

TA/TL/2019/[nomor admin]\*

**TUGAS AKHIR**  
**EVALUASI ASPEK TEKNIS RBC (*ROTATING*  
*BIOLOGICAL CONTACTOR*) PADA IPAL**  
**KOMUNAL NGUDI MULYO**

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



**RAHMAWATI FAUZIAH**  
**19513199**

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


**TUGAS AKHIR**  
**EVALUASI TEKNIS RBC (*ROTATING*  
*BIOLOGICAL CONTACTOR*) PADA IPAL**  
**KOMUNAL NGUDI MULYO**

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



**RAHMAWATI FAUZIAH**  
**19513199**


Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

  
Dr. Eng. Ayatuddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng.  
NIK. 095130403

Tanggal: 23/10/23

  
Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.  
NIK. 025100407

Tanggal: 11/10/23

  
Mengetahui,\*  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

  
Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

NIK. 04580401  
Tanggal: 23/10/23

## HALAMAN PENGESAHAN

### EVALUASI TEKNIS RBC (*ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR*) PADA IPAL KOMUNAL NGUDI MULYO

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : ... *Senin*  
Tanggal : ... *23 Oktober 2023*

Disusun Oleh:

**RAHMAWATI FAUZIAH**  
19513199

Tim Penguji :

Dr. Eng. Awaluddin Nurmivanto, S.T., M.Eng

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

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

*(Signature)* 23/10/23.  
*(Signature)* 19/10/23  
*(Signature)* 23/10/23

## 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. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 16 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,

  
Rahmawati Fauziah  
NIM:19513199

## PRAKATA

Dengan mengucapkan Syukur kepada Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya penulis telah diberi kemampuan untuk menyelesaikan penulisan laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Evaluasi Teknis RBC (*Rotating Biological Contactor*) Pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo**”. Penyusunan laporan ini bertujuan untuk memenuhi syarat akademik untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi Mahasiswa S1 Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan laporan ini penulis banyak mendapatkan semangat, dukungan, dorongan dan bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr.Eng. Awaluddin Nurmiyanto S.T., M.Eng. dan Bapak Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T. selaku Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membantu dan membimbing sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
2. Bapak Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan koreksi kepada penulis.
3. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan UII.
4. Bapak Adam Rus Nugroho, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Lingkungan FTSP UII.
5. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Lingkungan UII, terima kasih atas pelajaran, pengalaman kesempatan dan bantuan yang telah diberikan. Semoga ilmu dan pengalaman yang telah diberikan dapat bermanfaat bagi saya pribadi dan orang lain.
6. Kedua orangtua saya, Bapak Achmad Faozan dan Ibu Sri Murni serta kedua kaka tersayang saya Nurul Hamdi dan Ikhwan Nugraha yang senantiasa memberikan doa, ridha dan dukungannya untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

7. Vido, Rofiq, Nadi, Tiara, Zulul, Asan, dan Sheila selaku *partner* dalam pengerjaan tugas akhir ini. Terima kasih sudah saling membantu dan menguatkan.
8. Nim 19525149 yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu yang bersedia membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun serta penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Yogyakarta, 16 Juni 2023



Rahmawati Fauziah

## ABSTRAK

IPAL Komunal Ngudi Mulyo adalah salah satu IPAL yang menggunakan unit RBC. IPAL tersebut telah beroperasi sejak tahun 2015 dengan beban pengolahan sebanyak 61 KK, namun pada tahun 2018 mengalami penambahan kapasitas pengguna sebanyak 130 KK sehingga menyebabkan RBC kurang efisien dalam mengolah air limbah. Pada tahun 2019 adanya penambahan unit RBC oleh PUSTEKLIM (Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair). Saat ini IPAL Ngudi Mulyo sudah memiliki dua unit RBC dalam bentuk paralel sehingga kualitas air limbah yang dihasilkan memenuhi baku mutu standar. Namun aspek teknis pada RBC tidak dikontrol secara rutin, oleh karena itu perlu adanya evaluasi efektivitas kinerja RBC. Selanjutnya untuk meningkatkan efisiensi penyisihan dilakukan simulasi menggunakan software STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*). Penelitian dilaksanakan dalam waktu sampling 3 hari, yaitu pada tanggal 23 Juli–25 Juli 2023. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah observasi secara langsung ke lapangan dan uji laboratorium. Alur penelitian dimulai dari kegiatan pengukuran debit, pengambilan sampel influent dan effluent RBC, pengujian sampel serta pemodelan pada software STOAT. Pengukuran debit dilakukan selama 3 kali dalam sehari pada jam dengan fluktuasi debit tertinggi yaitu 07.00, 12.00, dan 16.00 WIB menggunakan metode volumetric alat yang digunakan selang, ember 30 L dan stopwatch dilakukan pada titik influent RBC 2. Selanjutnya untuk pengambilan sample dilakukan dengan metode Grab Sampling mengacu pada SNI 6989.59:2008. Pengujian sampel parameter pH, suhu, dan DO di uji langsung dilapangan sedangkan untuk uji BOD dilakukan di Lab Kualitas Air Lingkungan UII. Selanjutnya melakukan pemodelan melalui *software* STOAT versi 5.0. Perhitungan debit dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran langsung didapatkan rata-rata debit pengolahan RBC sebesar  $50.1 \text{ m}^3/\text{hari}$  atau setara dengan  $2.09 \text{ m}^3/\text{jam}$  dan perhitungan sesuai dengan jumlah KK didapatkan debit sebesar  $57.6 \text{ m}^3/\text{hari}$ . Karakteristik air limbah pada influent RBC rata-rata pH 7.17; suhu  $29^\circ \text{C}$ ; DO 0.21 mg/L dan untuk effluent RBC rata-rata pH 7.53; suhu  $29^\circ \text{C}$ ; DO 1.09 mg/L. Sedangkan untuk hasil uji

laboratorium, rata-rata BOD Influent 32 mg/L dan effluent 13 mg/L dengan efisiensi removal 59 %. Sedangkan rata-rata COD influent 91 mg/L dan effluent 43 mg/L dengan efisiensi removal 53%. Dari hasil evaluasi dimensi diketahui RBC IPAL Ngudi Mulyo memiliki volume bak sebesar 2.4 m<sup>3</sup> dan luas permukaan sebesar 253 m<sup>2</sup>. Setiap unit RBC memiliki satu shaft yang tersusun atas satu rentangan baja horizontal sebagai media penyangga disk. Untuk satu shaft RBC tersusun atas 12 stage dengan jumlah disk per stage sebanyak 9 disk, dalam satu unit RBC IPAL Ngudi Mulyo terdiri dari 108 disk dengan kondisi media tercelup 40% dari diameter disk dan kecepatan rotasi 3.75 rpm. Diantara beberapa faktor desain, terdapat 3 faktor yang belum memenuhi kriteria desain pada Lampiran II Permen PU Nomor 04 Tahun 2017 diantaranya diameter disk, jarak kerapatan tiap disk, serta kecepatan rotasi RBC. Sedangkan hasil evaluasi aspek teknis, terdapat 3 faktor yang tidak memenuhi kriteria desain diantaranya HRT dengan rata-rata 1 jam, HLR dengan rata-rata 198 L/m<sup>2</sup>.hari, dan G value sebesar 9.5 L/m<sup>2</sup> sedangkan untuk OLR dengan rata-rata 0.065 KgBOD/m<sup>3</sup>.hari, SLR dengan rata-rata 6.5 g/m<sup>2</sup>.hari dan Rasio BOD/COD dengan rata-rata 0.4 mg/L telah memenuhi kriteria desain. Berdasarkan hasil simulasi model RBC pada STOAT, dapat disimpulkan bahwa HRT, debit, dan susunan unit pengolahan sangat berpengaruh terhadap kinerja RBC. Pada IPAL Ngudi Mulyo, efisiensi penyisihan berdasarkan variasi HRT 0.5 jam – 13 jam pada RBC paralel mencapai 59%-67%. Sedangkan pada RBC seri efisiensi penyisihan mencapai 70%-75%. Jika dibandingkan, performa RBC seri bekerja lebih baik dibandingkan dengan RBC paralel walaupun sudah dilakukan optimasi pada HRT pengolahannya.

Kata kunci : IPAL Komunal Ngudi Mulyo, RBC (*Rotating Biological Contactor*), STOAT (*Software Sewage Treatment Operation and Analysis Over Time*)



## **ABSTRACT**

*IPAL Komunal Ngudi Mulyo is one of the WWTPs that uses the RBC unit. The WWTP has been operating since 2015 with a processing load of 61 households, but in 2018 experienced an additional user capacity of 130 households, causing the RBC to be less efficient in treating wastewater. In 2019, there was an additional RBC unit by PUSTEKLIM (Centre for Development of Appropriate Technology for Liquid Waste Management). Currently, IPAL Ngudi Mulyo already has two RBC units in parallel so that the quality of wastewater produced meets the standard quality standards. However, the technical aspects of the RBC are not routinely controlled, therefore it is necessary to evaluate the effectiveness of RBC performance. Furthermore, to increase the removal efficiency, simulations were carried out using STOAT (Sewage Treatment Operation and Analysis over Time) software. The research was carried out in a sampling time of 3 days, namely on 23 July-25 July 2023. The research method used is direct observation to the field and laboratory tests. The research flow begins with discharge measurement activities, RBC influent and effluent sampling, sample testing and modelling on STOAT software. Discharge measurements were carried out for 3 times a day at hours with the highest discharge fluctuations, namely 07.00, 12.00, and 16.00 WIB using the volumetric method, the tools used were hoses, 30 L buckets and stopwatches carried out at the influent point of RBC 2. Furthermore, sampling was carried out using the Grab Sampling method referring to SNI 6989.59: 2008. Sample testing of pH, temperature, and DO parameters were tested directly in the field while the BOD test was carried out at the UII Environmental Water Quality Lab. Furthermore, modelling is done through STOAT software version 5.0. The calculation of discharge is done in two ways, namely by direct measurement, the average RBC processing discharge is 50.1 m<sup>3</sup> / day or equivalent to 2.09 m<sup>3</sup> / hour and the calculation according to the number of households obtained a discharge of 57.6 m<sup>3</sup> / day. Wastewater characteristics at the influent RBC average pH 7.17; temperature 29 ° C; DO 0.21 mg / L and for the effluent RBC average pH 7.53; temperature 29 ° C; DO 1.09 mg / L. As for the test results laboratory, the average BOD Influent 32*

