 2 unit untuk meningkatkan hasil olahan IPAL komunal (gambar 4.3). Air hasil olahan IPAL komunal dilewatkan kolam indikator sebelum dibuang ke badan air sebagai indikator bahwa efluen IPAL komunal sudah aman untuk lingkungan.



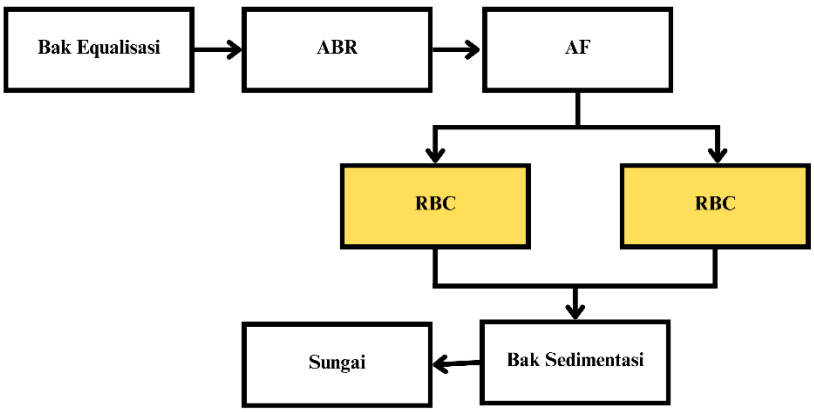
Gambar 4. 3 (a) Media Lattice 3 Dimensi (b) Unit RBC IPAL komunal Ngudi Mulyo

4.1.2 IPAL Komunal Tirtomili



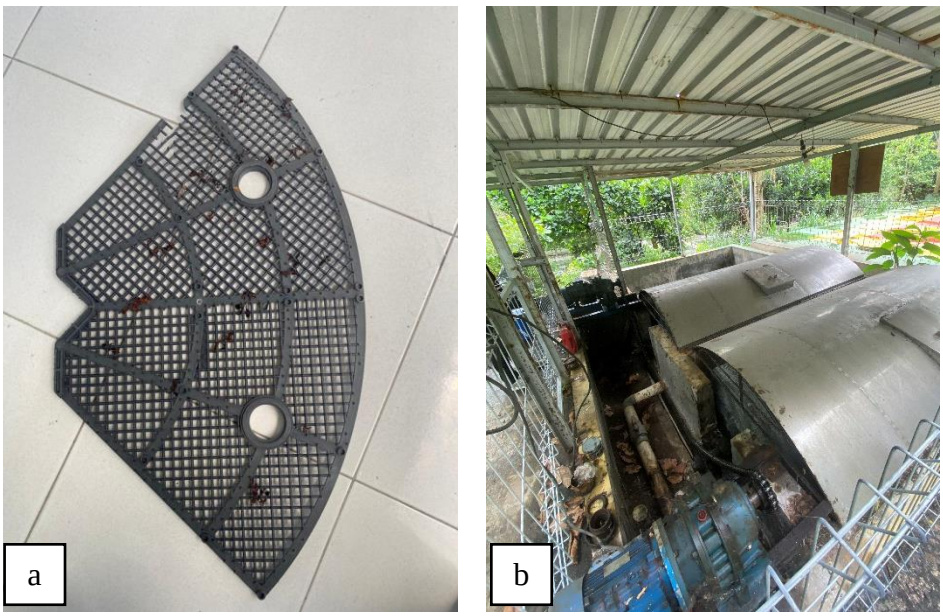
Gambar 4. 4 IPAL komunal Tirtomili

IPAL Komunal Tirtomili berada di RT 01 RW 35 Dusun Jongkang, Desa Sariharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman. IPAL dikelola oleh kelompok swadaya masyarakat (KSM) Tirtomili yang mulai beroperasi pada tahun 2014 dengan bantuan pemerintah dan swadaya masyarakat. IPAL Komunal Tirtomili awalnya hanya diperuntukkan untuk 100 KK kemudian dikembangkan hingga dapat melayani 400 KK yang mencakup 9 RT dari 2 RW di dusun Jongkang. Unit pengolahan IPAL komunal Tirtomili sesuai pada gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Unit Pengolahan Pada IPAL komunal Tirtomili

Pada IPAL Tirtomili digunakan teknologi ABR dengan 12 bilik pengolahan dan 2 unit RBC *lattice* 3 dimensi. Perawatan rutin yang dilakukan yaitu pengurasan lumpur yang mengendap dalam bak anaerobik kurang lebih sekitar 3 bulan sekali yang dilakukan oleh DLH Yogyakarta. Permasalahan yang ada yaitu hasil efluen yang dihasilkan mengeluarkan bau yang kurang sedap, keruh, dan terdapat film yang mengambang.



Gambar 4. 6 (a) Media Lattice 3 Dimensi (b) Unit RBC IPAL komunal Tirtomili

4.2 Kondisi Eksisting Unit RBC

Mikroorganisme menjadi faktor utama dalam penyisihan bahan organik pada RBC. Penyisihan yang optimal terjadi ketika unit RBC sesuai dengan parameter desain yang sesuai sehingga mikroorganisme dapat tumbuh dengan baik dan dapat menyisihkan bahan organik dengan optimal. Sehingga air limbah yang masuk ke dalam air limbah perlu diperhatikan dan dipantau secara berkala agar penyisihan yang dilakukan unit RBC dapat berjalan secara optimal.

Tabel 4. 1 Review Desain Unit RBC

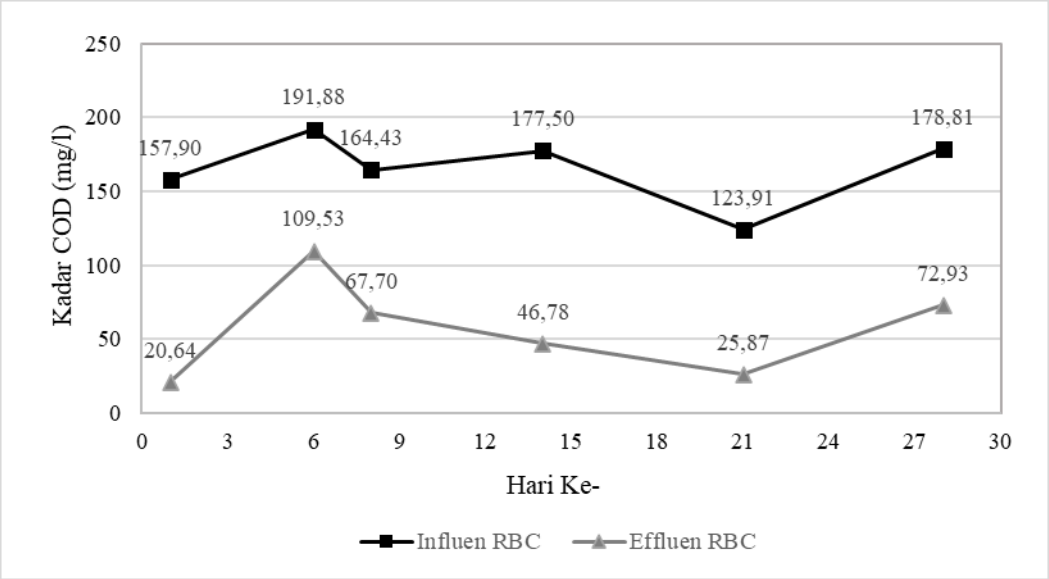
Parameter	Kriteria Desain	IPAL komunal Ngudi Mulyo[1]	IPAL komunal Tirtomili[2]
Debit (m^3/hari)	–	1,85 ± 0,35	131,24 ± 6,41
pH	7,5 – 8,5*	7,714 ± 0,4	7,43 ± 0,17
Suhu (^oC)	20 – 30*	28,25 ± 0,88	28,50 ± 0,95
DO (mg/l)	≥ 2**	2,99 ± 0,56	0,82 ± 0,58
HLR (L/m^2.hari)	50 - 100	7,3 ± 1,5	337,3 ± 12,5
OLR (Kg.BOD/m^2.hari)	< 4,5***	0,03 ± 0,003	4,5 ± 0,6
HRT (jam)	2 – 4	14,6 ± 2,51	1,01 ± 0,04

