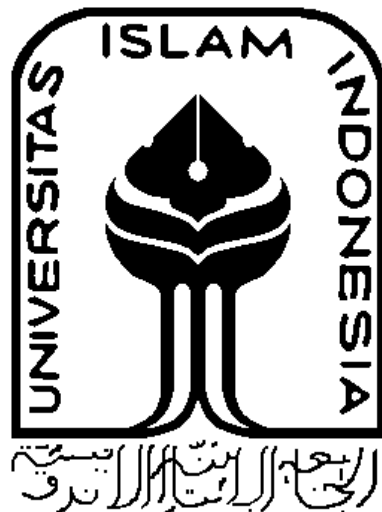


TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) PADA INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL
BAKTI WARGA BERDASARKAN DEBIT DAN
WAKTU TINGGAL AIR LIMBAH**

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



**T M HAIKAL PUTRA
19513138**

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

TUGAS AKHIR

**EVALUASI KINERJA UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) PADA INSTALASI
PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL
BAKTI WARGA BERDASARKAN DEBIT DAN
WAKTU TINGGAL AIR LIMBAH**

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



T M HAIKAL PUTRA

19513138

Disetujui,

Dosen Pembimbing:

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

NIK. 025100407

Tanggal: 19/10/23

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

NIK. 195130102

Tanggal:

20/10/23

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Any Juliani, S.T., M.Sc., Ph.D.

NIK. 045130401

Tanggal: 20/10/23

HALAMAN PENGESAHAN

EVALUASI KINERJA UNIT *ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR* (RBC) PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) KOMUNAL BAKTI WARGA BERDASARKAN DEBIT DAN WAKTU TINGGAL AIR LIMBAH

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari :
Tanggal :**

Disusun Oleh:




**T M Haikal Putra
19513138**

Tim Penguji :

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

Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

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

() 19/10/23
() 20/10/23
() 28/10/23

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. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Juli 2023

Yang membuat pernyataan,



T M HAIKAL PUTRA

NIM: 19513138

PRAKATA

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah segala puji bagi Allah SWT, atas segala karunia yang tiada henti Allah SWT berikan kepada seluruh makhluknya yang tidak terhingga banyaknya. Shalawat beriring salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW. Penulis mengucapkan syukur yang sangat mendalam atas terselesainya Tugas Akhir ini.

Penulisan Tugas Akhir ini dengan judul “ Evaluasi kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal Bakti Warga berdasarkan debit dan waktu tinggal air limbah. ”, dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Lingkungan Universitas Islam Yogyakarta.

Tiada hentinya rasa syukur, penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan karena dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaiannya. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada

1. Allah SWT, yang selalu ada dalam setiap langkahku, atas karunia hidayah akal serta fikiran dan atas segala kemudahannya.
2. Bunda dan Ayah beserta keluarga yang telah memberikan dukungan dan doa tiada henti untuk penulis.
3. Dr. Andik Yulianto S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan arahan, masukan, dan nasehat yang sangat bermanfaat bagi penulis.
4. Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan masukan, dan saran yang sangat bermanfaat bagi penulis.
5. Seluruh Dosen Prodi Teknik Lingkungan yang telah memberikan ilmunya selama ini.
6. Teman Angkatan Teknik Lingkungan 2019.

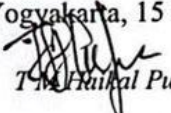
7. Seluruh sahabat dan teman yang selalu memberikan doa dan semangat kepada penulis.

8. Ayun Pranandari S. Kep yang selalu memberikan semangat dan doa kepada penulis hingga sampai titik ini.

dan berharap bahwasanya tulisan ini dapat berguna bagi semua pihak yang membacanya, *Aamiin Allahumma Aamiin.*

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Yogyakarta, 15 Juli 2023


T.M. Faukal Putra

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

T M HAIKAL PUTRA. “Evaluasi kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal Bakti Warga berdasarkan debit dan waktu tinggal air limbah. ”. Dibimbing oleh Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. dan Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Permasalahan yang dapat terjadi pada IPAL komunal diantaranya disebabkan oleh beberapa faktor yaitu faktor hidrolika, faktor ini terhubung langsung dengan debit dan juga waktu tinggal air limbah pada IPAL, maka dari itu diperlukannya evaluasi untuk mengetahui kondisi faktor hidrolika apakah sesuai dengan perencanaan di awal. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi efektivitas kinerja unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bakti Warga berdasarkan dari pengaruh debit dan distribusi waktu tinggal efluen di IPAL. Metode yang digunakan untuk menghitung rata – rata debit yaitu metode *Volumetrik*, dengan cara menampung aliran air kedalam gelas ukur maupun wadah (ember) yang sudah diketahui volumenya. Sedangkan metode yang di pakai untuk mengetahui waktu tinggal yaitu metode *Tracer*, dengan cara menginjeksi garam (KCl), sedangkan parameter yang di teliti yaitu COD, dan konduktivitas. Hasil penelitian langsung secara manual didapatkan rata-rata debit di IPAL komunal yang masuk sebesar $38,4m^3/hari$, pada perhitungan sesuai dengan kriteria desain di dapatkan debit sebesar $63,36 m^3/hari$. Pada pengujian waktu tinggal air limbah menggunakan metode *tracer*. Hasil yang didapatkan yaitu selama 5 jam, sedangkan berdasarkan kriteria desain di dapatkan selama 3,40 jam. Hasil yang di dapatkan dari metode *tracer* dan menggunakan kriteria desain berbeda. Salah satu faktor penyebab terjadinya perbedaan yaitu perbandingan debit yang masuk lebih kecil dibandingkan kriteria desain. Efisiensi penyisihan COD pada Unit RBC didapatkan sebanyak 17, 55%. Faktor waktu tinggal pada IPAL dapat mempengaruhi efisiensi COD.

Kata Kunci: IPAL komunal, RBC, Waktu Tinggal, COD

ABSTRACT

T M HAIKAL PUTRA. Evaluation of the performance of the Rotating Biological Contactor (RBC) Unit at the Bakti Warga communal Waste Water Treatment Plant (WWTP) based on the discharge and residence time of waste water ". Supervised by Dr. Andik Yulianto S.T., M.T. and Noviani Ima Wantoputri, S.T., M.T.

Problems that can occur in communal WWTPs are caused by several factors, namely hydraulics, this factor is directly related to the discharge and residence time of wastewater in the WWTP, therefore an evaluation is needed to determine the condition of the hydraulics factor whether it is in accordance with the initial planning. The purpose of this study is to evaluate the effectiveness of the performance of the Rotating Biological Contactor (RBC) unit at the Bakti Warga Wastewater Treatment Plant based on the influence of discharge and the distribution of effluent residence time at the WWTP. The method used to calculate the average discharge is the Volumetric method, by accommodating the flow of water into a measuring cup or container (bucket) that has a known volume. While the method used to determine the residence time is the Tracer method, by injecting salt (KCl), while the parameters examined are COD, and conductivity. The results of direct research manually obtained the average discharge in the incoming communal WWTP of 38,4m³/ day, in the calculation according to the design criteria obtained a discharge of 63,36 m³ / day. In testing the residence time of wastewater using the tracer method. The results obtained are for 5 hours, while based on the design criteria it is obtained for 3.40 hours. The results obtained from the tracer method and using design criteria are different. One of the factors causing the difference is that the comparison of the incoming discharge is smaller than the design criteria. COD removal efficiency in the RBC Unit was found to be 17, 55%. The residence time factor in WWTP can affect COD efficiency. Keywords: communal WWTP, RBC, Residence time, COD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
PRAKATA	iii
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal	4
2.2 Teknologi Pengolahan IPAL	5
2.2.1 <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC)	5
2.3 <i>Residence Time Distribution</i> (RTD).....	8
2.4 Karakteristik <i>Residence Time Distribution</i> (RTD).....	9
2.4.1 <i>Tracer Component</i>	9
2.5 Penelitian Terdahulu.....	10
BAB III METODE PENELITIAN	12
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	12
3.2 Tahapan Penelitian	12
3.3 Metode Pengumpulan Data	14
3.3.1 Pengumpulan Data Primer	14
3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder.....	16
3.4 Analisis Data	16

3.4.1 Distribusi Waktu Tinggal.....	16
3.4.2 Berdasarkan Debit Aliran	19
3.4.3 Efisiensi Removal COD.....	19
3.4.4 Perbandingan Dengan Baku Mutu	19
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	20
4.1 Gambaran Umum IPAL Komunal Bakti Warga	20
4.2 Pengukuran Rata-Rata Debit Air Limbah	22
4.3 Kadar COD Dalam Air Limbah	24
4.4 Pengukuran Distribusi Waktu Tinggal Air Limbah (RTD).....	25
4.4.1 Kurva Sampel Pelacak $C(t)$	27
4.4.2. Kurva Distribusi Waktu Tinggal $E(t)$	28
4.4.3 <i>Mean Residence Time</i> (t_m) dan <i>Variance</i>	28
4.5 Evaluasi IPAL Komunal Secara Teknis	29
4.5.1 Berdasarkan Debit Air Limbah.....	30
4.5.2 Berdasarkan Waktu Tinggal Air Limbah.....	31
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	32
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	34
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR SINGKATAN

ABR	: Anaerobic Baffled Reactor
COD	: Chemical Oxygen Demand
DEWATS	: Decentralized Wastewater Treatment system
DHL	: Daya Hantar Listrik
DIY	: Daerah Istimewa Yogyakarta
IPAL	: Instalasi Pengolahan Air Limbah
IPLT	: Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja
KCl	: Kalium Chloride
NaCl	: Natrium Chloride
PDAM	: Perusahaan Daerah Air Minum
PERDA	: Peraturan Daerah
PERMEN	: Peraturan Menteri
PUPR	: Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
RBC	: Rotating Biological Contactor
RTD	: Residence Time Distribution
SPALDS	: Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Setempat
SPALDST	: Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat
WWTP	: Waste Water Treatment Plant

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	10
--------------------------------------	----

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC).....	6
Gambar 3. 1 Pengukuran <i>Tracer</i>	15
Gambar 3. 2 Kurva Analisis RTD.....	17
Gambar 3. 3 Kurva sampel pelacak (C).....	17
Gambar 3. 4 Kurva Menghitung waktu tinggal rata – rata	18
Gambar 3. 5 Kurva Menghitung <i>Variance</i>	18
Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga.....	21
Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga.....	22
Gambar 4. 3 Kondisi Eksisting Teknologi RBC.....	21
Gambar 4. 4 Kondisi Eksisting Teknologi RBC.....	22
Gambar 4. 5 Grafik Kadar COD Pada Unit RBC	25
Gambar 4. 6 Pengujian Debit Air Limbah Inlet dan Outlet.....	26
Gambar 4. 7 Fluktuasi debit air limbah inlet	27
Gambar 4. 8 Fluktuasi debit air limbah Outlet.....	27
Gambar 4. 9 Proses Injeksi KCl.....	26
Gambar 4. 10 Proses Pengujian Metode <i>Tracer</i>	27
Gambar 4. 11 Kurva C(t) selama 48 jam	27
Gambar 4. 13 Kurva E(t) Selama 48 jam.....	28
Gambar 4. 15 Grafik <i>Mean Residence Time</i> (tm)	29
Gambar 4. 16 Hasil Perhitungan Debit Air Limbah	30
Gambar 4. 17 Hasil Perhitungan Waktu Tinggal Air Limbah	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Debit Manual	36
Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Konsentrasi <i>Tracer</i>	39
Lampiran 3 Perhitungan <i>Residence Time Distribution</i> (RTD)	40
Lampiran 4 Hasil Pengujian COD	42
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal merupakan sistem pengolahan air limbah yang dilakukan secara terpusat yaitu terdapat bangunan yang digunakan untuk memproses limbah cair domestik yang difungsikan secara komunal (digunakan oleh sekelompok rumah tangga) agar lebih aman pada saat dibuang ke lingkungan, dan memenuhi baku mutu lingkungan. Limbah cair dari rumah penduduk dialirkan ke bangunan bak tampungan IPAL melalui jaringan pipa. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) secara komunal dapat digunakan untuk pengelolaan limbah cair di pemukiman padat penduduk, kumuh, dan rawan sanitasi. Pada DI Yogyakarta sendiri telah dibangun beberapa IPAL Komunal dengan teknologi yang berbeda-beda untuk mengatasi permasalahan limbah, akan tetapi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal dengan teknologi-teknologi yang sudah ada tidak selamanya memiliki kinerja yang optimal.

Permasalahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kota Yogyakarta disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah faktor hidrolis yang berhubungan langsung dengan efluen dan waktu tinggal instalasi pengolahan air tersebut. Faktor hidrolis dapat menyebabkan masalah seperti banjir pada IPAL dan dapat menghambat laju aliran limbah, sehingga pengolahan limbah tidak dapat dilakukan secara optimal. Efek waktu tinggal pada instalasi pengolahan limbah perkotaan, diperlukan analisis hidrolis, yang tujuannya adalah untuk menentukan kapasitas penampung untuk menampung limpasan yang direncanakan dan mempercepat laju aliran limbah pada instalasi pengolahan limbah.

Dengan keadaan tersebut, penulis tertarik untuk meneliti ataupun mengevaluasi IPAL yang akan dihadapi pada saat operasional IPAL Komunal di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, berdasarkan masing-masing teknologi IPAL Komunal yang sudah berjalan. Penelitian terdahulu tentang IPAL Komunal di Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta umumnya berfokus

kepada efisiensi pengolahan air limbah IPAL Komunal dengan menguji air limbah yang terdapat di dalam unit IPAL Komunal. Salah satu alasan mengapa memilih untuk mengkaji teknologi dikarenakan teknologi pengolahan merupakan salah satu faktor krusial yang mendasari kinerja IPAL dalam mengolah limbah. Dari Penjelasan diatas memberikan ketertarikan bagi penulis untuk melakukan penelitian terkait Analisis hidrolika pada IPAL komunal teknologi *Rotating Biological Contactor* (RBC) di kabupaten Sleman, DI Yogyakarta dengan judul penelitian “Evaluasi kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal Bakti Warga berdasarkan debit dan waktu tinggal air limbah Evaluasi kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal Bakti Warga berdasarkan debit dan waktu tinggal air limbah. ”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang diangkat yaitu bagaimana kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) di IPAL komunal Bakti Warga berdasarkan pengaruh debit air limbah dan mengetahui distribusi waktu tinggal air limbah.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka Tugas akhir ini memiliki tujuan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja Unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bakti Warga berdasarkan pengaruh debit, dan distribusi waktu tinggal air limbah.

1.4 Manfaat

Berdasarkan tujuan penelitian yang telah diuraikan, maka manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui kondisi dan eektivitas kinerja IPAL Komunal pada *Rotating Biological Contactor* (RBC) di IPAL Komunal Bakti Warga Kabupaten

Sleman, DI Yogyakarta ditinjau dari parameter Hidrolika

2. Hasil penelitian dapat menjadi data acuan penelitian selanjutnya, yang berkaitan dengan IPAL Komunal Bakti Warga di Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta ditinjau berdasarkan parameter Hidrolika

1.5 Ruang Lingkup

Adapun untuk Ruang Lingkup penelitian ini sebagai berikut

1. Lokasi penelitian unit IPAL Komunal di IPAL Bakti Warga Kabupaten Sleman, DI Yogyakarta.
2. Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di IPAL Bakti Warga di fokuskan evaluasi terhadap distribusi waktu tinggal air limbah terhadap efisiensi penyisihan COD serta pengaruh debit pada unit *Rotating Biological Contactor* (RBC).
3. Pengambilan data debit dan mencari waktu tinggal air limbah menggunakan metode *volumetrik* dan metode *tracer* injeksi larutan garam (KCl).
4. Data debit dilakukan per jam selama 48 jam pada inlet dan outlet, sedangkan pengujian konduktivitas di outlet perjam selama 48 jam.
5. Mengetahui Efisiensi COD, hubungkan dengan efisiensi berbagai reaktor.
6. Analisis yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara debit dan distribusi waktu tinggal terhadap penyisihan parameter COD.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal

Instalasi pengolahan limbah dengan sistem perkotaan digunakan di daerah yang kepadatan penduduknya cukup tinggi sehingga pembangunan *septic tank* di setiap rumah tangga tidak mungkin dilakukan. Air limbah dari Instalasi Pengolahan Air Limbah Kota dapat dialirkan ke sumur resapan atau langsung dibuang ke sumber air. Air limbah yang dibuang langsung ke lingkungan harus memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan (Rhomaidi, 2008).

Menurut Casey dan Moore (2000), IPAL perkotaan *Decentralized Wastewater Treatment system* (DEWATS) didefinisikan sebagai pengolahan air limbah dengan sistem lokal skala kecil yang berasal dari limbah rumah tangga atau kegiatan industri rumah tangga yang berlokasi berdekatan. Sistem ini umum digunakan karena daya, biaya, dan konsumsi energinya yang rendah. Hal ini dikarenakan kegiatan operasional, perawatan serta pemantauan yang lebih sederhana bila dibandingkan dengan sistem terpusat. DEWATS dapat mengolah limbah bahkan lumpur dengan biaya rendah serta menghasilkan effluen, lumpur dan biogas yang dapat digunakan kembali (Anh et. al, 2003).

DEWATS menjadi alternatif selain pengolahan secara konvensional untuk pelayanan yang lebih efektif dan berkelanjutan. DEWATS dapat digunakan pada pengolahan air limbah domestik maupun air limbah industri. Sistem ini mampu mengolah air limbah dengan kapasitas debit 1 – 1000 m³ /hari. Implementasi pengolahan limbah dengan sistem ini dapat diandalkan, tahan lama dan tidak terpengaruh oleh fluktuasi debit air limbah. Sistem ini juga tidak membutuhkan peralatan dan sistem yang canggih namun lebih sederhana pada saat perawatan. DEWATS menjadi alternatif dalam rangka perbaikan sanitasi di Indonesia karena biaya yang murah (Kerstens, 2012).

Menurut MENLHK tahun 2016, air limbah domestik adalah air sisa menurut output, yang berkaitan menggunakan aktivitas domestik yang berasal menurut kegiatan kehidupan manusia sehari-hari menjadi imbas menurut penggunaan air

sehari-hari. Air limbah domestik yang pula dikenal menjadi air limbah tempat tinggal tangga atau air limbah sanitasi merupakan air yang telah digunakan menurut aktivitas pemukiman, komersial, atau zona institusional dari sebuah wilayah perkotaan yang wajib di kumpulkan dan disalurkan ke sistem IPAL. Secara umum, air limbah domestik mengandung padatan organik & anorganik, mikroorganisme patogen, yang komposisinya sangat bergantung terhadap proses produksinya (Karia & Christian, 2013).

2.2 Teknologi Pengolahan IPAL

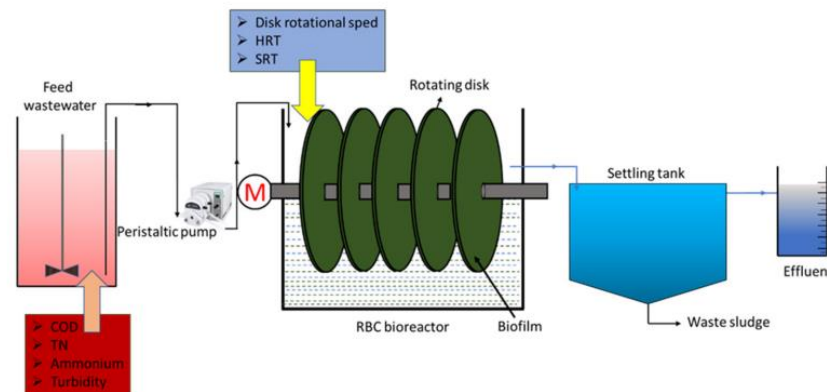
2.2.1 *Rotating Biological Contactor* (RBC)

Rotating Biological Contactor (RBC) merupakan sistem pengolahan air limbah yang menggunakan cakram berputar untuk mendukung biofilm mikroba, . Konsep dasar bioreaktor RBC melibatkan penggunaan serangkaian cakram berputar yang sebagian terendam dalam air limbah . Cakram biasanya terbuat dari plastik atau bahan lain yang tahan terhadap korosi dan pengotoran. Saat cakram berputar, mikroorganisme menempel pada permukaan cakram dan membentuk biofilm. Biofilm tumbuh dan berkembang seiring dengan perputaran cakram, dan mikroorganisme dalam biofilm mengkonsumsi dan memecah bahan organik dalam air limbah. Rotasi cakram memastikan biofilm terus menerus terpapar oksigen, yang mendorong pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme (Sharjeel Waqas, 2023).

Rotating Biological Contactor (RBC) merupakan teknologi pengolahan air limbah dengan sistem perkembangbiakan melekat (*attached culture*) . Prinsip operasi RBC adalah membawa air limbah yang mengandung polutan organik bersentuhan dengan lapisan mikroorganisme yang menempel pada permukaan lingkungan berputar di dalam reaktor (Rizal, 2014).

Media tempat melekatnya (*attached culture*) berbentuk piringan yang terbuat dari bahan polimer atau plastik ringan kemudian disusun secara berjajar pada suatu poros tertentu. Kemudian, reaktor akan berputar secara perlahan tercelup ke air limbah yang mengalir di dalam reaktor guna mereduksi zat-zat organik yang terkandung di dalam limbah. Demikian, mikroorganisme dapat tumbuh pada

permukaan media dan membentuk lapisan mikroorganisme yang disebut dengan biofilm seperti gambar dibawah ini (Asmadi, 2012).



Gambar 2. 1 Rotating Biological Contactor (RBC)

Sumber: Waqas, 2023

Air limbah biasanya dipompa ke tangki atau saluran yang berisi cakram RBC. Saat air limbah mengalir melalui cakram, mikroorganisme dalam biofilm menghilangkan bahan organik dan kontaminan lainnya dari air limbah. Air limbah yang telah diolah dibuang ke tangki limbah atau dibuang langsung ke badan air penerima. Efisiensi bioreaktor RBC bergantung pada beberapa faktor, yaitu ukuran dan desain bioreaktor, kecepatan putaran cakram, dan populasi mikroba dalam biofilm. RBC pada umumnya efektif untuk mengolah air limbah dengan kandungan organik rendah hingga sedang. Mereka digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk pengolahan air limbah kota dan industri serta pengolahan air limbah dari komunitas kecil atau lokasi terpencil.

Sistem RBC adalah proses pengolahan biologis yang menggunakan serangkaian cakram berputar untuk mendukung komunitas biologis film tetap yang mengolah air limbah. Di sisi lain, *Activated Sludge Proccess* (ASP) adalah proses pengolahan biologis yang menggunakan kultur mikroba pertumbuhan tersuspensi untuk mengolah air limbah. ASP melibatkan aerasi air limbah yang dicampur dengan kultur mikroorganisme yang mengonsumsi bahan organik, nitrogen, dan fosfor. Campuran tersebut kemudian dipisahkan dari kultur mikroba melalui sedimentasi, dan air limbah yang telah diolah dibuang. ASP banyak digunakan di

instalasi pengolahan air limbah skala besar karena kemampuannya menangani aliran tinggi dan efisiensi pembuangannya yang relatif tinggi. RBC dan ASP keduanya merupakan teknologi pengolahan air limbah biologis yang umum digunakan dengan kelebihan dan kekurangan.

Angka menggambarkan keuntungan bioreaktor RBC untuk pengolahan air limbah. Bakteri nitrifikasi membutuhkan waktu sekitar 14–17 hari untuk mencapai tahap aklimatisasi, sedangkan bakteri karbon hanya membutuhkan waktu 3–5 hari. Permukaan dalam bio-carrier adalah tempat terbaik untuk berkembangnya bakteri nitrifikasi. Nitrifikasi adalah proses aerobik, sedangkan denitrifikasi terjadi tanpa adanya oksigen, proses aerobik. Memperkenalkan biofilm dalam bioreaktor meningkatkan jumlah padatan tersuspensi cair campuran (MLSS) yang meningkatkan efisiensi penyisihan bahan organik. Untuk memulai nitrifikasi, COD harus turun di bawah batas tertentu

Biofilm memainkan peran penting dalam kinerja bioreaktor RBC untuk pengolahan air limbah. Cakram yang berputar dalam bioreaktor RBC menyediakan permukaan untuk pertumbuhan dan perlekatan mikroorganisme yang membentuk biofilm. Biofilm ini merupakan komunitas mikroorganisme yang kompleks, termasuk bakteri, jamur, dan protozoa, yang bekerja sama untuk memecah dan menghilangkan bahan organik dan kontaminan lainnya dari air limbah.

RBC terdiri dari cakram silinder yang dipasang pada poros horizontal dan diputar perlahan melalui air limbah. Cakram tersebut sebagian terendam, dan mikroorganisme tumbuh di permukaan cakram untuk membentuk biofilm. Cakram biasanya terbuat dari plastik atau logam dan diberi jarak 30–50% dari diameternya. Angka⁴ menunjukkan evaluasi Kinerja RBC berdasarkan kondisi operasi, karakteristik biomassa, dan kinerja penghilangan nitrogen dan biologis. Parameter desain RBC meliputi diameter cakram, jumlah cakram, jarak cakram, kecepatan poros, dan HRT. Diameter cakram dan jumlah cakram menentukan luas permukaan yang tersedia untuk pertumbuhan biofilm.