*mg/L and effluent 13 mg/L with a removal efficiency of 59%. While the average influent COD is 91 mg/L and effluent 43 mg/L with a removal efficiency of 53%. From the results of the dimensional evaluation, it is known that the Ngudi Mulyo WWTP RBC has a basin volume of 2.4 m<sup>3</sup> and a surface area of 253 m<sup>2</sup>. Each RBC unit has one shaft which is composed of one horizontal steel bar as a disc support medium. For one RBC shaft, there are 12 stages with 9 discs per stage. In one RBC unit, the Ngudi Mulyo WWTP consists of 108 discs with the media submerged at 40% of the disc diameter and a rotation speed of 3.75 rpm. Among several design factors, there are 3 factors that do not meet the design criteria in Appendix II of Permen PU Number 04 of 2017 including the diameter of the disc, the density distance of each disc, and the rotation speed of the RBC. While the results of the evaluation of technical aspects, there are 3 factors that do not meet the design criteria including HRT with an average of 1 hour, HLR with an average of 198 L/m<sup>2</sup>.day, and G value of 9.5 L/m<sup>2</sup> while for OLR with an average of 0.065 KgBOD/m<sup>3</sup>.day, SLR with an average of 6.5 g/m<sup>2</sup>.day and BOD/COD Ratio with an average of 0.4 mg/L have met the design criteria. Based on the results of the RBC model simulation in STOAT, it can be concluded that HRT, discharge, and the arrangement of the treatment unit greatly affect the performance of RBC. At the Ngudi Mulyo WWTP, the removal efficiency based on HRT variations of 0.5 hours - 13 hours in parallel RBC reached 59%-67%. While in the series RBC, the removal efficiency reached 70%-75%. When compared, the performance of the series RBC works better than the parallel RBC even though optimisation has been carried out on the processing HRT.*

*Keywords: Ngudi Mulyo Communal WWTP, RBC (Rotating Biological Contactor), STOAT (Software Sewage Treatment Operation and Analysis Over Time).*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>PERNYATAAN</b> .....	<b>iv</b>
<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	2
1.4    Manfaat Penelitian.....	2
1.5    Ruang Lingkup .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>4</b>
2.1    Air Limbah Domestik.....	4
2.2    Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal.....	4
2.3 <i>Rotating Biological Contactor</i> (RBC).....	4
2.3.1    Parameter Desain RBC .....	5
2.4    STOAT .....	9
2.5    Penelitian Terdahulu.....	9
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>12</b>
3.1    Waktu dan Lokasi Penelitian.....	12
3.2    Alat dan Bahan .....	13
3.2.1    Pengambilan Sampel Air Limbah .....	13
3.2.2    Pengujian Sampel Air Limbah.....	13

3.2.3	Pengukuran Debit Air Limbah.....	14
3.3	Prosedur Analisis Data .....	16
3.3.1	Diagram Alir Penelitian .....	16
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1	Gambaran Umum IPAL Komunal Ngudi Mulyo.....	22
4.2	Hasil Pengukuran Debit Air Limbah.....	23
4.3	Hasil Pengujian Air Limbah.....	25
4.3.1	<i>Dissolved Oxygen</i> (DO) .....	25
4.3.2	Dearajat Keasaman (pH).....	26
4.3.3	Suhu.....	26
4.3.4	<i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	27
4.3.5	<i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....	28
4.4	Evaluasi RBC Berdasarkan Aspek Teknis .....	28
4.4.1	Evaluasi Dimensi Unit RBC .....	28
4.4.2	Evaluasi Desain Unit RBC Berdasarkan Kriteria Desain .....	33
4.5	Hasil Pemodelan RBC Menggunakan <i>Software</i> STOAT .....	39
4.5.1	Skenario 1 (Optimasi Menaikkan HRT) Secara Paralel .....	41
4.5.2	Skenario 2 (Optimasi Menaikkan HRT) Secara Seri .....	42
4.5.3	Perbandingan Skenario 1 dengan Skenario 2.....	43
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>45</b>
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>47</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>51</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>		<b>65</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Peneltian Terdahulu.....	9
Tabel 3. 1 Metode Pengujian Sampel Air Limbah.....	14
Tabel 3. 2 Data Input Parameter Untuk Skenario 1 dan Skenario 2 .....	20
Tabel 3. 3 Data Input RBC 1 dan RBC 2 .....	21
Tabel 4. 1 Dimensi Unit RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo.....	29
Tabel 4. 2 Kriteria Desain RBC .....	33
Tabel 4. 3 Persentase removal BOD Data Eksisting .....	39
Tabel 4. 4 Hasil Simulasi STOAT Sesuai Data Eksisting.....	39
Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Trial And Eror.....	40
Tabel 4. 6 Hasil Simulasi STOAT sesuai dengan kondisi eksisting .....	40
Tabel 4. 7 Hasil Simulasi Skenario 1 .....	41
Tabel 4. 8 Hasil Simulasi Skenario 2 .....	42

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Unit RBC .....	5
Gambar 3. 1 Lokasi IPAL Ngudi Mulyo.....	12
Gambar 3. 2 Titik Pengambilan Sampel Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo .....	13
Gambar 3. 3 Kondisi Eksisting Pipa RBC IPAL Ngudi Mulyo .....	15
Gambar 3. 4 Titik Pengukuran Debit Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo .....	16
Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian.....	17
Gambar 3. 6 Langkah-langka dalam menggunakan STOAT .....	19
Gambar 3. 7 Layout simulasi skenario 1 RBC secara parallel.....	19
Gambar 3. 8 Layout simulasi skenario 2 RBC secara seri .....	20
Gambar 4. 1 Unit Pengolahan Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	22
Gambar 4. 2 Denah Jaringan Perpipaan Pada IPAL Ngudi Mulyo.....	23
Gambar 4. 4 Pengukuran Debit Air Limbah Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	24
Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji DO Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	25
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Uji pH Pada IPAL Ngudi Mulyo.....	26
Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji Suhu Pada IPAL Ngudi Mulyo.....	27
Gambar 4. 8 Grafik Hasil Uji COD Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	27
Gambar 4. 9 Grafik Hasil Uji BOD Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	28
Gambar 4. 10 Komponen Unit RBC IPAL Ngudi Mulyo.....	32
Gambar 4. 11 Kondisi Eksisting komponen unit RBC IPAL Ngudi Mulyo....	32
Gambar 4. 12 Grafik Rasio BOD/COD Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	34
Gambar 4. 13 Grafik SLR Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	35
Gambar 4. 14 Grafik OLR Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	36
Gambar 4. 15 Grafik HLR Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	37
Gambar 4. 16 Grafik HRT Pada IPAL Ngudi Mulyo .....	38
Gambar 4. 17 Hubungan antara HRT dengan persentase removal .....	43
Gambar 4. 18 Hubungan OLR dengan persentase removal .....	44

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Hasil Analisis Uji Laboratorium dan Lapangan .....	51
Lampiran 2 Pengukuran dan Pengambilan Sampel.....	54
Lampiran 3 Kondisi Eksisting RBC dan IPAL Komunal Ngudi Mulyo.....	56
Lampiran 4 Uji Parameter BOD di Laboratorium.....	58
Lampiran 5 Pemodelan STOAT.....	59

## DAFTAR NOTASI

HRT	: <i>Hydraulic Retention Time</i>
HLR	: <i>Hydraulic Loading Rate</i>
OLR	: <i>Organic Loading Rate</i>
SLR	: <i>Surface Loading Rate</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>
BOD	: <i>Biological Oxygen Demand</i>
COD	: <i>Chemical Oxygen Demand</i>
IPAL	: Instalasi Pengolahan Air Limbah
KPP	: Kelompok Pengguna dan Pemeliharaan
RBC	: <i>Rotating Biological Contactor</i>
SANIMAS	: Sanitasi Bebas Masyarakat
SNI	: Standar Nasional Indonesia
SR	: Sambungan Rumah
STOAT	: <i>Sewage Treatment Operation and Analysis over Time</i>
PUSTEKLIM	: Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jumlah penduduk Kabupaten Sleman meningkat setiap tahunnya, menurut data BPS (Badan Pusat Statistik), jumlah penduduk Kabupaten Sleman meningkat dari 1.214.346 menjadi 1.282.804 dalam 5 tahun terakhir. Seiring bertambahnya jumlah penduduk, maka semakin banyak limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan lebih lanjut agar limbah yang dihasilkan tidak mencemari lingkungan. Untuk meminimalisir terjadinya pencemaran pada badan air, salah satunya adalah dengan membangun IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal bagi penggunaannya (Karyadi, 2010).

IPAL adalah bangunan yang dirancang untuk mengolah air limbah domestik secara komunal yang kualitas limbahnya masih rendah, sehingga airnya layak untuk dibuang ke badan air. Tujuan dari IPAL adalah untuk mengurangi kandungan bahan pencemar terutama padatan tersuspensi, bahan organik yang dapat terurai, bahan organik yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme, dan mikroorganisme patogen (Wulandari, 2014).

RBC (*Rotating Biological Contactor*) adalah unit pengolahan air limbah secara biologis yang menggunakan sistem biakan melekat (*attached culture*) dalam kondisi aerobik. Prinsip kerja RBC adalah menghubungkan air limbah yang mengandung pencemar organik dengan lapisan mikroorganisme (*biofilm*) yang menempel pada permukaan media di dalam reaktor untuk mendapatkan hasil pengolahan yang baik dan stabil (Mayanti, 2010).