**Waqas, et al., 2023*
***Said, 2005*
****Rochman, 2017*
[1]Fauziah, 2023
[2]Gumilar, 2023

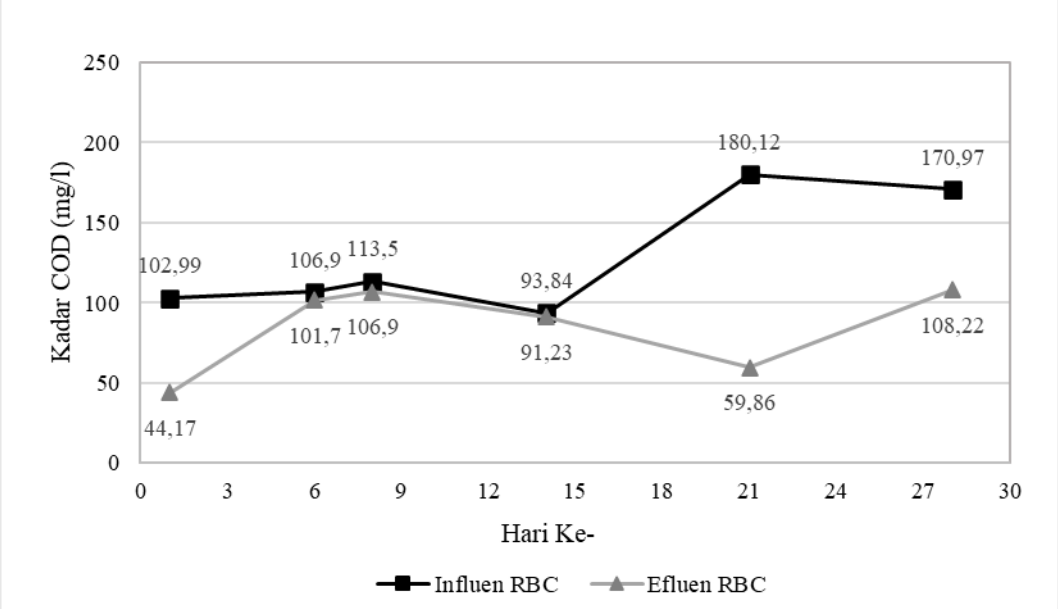
Tabel 4.1 menujukan kriteria desain dan kondisi eksisting pada unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Kondisi eksisting yang sesuai dengan kriteria desain akan membuat penyisihan yang terjadi pada unit RBC menjadi optimal karena faktor utama yang mempengaruhi performa RBC yaitu kondisi pH, suhu, DO, HLR, OLR, dan HRT (Cortez, *et al*., 2008).

4.3 Evaluasi Kemampuan Penyisihan COD

COD merupakan total kebutuhan oksigen yang digunakan untuk menguraikan seluruh komponen organik maupun anorganik yang ada dalam air limbah. Sehingga, kadar COD akan lebih tinggi dibanding dengan BOD pada air limbah karena BOD merupakan kebutuhan oksigen yang digunakan oleh bakteri untuk menyisihkan bahan organik. Berikut merupakan kadar COD pada influen dan efluen RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili pada gambar 4.7 dan 4.8



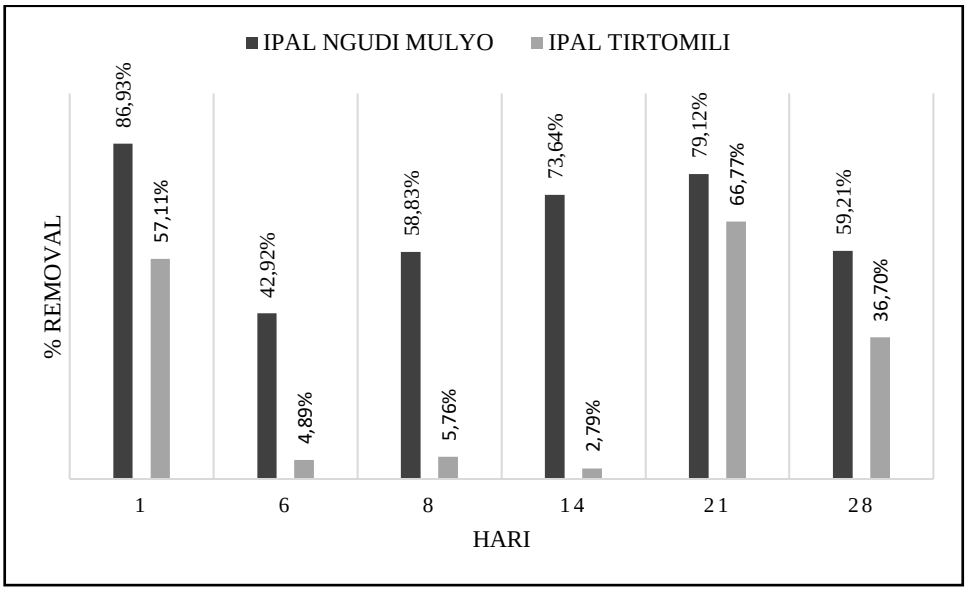
Gambar 4. 7 Hasil Pengujian COD IPAL Ngudi Mulyo



Gambar 4. 8 Hasil Pengujian COD IPAL Tirtomili

Kadar COD yang masuk ke dalam unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo selama satu bulan pengujian didapatkan kadar COD berkisar antara 123,91 mg/l – 191,88 mg/l dan pada bagian efluen berkisar antara 20,64 mg/l – 109,53 mg/l. Sedangkan pada IPAL komunal Tirtomili kadar COD yang masuk ke dalam unit

RBC berkisar antara 93,84 mg/l – 170,97 mg/l dan pada bagian efluen yaitu berkisar antara 44,17 mg/l – 108,22 mg/l. Tinggi rendahnya kadar COD di dalam air limbah tergantung dari besarnya bahan organik (protein, karbohidrat, lemak, dan deterjen) dan anorganik berupa logam (Ni, Mg, Fe) yang ada pada air limbah domestik (Suyasa, 2015).



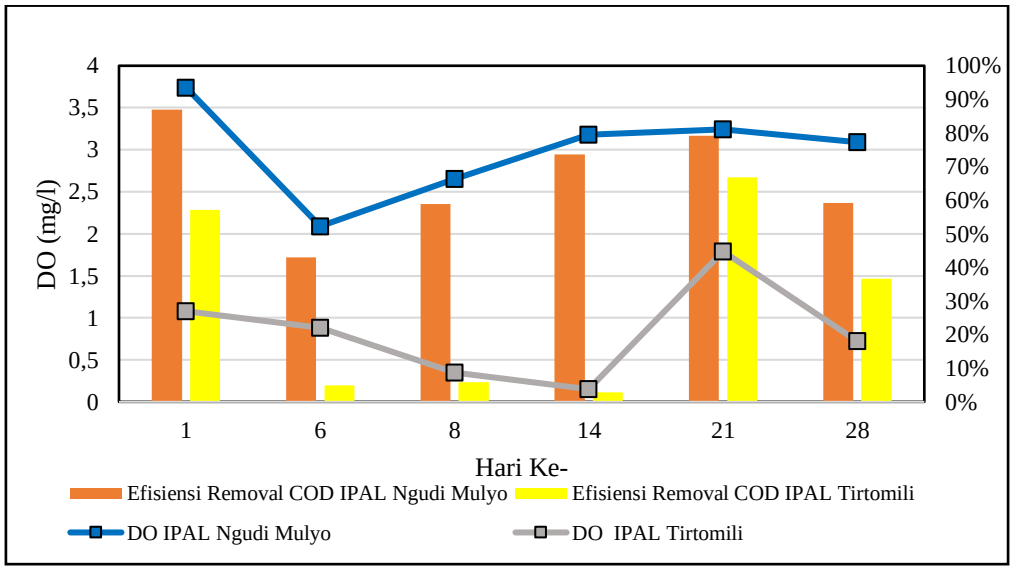
Gambar 4. 9 Perbandingan Efisiensi Removal COD IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili

Pada gambar 4.9 merupakan perbandingan efisiensi removal COD dalam IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Dari gambar tersebut didapatkan efisiensi removal COD pada IPAL Ngudi Mulyo paling tinggi didapatkan pada hari ke-1 dengan 86% dan paling kecil pada hari ke-6 dengan 42,92%, sehingga jika dirata-rata keseluruhan didapatkan efisiensi sebesar 66,78%. Sedangkan pada IPAL komunal Tirtomili efisiensi paling tinggi didapatkan efisiensi sebesar 57,11% pada hari ke-1 dan paling kecil yaitu 2,79% pada hari ke-14, sehingga jika dirata-rata keseluruhan didapatkan efisiensi sebesar 29,00%.

Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Kadu (2013) dengan menggunakan 3 stage unit RBC didapatkan hasil efisiensi pada stage I unit RBC sebesar 46,1 % dan pada efluen RBC total dapat menurunkan COD sebesar 80%. Sehingga jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili yang rata-rata efisiensi removal COD sebesar 66,78% dan

29% maka RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo memiliki penyisihan COD yang lebih optimal jika dibanding dengan unit RBC pada IPAL komunal Tirtomili.