Sebaliknya, jarak cakram dan kecepatan poros menentukan gaya geser yang bekerja pada biofilm. Parameter desain bioreaktor RBC bervariasi tergantung pada

aplikasi pengolahan air limbah spesifik dan kualitas limbah yang diinginkan.

Kinerja RBC sangat efektif dalam menghilangkan bahan organik, fosfor dan nitrogen dari air limbah. Efisiensi penyisihan COD RBC berkisar antara 80-90%, sedangkan efisiensi penyisihan nitrogen total berkisar antara 40-60%. Efisiensi penghilangan fosfor bergantung pada pengendapan kimia atau serapan biologis oleh mikroorganisme (Sharjeel Waqas, 2023).

Akan tetapi kualitas efluent (buangan) RBC pada umumnya lebih rendah dari pada efluent lumpur aktif yang dioperasikan dengan baik. Untuk fasilitas skala agak besar, memang RBC menjadi kurang ekonomis. Kalau kita melihat keistimewaan dan kekurangan RBC di atas, maka RBC boleh dikatakan sebagai teknologi yang penting dan memiliki harapan di negara-negara Asia, khususnya pengolahan skala kecil, menengah dan besar.

2.3 Residence Time Distribution (RTD)

Residence Time Distribution (RTD) merupakan distribusi waktu yang diperlukan unsur cair untuk meninggalkan reaktor. Menunjukkan sifat-sifat campuran dalam reaktor yang ditentukan secara eksperimental menggunakan perunut (cat, larutan gram, bahan radioaktif, dll.). Lamanya distribusi waktu tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain variasi debit dan ukuran molekul zat terlarut.

Residence Time Distribution (RTD) yang merupakan makna dari distribusi waktu tinggal ini sangat penting dalam mendesain reaktor dan juga untuk keperluan *scale up* pada suatu proses. Pada penggunaan alat yang tepat juga dapat menentukan kondisi operasi yang optimal (optimum) untuk proses mixing dan sebagainya. Dengan ini dapat diketahui berapa lama dan berapa besar pengaruh suhu operasi terhadap penentuan distribusi waktu tinggal. Distribusi waktu tinggal pada umumnya diukur dengan menggunakan suatu perumpamaan material yang disebut dengan *tracer*.

Unsur-unsur dari suatu material mempunyai jalur yang berbeda-beda dalam melewati reaktor, terkadang memiliki waktu yang lama dan juga sebaliknya. Distribusi dari waktu-waktu demikian untuk aliran material untuk meninggalkan

reaktor, yang mana hal tersebut dinamakan distribusi waktu tinggal (E), atau yang disebut dengan RTD.

2.4 Karakteristik *Residence Time Distribution* (RTD)

Distribusi waktu tinggal adalah distribusi waktu yang dibutuhkan unsur cair untuk keluar dari reaktor. Menunjukkan karakteristik campuran didalam reaktor, Ditentukan secara eksperimental dengan menggunakan *tracer* (warna, larutan garam, bahan radioaktif, dan lainnya). Lama waktu tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya yaitu fluktuasi debit dan ukuran molekul zat terlarut. Rata-rata waktu tinggal objek tertentu adalah garam dalam larutan ataupun larutan garam antara pemberian yang pertama dan waktu itu muncul karena larutan stabil (padat).

Waktu tinggal merupakan istilah yang berguna untuk mengungkapkan seberapa cepat sesuatu itu untuk bergerak melalui sistem dalam kesetimbangan. Penundaan waktu dalam reaksi kimia diukur sebagai waktu pemrosesan rata-rata dalam volume reaktor tertentu. Dalam kondisi tertentu, ini juga disebut sebagai ruang waktu dan dilambangkan dengan (t). Berdasarkan volume dan laju aliran, waktu tinggal (t) juga terkait dengan Kecepatan tuang (s), ini adalah jumlah volume reaktor pakan yang diperlakukan per satuan waktu (Shivani et al., 2022).

2.4.1 *Tracer Component*

Ini adalah bahan (larutan) yang disuntikkan ke unit pengolahan yang digunakan untuk memantau masa hidup sel fluida saat melewati perangkat menggunakan teknik respons stimulus. Konsentrasi di outlet perangkat diperiksa pada interval tertentu dengan konduktometer, kalorimetri, titrasi, dll. Terdapat beberapa jenis cara yang digunakan, diantaranya terdapat cara yang alami dan juga buatan, cara alami pada umumnya dilihat dari zat yang terdapat pada air kemudian di analisis, kemudian untuk yang buatan dapat menggunakan zat buatan, seperti bahan kimia, layaknya warna dan sebagainya.

Pada penelitian, umumnya menggunakan garam dan pewarna agar mempermudah dan juga nyaman digunakan. Untuk penelitian sering kali digunakannya NaCl ataupun KCl sebagai garam dalam larutan injeksi, pembuatan

larutan garam harus diukur secara akurat dalam meningkatkan konduktivitas listrik air secara signifikan. Pada penelitian konsentrasi komponen *tracer* akan berubah sesuai dengan fungsi yang diketahui dengan cara mengukur konsentrasi pelacak pada outlet. Adapun hal yang tidak dapat berubah dikarenakan oleh komponen *tracer* yaitu karakteristik fisik pada fluida dan juga kondisi hidrodinamik fluida serta kerapatan dan viskositas (Minister E, 2017).

2.5 Penelitian Terdahulu

Hasil dari beberapa penelitian terdahulu yang dapat menjadi acuan bagi peneliti dalam mengevaluasi IPAL komunal berdasarkan parameter hidrolika. Dapat dilihat pada Tabel 2. 1

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Nama	Judul	Hasil
Sharjeel Waqas, 2023	Tinjauan tentang Kontaktor Biologis Berputar untuk Pengolahan Air Limbah	RBC telah banyak digunakan dalam industri pengolahan air limbah karena efisiensi pengolahannya yang tinggi, biaya pengoperasian yang rendah, dan kemudahan pengoperasian. Selain itu, RBC mempunyai potensi untuk memainkan peran penting dalam mencapai kinerja lingkungan yang berkelanjutan
Alizadeh, Hosseinzadeh, 2013	Model distribusi waktu tinggal aliran fluida dua fasa pada mixer sediment	Metode yang disederhanakan untuk membentuk kurva waktu keluar membutuhkan kurva konduktivitas yang memanjang secara linier. Garam klorida adalah pilihan populer untuk bahan pelacak konduktivitas karena konduktivitasnya yang tinggi bahkan dalam konsentrasi kecil dan karakteristik lembamnya, karena sangat penting bahwa tidak ada

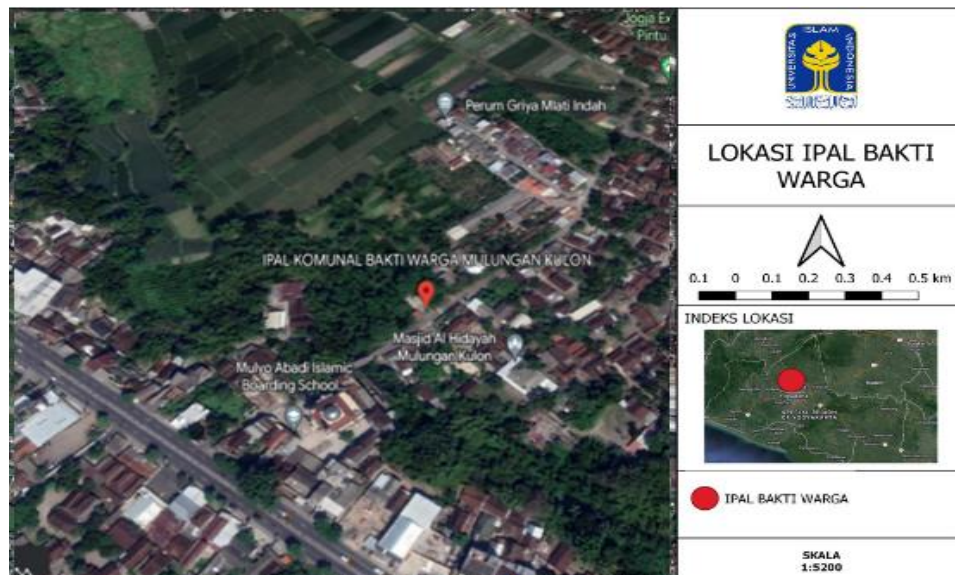
		perpindahan massa yang terjadi antara fase berair dan organik saat mengukur RTD fase berair dalam cairan-cair dua fase. Sistem.
Minister E et al (2017)	Distribusi Waktu Tinggal Reaktor Tubular	Waktu tinggal <i>tracer</i> sangat sensitif terhadap titik injeksi dan jarak pertama. RTD harus digunakan tidak hanya untuk memecahkan masalah reaktor yang ada, tetapi juga untuk mengevaluasi karakteristik limbah reaktor tertentu dan untuk merancang reaktor masa depan dengan lebih efisien.
Rumble, 2022	Pengukuran dan pemodelan distribusi waktu tinggal pada reaktor mixer-settler	KCl merupakan pelacak yang dipilih karena hubungan liniernya dalam konduktivitas terhadap konsentrasi, yang tidak dimiliki oleh garam biasa lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

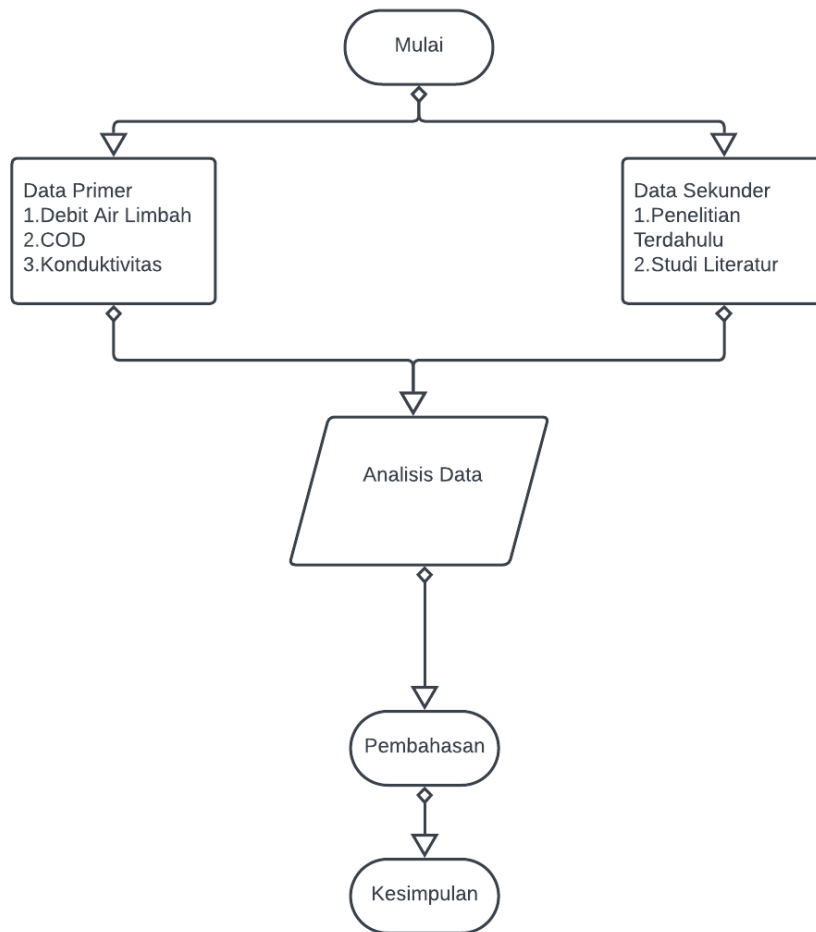
Penelitian ini dimulai pada bulan Maret – mei tahun 2023. Lokasi penelitian ini berlokasi di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Bakti Warga Mulungan Kulon, Sendangadi, Kec. Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. 1



Gambar 3. 1 Lokasi IPAL Komunal Bakti Warga

3.2 Tahapan Penelitian

Dalam menjalankan penelitian ini diperlukannya tahapan penelitian yang dipaparkan dalam bentuk diagram alir untuk mendapatkan gambaran dari kegiatan yang akan dilakukan selama penelitian ini berlangsung, dapat dilihat pada Gambar 3. 2



Gambar 3. 2 Diagram Tahapan Penelitian

Untuk langkah awal yang akan dilakukan yaitu mencari data primer dengan pengukuran debit outlet perjam selama 48 jam guna sebagai data pendukung untuk mencari beban pengolahan. Pengukuran debit air limbah menggunakan metode *Volumetrik*. Selanjutnya menghitung distribusi waktu tinggal menggunakan metode tracer yaitu pakai garam di injeksi. Mengetahui data sekunder dengan penelitian terdahulu dan data dari IPAL yang diteliti. selanjutnya melakukan analisis data dengan penyajian data. pembahasan kesimpulan dan saran.