IPAL Komunal Ngudi Mulyo adalah salah satu IPAL yang menggunakan unit RBC. IPAL Komunal Ngudi Mulyo telah beroperasi sejak tahun 2015 dengan beban pengolahan sebanyak 61 KK, namun pada tahun 2018 mengalami penambahan kapasitas pengguna IPAL sebanyak 130 KK sehingga menyebabkan RBC dalam mengolah air limbah kurang efisien. Pada tahun 2019 adanya penambahan unit RBC oleh PUSTEKLIM (Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Limbah Cair). Saat ini IPAL Ngudi Mulyo sudah memiliki dua

unit RBC dalam bentuk paralel dikarenakan RBC yang pertama kurang maintenance sehingga kualitas air limbah yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu standar. Namun aspek teknis RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo tidak dikontrol secara rutin, oleh karena itu perlu adanya evaluasi efektivitas kinerja RBC. Selanjutnya peneliti akan melakukan simulasi menggunakan software STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis over Time*) untuk mengetahui performa RBC dalam mengolah air limbah.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Kajian terkait evaluasi RBC masih sebatas perbandingan antara karakteristik influent dan effluent air limbah hasil pengolahan. Dengan demikian, rumusan masalah yang diangkat pada penelitian kali ini yaitu evaluasi kinerja RBC berdasarkan aspek teknis melalui perbandingan rasio BOD/COD, HLR, OLR, HRT, SLR, dan G.Value pada IPAL Ngudi Mulyo Yogyakarta.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Evaluasi kinerja RBC berdasarkan aspek teknis melalui perbandingan rasio BOD/COD, OLR, HLR, HRT, SLR dan G. Value pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo.
2. Melakukan pemodelan RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo melalui *software* STOAT sebagai upaya pengembangan performa pada RBC.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yakni hasil penelitian dapat digunakan sebagai referensi pembelajaran dan menjadi pengetahuan baru bagi pembacanya terkait evaluasi aspek teknis RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo. Selain itu juga penulis berharap hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk meningkatkan performa unit pengolahan RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo.

## 1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Lokasi penelitian dilaksanakan di IPAL Komunal Ngudi Mulyo, Ngaglik, DIY Yogyakarta.
2. Parameter uji air limbah adalah pH, suhu, BOD (*Biological Oxygen Demand*), dan DO (*Dissolved Oxygen Demand*).
3. Data primer diambil dari titik influent dan effluent pada RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo.
4. Data sekunder diperoleh dari operator IPAL, PUSTEKLIM, kriteria desain RBC pada Lampiran II Peraturan Menteri PUPR Nomor 04 Tahun 2017, serta data COD didapatkan dari Baharudin Rofiq.
5. Software STOAT versi 5.0.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Air Limbah Domestik**

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, air limbah domestik atau air limbah rumah tangga merupakan air sisa dari hasil kegiatan domestik dan aktivitas kehidupan manusia sehari-hari. Air limbah yang sudah digunakan dari aktivitas manusia dan kegiatan rumah tangga harus dikumpulkan dan disalurkan ke IPAL agar tidak menimbulkan terjadinya pencemaran lingkungan dan munculnya berbagai macam penyakit (Karia & Christian, 2013).

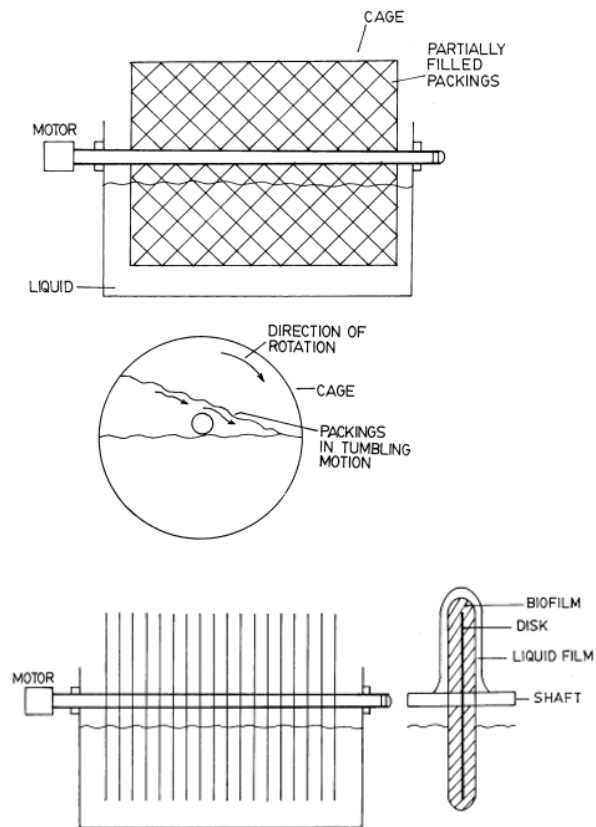
#### **2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal**

Menurut Wulandari (2014) IPAL merupakan instalasi yang dibuat untuk mengolah air limbah berkualitas buruk sehingga dapat dibuang dengan aman ke badan air. Tujuan utamanya adalah untuk mengurangi konsentrasi pencemar terutama padatan tersuspensi, senyawa organik yang tidak dapat diurai dan senyawa organik yang dapat terurai serta mikroba patogen.

#### **2.3 *Rotating Biological Contactor* (RBC)**

RBC merupakan pengolahan air limbah yang mengolah bahan organik menggunakan proses biofilm. Biomassa adalah peran utama dalam biodegradasi organik (Rongjun Su et al., 2015). Efisiensi biodegradasi RBC dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kecepatan rotasi, kandungan senyawa organik, jumlah parameter dan kadar oksigen terlarut dalam limbah, serta intensitas aliran air limbah. RBC memiliki beberapa kelebihan yaitu menghasilkan sedikit lumpur, konsentrasi biomassa tinggi, waktu tinggal yang pendek, kebutuhan daya rendah serta dapat menangani banyak aliran (Atieh et al., 2018). Namun dalam pelaksanaannya, RBC juga mengalami kendala, menurut Said (2005) RBC sensitif terhadap perubahan suhu dan pH, terkadang pengolahan RBC menghasilkan

parameter organik dengan konsentrasi yang masih tinggi, RBC juga menghasilkan sedikit bau busuk dan jumlah mikroorganisme sulit dikontrol.



Gambar 2. 1 Unit RBC

(Sumber : Patwardhan, 2003)

### 2.3.1 Parameter Desain RBC

Untuk merancang RBC dibutuhkan parameter desain yang berkaitan dengan beban (*Loading*). Berikut adalah parameter desain :

#### 2.3.1.1 SLR (*Surface Loading Rate*)

SLR atau yang biasa dikenal dengan BOD loading rate adalah jumlah BOD yang dibebankan per luas permukaan media RBC per hari. BOD Surface Loading yang umum digunakan adalah  $5 - 20 \text{ g/m}^2/\text{hari}$ .

$$SLR = \frac{BOD\ loading}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

SLR = Jumlah beban organik yang diolah per luas permukaan per hari (g/m<sup>2</sup>.hari)

BOD loading = Beban organik yang diolah (g/hari)

A = Luas permukaan media RBC (m<sup>2</sup>)

### 2.3.1.2 HLR (*Hydraulic Loading*)

HLR atau beban hidrolis adalah perbandingan jumlah air limbah yang diolah oleh RBC dengan luas permukaan media per hari.

$$HLR = \frac{Q}{A} \times 1000 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

HLR = Beban hidraulik (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hari)

Q = Debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)

A = Luas permukaan media RBC (m<sup>2</sup>)

### 2.3.1.3 *G. Value*

*G. Value* adalah parameter desain untuk menghitung kepadatan media per luas permukaan media. *G. Value* yang umum digunakan adalah 5 - 9 L/m<sup>2</sup> .

$$G = \frac{V}{A} \times 10^3 \text{ (Liter/m}^2\text{)} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

V = Volume efektif reaktor (m<sup>3</sup>)

A = Luas permukaan media RBC (m<sup>2</sup>)

#### 2.3.1.4 HRT (*Hydraulic Retention Time*)

HRT adalah waktu tinggal rerata air limbah di dalam reactor. HRT mempengaruhi kinerja dengan menentukan waktu yang tersedia bagi mikroorganisme untuk mendegradasi polutan. HRT optimal tergantung pada aplikasi pengolahan air limbah tertentu, mulai dari 2 sampai 4 jam (Irfan, et al., 2022)

$$HRT = 24 \times \frac{Q}{V} \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

HRT = Waktu tinggal (jam)

V = Volume fektif reactor (m<sup>3</sup>)

Q = Debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)

#### 2.3.1.5 OLR (*Organik Loading Rate*)

OLR adalah beban organic yang diolah. Menurut (Saikaly & Ayoub, 2003) OLR yang umum digunakan adalah 0.5 - 5 KgBOD/m<sup>3</sup>.hari.

$$OLR = \frac{Q \times C_0}{V} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan :

OLR = Beban organic yang diolah ( KgBOD/m<sup>3</sup>.hari)

Q = Debit air limbah yang diolah (m<sup>3</sup>/hari)

Co = Konsentrasi BOD masuk ke reactor (mg/L)

V = Volume efektif reaktor (m<sup>3</sup>)

#### 2.3.1.6 Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD adalah parameter utama dalam menentukan zat organic agar effluent yang diolah aman dibuang ke badan air. Berikut adalah rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan ini :

$$Rasio\ BOD/COD = \frac{BOD\ (mg/L)}{COD\ (mg/L)} \dots\dots\dots(6)$$

Keterangan :

BOD = Konsentrasi BOD (mg/L)

COD = Konsentrasi COD (mg/L)

### **2.3.1.7 Jumlah Stage (Tahap)**

Semakin banyak jumlah tahapan maka semakin besar juga efisiensi pengolahan dalam RBC.

### **2.3.1.8 Diameter Disk**

Ukuran diameter RBC umumnya 1 m – 3.6 m. Semakin kecil ukuran diameter dengan jumlah tahapan yang banyak maka RBC dalam mengolah air limbah akan lebih efisien.

### **2.3.1.9 Kecepatan Putaran**

Kecepatan putaran RBC umumnya berkisar antara 1 – 2 rpm atau 15 – 20 meter per menit. Semakin besar kecepatan putaran maka semakin besar transfer oksigen dari udara di dalam air limbah. Semakin cepat putaran maka akan mengakibatkan kurang optimalnya pada pembentukan lapisan mikroorganisme di permukaan media RBC.