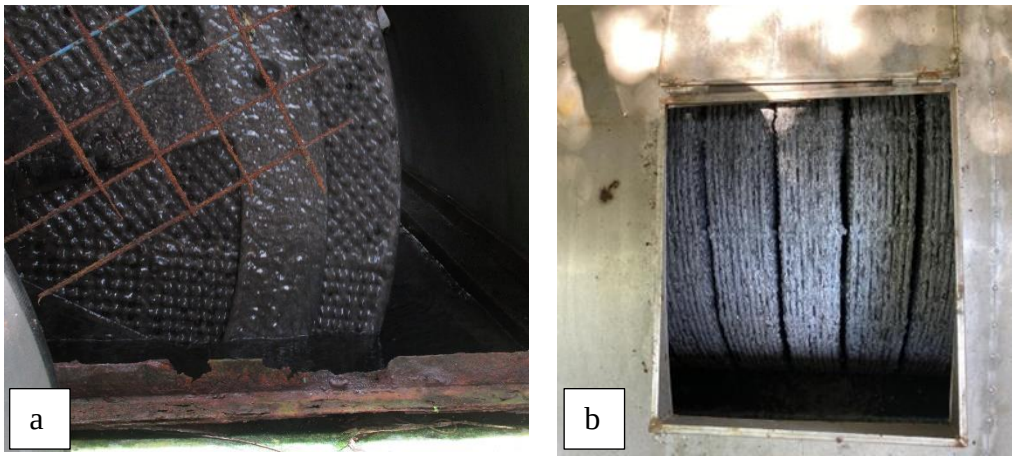
Penyisihan pada unit RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili memiliki kemampuan efisiensi yang berbeda. Pada IPAL komunal Ngudi Mulyo didapatkan efisiensi penyisihan COD yang tinggi hal ini karena dari data pada tabel 4.1 nilai OLR, HLR, dan HRT pada IPAL komunal Ngudi Mulyo masih sesuai dengan kriteria desain unit RBC, Tetapi belum dapat dikatakan efisien dari segi biaya pengolahan karena memiliki waktu tinggal yang lama. Sedangkan pada IPAL komunal Tirtomili efisiensi penyisihan COD yang rendah dikarenakan nilai OLR, HLR, dan HRT tidak sesuai dengan kriteria desain unit RBC atau sudah melebihi kapasitas pengolahan. Dengan tingginya debit yang masuk ke unit RBC membuat waktu tinggal air limbah di dalam unit RBC menjadi lebih singkat yaitu kurang lebih 1 jam, hal ini membuat mikroorganisme dalam biofilm tidak maksimal dalam mengolah beban organik yang masuk ke dalam unit RBC.



Gambar 4. 10 Perbandingan Kadar DO dan Efisiensi Removal COD pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili

Masih adanya beberapa kadar COD yang tinggi pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili dapat juga disebabkan karena kurangnya kadar DO (*Dissolved Oxygen*) dan beban jumlah beban organik yang masuk ke dalam unit RBC. Gambar 4.11 menunjukkan perbandingan kadar DO dan efisiensi removal pada IPAL Ngudi

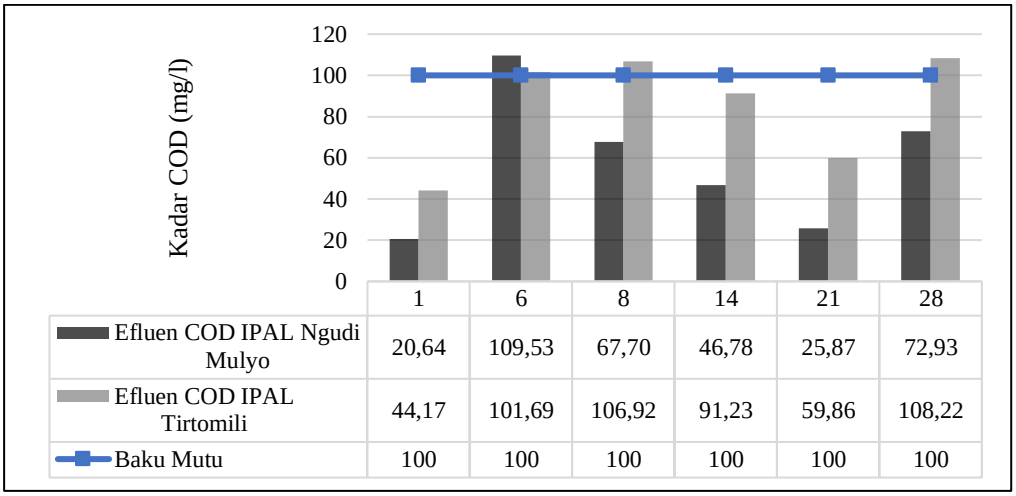
Mulyo dan Tirtomili. Kadar DO pada air limbah di unit RBC Ngudi Mulyo memiliki kadar DO berkisar antara 2,09 – 3,74 mg/l dan pada unit RBC Tirtomili berkisar antara 0,15 – 1,79 mg/l. Menurut Cortez (2013) kadar DO pada RBC setidaknya memiliki kadar 2 mg/l agar mikroorganisme aerobic dapat hidup dengan baik dan kebutuhan DO harus berbanding lurus dengan jumlah beban organik yang masuk ke dalam unit RBC. Jika kadar DO kurang dari 2 mg/l akan membuat kondisi unit RBC menjadi anaerobic. Terjadinya kondisi anaerobic menyebabkan terjadinya kelainan pada pertumbuhan media biofilm menjadi berbentuk seperti gelatin berwarna putih dan agak transparan (Said, 2005). Hal ini membuat mikroorganisme di dalam unit RBC tidak dapat bekerja secara optimal dalam menyisihkan kadar COD yang ada dalam air limbah karena kurangnya kadar DO dan kondisi di dalam unit RBC menjadi anaerobik.



Gambar 4. 11 (a) Disk RBC IPAL komunal Ngudi Mulyo (b) Disk RBC IPAL komunal Tirtomili

Dari gambar 4.11 bisa dilihat perbedaan biofilm yang menempel pada media pada unit RBC. Pada unit RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo memiliki biofilm yang tipis dan berwarna coklat, hal ini menandakan mikroorganisme di dalam media hidup dengan baik. Tetapi biofilm yang terbentuk pada IPAL komunal Tirtomili memiliki lapisan yang lebih tebal berwarna putih keabuan seperti gelatin dan agak transparan, hal ini dikarenakan kurangnya kadar DO pada air limbah sehingga kondisi pada air limbah menjadi anaerobik dan mikroorganisme yang banyak hidup di dalam media biofilm adalah mikroorganisme pereduksi sulfur.

Oleh karena itu akan timbul gas H_2S sehingga menimbulkan bau yang kurang sedap pada IPAL komunal (Said, 2005).



	1	6	8	14	21	28
Efluen COD IPAL Ngudi Mulyo	20,64	109,53	67,70	46,78	25,87	72,93
Efluen COD IPAL Tirtomili	44,17	101,69	106,92	91,23	59,86	108,22
Baku Mutu	100	100	100	100	100	100

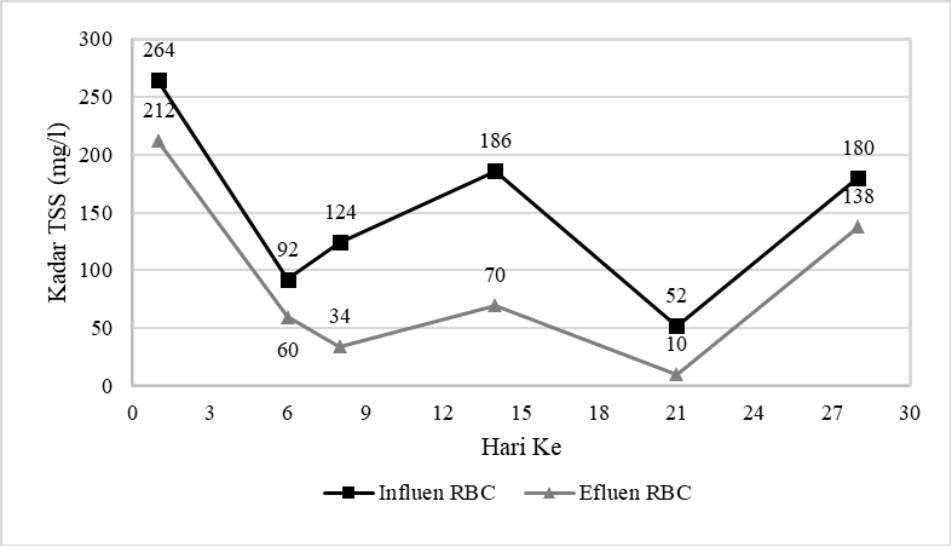
Gambar 4. 12 Perbandingan Kadar COD pada Efluen unit RBC dengan Baku Mutu

Dalam mengetahui kualitas efluen air limbah untuk parameter COD, hasil pengujian dibandingkan dengan standar baku mutu, yaitu Permen LHK No 69 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik dengan kadar COD maksimum yang diperkenankan masuk ke dalam badan air yaitu 100 mg/l. Sehingga dari hasil pengujian yang dilakukan hasil efluen air limbah pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili rata-rata sudah memenuhi baku mutu yang berlaku yaitu 57,24 mg/l dan 85,35 mg/l. Tetapi pada kedua IPAL masih perlu dilakukan pemantauan secara berkala karena masih terdapat beberapa sampel efluen RBC yang masih melebihi baku mutu yang yaitu pada IPAL komunal Ngudi Mulyo di hari ke-6 yaitu sebesar 109,7 mg/l dan pada IPAL komunal Tirtomili pada hari ke-6 sebesar 101,7 mg/l, hari ke-9 sebesar 106,9 mg/l, dan hari ke-28 sebesar 108,22 mg/l. Dengan masih adanya COD yang tinggi pada efluen RBC sehingga diperlukan pemantauan secara berkala dan peningkatan efisiensi penyisihan COD agar tidak mencemari badan air.