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Pengumpulan Data Primer

Pengumpulan Data Primer, merupakan data yang diperoleh dari hasil observasi/ eksisting, dan pengamatan serta pengukuran langsung di lapangan. Untuk mengetahui Efisiensi kinerja IPAL Komunal berdasarkan parameter hidrolika dibutuhkannya data pendukung yaitu pengukuran Debit air limbah di Outlet dan menghitung distribusi waktu tinggal air limbah pada IPAL Komunal. Metode untuk pengukuran debit air limbah menggunakan *Volumemetri* . Sedangkan metode untuk pengukuran waktu tinggal air limbah dilakukan 48 jam yang mana pada setiap jam nya akan di uji menggunakan *tracer* metode, *Tracer* metode menggunakan garam ataupun yang di pakai yaitu KCl yang di injeksi.

3.3.1.1 Pengukuran Debit Aliran

Metode pengukuran yang dilakukan yaitu Metode *Volumetri*, metode *volumetri* sendiri adalah cara mengukur debit secara langsung yang mana dilakukannya dengan cara menampung aliran air kedalam gelas ukur maupun wadah (ember) yang sudah diketahui volumenya. Perhitungan debit aliran menggunakan metode ini berupaya untuk mengetahui berapa lama pengisian tampungan dalam waktu tertentu.

Persamaan penentuan debit aliran sebagai berikut

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Keterangan

Q = Debit (m^3/s)

V = volume (m^3)

t = Waktu (s)

3. 3. 1. 2 Pengukuran Konduktivitas

Cara Kerja secara teknis

1. Timbang 0,05 gram KCl

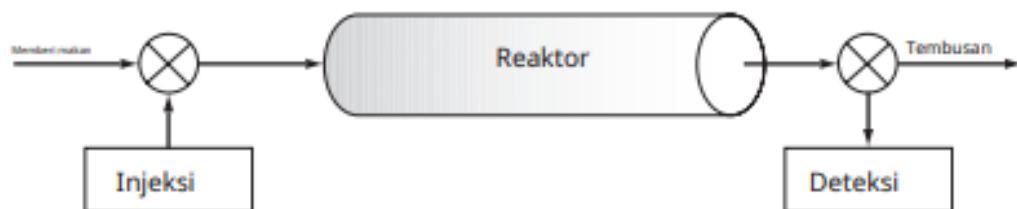
2. Larutkan KCl dalam 100 ml air keran
3. Ukur dan catat konduktivitas dari larutan KCl menggunakan konduktometer
4. Lalu ulangi pengukuran untuk 0, 1 ; 0, 15 ; 0, 2 ; 0, 25

3.3.1.3 Pengukuran Distribusi Waktu Tinggal

Tahap-tahap yang dilakukan untuk pengukuran distribusi waktu tinggal diantaranya

1. Larutkan 30 gram KCl kedalam 100 ml air keran. Ambil 20 ml larutan KCl menggunakan syringe.
2. Masukkan KCl dalam syringe tersebut (*tracer*) ke dalam Unit RBC melalui pipa Inlet ke RBC.
3. Ambil sampel larutan output dari Outlet RBC selama 1 jam sekali sekali hingga di dapat 48 data
4. Hasil Data pertama diambil sejak pertama kali *tracer* di injeksi ke dalam pipa inlet RBC
5. Ukur dan catat konduktivitas semua larutan tersebut.

Untuk skema pengukuran distribusi waktu tinggal dapat dilihat pada Gambar 3. 3



Gambar 3. 3 Pengukuran *Tracer*

Sumber : FOGLER, 2008

3.3.1.4 Pengujian COD (Chemical Oxygen Demand)

Metode pengujian COD dilakukan berdasarkan SNI 6989. 2:2019. Pengujian COD dalam air limbah menggunakan oksidator Cr2O7 dengan refluks tertutup serta diukur secara spektrofotometri. Pengukuran dilakukan menggunakan 2 panjang gelombang yaitu pada panjang gelombang 600 nm jika kisaran nilai COD 100 mg/l sampai 900 mg/l, sedangkan pada panjang gelombang 420 nm jika nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/l.

3.3.2 Pengumpulan Data Sekunder

Pengumpulan Data Sekunder didapat dari jurnal, buku-buku, SPALD-T, SNI, Pusteklim (2014) dengan judul Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah, serta literatur lain yang mendukung melengkapi bahan kepustakaan. Adapun bentuk data sekunder yang diperlukan yaitu kriteria desain unit *Rotating Biological Contactor* (RBC).

3.4 Analisis Data

Metode analisis data merupakan tahapan dari proses penelitian dimana data-data yang telah dikumpulkan akan dilakukan proses analisis untuk menjawab permasalahan penelitian, pengolahan data yang didapat akan menjadi suatu informasi. Metode analisis data yang diolah dengan perhitungan rumus dan menampilkan sebuah hasil kurva yang menjelaskan data secara detail. Analisis data guna mengetahui pengaruh fluktuasi debit air limbah dan waktu penyisihan optimal dalam *Rotating Biological Contactor* (RBC)

3.4.1 Distribusi Waktu Tinggal

3.4.1.1 Menentukan Distribusi Waktu Tinggal

$$A = \int_0^{\infty} C dt = \Sigma c dt \quad (2)$$

$$A = \int_0^{\infty} C dt = \Sigma c dt = \frac{\Delta t}{2} (Ca_0 + 2Ca_1 + 2Ca_2 + \dots + Ca_i) \quad (3)$$

$$\int_0^{\infty} C dt = \int_0^{\infty} \frac{Ca}{A} dt \quad (4)$$

$$C=E$$

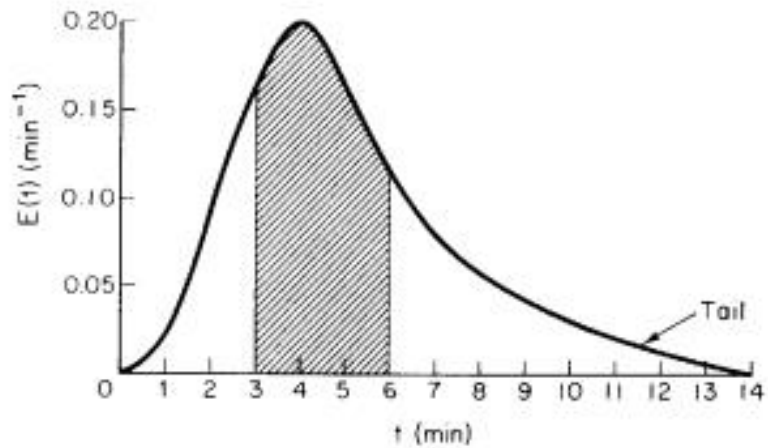
Sumber : FOGLER

Dengan keterangan

- E = distribusi waktu tinggal, 1/detik

- C_a = konsentrasi, g/mL
- A = luas area dibawah kurva konsentrasi versus waktu

Adapun contoh grafik pada Gambar 3. 4



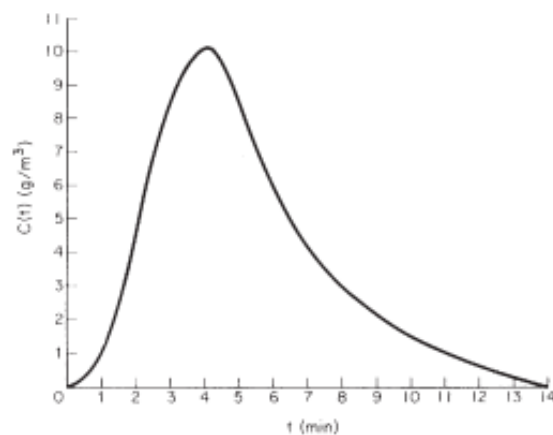
Gambar 3. 4 Kurva Analisis RTD

Sumber : FOGLER, 2008

3.4.1.2 Pembuatan Kurva Sampel Pelacak $C(t)$

Sampel pelacak KCl dimasukkan ke reaktor, dan konsentrasi efluen diukur sebagai fungsi waktu.

Adapun contoh grafik pada Gambar 3. 5



Gambar 3. 5 Kurva sampel pelacak (C)

Sumber : FOGLER, 2008

3.4.1.3 Menghitung Mean Residence Time (t_m)

Persamaan Penentuan Mean Residence Time, t_m

$$t_m = \frac{\int_0^{\infty} t C dt}{\int_0^{\infty} C dt} = \frac{\sum t_i C_i \Delta t_i}{\sum C_i \Delta t_i} \quad (5)$$

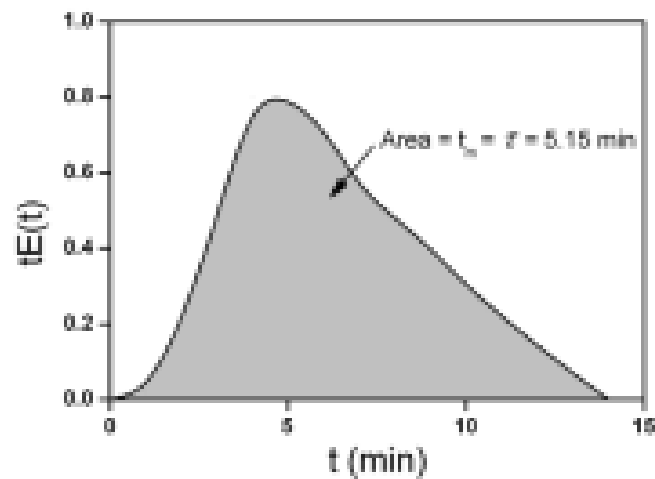
Dengan keterangan

t_m = Mean Residence Time, detik

t = waktu, detik

C = konsentrasi larutan keluar packed bed, g/L

Adapun contoh grafik pada Gambar 3. 6



Gambar 3. 6 Kurva Menghitung waktu tinggal rata – rata

Sumber : FOGLER, 2008

3.4.1.4 Variance

Persamaan penentuan Variance:

Variance = kuadrat dari standar deviasi σ^2

$$\sigma^2 = \frac{\sum t_i^2 C_i \Delta t_i}{\sum C_i \Delta t_i} - t_m^2 \quad (6)$$

Dengan keterangan

σ = Variance, detik

t_m = mean, detik

t_i = waktu tinggal sampel pada waktu tertentu, detik

C_i = konsentrasi larutan terambil tiap waktu, g/l

3.4.2 Berdasarkan Debit Aliran

Berdasarkan hasil pengukuran debit di lapangan didapati hasil debit rata-rata (Q average) dan juga debit puncak (Q peak) pada pukul 07. 00, 12. 00 dan 18. 00 sehingga didapatkan grafik fluktuasi debit.

3.4.3 Efisiensi Removal COD

$$\% \text{ Removal Efluen} = \left(\frac{\text{Konsentrasi Influen} - \text{Konsentrasi Sampel}}{\text{Konsentrasi Influen}} \right) \times 100$$

Selain data di atas akan dibentuk grafik untuk memudahkan dalam pengamatan.

3.4.4 Perbandingan Dengan Baku Mutu

Data COD yang di dapatkan akan di bandingkan dengan baku mutu Permen LHK nomor 68 tahun 2016 yang mana sebesar 100 mg/l. Dan Perda DIY nomor 7 Tahun 2016 sebesar 200 mg/l.

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

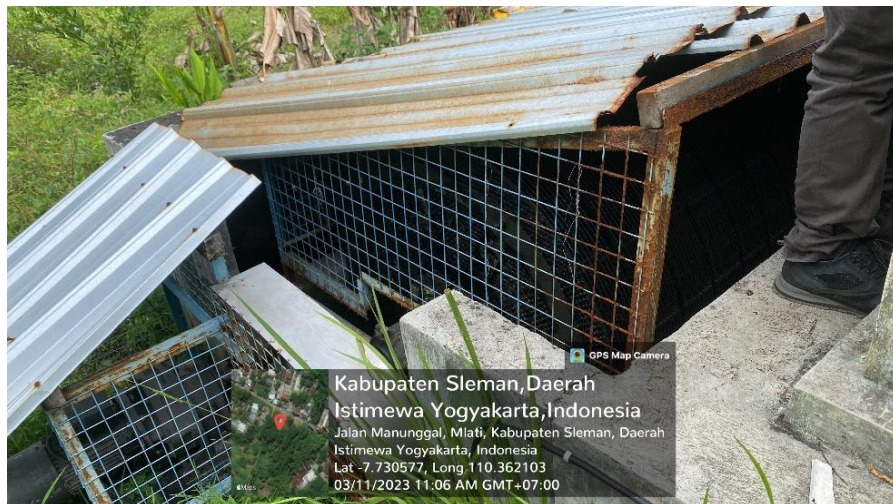
4.1 Gambaran Umum IPAL Komunal Bakti Warga

Penelitian ini dilakukan dengan sampel yang berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal yang lebih tepatnya terletak di IPAL Komunal Bakti Warga Mulungan Kulon, RT 04/RW 12 Sendangadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, dengan diketahui titik koordinat -7.730378° dan 110.362177° . IPAL ini dirancang pada tahun 2012 dengan kerjasama warga Mulungan dan juga PUSTEKLIM serta Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman. Kementerian Luar Negeri Pemerintah Jepang juga membantu dalam pembangunan IPAL, dalam rangka bantuan dari Lembaga Swadaya Masyarakat Jepang. IPAL Komunal Bakti Warga ini berkapasitas 150 KK hingga saat ini juga menampung 165 KK. IPAL Komunal ini menggunakan teknologi pengolahan *Anaerobic Baffled Reactor (ABR)* serta *Rotating Biological Contactor (RBC)*.