### **2.3.1.10 Temperatur**

RBC sangat sensitif dengan perubahan suhu. Suhu optimal RBC adalah 15° C - 40° C. Semakin tinggi suhu akan mengakibatkan rusaknya proses pengolahan dengan mencegah enzim masuk sehingga efisiensi pengolahan menurun (Said, 2005).



## 2.4 STOAT

STOAT (*Sewage Treatment Operation and Analysis Over Time*) merupakan perangkat lunak yang dirancang untuk mensimulasikan kinerja IPAL dalam kurun waktu tertentu. Aplikasi ini berasal dari Inggris yang dikembangkan oleh WRC (*Water Research Center*) (Hasan & Mostafa, 2019). Selain itu STOAT dapat digunakan untuk aplikasi lainnya yaitu merancang perluasan pekerjaan pengolahan limbah, mengembangkan praktik operasional baru, merancang pekerjaan pengolahan limbah baru (W. Wang et al., 2019).

## 2.5 Penelitian Terdahulu

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
1	Said (2005)	RBC	RBC sensitif terhadap perubahan suhu dan pH, terkadang pengolahan RBC menghasilkan parameter organik dengan konsentrasi yang masih tinggi dan menghasilkan sedikit bau busuk serta jumlah mikroorganisme sulit dikontrol.
2	Karyadi (2010)	IPAL	Untuk meminimalisir terjadinya pencemaran pada badan air, salah satu caranya adalah dengan membangun IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) Komunal bagi penggunaannya
3	PUSTEKLIM (PUSAT TEKNOLOGI LIMBAH)	IPAL Komunal Ngudi Mulyo	IPAL Ngudi Mulyo atau lebih dikenal IPAL Mendiro, adalah salah satu contoh ideal IPAL komunal yang ada. Renovasi penambahan sistem pengolahan aerobik lebih meningkatkan kualitas air olahan

No	Peneliti	Topik	Hasil Penelitian
	YOGYAKARTA 2019		IPAL, serta membantu menghilangkan bau yang ditimbulkan dari pengolahan existing sebelumnya. Efluent (air olahan) dari IPAL dimanfaatkan untuk ternak ikan.
4	Falin Diah Ekarini (2021)	IPAL Komunal Ngudi Mulyo	IPAL Komunal Ngudi Mulyo adalah salah satu IPAL yang menggunakan unit RBC. IPAL Komunal Ngudi Mulyo telah beroperasi sejak tahun 2015 dengan beban pengolahan sebanyak 61 KK, namun pada tahun 2018 mengalami penambahan kapasitas pengguna IPAL sebanyak 130 KK sehingga menyebabkan RBC dalam mengolah air limbah kurang efisien. Pada tahun 2019 adanya penambahan unit RBC oleh PUSTEKLIM. Saat ini IPAL Ngudi Mulyo sudah memiliki dua unit RBC dalam bentuk paralel dikarenakan RBC yang pertama kurang maintenance sehingga kualitas air limbah yang dihasilkan tidak memenuhi baku mutu standar.
5	W. Wang et al., (2019).	STOAT	STOAT dapat digunakan untuk aplikasi lainnya yaitu merancang perluasan pekerjaan pengolahan limbah, mengembangkan praktik operasional baru, merancang pekerjaan pengolahan limbah baru

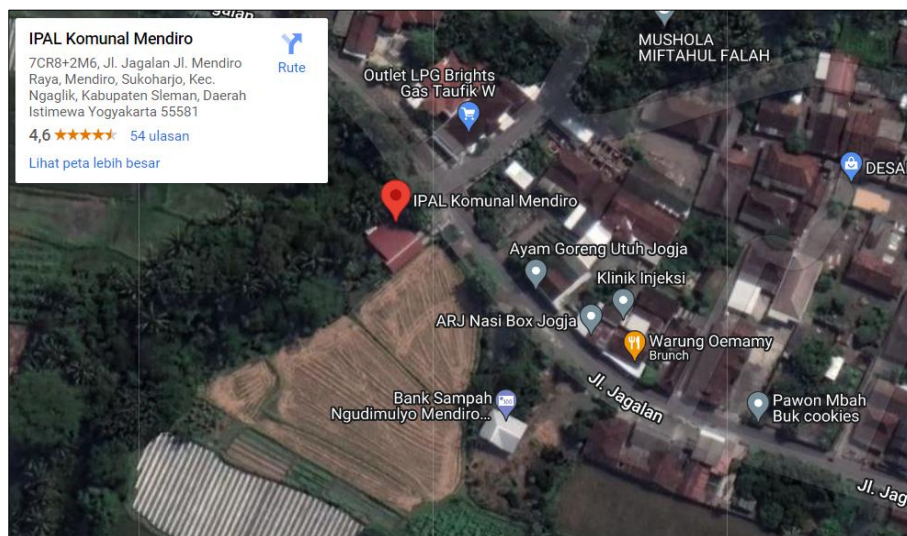
Berdasarkan Tabel 2.1 dengan referensi yang ada dari penelitian terdahulu masih sebatas kualitas dan karakteristik effluent air limbah dari hasil pengolahan RBC. Dengan demikian, judul penelitian ini diangkat untuk evaluasi kinerja RBC berdasarkan aspek teknis melalui perbandingan rasio BOD/COD, HLR, OLR, HRT, SLR, dan G.Value pada IPAL Ngudi Mulyo Yogyakarta.

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dan pengambilan sampel dilaksanakan di IPAL Komunal Ngudi Mulyo yang terletak di Jl. Jagalan Jl. Mendiroya Raya, Mendiroya, Sukoharjo, Kecamatan Ngaliq, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Adapun lokasi IPAL komunal Ngudi Mulyo berlokasi pada koordinat -7.7100258 lintang selatan dan 110.4166240 bujur timur. Penelitian dilaksanakan pada Bulan Juli dengan 3 kali sampling. Adapun rincian waktu sampling yaitu :

- Hari ke 1 = Minggu, 23 Juli 2023
- Hari ke 2 = Senin, 24 Juli 2023
- Hari ke 3 = Selasa, 25 Juli 2023

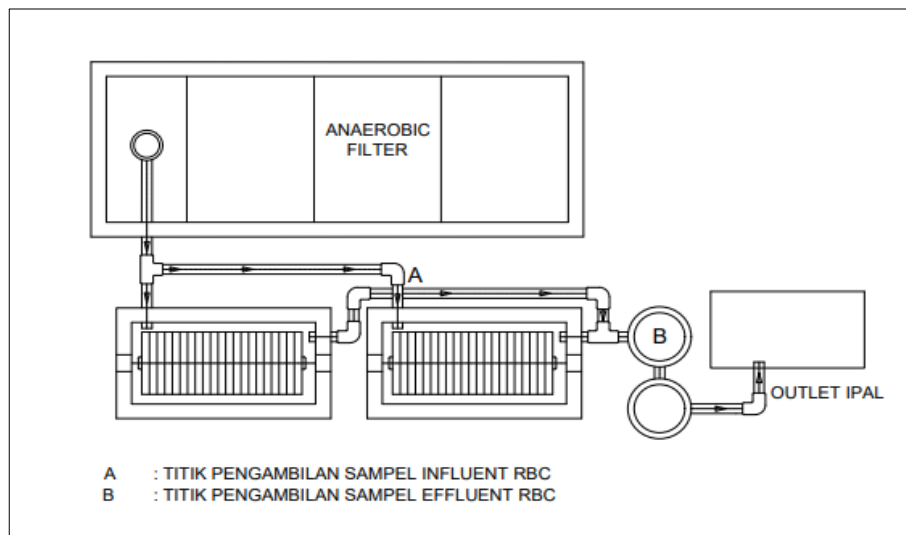


Gambar 3. 1 Lokasi IPAL Ngudi Mulyo

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Pengambilan Sampel Air Limbah

Waktu pengambilan sampel air limbah dilakukan 3 kali selama satu bulan yaitu pada hari ke- 1, hari ke- 2 dan hari ke- 3. Titik sampel pengambilan air limbah dilakukan pada inlet RBC dan outlet pada bak pengendap setelah RBC dapat dilihat pada gambar 3.2. Metode pengambilan sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Grab Sample* mengacu pada SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah bagian 59 : Metode Pengambilan Contoh Air Limbah.



Gambar 3. 2 Titik Pengambilan Sampel Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo

### 3.2.2 Pengujian Sampel Air Limbah

Parameter yang di uji pada penelitian ini adalah pH, DO, suhu, BOD. Untuk parameter DO, suhu, dan pH uji langsung dilapangan sedangkan untuk parameter BOD uji di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan UII. Penelitian ini menggunakan beberapa metode untuk pengujian sampel sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Berikut adalah metode pengujian sampel yang digunakan :

Tabel 3. 1 Metode Pengujian Sampel Air Limbah

Parameter	Metode	Sumber Acuan	Satuan
BOD	Titrimetri	SNI 6989-72-2009	mg/L
DO	DO meter	SNI 6989-06-2019	mg/L
Suhu	Termometer	SNI 06-6989-23-2005	°C
pH	pH meter	SNI 6989-06-2019	-

Hasil pengujian sampel air limbah digunakan untuk melihat kesesuaian kualitas air olahan setelah proses pengolahan yang dilakukan oleh RBC sesuai dengan standar baku mutu air limbah Permen LHK Nomor 68 Tahun 2016. Kemudian hasil data tersebut dapat dibandingkan persentase penyisihan konsentrasinya yang ada di dalam air untuk mengevaluasi kinerja RBC dengan membandingkan kualitas air pada outlet dan inlet. Dari hasil perbandingan tersebut kita dapat melihat efisiensi tingkat keberhasilan RBC dalam mengolah air limbah. Berikut adalah rumus untuk menghitung efisiensi removal :

$$\text{Persentase Removal} = \frac{\text{influent} - \text{effluent}}{\text{influent}} \times 100\% \dots\dots\dots(7)$$

### 3.2.3 Pengukuran Debit Air Limbah

Debit air limbah diperoleh dari hasil pengukuran secara manual dengan menggunakan metode volumetric. Alat yang dipakai untuk mengukur debit adalah stopwatch, selang, dan ember 30 L. Pengukuran debit dilakukan 3 kali pengambilan pada jam dengan fluktuasi debit tertinggi yaitu pada jam 07.00 WIB, jam 12.00 WIB, dan jam 16.00 WIB. Untuk menentukan debit keseluruhan sehingga jam puncak air limbah dapat ditentukan menggunakan rumus. Berikut adalah rumus untuk pengukuran debit air limbah :

$$Q_{al} = \frac{V (L)}{t (s)} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