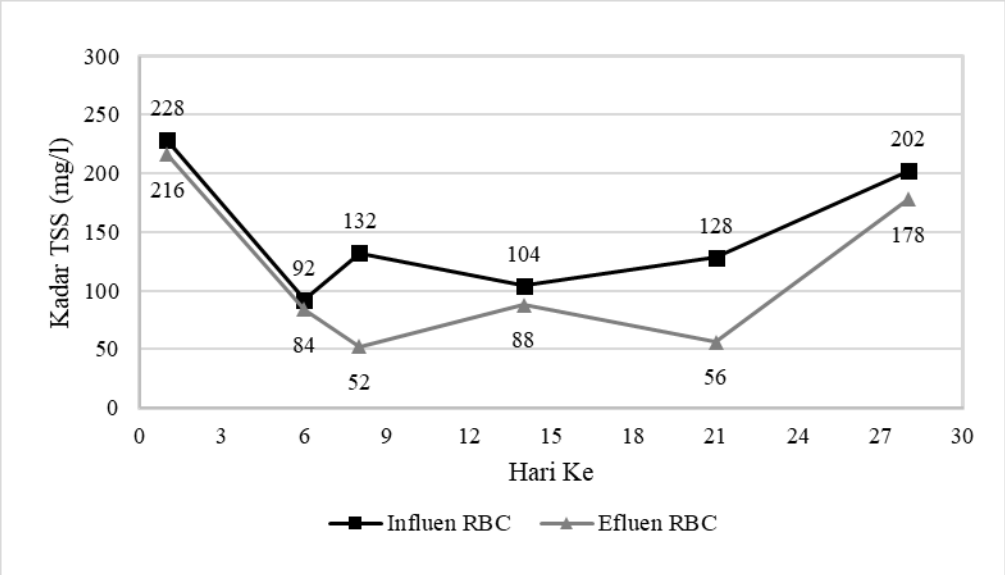
4.4 Evaluasi Kemampuan Penyisihan TSS

TSS merupakan padatan yang tertahan pada saringan *milipore* dengan diameter pori 0,45 µm dan berukuran > 1 µm dalam air dan dapat mengendap secara perlahan. TSS berupa padatan organik dan anorganik seperti pasir, lumpur, tanah liat maupun bahan organik dan tidak larut dalam air. TSS tidak memiliki massa

untuk mengendap sehingga melayang di dalam air (Qasim, 1985). TSS pada air limbah dapat terdiri dari sedimen seperti lumpur, jasad-jasad renik, pasir, dan biofilm (Nasution, 2008). Berikut merupakan hasil pengujian kadar TSS pada influen dan efluen RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili pada gambar 4.13 dan 4.14.

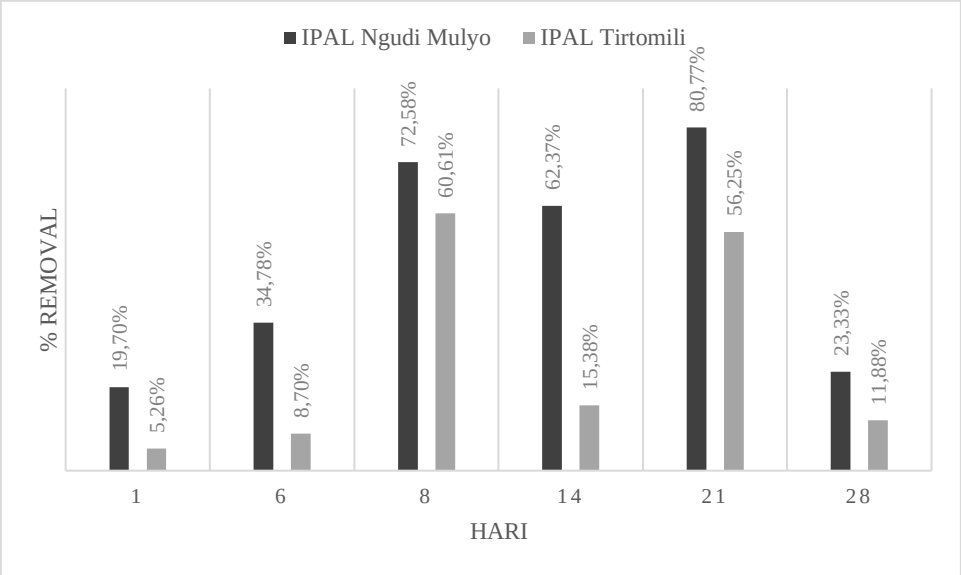


Gambar 4. 13 Hasil Pengujian TSS IPAL Komunal Ngudi Mulyo



Gambar 4. 14 Hasil Pengujian TSS IPAL Komunal Tirtomili

Kadar TSS hasil pemantauan selama 6 kali pengambilan sampel air limbah pada influen di IPAL komunal Ngudi Mulyo yaitu berkisar antara 52 mg/l – 264 mg/l dan pada efluen unit RBC yaitu berkisar antara 10 mg/l – 212 mg/l. Sedangkan pada influen IPAL komunal Tirtomili kadar TSS yang masuk ke dalam unit RBC sebesar 92 mg/l – 228 mg/l pada efluen unit RBC yaitu berkisar antara 52 mg/l – 216 mg/l.



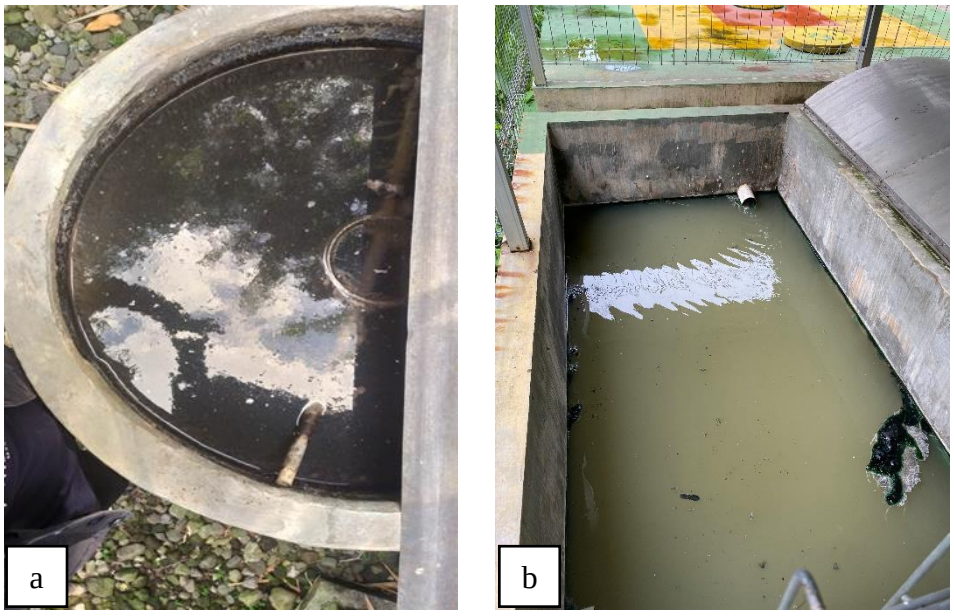
Gambar 4. 15 Perbandingan Efisiensi Removal TSS IPAL Ngudi Mulyo dan IPAL Tirtomili

Pada diagram 4.14 menunjukkan perbandingan efisiensi removal TSS pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. IPAL komunal Ngudi Mulyo memiliki efisiensi penurunan TSS paling tinggi pada hari ke-21 yaitu dengan 80,77% dan paling rendah pada hari ke-1 yaitu sebesar 19,70% dan rata-rata efisiensi removal TSS yaitu sebesar 48,92%. Sedangkan pada IPAL komunal Tirtomili efisiensi removal TSS terbesar dicapai pada hari ke-8 dengan 60,61% dan terendah pada hari ke-1 dengan 5,26% dan rata-rata efisiensi removal TSS yaitu sebesar 26,35%.