Adapun kondisi eksisting IPAL Komunal ini bisa dikatakan sangat baik, mulai dari penataan hingga perawatan yang sangat baik oleh warga setempat, tidak hanya itu saja, IPAL Komunal Bakti Warga juga memiliki informasi yang memuat tentang IPAL itu sendiri yang terdapat pada sebuah bangunan (tempat peristirahatan) di area IPAL tersebut. IPAL Komunal pada penelitian ini terkhususkan pada teknologi *Rotating Biological Contactor (RBC)* yang mana pada IPAL ini terdapat 1 teknologi RBC dan juga 1 teknologi ABR. Pengolahan air limbah domestik ini untuk tahap pertamanya masuk ke unit ABR, kemudian pengolahan selanjutnya di lanjutkan menggunakan unit RBC. Adapun kondisi dari IPAL Komunal Bakti Warga bisa dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3



Gambar 4. 1 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga (Unit ABR)



Gambar 4. 2 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga (Unit RBC)



Gambar 4. 3 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga (Unit RBC)

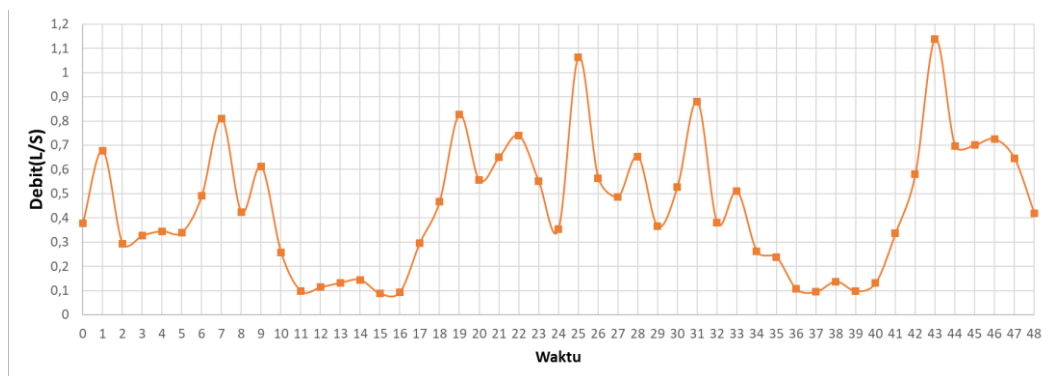
4.2 Pengukuran Rata-Rata Debit Air Limbah

Perhitungan debit air limbah dapat dilakukan dengan menggunakan pengambilan secara langsung di lapangan. Metode pengukuran rata-rata debit air limbah menggunakan *volumetrik*, yang mana pada metode ini peneliti mendapatkan rata-rata debit air limbah dengan melibatkan pengumpulan air limbah dalam wadah dengan volume konstan dan membaginya dengan waktu yang dibutuhkan air limbah untuk mengisi wadah. Pengukuran debit dilakukan selama 48 jam dan diperiksa setiap jam nya. Untuk pengukuran debit dilakukan pada inlet dan outlet IPAL. Adapun untuk pengukuran debit pada inlet menggunakan wadah yang berupa ember berkapasitas 10 liter, dan untuk pengukuran debit pada outlet menggunakan wadah yang berupa gayung berkapasitas 2 liter. Pengukuran debit secara manual dapat dilihat pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Pengujian Debit Air Limbah Inlet dan Outlet

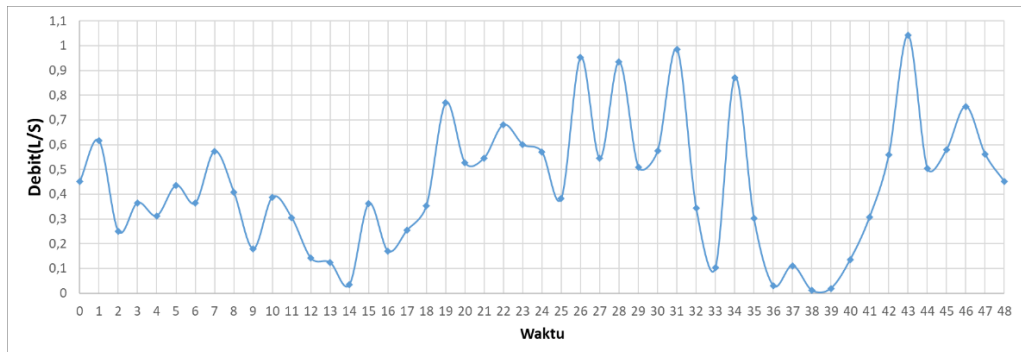
Grafik fluktuasi debit dari hasil pengukuran debit di atas dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Fluktuasi debit air limbah inlet

Dari hasil pengukuran debit di atas, didapatkan debit rata-rata ($Q_{average}$) yaitu 0,445 L/detik atau $38,4 m^3/hari$, pada nilai rata-rata debit air limbah hampir setara dengan nilai debit pada pukul 11.00. Untuk debit puncak (Q_{peak}) pada pukul 06.00 yaitu 1,14 L/detik atau $98,4 m^3/hari$. Grafik fluktuasi debit dari hasil

pengukuran debit di atas dapat dilihat pada Gambar 4.6

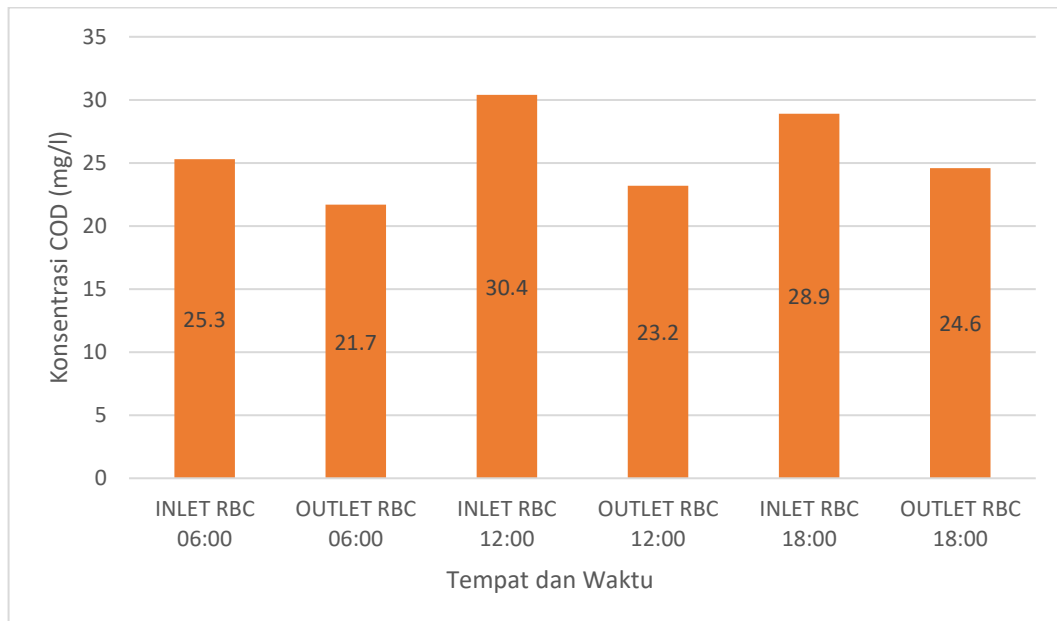


Gambar 4.6 Fluktuasi debit air limbah Outlet

Dari hasil pengukuran debit di atas, didapatkan debit rata-rata ($Q_{average}$) yaitu 0,436 L/detik atau $37,6 m^3/hari$, pada nilai rata-rata air limbah hampir setara dengan nilai debit pada pukul 11.00. Untuk debit puncak (Q_{peak}) pada pukul 06.00 yaitu 1,04 L/detik atau $90 m^3/hari$.

4.3 Kadar COD Dalam Air Limbah

Analisis COD merupakan penentuan banyaknya oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi bahan (senyawa) organik secara kimiawi. Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) merupakan jumlah oksigen ($mg O_2$) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam 1 liter sampel air, dimana pengoksidasi $K_2Cr_2O_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oksidan). Angka COD merupakan ukuran pencemaran air dari bahan organik yang secara alami dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologi dan menyebabkan penurunan oksigen terlarut dalam air. Kadar COD pada IPAL ditentukan oleh limbah organik pada rumah tangga. Semakin konsentrasi COD nya tinggi maka semakin besar juga bahan pencemar organik nya. Kurva dari kadar COD pada unit RBC dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik Kadar COD Pada Unit RBC

Pada grafik diatas menunjukkan hasil pengujian COD yang berasal dari influen dan effluen IPAL Komunal Bakti Warga yang menggunakan teknologi RBC. Pengambilan sampel diatas diambil dari jam puncak pemakaian air rumah tangga yang dimulai pada jam 06:00 pagi, 12:00 siang, dan 18:00 malam. Hal demikian dilakukan untuk mengetahui perbandingan kandungan COD pada massa puncak pemakaian air rumah tangga. Dari hasil pengujian kadar COD diatas dijadikannya bahan evaluasi. Hasil pengujian kadar COD yang di dapati pada unit RBC ini sebelumnya sudah diolah melalui unit ABR terlebih dahulu, oleh karena itu hasil COD yang di dapatkan tidak terlalu besar. Dari hasil yang di dapati konsentrasi COD pada IPAL komunal Bakti Warga sudah memenuhi baku mutu Permen LHK nomor 68 tahun 2016 sebesar 100 mg/l dan Perda DIY nomor 7 Tahun 2016 sebesar 200 mg/l. Artinya unit RBC di IPAL Bakti Warga mampu menyisihkan beban pencemar COD.

4.4 Pengukuran Distribusi Waktu Tinggal Air Limbah (RTD)

Distribusi waktu tinggal dari reaktor kimia merupakan fungsi distribusi probabilitas yang menggambarkan jumlah waktu sebuah fluida elemen bisa

menghabiskan waktu di dalam reaktor. Distribusi waktu tinggal diukur dengan menambahkan non-reaktif pada pintu masuk sistem pelacakan. Konsentrasi pelacak berubah sesuai dengan fungsi yang diketahui dan jawabannya ditemukan dengan mengukur konsentrasi pelacak di saluran keluar. Pelacak yang dipilih tidak boleh mengubah sifat fisik cairan (densitas ekuivalen, viskositas ekuivalen) dan pengenalan pelacak tidak boleh mengubah kondisi hidrodinamik.