Qal = Debit Air Limbah (Liter/s)

V = Volume Air (L)

t = Waktu (s)

$$Q_{rata-rata} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_n \dots (m^3/s)}{n} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

Q<sub>rata-rata</sub> = Debit Rata-Rata Air Limbah (m<sup>3</sup>/s)

Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> = Debit Air Limbah

n = Jumlah Pengukuran

Pengukuran debit dilakukan pada titik influent RBC 2, karena berdasarkan kondisi eksisting di IPAL Ngudi Mulyo pada RBC 1 kondisi pipa influent tertutup oleh roof atau cover sehingga memiliki akses yang sempit sedangkan untuk kondisi pipa effluent pipa dipasang secara leter u kebawah tanah sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pengukuran debit. Berikut adalah kondisi eksisting pipa influent RBC 1 dan pipa effluent pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo :

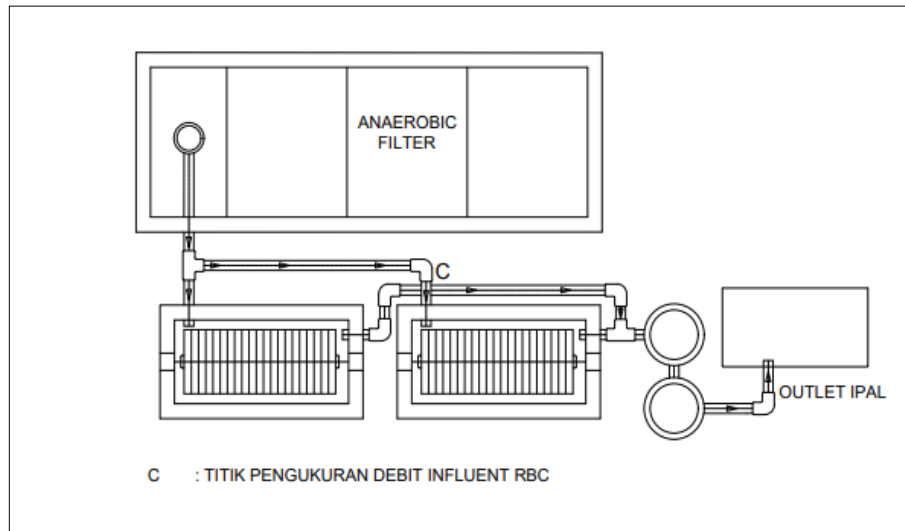


Pipa Influent RBC 1



Pipa Effluent RBC

Gambar 3. 3 Kondisi Eksisting Pipa RBC IPAL Ngudi Mulyo



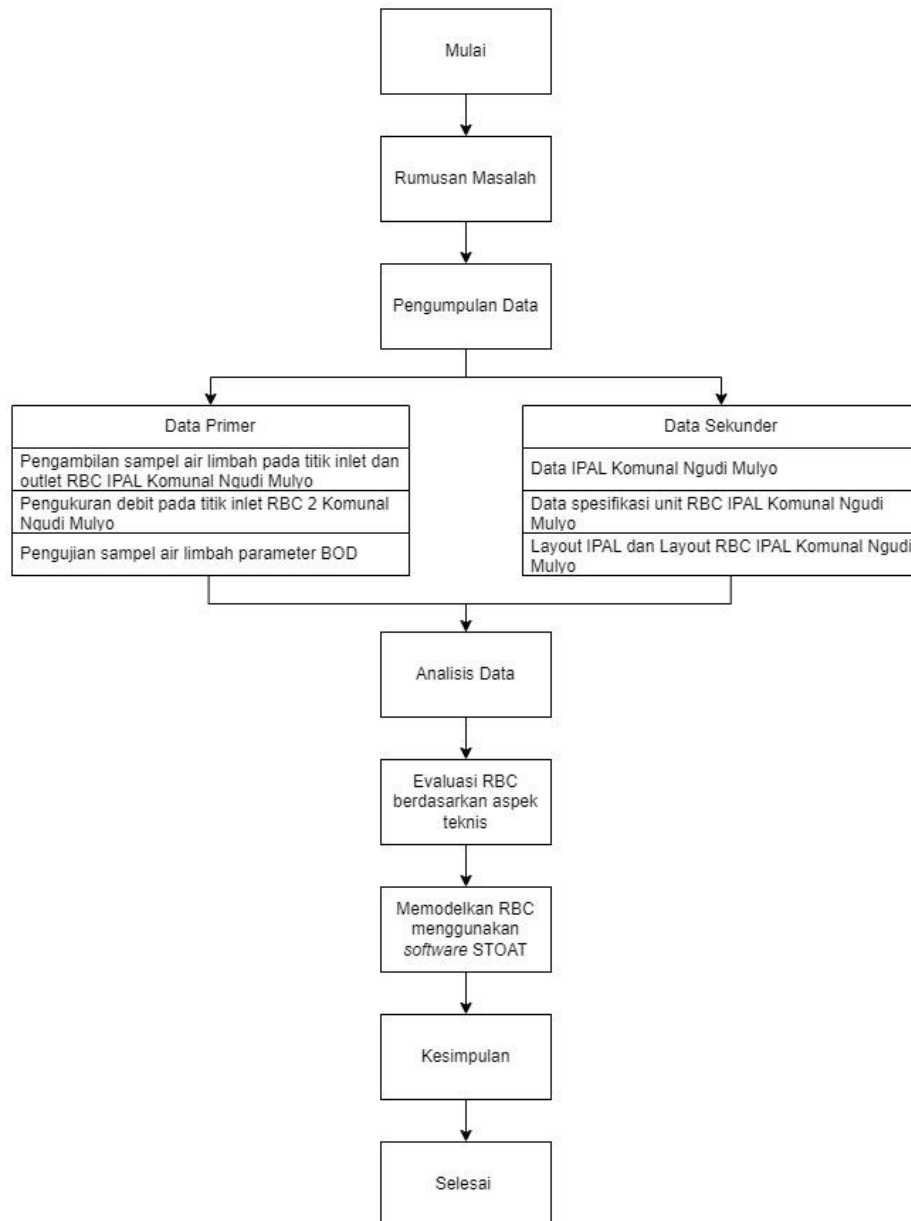
Gambar 3. 4 Titik Pengukuran Debit Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo

### 3.3 Prosedur Analisis Data

#### 3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir dibuat untuk menggambarkan langkah-langkah yang dilakukan oleh peneliti dari awal penelitian hingga kesimpulan sehingga konsep dasar penelitian mudah dipahami. Berikut merupakan diagram alir penelitian :





Gambar 3. 5 Diagram Alir Penelitian

Uraian setiap langkah diagram alir penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perumusan Masalah

Penelitian ini diawali dengan perumusan masalah yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang akan dipecahkan. Rumusan masalah diambil dari studi literatur dan penelitian sebelumnya. Setelah merumuskan masalah selanjutnya adalah pengumpulan data.

## 2. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

### a. Data Primer

Data primer diperoleh dari hasil hasil pengukuran debit, pengambilan sampel air limbah dan pengujian sampel air limbah .

### b. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari literatur yaitu data IPAL Komunal Ngudi Mulyo, data spesifikasi RBC, layout IPAL dan RBC, kriteria desain RBC.

## 3. Analisis Data

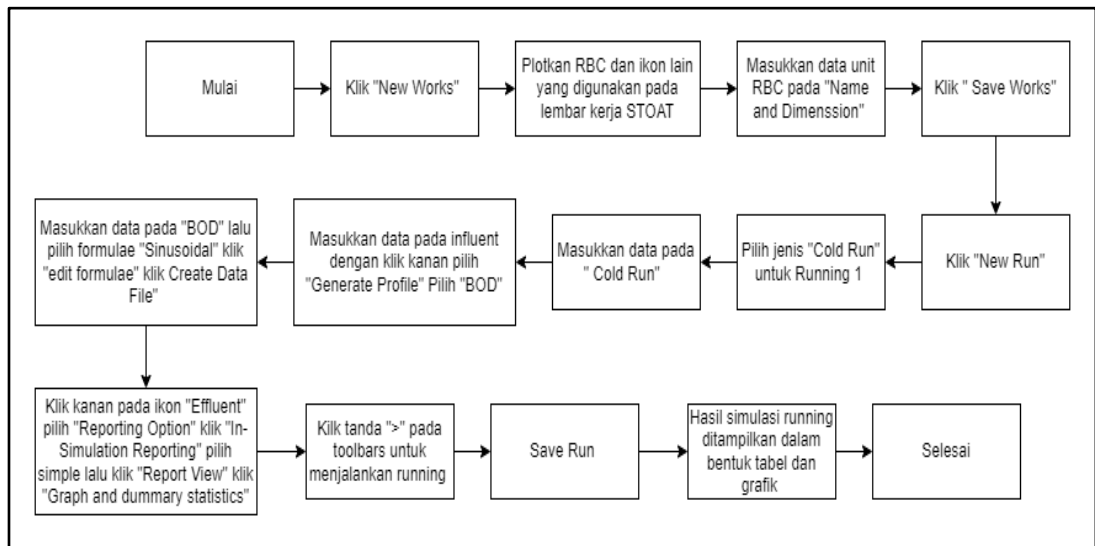
Menghitung efisiensi pengolahan RBC dalam mengolah air limbah dari data parameter uji air limbah serta menghitung parameter desain.

## 4. Evaluasi RBC berdasarkan aspek teknis

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan antara dimensi (panjang, lebar, kedalaman, tinggi) dan desain unit pengolahan (*hrt, hlr, olr, slr, g. value*) sesuai dengan kriteria berdasarkan Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017. Setelah dibandingkan dapat diketahui aspek teknis RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo.