Mengacu kepada penelitian Kadu (2015) dengan satu stage unit RBC didapatkan hasil efisiensi removal sebesar 42,50% dari kadar TSS sebesar 145,7 mg/l menjadi 83,78 mg/l. Sehingga unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo sudah optimal dalam menyisihkan kandungan TSS karena memiliki efisiensi sebesar 48,92%. Jika dibandingkan dengan unit RBC di IPAL komunal Tirtomili masih kurang optimal

dalam menyisihkan kadar TSS dalam air limbah karena hanya dapat menyisihkan TSS sebesar 26,35%.

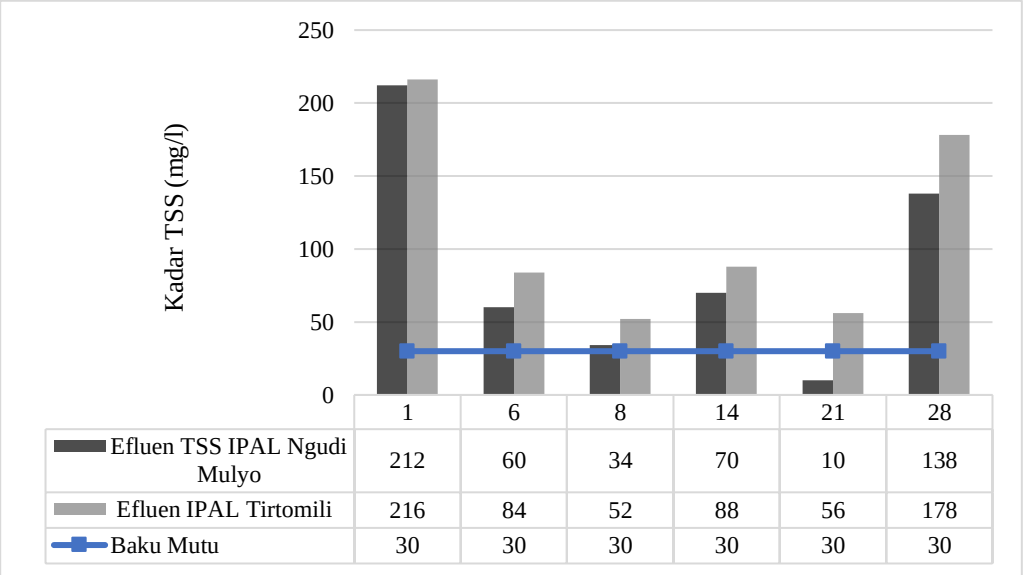
Mekanisme penyisihan TSS pada unit RBC yaitu TSS yang masuk ke dalam unit RBC akan tertahan pada media biofilm kemudian mikroorganisme akan mendekomposisi TSS menjadi partikel yang larut dalam air. Tetapi mikroorganisme tidak dapat secara optimal dalam menyisihkan TSS karena TSS merupakan padatan sehingga akan sulit diuraikan oleh mikroorganisme. Penyisihan TSS pada unit RBC tergantung kepada HRT dan kecepatan putaran disk, semakin lama HRT maka semakin tinggi juga efisiensi penyisihan TSS yang dilakukan oleh RBC karena TSS memiliki waktu yang cukup untuk mengendap. Selain itu kecepatan disk berpengaruh kepada TSS karena semakin tinggi kecepatan putaran disk maka biofilm akan mudah terkelupas dan putaran disk akan mencegah TSS untuk mengendap sehingga efisiensi penyisihan TSS menurun (Aghababae, *et al*., 2022).



Gambar 4. 16 (a) Efluen unit RBC IPAL Komunal Ngudi Mulyo (b) Efluen Unit RBC IPAL Komunal Tirtomili

Terdapat beberapa faktor yang membuat nilai kadar TSS pada efluen unit RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili masih tinggi. Menurut Said (2005) salah satu masalah yang terjadi pada unit RBC yaitu media biofilm yang mudah terkelupas. Dengan terkelupasnya biofilm ini akan meningkatkan kandungan TSS

pada air limbah. Hal ini juga terjadi pada efluen unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Pada Gambar 4.16 hasil efluen unit RBC IPAL komunal Ngudi Mulyo terlihat jernih tetapi masih ada biofilm yang melayang dan hasil efluen unit RBC IPAL komunal Tirtomili masih berwarna keruh dan terdapat lapisan biofilm yang melayang.



	1	6	8	14	21	28
Efluen TSS IPAL Ngudi Mulyo	212	60	34	70	10	138
Efluen IPAL Tirtomili	216	84	52	88	56	178
Baku Mutu	30	30	30	30	30	30

Gambar 4. 17 Perbandingan Kadar TSS pada Efluen Unit RBC dengan Baku Mutu

Dalam mengetahui kualitas air limbah dari parameter TSS, hasil pengujian akan dibandingkan dengan standar baku mutu yang berlaku yaitu Permen LHK No 69 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah domestik yaitu kadar maksimum yang diperkenankan masuk ke dalam badan air yaitu 30 mg/l. Sehingga jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah kandungan TSS pada efluen unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo hanya terdapat satu hari pengamatan yang sudah di bawah baku mutu yaitu pada hari ke-21 yaitu sebesar 10 mg/l dan pada IPAL komunal Tirtomili masih berada diatas baku mutu.

Terdapat beberapa faktor yang membuat nilai kadar TSS pada efluen unit RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili masih diatas baku mutu. Menurut Said (2005) salah satu masalah yang terjadi pada unit RBC yaitu media biofilm yang mudah terkelupas. Dengan terkelupasnya biofilm ini akan meningkatkan kandungan TSS pada air limbah. Hal ini juga terjadi pada efluen unit RBC pada

IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili. Peningkatan Efisiensi Penyisihan COD dan TSS.

Hasil penyisihan COD pada IPAL komunal Ngudi Mulyo sudah cukup baik dalam menyisihkan kadar COD pada air limbah dan rata-rata sudah memenuhi baku mutu yang berlaku. Tetapi dalam penyisihan TSS unit RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili masih belum optimal karena kadar TSS pada efluen unit RBC masih berada di atas baku mutu, hal ini dikarenakan masih adanya media biofilm yang terkelupas dari disk yang meningkatkan kadar TSS.

4.5 Peningkatan Efisiensi Penyisihan COD dan TSS

Penyisihan COD dan TSS oleh unit RBC di IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili masih perlu dilakukan peningkatan, hal ini karena fungsi utama IPAL komunal yaitu untuk menjaga agar air limbah domestik tidak mencemari lingkungan sehingga outlet IPAL komunal harus sesuai dengan baku mutu yang berlaku. Peningkatan efektifitas penyisihan COD dan TSS juga disesuaikan dengan DEWATS dimana unit yang akan ditambahkan memiliki kriteria mudah dalam pengaplikasian, operasional dan perawatan, kebutuhan energi yang rendah dan memiliki penyisihan yang optimal. Alternatif teknologi yang digunakan sesuai dengan tabel 4.1

Tabel 4. 2 Perbandingan Efektifitas Penyisihan COD dan TSS

Parameter	Efektifitas Penyisihan		
	Alternatif 1	Alternatif 1	Alternatif 1
	Sedimentasi + *Sand Filter*	Sedimentasi + Filter Zeolit dan Arang Aktif	*Supplemental Aeration* + Sedimentasi
COD	85% *	73,75% **	71% ***
TSS	84,21% *	80,65% **	56% ***

*Aghababaee, et al (2022)
**Asadiya dan Karnaningroem (2018)
***Cvetkovic, et al (2014)

Peningkatan efisiensi penyisihan digunakan beberapa alternatif teknologi. Alternatif teknologi yang dipilih yaitu alternatif 1 yaitu dengan menggunakan bak sedimentasi dan *sand filter* dikarenakan memiliki penyisihan COD dan TSS yang paling besar.