Pada penelitian ini pengukuran RTD menggunakan larutan garam KCl sebagai pelacak. Garam KCl yang digunakan 25% yaitu 50 gram KCl yang dilarutkan dengan 200 ml air, kemudian di injeksikan ke dalam Inlet IPAL Komunal, setelah itu dilakukannya uji konsentrasi pada Outlet unit RBC setiap jam nya selama 48 jam lamanya. Konsentrasi (C) pada air limbah digunakan sebagai penentu waktu aliran air limbah. Adapun dokumentasi pengujian menggunakan Metode *Tracer* seperti Gambar 4.8, dan 4.9



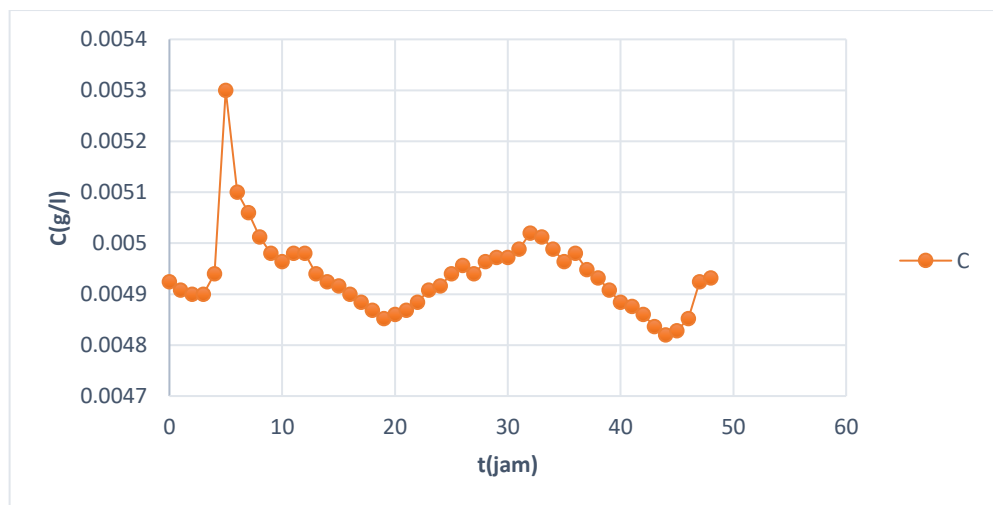
Gambar 4. 8 Proses Injeksi KCl



Gambar 4. 9 Proses Pengujian Metode *Tracer*

4.4.1 Kurva Sampel Pelacak C(t)

Untuk mendapatkan hasil data konsentrasi garam pada outlet unit RBC, maka dari itu dibuat kurva sampel pelacak konsentrasi (C(t)), dapat dilihat pada Gambar 4.10

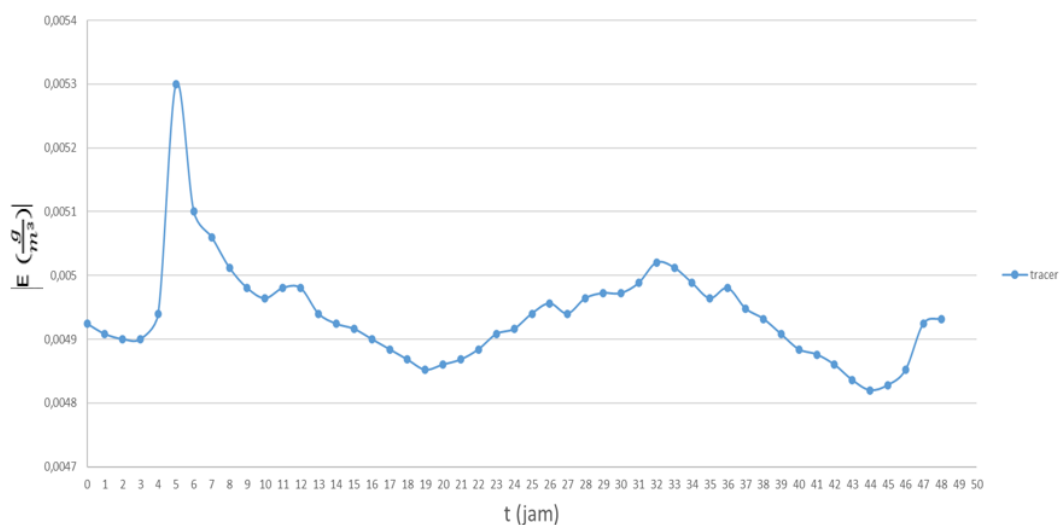


Gambar 4. 10 Kurva C(t) selama 48 jam

Air limbah yang berasal dari inlet ke outlet menghabiskan waktu 5 jam di dalam unit RBC seperti kurva yang telah ditampilkan diatas, dengan C digunakan sebagai fungsi waktu.

4.4.2. Kurva Distribusi Waktu Tinggal E(t)

Untuk menemukan kurva E(t) pada kurva C(t), cukup dengan membagi C(t) dengan integral yang merupakan area dibawah kurva C. Dengan mendapatkan data E(t) maka didapatkan kurva pada Gambar 4.11



Gambar 4. 11 Kurva E(t) Selama 48 jam

Pada grafik diatas ditampilkan konsentrasi tertinggi terletak pada jam ke 5, maka dari itu diartikan dengan metode *tracer* Air Limbah dari inlet ke outlet menghabiskan waktu selama 5 jam pada unit RBC.

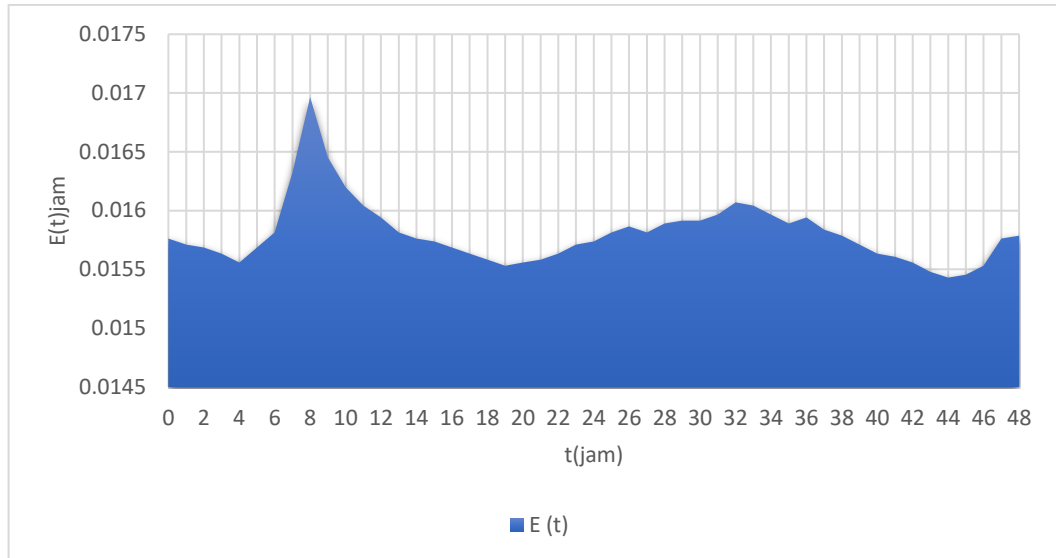
4.4.3 Mean Residence Time (tm) dan Variance

Dibawah ini merupakan cara untuk menentukan *Mean Residence Time* (tm) dan *Variance*

4.4.3.1 Mean Residence Time (tm)

Untuk mendapatkan nilai rata-rata waktu tinggal yaitu dengan mencari luas dibawah kurva dari fungsi distribusi waktu tinggal t E(t). Fungsi ditribusi dari nilai rata-rata sama hal nya dengan momen pertama dari fungsi RTD. Maka dari itu

didapatkan nilai *Mean Residence Time* (t_m) sebanyak 28 jam. Berikut Gambar 4.12 merupakan kurva waktu tinggal rata-rata



Gambar 4. 12 Grafik *Mean Residence Time* (t_m)

4.4.3.2 Variance atau Momen Distribusi

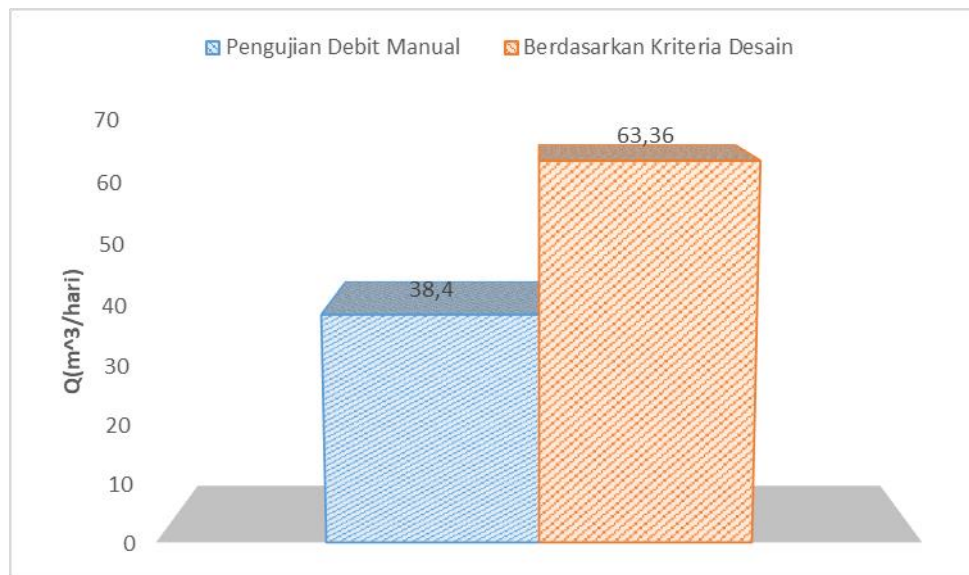
Sehabis menghitung rata-rata waktu tinggal air limbah , berikutnya kita dapat menghitung *Variance* dengan menghitung luas dibawah kurva $t(t_m)^2E(t)$ sebagai fungsi dari t . Untuk hasil dari *Variance* didapatkan selama 201, 42 jam, sedangkan standar deviasi didapatkan hasil 14, 18 jam

4.5 Evaluasi IPAL Komunal Secara Teknis

Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal bukan hanya dilakukan berdasarkan kualitas effluen yang dihasilkan akan tetapi juga bisa secara teknis, sosial budaya, maupun ekonomi. Secara teknis, evaluasi yang dilakukan bisa berupa terhadap desain ataupun teknis IPAL Komunal dalam mengelola air limbah. Evaluasi ini dilakukan untuk mengetahui efisiensi kinerja unit *Rotating Biological Contactor* (RBC) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bakti warga berdasarkan efek dari debit dan distribusi waktu tinggal effluen di IPAL untuk mengetahui pengaruh penyisihan terhadap efisiensi COD dalam unit reaktor. Evaluasi juga ditinjau berdasarkan debit air limbah dan juga berdasarkan waktu tinggal air limbah.

4.5.1 Berdasarkan Debit Air Limbah

Debit air limbah IPAL Komunal didapatkan dari debit rata-rata per hari. Secara teoritis debit diperoleh melalui jalur sambungan rumah dan di alirkan ke IPAL Komunal. Adapun jumlah sambungan rumah dari IPAL Komunal Bakti Warga yaitu sebanyak 165 rumah. Perhitungan debit dapat dilakukan menggunakan dua cara, yaitu menggunakan pengujian manual dan perhitungan sesuai kriteria desain yang ditetapkan. Kondisi efluen yang masuk ke IPAL komunal berasal dari greywater dan toilet ataupun limbah masyarakat sekitar. Berikut merupakan perbandingan dari hasil debit dari kedua cara yang di maksud pada Gambar 4.14

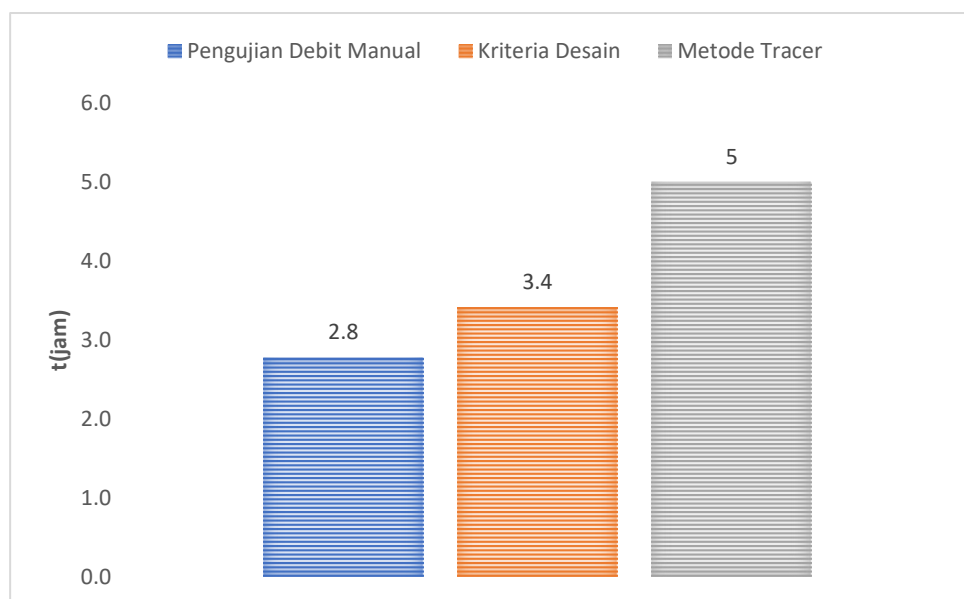


Gambar 4. 14 Hasil Perhitungan Debit Air Limbah

Dalam pengujian langsung secara manual pada IPAL komunal didapatkan debit rata-rata yang masuk yaitu $38,4\text{m}^3/\text{hari}$, pada saat menghitung kriteria desain, hasilnya berbeda dari pada pengujian langsung di lapangan, pengujian langsung menunjukkan debit yang lebih rendah, salah satu faktor nya yaitu rendahnya mengonsumsi air yang terhubung pada IPAL komunal. Rata-rata penduduk menggunakan sumber air dari PDAM, maka dari itu konsumsi air yang rendah berdampak pada debit yang masuk ke dalam IPAL juga sedikit.