## 5. Memodelkan RBC dengan aplikasi STOAT

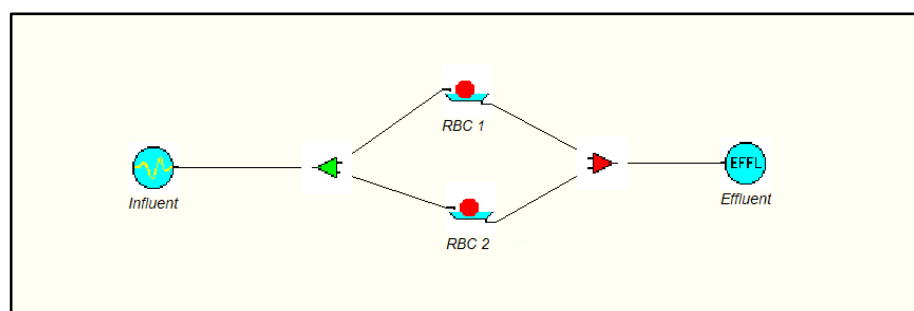
STOAT adalah aplikasi pemodelan komputer yang dirancang untuk mensimulasikan kinerja IPAL. Aplikasi STOAT terbukti manfaatnya karena bisa menghemat waktu dan uang saat memodelkan IPAL. Selain itu aplikasi STOAT biasanya sering digunakan di Eropa Timur dan Tengah (Hassan & Mostafa, 2019). Dibawah ini adalah langkah-langkah dalam menggunakan STOAT :



Gambar 3. 6 Langkah-langka dalam menggunakan STOAT

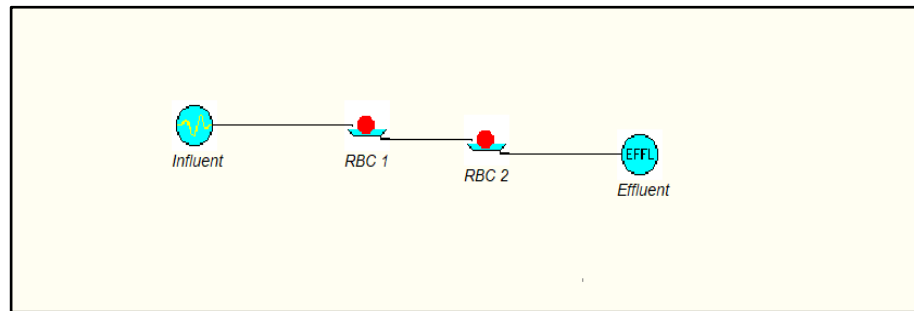
Pada penelitian ini menggunakan 2 skenario, berikut adalah skenario pada pemodelan RBC di IPAL Ngudi Mulyo :

1. Menyusun model unit RBC di IPAL Ngudi Mulyo sesuai kondisi eksisting dan efisiensi removal beban organik mencapai 59%.
2. Mensimulasikan skenario 1 dengan melakukan optimasi pada HRT secara paralel. HRT akan dinaikkan menjadi 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dimana waktu tinggal tersebut sesuai dengan kriteria desain pengolahan RBC pada Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017.



Gambar 3. 7 Layout simulasi skenario 1 RBC secara paralel

3. Mensimulasikan skenario 2 dengan melakukan optimasi pada HRT secara seri. HRT akan dinaikkan menjadi 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dimana waktu tinggal tersebut sesuai dengan kriteria desain pengolahan RBC pada Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017.



Gambar 3. 8 Layout simulasi skenario 2 RBC secara seri

Untuk mengetahui performa RBC yang dirancang maka dibutuhkan beberapa data input saat melakukan running simulasi model. Tabel 3.2 dibawah berdasarkan tutorial dari (WRc plc, 2013) adalah data input kualitas air limbah yang diperlukan untuk mensimulasikan model pada penelitian ini. Berikut adalah data input untuk skenario 1 dan skenario 2 :

Tabel 3. 2 Data Input Parameter Untuk Skenario 1 dan Skenario 2

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
<b>Total COD**</b>		91	mg/L
Soluble inert COD	$0.07 \times \text{Total COD}$	6.4	mg/L
Particulate inert COD	$0.15 \times \text{Total COD}$	13.7	mg/L
rbCOD	$0,195 \times \text{Total COD}$	17.7	mg/L
<b>Total BOD ***</b>		32	mg/L
Soluble BOD	Total BOD - Particulate BOD	42.5	mg/L
Particulate BOD	$0.5 \times \text{Total TSS}$	74.5	mg/L
<b>Total TSS*</b>		149	mg/L
Volatille Solids	$0.7 \times \text{Total TSS}$	104.3	mg/L
Non - Volatille Solids	Total TSS - Volatile Solids	44.7	mg/L

Parameter	Rumus	Nilai	Satuan
<b>Total Nitrogen (TN)</b>		35	mg/L
<b>Organik Nitrogen*</b>		8	mg/L
Soluble Organik Nitrogen (ON)	$(0,06 \times \text{TN}) + (0,03 \times \text{TN})$	3.2	mg/L
Particulate Organic Nitrogen	$\text{ON} - \text{sON}$	4.9	mg/L
<b>Ammoniak</b>		24.8	mg/L
<b>Total Fosfat</b>		12	mg/L
Soluble Fosfat****	$33\% \times \text{TP}$	3.9	mg/L
Volatille Fatty Acid (VFA)	$0.15 \times \text{rbCOD}$	2.7	mg/L
<b>Demand Oxygen (DO)</b>		0.21	mg/L
<b>Viable autotrophs</b>		0.1	mg/L
<b>Viable heterotrophs</b>		1	mg/L
<b>Nitrate</b>		0.06	mg/L
<b>Nitrit</b>		1.93	mg/L

Sumber: \*(Martins et al, 2021), \*\*(Henze et al, 2008), \*\*\*(Cardona, 2018), \*\*\*\*(Li & Brett, 2015)

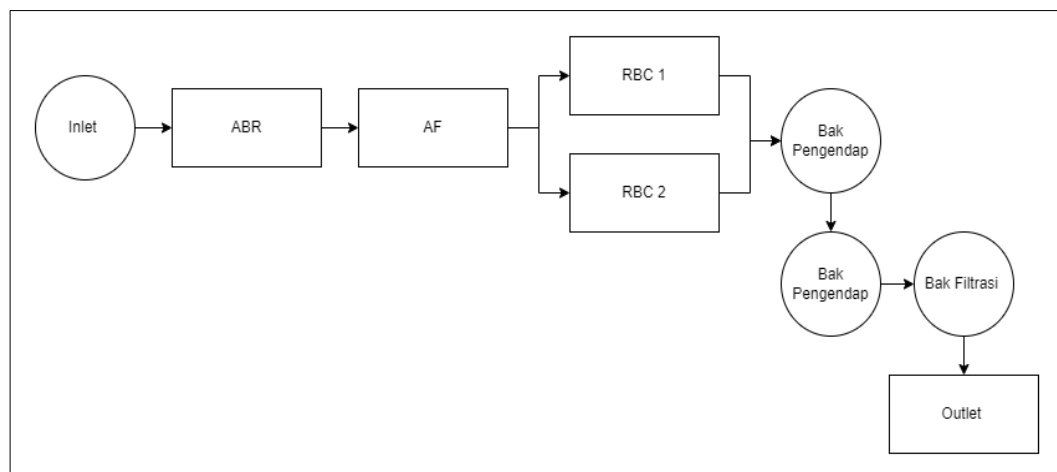
Tabel 3. 3 Data Input RBC 1 dan RBC 2

Parameter	Nilai	Satuan
Number of stages	2	
Disc diameter	1.2	m
Disc area	244	m <sup>2</sup>
Disc submergence	40	% of depth
Trough volume	2.4	m <sup>2</sup>
Trough surface area	253	m <sup>2</sup>
Number of discs per stage	108	
Number of sectors per disc	4	

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum IPAL Komunal Ngudi Mulyo

IPAL Komunal Ngudi Mulyo atau lebih dikenal IPAL Mendirolletaknya di Dusun Mendirol, Desa Sukoharjo, Kecamatan Ngaglik, Kabupaten Sleman, DIY Yogyakarta. IPAL Komunal Ngudi Mulyo adalah salah satu contoh IPAL Komunal ideal yang ada. IPAL Komunal Ngudi Mulyo dibangun dalam rangka menjalankan program SANIMAS. (Sanitasi Bebas Masyarakat). IPAL Komunal Ngudi Mulyo dikelola oleh Kelompok Pengguna dan Pemeliharaan (KPP) IPAL Komunal. IPAL Komunal Ngudi Mulyo dibangun pada tahun 2015 mempunyai RBC 1, sedangkan pada tahun 2019 IPAL tersebut mempunyai 2 RBC. Dengan adanya penambahan RBC dapat meningkatkan kualitas air olahan serta membantu menghilangkan bau yang ditimbulkan dari pengolahan existing sebelumnya sehingga effluent hasil air olahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk ternak ikan. Saat ini IPAL Komunal Ngudi Mulyo melayani 155 KK dengan kapasitas 163 SR (Sambungan Rumah) dan masih aktif beroperasi sampai saat ini. Berikut adalah skema aliran limbah pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Unit Pengolahan Pada IPAL Ngudi Mulyo



Gambar 4. 2 Denah Jaringan Perpipaian Pada IPAL Ngudi Mulyo

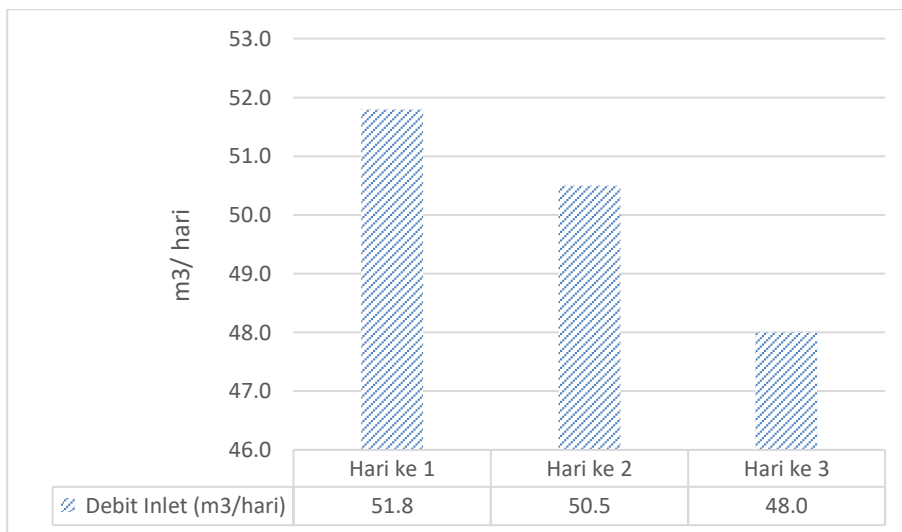
#### 4.2 Hasil Pengukuran Debit Air Limbah