4.5.1. Perhitungan Bak Sedimentasi Akhir

Bak sedimentasi pada proses pengolahan air limbah berfungsi untuk proses pengendapan padatan tersuspensi dan biofilm yang terlepas dari media RBC. Berikut merupakan kriteria desain bak sedimentasi pada tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Kriteria Desain Bak Sedimentasi

Parameter Desain	Satuan	Bak Pengendapan Akhir
Waktu Tinggal	Jam	2
Overflow Rate	m^3/m^2.hari	20 - 30
P : L	m	3:1 – 5:1
Kedalaman	m	2,5 - 4,0
Freeboard	cm	40-60
Slope dasar	mm/m	1/100 – 2/100
Diameter Pipa Lumpur	mm	≥ 200

Sumber : Said, 2005

Parameter desain digunakan sebagai acuan dalam perhitungan kebutuhan bak sedimentasi. Berikut merupakan perhitungan bak sedimentasi:

Debit (Q) : 131 m^3/hari

Waktu tinggal (T) : 2 jam

Volume Bak (V) : $T = 24\frac{V}{Q}$

: $\frac{131\ m^3 \times 2\ jam}{24\ jam}$

V : 10,92 m^3

Panjang (P) : 3 m

Lebar (L) : 1,5 m

Kedalaman (H) : 2,5 meter

$$V = P \times L \times H$$

$$10{,}92\ m^3 = 3\ m \times 1{,}5\ m \times H$$

$$H = \frac{10{,}92\ m^2}{4{,}5\ m}$$

$H = 2{,}43 \sim 2{,}5\ m$ (memenuhi)

L. Permukaan (A) : P x L

: 3 m x 1,5 m = 4,5 m^2

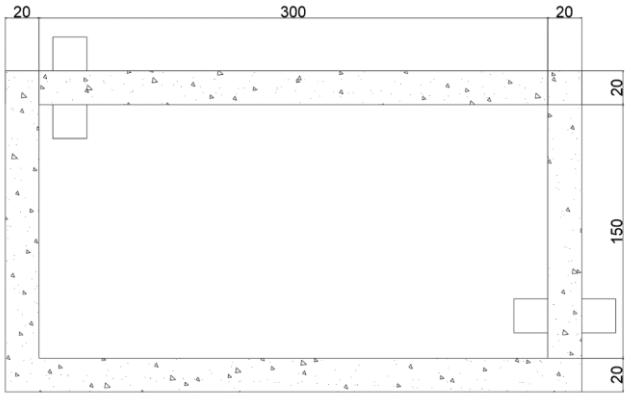
Overflow Rate (V_0):

$$V_0 = \frac{Q}{A}$$

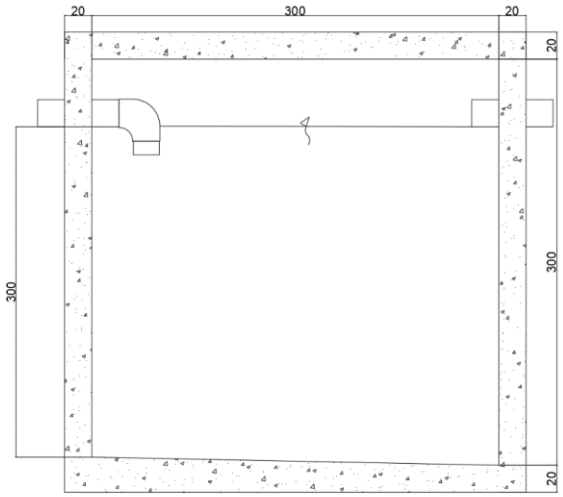
$$V_0 = \frac{131\ m^3/hari}{4{,}5\ m^2}$$

$$V_0 = 29{,}1\ m^3/m^2.hari \text{ (memenuhi)}$$

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan rancangan bak sedimentasi pada gambar 4.19 dan 4.20.



Gambar 4. 18 Tampak Atas Bak Sedimentasi



Gambar 4. 19 Tampak Samping Bak Sedimentasi

4.5.2. Perhitungan *Sand Filter*

Setelah melewati bak sedimentasi aliran air limbah akan dimasukkan ke dalam *sand filter*. *Sand filter* efektif dalam menurunkan kadar TSS pada air limbah dan memiliki kecepatan penyaringan yang cukup cepat. Berikut merupakan kriteria desain *sand filter* pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Kriteria Desain Sand Filter

Parameter Desain	Satuan	Kriteria Desain
Kecepatan Penyaringan	m^3/m^2.hari	120 - 150
Diameter Efektif Pasir	mm	0,45 - 0,70
Koefisien Kerataan	-	< 1,7
Luas permukaan filter	m^2	< 150
Tebal Lapisan Pasir	mm	600 - 700
Tebal Lapisan Penyangga	mm	300 - 500
Ketinggian Air	m	> 1

Sumber : Said, 2005

Dengan kriteria diatas didapatkan desain kebutuhan *sand filter* pada IPAL komunal sesuai pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Desain Sand Filter

Desain *Sand Filter*		
Parameter	Satuan	Ukuran
Diameter	m	1,5
Kedalaman Air	m	1,5
Lapisan Pasir	m	0,7
Gravel	m	0,3
Kedalaman Total	m	2,5
Volume	m^3	4,42

Desain kebutuhan *sand filter* didapatkan dari perhitungan di bawah ini yang disesuaikan dengan kondisi eksisting IPAL komunal.

Debit (Q) : 131 m^3

Kecepatan Penyaringan : 120 m^3/m^2.hari = 5 m^3/m^2.jam

Diameter (D) : 1,5 m

Luas Permukaan : $\frac{1}{4} \times 3{,}14 \times 1{,}5^2$

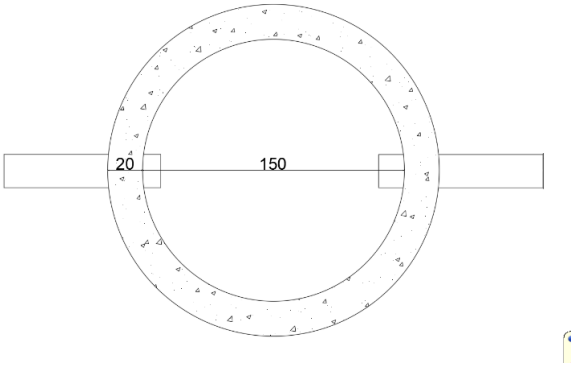
: $1{,}77\ m^2$

Kapasitas Debit Inlet : $rate\ filtrasi \times Luas\ SF \times 24\ jam$

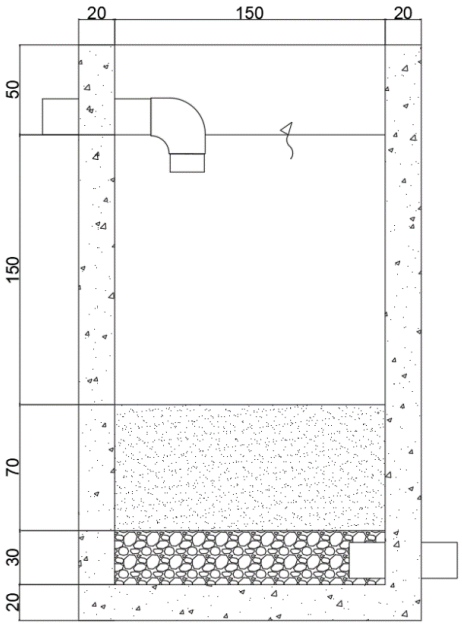
: $5\ m^3/m^2.jam \times 1{,}77\ m^2\ \times\ 24\ jam$

: $211{,}95\ m^3/hari$ (memenuhi)

Dari hasil perhitungan diatas didapatkan rancangan *sand filter* yang ditunjukkan pada gambar 4.21 dan 4.22.



Gambar 4. 20 Tampak Atas Unit Sand Filter



Gambar 4. 21 Tampak Samping Unit Sand Filter

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V
KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kemampuan unit RBC pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dalam menyisihkan COD dan TSS yaitu rata-rata sebesar 66,78 % dan 48,92% sedangkan pada unit RBC di IPAL komunal Tirtomili kemampuan penyisihan COD dan TSS diperoleh rata-rata sebesar 29,00% dan 26,35%. Dengan perbandingan diatas maka IPAL komunal Ngudi Mulyo memiliki efisiensi penyisihan yang optimal dalam menyisihkan kandungan COD dan TSS dibanding dengan IPAL komunal Tirtomili. Hal ini dikarenakan performa unit RBC tergantung pada OLR, HLR, dan HRT yang mana IPAL komunal Ngudi Mulyo sesuai dengan kriteria desain sedangkan pada IPAL komunal Tirtomili sudah melebihi kapasitas dalam mengolah air limbah domestik.
2. Beberapa sampel air limbah pada IPAL komunal Ngudi Mulyo dan Tirtomili masih berada di atas baku mutu sehingga dapat dilakukan peningkatan efisiensi pengolahan air limbah dengan menambahkan unit sedimentasi dan *sand filter* agar air hasil olahan air limbah domestik tidak mencemari badan air.