4.5.2 Berdasarkan Waktu Tinggal Air Limbah

Waktu tinggal air limbah pada IPAL komunal merupakan faktor penentu apakah IPAL tersebut berjalan dengan baik atau tidak. Lamanya distribusi waktu tinggal juga dipengaruhi oleh beberapa faktor termasuk fluktuasi debit. Penentuan waktu tinggal dapat diperoleh dengan tiga cara yaitu dengan menghitung kriteria desain dan menggunakan metode *tracer* serta perhitungan manual. Gambar 4.18 merupakan perbandingan dari ketiga metode tersebut.



Gambar 4. 2 Hasil Perhitungan Waktu Tinggal Air Limbah

Dengan menggunakan metode *tracer* waktu tinggal air limbah yang didapatkan yaitu sebanyak 5 jam, berdasarkan kriteria desain didapatkan 3,40 jam, sedangkan menggunakan pengujian debit manual didapati 2,80 jam, hasil metode *tracer*, kriteria desain dan perhitungan manual berbeda, salah satu penyebabnya dikarenakan perbandingan debit yang masuk, debit yang masuk kedalam IPAL lebih kecil dibandingkan dengan kriteria desain. Berdasarkan PERMEN PUPR Nomor 04 2017 kriteria desain unit RBC memiliki waktu tinggal selama 2-4 jam. Berdasarkan dari efisiensi pengurangan COD terhadap waktu tinggal air limbah, waktu tinggal air limbah pada jam ke 5 sebanding dengan efisiensi pengurangan COD 17, 55% Dari sini dapat disimpulkan bahwa penyisihan parameter COD pada

unit RBC berjalan dengan optimal.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari rumusan masalah dan hasil pembahasan , maka didapatkan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut

1. Perhitungan debit secara manual rata-rata $38,4 \text{ m}^3/\text{hari}$. Berdasarkan perhitungan diketahui bahwa jumlah sambungan rumah memiliki debit sebesar $63,36 \text{ m}^3/\text{hari}$. Hasil debit yang dihasilkan dari kriteria desain berbeda dengan uji lapangan secara langsung, uji langsung menunjukkan debit yang lebih rendah, salah satu faktornya adalah rendahnya pengonsumsian air oleh penduduk yang terhubung dengan IPAL Komunal.
2. Pada penelitian perhitungan waktu tinggal dilakukan dengan 3 cara, yaitu menggunakan Perhitungan Debit Manual, Metode *Tracer* dan juga berdasarkan Kriteria Desain. Perhitungan menggunakan Debit Manual didapatkan 2,80 jam. Metode *Tracer* didapatkan selama 5 jam, sedangkan untuk menggunakan Kriteria Desain 3,40 jam. Perbedaan dari perhitungan distribusi waktu tinggal dipengaruhi oleh beberapa faktor. diantaranya yaitu fluktuasi debit.
3. Efisiensi penyisihan COD pada Unit RBC didapatkan sebanyak 17,55%. Faktor waktu tinggal pada IPAL dapat mempengaruhi efisiensi COD. Semakin lama waktu tinggal air limbah maka semakin tinggi efisiensi COD dalam air limbah tersebut.

5.2 Saran

Setelah melakukan penelitian dan mendapatkan hasil evaluasi, peneliti juga memberikan saran ataupun masukan setelah menarik kesimpulan sebagai berikut

1. Perlu adanya perluasan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh putaran cakram Unit RBC terhadap waktu tinggal.
2. Perlu adanya perluasan penelitian menggunakan metode yang peneliti terapkan kepada Unit Teknologi pada IPAL yang lain.

DAFTAR PUSTAKA

Colli, A. N. ; Bisang, J. M. September 2015. Study of the influence of boundary conditions, non ideal stimulus and dynamics of sensors on the evaluation of *Residence Time Distributions*. *Electrochimica Acta*

- Harjito, 2014, Metode *Tracer* Test untuk Mencari Hubungan Antar Sistem Sungai Bawah Tanah Di Akuifer Karst, *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Vol 6(1), Hal 01-13.
- Kadu, P. ; Lencana, A. ; Rao, Y. Pengolahan Air Limbah Kota dengan Menggunakan *Rotating Biological Contactors* (RBCs). *AJER*2013, 2, 127–132.
- Marcus H, 2019, The Influence of *Residence Time Distribution* on Continuous-Flow Polymerization, ACS Publications, Vol 52 (9), Hal 3551–3557
- Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. McGrawHill Companies, Inc. Republic of China.
- Nauman, E. Bruce May 2008. Residence Time Theory. *Industrial & Engineering Chemistry Research*
- Parasmita, Bernadette N et al, 2020. Studi Pengaruh Waktu Tinggal Terhadap Penyisihan Parameter BOD5, COD dan TSS Lindi menggunakan Biofilter Secara Anaerob - Aerob, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- PERMEN LHK No. 11 Tahun 2017. Petunjuk Operasional Penggunaan Dana Alokasi Khusus Penugasan Untuk Pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah Usaha Skala Kecil, Bidang Sanitasi dan Perlindungan Daerah Hulu Sumber Air Irigasi Bidang Irigasi.
- PERMEN PUPR No. 04 Tahun 2017. Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik
- Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta. 2016. Baku Mutu Air Limbah. D.I. Yogyakarta
- PUSTEKLIM, 2014. *Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta: PUSTEKLIM
- "*Residence Time Distribution* (RTD) in Stirred Tank Reactor". *CEMF. ir.* 2020-06-22. Retrieved 2020-07-23.
- Rizal dan Waliyadi, E. 2014. Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

Domestik Sistem *Rotating Biological Contactor* (RBC) Kelurahan Sebengkok Kota Tarakan. Tarakan: FPIK Universitas Borneo Tarakan (UBT).

Saleh, W . 2022. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal Gampong Surien Kota Banda Aceh. TA/TL/2022/1255.

Sarah C et al, 2019, Drinking Water Residence Time in Distribution Networks and Emergency Department Visits for Gastrointestinal Illness in Metro Atlanta, Georgia, *J Water Health*, Vol 7(2), Hal 332 – 343

Schwartz, Stephen E. 1979. Residence times in reservoirs under non-steady-state conditions: application to atmospheric SO₂ and aerosol sulfate

Sirianuntapiboon, S. Pengolahan air limbah yang mengandung Cl₂residu dengan sistem kontaktor biologis berputar sangkar (RBC). sumber daya hayati. *Teknologi*. 2006, 97, 1735–1744.

Traju, Ahmad. 2018. Evaluasi Kinerja IPAL Komunal di Kecamatan Banguntapan dan Bantul, Kabupaten Bantul, D. I Yogyakarta Ditinjau dari Parameter Fisik dan Kimia. Skripsi. Yogyakarta. Universitas Islam Indonesia.

Waqas, S. ; Harun, NY; Sambudi, NS; Bilad, Bpk; Abioye, KJ; Ali, A. ; Abdulrahman, A. Tinjauan Kontaktor Biologis Berputar untuk Pengolahan Air Limbah Air 2023.

Waqas, S. ; Bilad, Bpk; Man, ZB Evaluasi kinerja dan konsumsi energi kontaktor biologis berputar untuk pengolahan air limbah domestik. *Indonesia. J. Ilmu. Teknologi*. 2021, 6, 101–112

LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Hasil Pengujian Debit Manual

Time	Jam	Debit (liter/s)	Debit (m ³ /day)
0	11, 00	0, 378214826	32, 67776097
1	12, 00	0, 676589986	58, 45737483
2	13, 00	0, 294117647	25, 41176471

3	14, 00	0, 326797386	28, 23529412
4	15, 00	0, 344827586	29, 79310345
5	16, 00	0, 339558574	29, 33786078
6	17, 00	0, 490196078	42, 35294118
7	18, 00	0, 809716599	69, 95951417
8	19, 00	0, 424448217	36, 67232598
9	20, 00	0, 611620795	52, 8440367
10	21, 00	0, 257997936	22, 29102167
11	22, 00	0, 098039216	8, 470588235
12	23, 00	0, 113636364	9, 818181818
13	24, 00	0, 131578947	11, 36842105
14	1, 00	0, 143884892	12, 43165468
15	2, 00	0, 086956522	7, 513043478
16	3, 00	0, 093457944	8, 074766355
17	4, 00	0, 295770482	25, 55456965
18	5, 00	0, 46728972	40, 37383178
19	6, 00	0, 826446281	71, 40495868
20	7, 00	0, 555555556	48
21	8, 00	0, 649350649	56, 1038961
22	9, 00	0, 7390983	63, 85809313
23	10, 00	0, 550964187	47, 60330579
24	11, 00	0, 353982301	30, 5840708
25	12, 00	1, 063829787	91, 91489362
26	13, 00	0, 564652739	48, 78599661
27	14, 00	0, 486381323	42, 0233463
28	15, 00	0, 653594771	56, 47058824
29	16, 00	0, 364431487	31, 48688047
30	17, 00	0, 528262018	45, 64183835
31	18, 00	0, 88028169	76, 05633803
32	19, 00	0, 379506641	32, 78937381
33	20, 00	0, 50942435	44, 01426388
34	21, 00	0, 262674022	22, 69503546
35	22, 00	0, 236798484	20, 45938906
36	23, 00	0, 106382979	9, 191489362
37	24, 00	0, 094339623	8, 150943396
38	1, 00	0, 136986301	11, 83561644
39	2, 00	0, 097087379	8, 388349515
40	3, 00	0, 131578947	11, 36842105
41	4, 00	0, 33557047	28, 99328859
42	5, 00	0, 579710145	50, 08695652
43	6, 00	1, 138952164	98, 40546697
44	7, 00	0, 69735007	60, 25104603

45	8,00	0,700280112	60,50420168
46	9,00	0,724637681	62,60869565
47	10,00	0,64516129	55,74193548
48	11,00	0,419287212	36,22641509
Rata-rata		0,4448	38,43

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Konsentrasi *Tracer*

NO	Time (jam)	Tracer Concentration (μ s/m)	konsentrasi (g/l)
0	11,00	703	0,004924
1	12,00	701	0,004908
2	13,00	700	0,0049
3	14,00	700	0,0049
4	15,00	705	0,00494
5	16,00	750	0,0053
6	17,00	725	0,0051
7	18,00	720	0,00506
8	19,00	714	0,005012
9	20,00	710	0,00498
10	21,00	708	0,004964
11	22,00	710	0,00498
12	23,00	710	0,00498
13	24,00	705	0,00494
14	1,00	703	0,004924
15	2,00	702	0,004916
16	3,00	700	0,0049
17	4,00	698	0,004884
18	5,00	696	0,004868
19	6,00	694	0,004852
20	7,00	695	0,00486
21	8,00	696	0,004868
22	9,00	698	0,004884
23	10,00	701	0,004908
24	11,00	702	0,004916
25	12,00	705	0,00494
26	13,00	707	0,004956
27	14,00	705	0,00494
28	15,00	708	0,004964
29	16,00	709	0,004972
30	17,00	709	0,004972
31	18,00	711	0,004988
32	19,00	715	0,00502
33	20,00	714	0,005012
34	21,00	711	0,004988
35	22,00	708	0,004964
36	23,00	710	0,00498
37	24,00	706	0,004948
38	1,00	704	0,004932
39	2,00	701	0,004908
40	3,00	698	0,004884
41	4,00	697	0,004876
42	5,00	695	0,00486
43	6,00	692	0,004836
44	7,00	690	0,00482
45	8,00	691	0,004828
46	9,00	694	0,004852
47	10,00	703	0,004924
48	11,00	704	0,004932

Lampiran 3 Perhitungan Residence Time Distribution (RTD)