Perhitungan debit dilakukan dengan dua cara yaitu pengukuran langsung secara manual menggunakan metode volumetrik dan perhitungan sesuai dengan jumlah KK. Debit air limbah IPAL Ngudi Mulyo didapatkan dari layanan sambungan rumah yang masuk ke IPAL. Jumlah sambungan rumah pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo adalah 150 rumah. Kondisi air limbah yang masuk ke IPAL Ngudi Mulyo berasal dari grey water maupun WC/black water masyarakat sekitar. Pada perhitungan sesuai dengan jumlah KK didapatkan debit sebesar 57.6 m<sup>3</sup>/hari. Berikut adalah perhitungan sesuai dengan jumlah KK :

- Jumlah SR = 150 KK
- Jumlah 1 KK = 4 Jiwa (asumsi)
- Jumlah KK = Jumlah sambungan rumah x jumlah 1 KK  
 = 150 KK x 4 jiwa  
 = 600 Jiwa
- Pemakaian air = Jumlah orang terlayani x pemakaian air bersih  
 = 600 jiwa x 120  
 = 72000 L/org/hari

- Debit air limbah = Pemakain air x 80%  
 = 57.600 liter/hari  
 = 57.6 m<sup>3</sup>/hari

Sedangkan pada pengukuran langsung secara manual didapatkan debit rata-rata per hari 50.1 m<sup>3</sup>/hari setara dengan 2.09 m<sup>3</sup>/jam. Berdasarkan hasil perhitungan diatas, debit pengukuran langsung secara manual dengan perhitungan sesuai dengan jumlah KK berbeda. Artinya debit pengukuran secara langsung didapatkan debatnya lebih kecil walaupun tidak beda jauh. Salah satu faktornya adalah air limbah dari sambungan rumah warga tidak semuanya di masukkan ke dalam unit RBC, sisanya dibuang ke badan air melalui pipa bypass. Pipa bypass dibuat untuk memotong aliran air yang masuk ke RBC agar pengolahan selanjutnya tidak meluap sehingga debit yang masuk ke RBC berkurang. Adapun hasil pengukuran debit dapat dilihat pada tabel berikut :



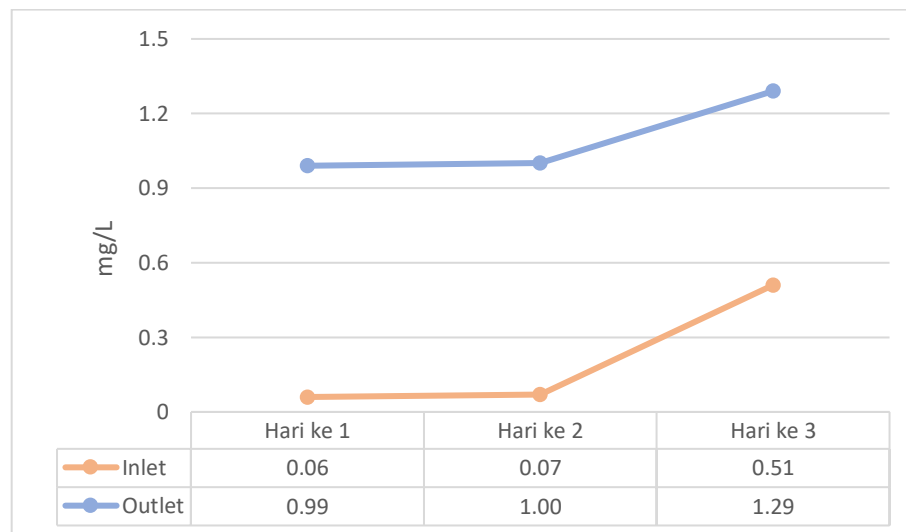
Gambar 4. 3 Pengukuran Debit Air Limbah Pada IPAL Ngudi Mulyo



### 4.3 Hasil Pengujian Air Limbah

#### 4.3.1 Dissolved Oxygen (DO)

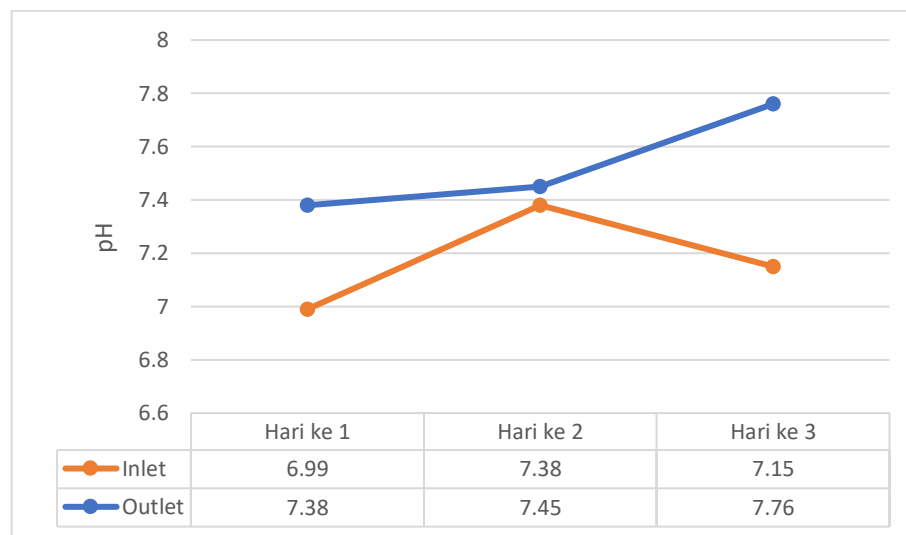
Berdasarkan hasil pengukuran DO yang dilakukan, dapat diketahui bahwa konsentrasi DO rata-rata di inlet sebesar 0.07 mg/L. Sedangkan konsentrasi DO rata-rata di outlet sebesar 1.09 mg/L. Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa konsentrasi DO di inlet dan outlet mengalami kenaikan artinya proses pengolahan biologis dengan menggunakan RBC pada air limbah berfungsi dengan baik dalam menghilangkan bahan organik dan mengoksidasi senyawa-senyawa yang dapat mengurangi kandungan oksigen dalam air limbah. Apabila nilai DO lebih tinggi menunjukkan bahwa air limbah yang dibuang ke lingkungan penerima memiliki kandungan oksigen yang lebih baik serta yang dapat mendukung kehidupan tempat effluent dibuang.



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Uji DO Pada IPAL Ngudi Mulyo

### 4.3.2 Dearajat Keasaman (pH)

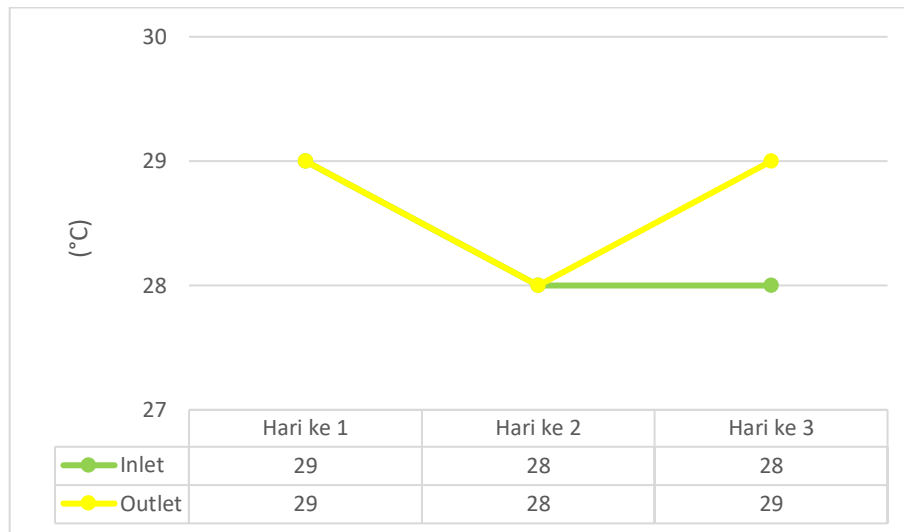
Berdasarkan hasil pengukuran pH, dapat diketahui bahwa nilai pH rata-rata di inlet 7.2 sedangkan di outlet rata-rata pH 7.5 artinya nilai pH relatif tidak mengalami perubahan secara signifikan pada masing-masing titik pengukuran. PH sangat mempengaruhi pengolahan biologis baik secara aerobik maupun secara anaerobic. Proses aerobik akan berjalan maksimal pada pH dengan kisaran 6.5-8.5. Proses anaerobik akan lebih maksimal pada larutan pH 6.5-7.5 karena menggunakan bakteri methanogen. Hasil nilai pH tersebut telah memenuhi standar baku mutu PermenLHK nomor 68 tahun 2016 yakni antara pH 6 – 9.