5.2 Saran

Saran untuk mendukung pengembangan penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengujian evaluasi IPAL komunal yang menggunakan unit RBC pada wilayah yang berbeda.
2. Melakukan pemantauan secara rutin pada efluen air limbah IPAL komunal sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengoperasian unit pengolahan air limbah.
3. Perlu adanya evaluasi dalam perawatan dan operasional unit RBC sehingga efektifitas pengelolaan RBC tetap optimum dalam mengurangi kadar COD dan TSS.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Aghababaee, Sareh., Malekmohammadi, Sima., Sepehri, Sina. (2022). *Treatment of Petroleum Refinery Effluents by A Hybrid System of Activated Sludge and Rotation Biological Reactor, Followed by the Sand Filter.* Journal of Hydraulic Structures., 8(2):14-26.

Alemzadeh I, Vossoughi M. (2001). *Biodegradation of Toluene by an Attached Biofilm in a Rotating Biological Contactor*. Process Biochem. 36:707–711.

Asadiya, Afiya., Karnaningroem, Nieke. (2018). *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, dan Filtrasi Media Zeolit – Arang Aktif.* Jurnal Teknik ITS. Vol 7, No 1, ISSN: 2337-3539.

Astika, A. U. W., Sudarso, S., & Zaman, B. (2017). *Kajian Kinerja Bak Settler, Anaerobic Baffled Reactor (ABR), dan Anaerobic Filter (AF) pada Tiga Tipe IPAL di Semarang.* Jurnal Teknik Lingkungan. 6 (1), 1-15.

Chen, X. Zhang, Q.; Zhu, Y.; Zhao, T. (2022). *Response of Rotating Biological Contactor Started up by Heterotrophic Nitrification-Aerobic Denitrification Bacteria to Various C/N Ratios*. Chemosphere. 291, 133048

Cortez, S., Teixeira, P., Oliveira, R., Mota, M. (2008). *Rotating Biological Contactor: A Review on Main Factors Affecting Performance*. Rev Environ Sci Biotechnol. 7 : 155-172.

Cvetkovic, D., Sustersic, V., Gordic, D., Bojic, M., Stosic, S., (2014). *Performance of Single Stage Rotating Biological Contactor with Suplemental Aeration*. Environmental Engineering and Management Journal. 13 (3):681-688.

Daudpoto, M.R. Talpur, M.G.H. Shah, F. Khooharo, A. (2021). *A Residual Analysis for the Removal of Biological Oxygen Demand Through Rotating Biological Contactor*. Mehran Univ. Res. J. Eng. Technol. 40, 459–464.

Ditjen Cipta Karya. (2016). *Pedoman Penyusunan Rencana Induk Sistem Pengolahan Air Limbah*. Kemneterian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat: Jakarta.

Fauziah, Rahmawati. (2023). *Evaluasi Teknis RBC (Rotating Biological Contactor) pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo*. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.

Fuchigami, S. Hatamoto, M. Takagi, R. Watari, T. Yamaguchi, T. (2020). *Performance Evaluation and Microbial Community Structure of Mesh Rotating Biological Reactor Treating Sewage*. J. Water Process. Eng. 37, 101456.

Gemala, Mega, Ulfah, Nurul. (2020). *Efektifitas Metode Kombinasi Pasir Zeolit dan Arang dalam Pengolahan Air Lindi di Tempat Pembuangan Akhir (TPA)*. Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan. 4 (2), 162 – 167.

Grady CPL Jr. (1982). *Modelling of Biological Fixed Films–Astate of the Art Review*. In: Wu YC, Smith ED, Miller RD, Patken (eds) Proceedings of the 1st international conference on fixed-film biological processes, April 20–23. University of Pittsburgh, Ohio, USA, pp 344–403.

Gumilar, Vido K. (2023). *Evaluasi Teknis RBC (Rotating Biological Contactor) pada IPAL Komunal Tirtomili*. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.

Irfan, M. Waqas, S. Khan, J.A.; Rahman, S. Kruszelnicka, I. Ginter-Kramarczyk, D.; Legutko, S. Ochowiak, M. Włodarczak, S. Czernek, K. (2022). *Effect of Operating Parameters and Energy Expenditure on the Biological Performance of Rotating Biological Contactor for Wastewater Treatment*. Energies. 15, 3523.

Jasim, N. A. (2020). *The Design for Wastewater Treatment Plant (WWTP) with GPSX Modelling.* Cogent Engineering. 7 (1).

Joanna Szulżyk-Cieplak, Aneta Tarnogórska, Zygmunt Lenik. (2018). *Study on the Influence of Selected Technological Parameters of a Rotating Biological Contactor on the Degree of Liquid Aeration*. Journal of Ecological Engineering. 19(6):247–255.

Kadu, P.A., Badge, A.A., dan Rao, Y.R.M. (2013). *Treatment of Municipal Wastewater by Using Rotating Biological Contactor (RBC's)*. American Journal of Engineering Research (AJER). 2 (4). 127-132.

Lawrence, K. Wang. (2008). *Volume 8: Handbook of Environmental Engineering Biological Treatment Processes*. New York. Humana Press.

Lee, J. Ahn,W.-Y. Lee, C.-H. (2001). *Comparison of the Filtration Characteristics Between Attached and Suspended Growth Microorganisms In Submerged Membrane Bioreactor*. Water Res. 35, 2435–2445.

Martin, K.J. Nerenberg, R. (2012). *The Membrane Biofilm Reactor (MBR) for Water and Wastewater Treatment: Principles, Applications, and Recent Developments.* Bioresour. Technol. 122. 83-94.

Metcalf, E. (2003). *Inc., Wastewater Engineering, Treatment and Reuse*. New York: McGraw-Hill.

Najafpour, G. Zinatizadeh, A. Lee, L. (2006). *Performance of a Three-stage Aerobic RBC Reactor in Food Canning Wastewater Treatment*. Biochem. Eng. J. 30, 297–302

Nasution, M. (2008). *Penentuan Jumlah Amoniak dan Total Padatan Tersuspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangkir. Sumatera*: Universitas Sumatera Utara: Medan.

Nowak O. (2000). *Upgrading of Wastewater Treatment Plants Equipped With Rotating Biological Contactors to Nitrification and P Removal*. Water Sci Technol. 41(1):145–153.

Oktavitri, N.I, Kuncoro, E.P, Hayati, M, Purnobasuki, H. (2019). *Enhance Biogas Production from Anaerobic Reactor Using Combination Activated Carbon and Media For Ammonia Removal.* Ecology, Environment and Conservation Paper. Vol. 25 (24 – 31).

Panambunan, T. N. P. Umboh J. L. U., Sumampouw O. J. (2017) *Efektifitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Domestik Berdasarkan Parameter Kimia dan Bakteri Total Coliform di Kalurahan Malendeng Kota*

Manado. Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi: Manado.

Patel, Kulvendra. (2019). *Water Enginering Design : Rapid Sand Filter*. Delhi Technological University.

Peng, X. Guo, F. Ju, F. Zhang, T. (2014). *Shifts in the Microbial Community, Nitrifiers and Denitrifiers in the Biofilm in a Full-scale Rotating Biological Contactor*. Environ. Sci. Technol. 48, 8044–8052

Qasim, Syed R. (1985). *Waste Water Treatment Plants Planning, Design, and Operation*. CBS College Publising. USA.

Rizal. (2014). *Efektifitas Instlasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Domeatik Sistem Rotating Biological Contactor (RBC) Kelurahan Sebengkok Kota Tarakan*. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan: Tarakan., 74 – 76.

Rochman, R.T. (2017). *Perancangan IPAL Medis dengan Teknologi Anaerobic Filter dan Rotating Biological Contactor di Rumah Sakit Kelas B Surabaya*. Jurnal Tugas Akhir

Said, Nusa I. (2005). *Pengolahan Air Limbah dengan Sistem Reaktor Biologis Putar (Rotating Biological Contactor) dan Parameter Disain*. Jurnal Air Limbah 1 (2) 178-188.

Shalom, M.B, Semion, S. Brenner, A. Oron, G., (2014). *The Effect of Aeration and Effluent Recycling on Domestic Wastewater Treatment in a Pilot Plant System of Duckwood Ponds*. Water Sci Technol. 69 (2) 350 – 357.

Soleimani, A. Hamedi, S. Babaeipour, V. Rouhi, M. (2021). *Design, Construction and Optimization a Flexible Bench-scale Rotating Biological Contactor (RBC) for Enhanced Production of Bacterial Cellulose by Acetobacter Xylinium*. Bioprocess Biosyst. Eng. 44, 1071–1080.

Suyasa, Budiarsa. (2015). *Pencemaran Air & Pengolahan Air Limbah*. Udayana Press. Denpasar.