Menghitung $E(t)$, t_m dan σ^2

t	C	E(t)	t E(t)	(t-t _m) ² E(t)	T ² E(t)
0	0,004924	0,015755	0	0	0
1	0,004908	0,015703	0,015703	11,30454654	0,015703
2	0,0049	0,015678	0,031356	20,92102048	0,062711
3	0,0049	0,015678	0,047033	28,99876745	0,1411
4	0,00494	0,015806	0,063223	35,90414965	0,252892
5	0,0053	0,016958	0,084788	44,1945023	0,42394
6	0,0051	0,016318	0,097906	46,65954114	0,587437
7	0,00506	0,01619	0,113328	49,17447987	0,793295
8	0,005012	0,016036	0,128289	50,44990826	1,026312
9	0,00498	0,015934	0,143404	50,8496245	1,290633
10	0,004964	0,015883	0,158825	50,49533109	1,588255
11	0,00498	0,015934	0,175271	49,64879481	1,927983
12	0,00498	0,015934	0,191205	47,9173474	2,294459
13	0,00494	0,015806	0,205475	45,19340966	2,671173
14	0,004924	0,015755	0,220564	42,19057186	3,087895
15	0,004916	0,015729	0,235935	38,84045144	3,539018
16	0,0049	0,015678	0,250844	35,1088584	4,013511
17	0,004884	0,015627	0,265652	31,16137373	4,516083
18	0,004868	0,015575	0,280357	27,09380293	5,046427
19	0,004852	0,015524	0,29496	23,00072292	5,604236
20	0,00486	0,01555	0,310996	19,06965308	6,219918
21	0,004868	0,015575	0,327083	15,26067469	6,868747
22	0,004884	0,015627	0,343785	11,6872037	7,563267
23	0,004908	0,015703	0,361178	8,427907982	8,307084
24	0,004916	0,015729	0,377495	5,539124719	9,059886
25	0,00494	0,015806	0,395144	3,165971339	9,878599
26	0,004956	0,015857	0,412281	1,381566021	10,7193
27	0,00494	0,015806	0,426755	0,294404637	11,5224
28	0,004964	0,015883	0,444711	0,012764235	12,45192
29	0,004972	0,015908	0,461336	0,630894427	13,37875
30	0,004972	0,015908	0,477244	2,246089438	14,31733
31	0,004988	0,015959	0,494739	4,969760196	15,33692
32	0,00502	0,016062	0,513975	8,934965015	16,4472
33	0,005012	0,016036	0,529192	14,14153688	17,46334
34	0,004988	0,015959	0,542617	20,65294909	18,44899
35	0,004964	0,015883	0,555889	28,57300721	19,45612
36	0,00498	0,015934	0,573615	38,28268734	20,65013
37	0,004948	0,015831	0,58576	49,24966717	21,67312
38	0,004932	0,01578	0,599646	62,01363795	22,78655
39	0,004908	0,015703	0,612432	76,40444061	23,88483
40	0,004884	0,015627	0,625063	92,56858351	25,00253
41	0,004876	0,015601	0,63964	110,9351246	26,22526
42	0,00486	0,01555	0,653091	131,1227181	27,42984
43	0,004836	0,015473	0,665339	153,102029	28,60959
44	0,00482	0,015422	0,67856	177,4094927	29,85663
45	0,004828	0,015447	0,695133	204,9176126	31,281
46	0,004852	0,015524	0,714113	235,7485457	32,8492
47	0,004924	0,015755	0,740465	272,0959793	34,80184
48	0,004932	0,01578	0,757448	308,1338474	36,35749

rumus C(t)	0,	
	312396	

tm	28	jam
<i>Variance</i>	976, 9333	
	201, 4196	jam
standar devisiasi	14, 18	jam

Lampiran 4 Hasil Pengujian COD



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA



AL.067.476.0523

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

A. IDENTITAS	
Nama	: Sdr. Haikal Putra
ID Pelanggan	: -
Perusahaan / Instansi	: Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII
Jenis Kegiatan	: [38] Kegiatan Riset
Alamat	: Jl. Kaliurang km 14,5, Umbulmartani, Ngemplak, Sleman, DI. Yogyakarta
Email	: -
Jenis Order	: <input checked="" type="checkbox"/> Pengujian <input type="checkbox"/> Sampling & Pengujian
B. INFORMASI CONTOH UJI	
Kode Sampel	: AL.193 – AL.201
Nama Sampel	: Air Limbah
Jumlah Sampel	: 9
Parameter uji	: COD
Pengambil Sampel	: <input type="checkbox"/> Petugas Laboratorium <input checked="" type="checkbox"/> Diambil sendiri
Tanggal Pengambilan Sampel	: -
Tanggal Penerimaan Sampel	: 11 Mei 2023
Tanggal Pengujian	: 12 s.d. 15 Mei 2023
Lokasi	: terlampir
Kode & Koordinat Lokasi	
AL.193 – AL.201	: E : - S : -

Laporan hasil uji ini dibuat secara obyektif dan independen yang hanya berlaku untuk contoh yang diuji. Laporan ini tidak dapat digunakan untuk tujuan pemenuhan regulasi KLHK. Dilarang menggandakan sebagian dan atau seutuhnya tanpa izin Manajer Laboratorium Kualitas Lingkungan.



Yogyakarta, 16 Mei 2023
Manajer Laboratorium

Fajri Mulya Iresha, S.T., M.T., Ph.D.

Hal. 1 dari 2

VALUES | INNOVATION | PERFECTION



www.environment.uii.ac.id



Email: envirolab@uui.ac.id



Telp. (0274) 896440 ext. 3223; HP. 08122274.2234



AL.067.478.05.23

HASIL PENGUJIAN

No.	Kode Sampel	Parameter	Ket. Sampel	Satuan	Hasil Uji	Metode Uji
1	AL.193	COD	Inlet ABR 6.00	mg/L	65,0 ± 2,26	SNI 6989.2:2019
2	AL.194	COD	Inlet RBC 6.00	mg/L	25,3 ± 2,14	SNI 6989.2:2019
3	AL.195	COD	Outlet RBC 6.00	mg/L	21,7 ± 2,13	SNI 6989.2:2019
4	AL.196	COD	Inlet ABR 12.00	mg/L	86,6 ± 2,37	SNI 6989.2:2019
5	AL.197	COD	Inlet RBC 12.00	mg/L	30,4 ± 2,15	SNI 6989.2:2019
6	AL.198	COD	Outlet RBC 12.00	mg/L	23,2 ± 2,13	SNI 6989.2:2019
7	AL.199	COD	Inlet ABR 18.00	mg/L	86,6 ± 2,37	SNI 6989.2:2019
8	AL.200	COD	Inlet RBC 18.00	mg/L	28,9 ± 2,14	SNI 6989.2:2019
9	AL.201	COD	Outlet RBC 18.00	mg/L	24,6 ± 2,13	SNI 6989.2:2019



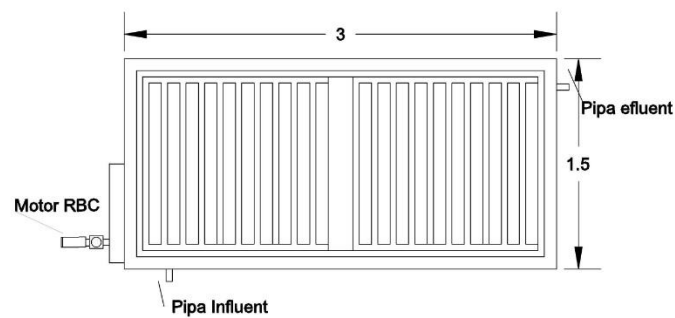
Yogyakarta, 16 Mei 2023
Kepala Laboratorium

(Signature)
(Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.)



Lampiran 5 Perhitungan unit Rotating Biological Contactor

Berikut merupakan perhitungan unit *Rotating Biological Contactor* yang terdiri dari 1 bak. Terdapat pada Gambar 4.13



Gambar 4.13 *Rotating Biological Contactor*

1. Berdasarkan pengujian langsung di lapangan

-Volume Unit RBC

$$V = P \times L \times T$$

$$P = 3 \text{ m}$$

$$L = 1.5 \text{ m}$$

$$T = 2 \text{ m}$$

$$V = 3 \times 1.5 \times 2 = 9 \text{ m}^3$$

$$\text{Debit} = 77,7 \text{ m}^3/\text{hari} \text{ (pengukuran langsung)}$$

$$\text{Waktu Tinggal} = \text{Volume} : \text{Debit}$$

$$= (9 \text{ m}^3 : 77,7 \text{ m}^3) \times 24 \text{ jam}$$

$$= 2,80 \text{ jam}$$

2. Berdasarkan kriteria desain

$$\text{Jumlah SR} = 165 \text{ KK}$$

$$\text{Jumlah orang terlayani} = 165 \times 4 = 660 \text{ jiwa}$$

$$\text{Pemakaian air} = 660 \text{ jiwa} \times 120 \text{ L/hari} = 79200 \text{ L/orang/hari}$$

$$\text{Debit air limbah} = 79200 \times 0.8 = 63360 \text{ L/hari}$$

$$= 6330 \text{ L/hari} \times 1000 = 63,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Volume tangki $= 9 \text{ m}^3$

Waktu tinggal $= \text{Volume tangki} : \text{Debit}$

$$= 9 \text{ m}^3 : 63,36 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$= 3,40 \text{ jam}$$

Keterangan	Debit Manual	Desain	Satuan
HRT	2,80	3,40	jam
Q	77,7	63,36	m^3/hari
V	9	9	m^3

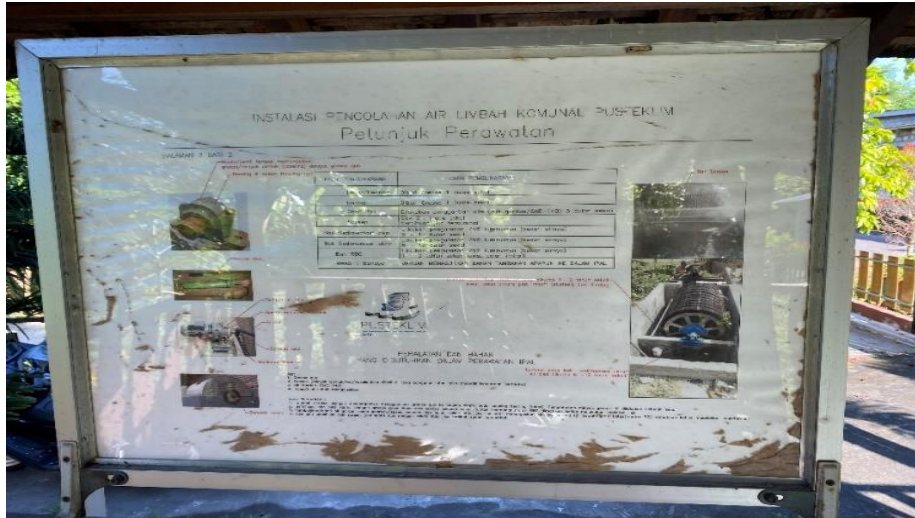
Lampiran 6 Dokumentasi Penelitian



Gambar 5. 1 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga



Gambar 5. 2 Kondisi Eksisting IPAL Bakti Warga



Gambar 5. 3 Informasi Terkait IPAL di Pendopo



Gambar 5. 4 Kondisi Eksisting Pendopo (Tempat Peristirahatan)



Gambar 5. 5 Informasi Terkait IPAL di Pendopo



Gambar 5. 6 Alat pengukur menggunakan Portable Water Quality Dissolved Oxygen Meter



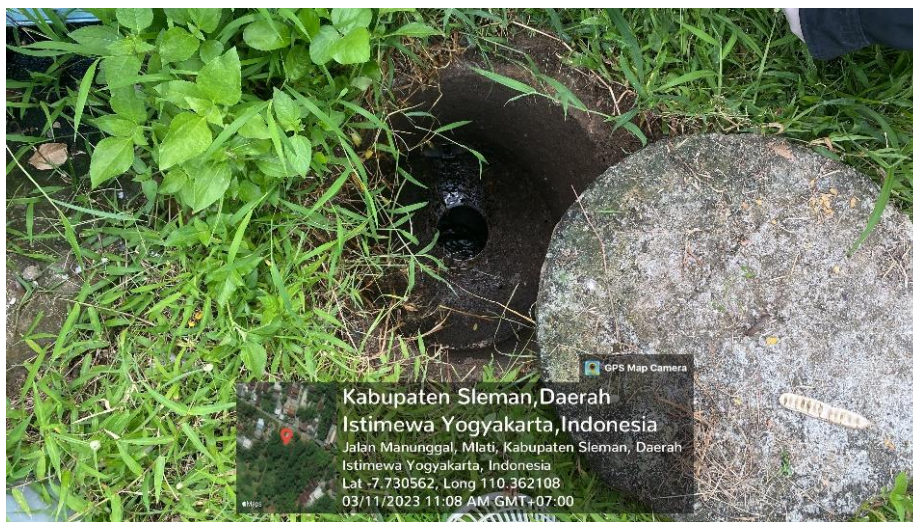
Gambar 5. 7 Injeksi Garam KCl Kedalam RBC



Gambar 5. 8 Kondisi Eksisting Teknologi RBC



Gambar 5. 9 Outlet RBC Yang Dapat Dijangkau



Gambar 5. 10 Outle RBC Yang Tidak Dapat Dijangkau



Gambar 5. 11 Pemilahan Sampel COD



Gambar 5. 12 Proses Pengawetan COD Menggunakan Larutan H₂SO₄



Gambar 5. 13 Proses Pengambilan Sampel



Gambar 5. 14 Proses Pengukuran DHL Terhadap Sampel



Gambar 5. 15 Alat Bantu



Gambar 5. 16 Alat Bantu