Ulrich, A. Reuter, S. Gutterer, B. (2009). *Decentralized Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide*. WEDC and BORDA.

Waqas, Sharjeel. et. al., (2021). *Performance and energy Consumption Evaluation of Rotating Biological Contactor for Domestic Wastewater Treatment*. Indonesia Journal of Science and Technology 6 (1) (2021) 101-112.

Waqas, S. Bilad, M.R. Huda, N. Harun, N.Y. Md Nordin, N.A.H. Shamsuddin, N. Wibisono, Y. Khan, A.L. Roslan, J. (2021). *Membrane Filtration as Post-Treatment of Rotating Biological Contactor for Wastewater Treatment. Sustainability*. 13, 7287.

Waqas, S. Harun, N.Y. Sambudi, N.S. Bilad, M.R. Abioye, K.J. Ali, A. Abdulrahman, A. (2023) *A Review of Rotating Biological Contactors for Wastewater Treatment*. Water. 15. 1913.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Analisis Laboratorium

1. Analisis Chemical Oxygen Demand (COD)

Bahan dan Alat

1) Aquades
2) *Digestion Solution* rendah
3) Larutan pereaksi asam sulfat
4) Spektrofotometer
5) *Digestion vessel*
6) *Heating block*

Prosedur percobaan

1) Sampel diambil dengan menggunakan pipet ukur, kemudian ditambahkan *digestion solution*, larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung *digestion vessel* seperti dalam tabel berikut:

Tabel 1. Volume contoh uji, digestion solution, dan larutan pereaksi untuk bermacam-macam ukuran digestion vessel

Digestion Vessel	Contoh Uji (ml)	Digestion Solution (ml)	Larutan Pereaksi Asam sulfat (ml)	Total (ml)
Tabung kultur				
16 mm x 100 mm	2,50	1,50	3,5	7,5
20 mm x 150 mm	5,00	3,00	7,0	15,0
25 mm x 150 mm	10,00	6,00	14,0	30,0
Standar ampul				
10 ml	2,50	1,50	3,5	7,5

2) Tabung ditutup dan dihomogenkan secara perlahan.
3) Masukkan ke dalam *heating block* yang sudah dipanaskan pada suhu 150 ^{o}C ± 2 ^{o}C selama 2 jam.
4) Dinginkan contoh uji sampai pada suhu ruang.
5) Biarkan suspensi mengendap dan dipastikan sampel yang diuji benar-benar jernih.

6) Masukkan sampel ke dalam spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm (COD rendah) lalu catat hasil absorbansinya.
7) Masukkan hasil absorbansi ke dalam regresi linear yang diperoleh dari kurva kalibrasi.
8) Nilai COD adalah hasil pembacaan dari kadar contoh uji kurva kalibrasi.

   Nilai COD sebagai mg O_2/l:

   Kadar COD (mg O_2/l) = C x f

   Keterangan:

   C = nilai COD contoh uji (mg/l)

   F = faktor pengenceran

2. Analisis Total Suspended Solid (TSS)

Alat dan Bahan

1) Desikator
2) Oven
3) Timbangan analitik
4) Pipet volume atau gelas ukur
5) Media penimbang (kaca arloji)
6) Kertas filter
7) Pinset
8) *Vaccum* filter

Prosedur Percobaan

1) Media penyaring dibasahi dengan menggunakan sedikit air bebas mineral.
2) Masukkan media penyaring ke dalam oven yang sudah dipanaskan pada suhu 105^o selama 1 jam.
3) Setelah dipanaskan dimasukkan ke dalam desikator hingga suhu ruang kemudian ditimbang dengan menggunakan neraca analitik hingga berat tetap.
4) Catat hasil timbangan sebagai W_0 (berat kertas saring)

5) Masukkan kertas saring ke dalam rangkaian *vaccum* filter, dan basahi sedikit dengan air bebas mineral.
6) Sebelum contoh uji disaring, aduk hingga homogen terlebih dahulu kemudian ambil contoh uji sebanyak 50 ml menggunakan gelas ukur.
7) Masukkan contoh uji sebanyak 50 ml ke dalam sistem *vaccum* filter dan hidupkan, tunggu hingga contoh uji tiris.
8) Ambil kertas filter dari sistem vaccum filter dan masukkan ke dalam oven dengan suhu 105 ^{o}C selama 1 jam.
9) Sebelum ditimbang, masukkan kertas saring yang sudah dalam keadaan kering ke dalam desikator hingga suhu ruang.
10) Catat hasil penimbangan sebagai W_1 (berat kertas saring dan residu)
11) Hitung nilai TSS dengan rumus berikut:

$$TSS\ (mg/l) = \frac{(W_1 - W_0)\ \times 1000}{V}$$

Keterangan

W_0 = berat media penimbang yang berisi media penyaring awal (mg)
W_1 = berat media penimbang yang berisi media penyaring dan residu kering (mg)
V = volume contoh uji (ml)
1000 = konversi mililiter ke liter

Lampiran 2 Dokumentasi Penelitian



Gambar C. 1 Titik Pengambilan Sampel Influen (kiri) dan Titik Pengambilan Sampel Efluen (kanan) IPAL Komunal Ngudi Mulyo



Gambar C. 2 Titik Pengambilan Sampel Influen (kiri) dan Titik Pengambilan Sampel Efluen (kanan) IPAL Komunal Tirtomili



Gambar C. 3 Penimbangan Kertas TSS (kiri) dan Hasil Penyaringan TSS (kanan)



Gambar C. 4 Hasil Pengujian COD

Lampiran 3 Hasil Analisis Laboratorium

Tabel 1 Konsentrasi COD IPAL Ngudi Mulyo

Hari Ke-	Tanggal	Konsentrasi (mg/l)		Baku Mutu
		Influen RBC	Efluen RBC	
1	25/01/2023	157,89	20,64	100 mg/l
6	31/01/2023	191,88	109,53	100 mg/l
8	02/02/2023	164,43	67,70	100 mg/l
14	08/02/2023	177,50	46,78	100 mg/l
21	15/02/2023	123,91	25,87	100 mg/l
28	22/02/2023	178,81	72,93	100 mg/l

Tabel 2 Konsentrasi COD IPAL Tirtomili

Hari Ke-	Tanggal	Konsentrasi (mg/l)		Baku Mutu
		Influen RBC	Efluen RBC	
1	25/01/2023	102,99	44,17	100 mg/l
6	31/01/2023	106,91	101,69	100 mg/l
8	02/02/2023	116,451	106,92	100 mg/l
14	08/02/2023	93,84	91,23	100 mg/l
21	15/02/2023	180,12	59,86	100 mg/l
28	22/02/2023	170,97	108,22	100 mg/l

Tabel 3 Konsentrasi TSS IPAL Ngudi Mulyo

Hari Ke-	Tanggal	Konsentrasi (mg/l)		Baku Mutu
		Influen RBC	Efluen RBC	
1	25/01/2023	264	212	30 mg/l
6	31/01/2023	92	60	30 mg/l
8	02/02/2023	124	34	30 mg/l
14	08/02/2023	186	70	30 mg/l
21	15/02/2023	52	10	30 mg/l
28	22/02/2023	180	138	30 mg/l

Tabel 4 Konsentrasi TSS IPAL Tirtomili

Hari Ke-	Tanggal	Konsentrasi (mg/l)		Baku Mutu
		Influen RBC	Efluen RBC	
1	25/01/2023	228	216	30 mg/l
6	31/01/2023	92	84	30 mg/l
8	02/02/2023	132	52	30 mg/l

14	08/02/2023	104	88	30 mg/l
21	15/02/2023	128	56	30 mg/l
28	22/02/2023	202	178	30 mg/l

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kebumen, 04 Februari 2001, merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Pecarikan, MTs Sunan Pandanaran, dan MAN 1 Yogyakarta. Setelah lulus dari MAN pada tahun 2019, penulis melanjutkan studi di Program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia pada tahun 2019 dan terdaftar dengan NIM 19513117. Penulis aktif dalam kegiatan organisasi di luar kampus sebagai Kepada Departemen Pengabdian Masyarakat Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan (IMTLI) Regional 3 pada periode 2021/2022 dan staff Departemen Pengabdian Masyarakat PB IMTLI periode 2022/2023. Penulis juga aktif sebagai asisten sampling Laboratorium Kualitas Udara dari 2021 – 2023 dan sebagai asisten praktikum teknik lingkungan II pada tahun 2022. Penulis juga berkesempatan mengikuti kerja praktek di PLTU OMU Sintang 3x7 MW, Sintang, Kalimantan Barat tentang pengelolaan pencemaran udara. Kritik, saran, dan masukan yang berkaitan dengan topik penelitian penulis dapat dikirimkan melalui muhamadrofiq.04@gmail.com