Gambar 4. 5 Grafik Hasil Uji pH Pada IPAL Ngudi Mulyo

### 4.3.3 Suhu

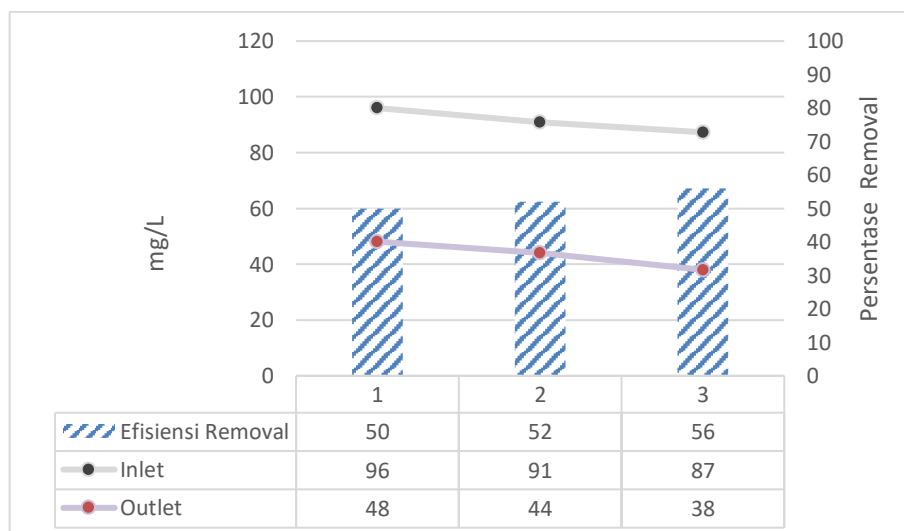
Berdasarkan hasil pengukuran suhu, diketahui bahwa suhu rata-rata pada inlet 28° C sedangkan pada outlet suhu rata-rata 29°C. Menurut Said (2005) RBC sangat sensitive terhadap suhu, suhu optimal pada RBC berkisar antara 15°C - 40°C. Berdasarkan pengukuran, suhu di RBC dalam keadaan optimal. Artinya aktivitas bakteri tidak terganggu dan proses pengolahan dapat berjalan dengan optimal. Apabila suhu terlalu tinggi dapat merusak proses dengan mencegah aktifitas enzim dalam sel. Peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan efisiensi pengolahan.



Gambar 4. 6 Grafik Hasil Uji Suhu Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.3.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

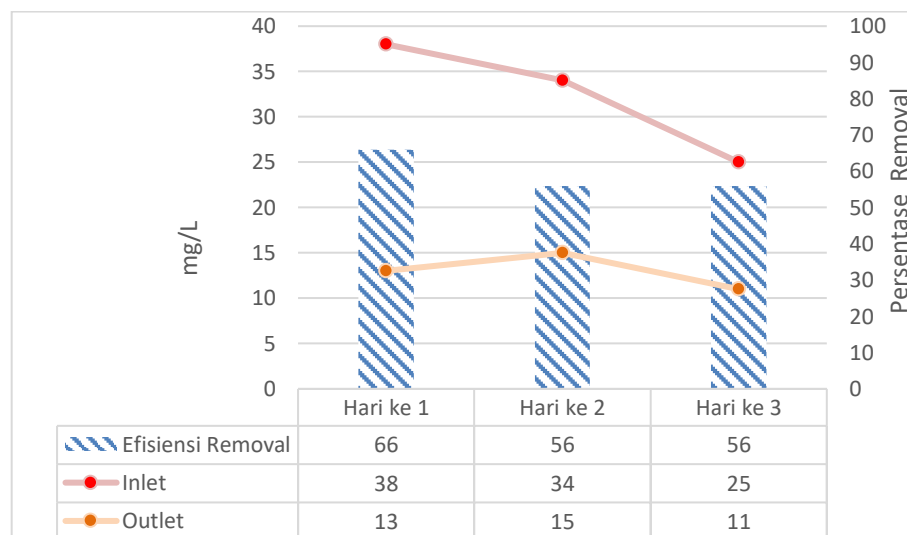
Dari hasil pengujian diketahui rata-rata COD inlet adalah 93 mg/L dan COD pada outlet adalah 43 mg/L. Berdasarkan grafik 4.8 nilai COD mengalami penurunan artinya jumlah bahan organik dapat diuraikan secara kimiawi dalam air limbah telah berkurang. Artinya RBC di IPAL Ngudi Mulyo mampu dalam menyisihkan beban pencemar COD. Berdasarkan nilai rata-rata konsentrasi COD sudah memenuhi baku mutu Permen LHK nomor 68 tahun 2016 sebesar 100 mg/l.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Uji COD Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.3.5 Biological Oxygen Demand (BOD)

Dari hasil pengujian diketahui konsentrasi BOD pada inlet hari ke 1 yakni sebesar 38 mg/l, hari ke 2 sebesar 34 mg/l, dan pada hari ke 3 sebesar 25 mg/L. Sementara konsentrasi BOD pada outlet hari ke 1 sebesar 13 mg/L, hari ke 2 sebesar 15 mg/L, dan pada hari ke 3 sebesar 11 mg/L. Berdasarkan nilai rata-rata konsentrasi BOD di IPAL komunal Ngudi Mulyo telah memenuhi baku mutu Permen LHK nomor 68 tahun 2016 sebesar 100 mg/l. Artinya RBC di IPAL Ngudi Mulyo mampu dalam menyisihkan beban pencemar BOD.



Gambar 4. 8 Grafik Hasil Uji BOD Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4 Evaluasi RBC Berdasarkan Aspek Teknis

##### 4.4.1 Evaluasi Dimensi Unit RBC

IPAL Komunal Ngudi Mulyo saat ini memiliki 2 unit RBC Lattice Tiga Dimensi yang disusun secara paralel, RBC 1 dalam kondisi tertutup oleh roof cover sedangkan RBC 2 dalam kondisi yang terbuka. Berikut ini merupakan dimensi dari hasil pengukuran secara langsung pada unit RBC IPAL Ngudi Mulyo :

Tabel 4. 1 Dimensi Unit RBC di IPAL Komunal Ngudi Mulyo

<b>Parameter</b>	<b>Kondisi Eksisting</b>	<b>Kriteria Desain</b>	<b>Satuan</b>
Panjang Bak	2.47		M
Lebar Bak	1.77		M
Tinggi Bak	1.13		M
Jumlah Bak	2		Unit
Kedalaman Bak	0.55		M
Kedalaman Media Tercelup	40		%
Diameter Disk	1.2	1.5 - 3	M
Jari-Jari Disk	0.6		M
Jari-jari yang tercelup	0.24		M
Jari-jari yang tidak tercelup	0.36		M
As Tiap Disk (2 Sisi)	2.3		M
As (/disk)	0.57		Cm
Kerapatan Disk	2	3 - 5	Cm
Jumlah Disk	9		
Jumlah Tahapan	2	Min 2	
Bahan Shaft	High Tensile Strength - Constructed Steel		
Panjang Shaft	2		M
Jenis Shaft	Square		
Bahan Media	High Density Poly - Propylene (HDPP)		
Bentuk Media	Corrugated		
Warna Media	Abu-Abu Tua		
Kerapatan Media	1		Cm
Sistem Penggerak	Chain		
Ketebalan Biomassa	1		Mm
Penyimpanan	Roof, cover		
Rotasi RBC	3.75	1 - 2	Rpm
Arah Rotasi RBC	Berlawanan		
Arah Aliran	Paralel terhadap shaft		
Jumlah RBC	2		Unit

Dengan dimensi pada tabel 4.1 dapat dihitung volume bak RBC dan luas permukaan media. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut :

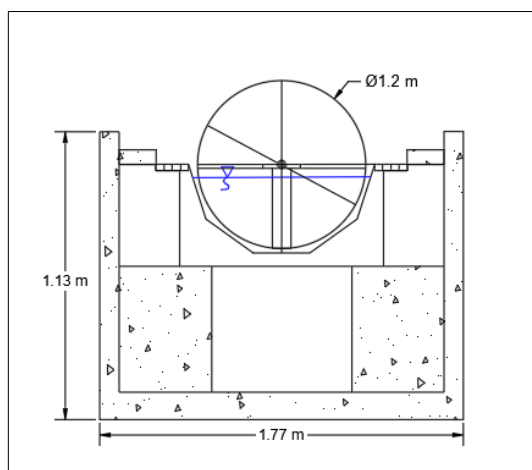
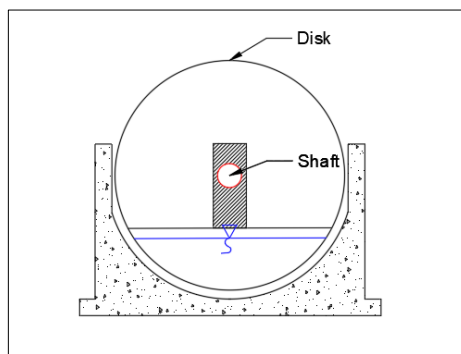
- Volume Bak RBC

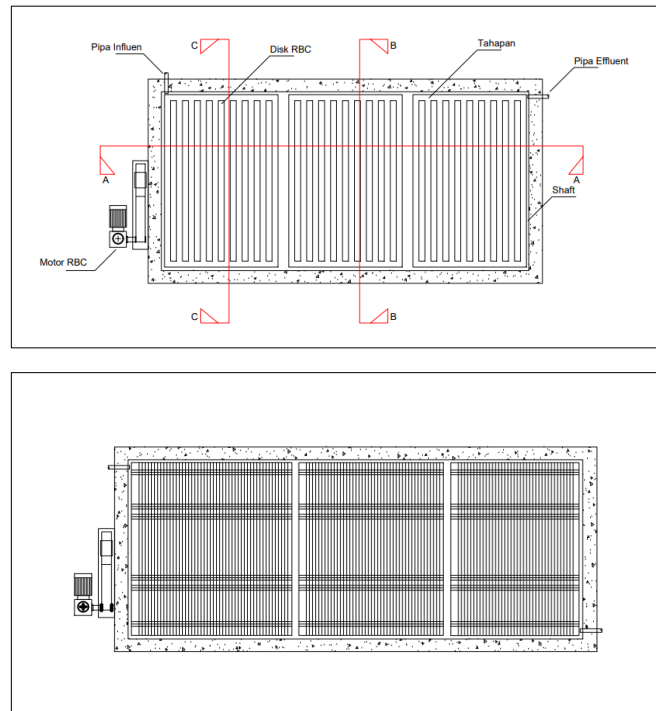
$$\begin{aligned} &= p \times l \times t \\ &= 2.47 \times 1.77 \times 0.55 \\ &= 2.40 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Luas Permukaan Media

- N (jumlah disk)  
= tahapan x disk  
= 9 x 12  
= 108 disk/RBc
- Luas tiap disk (2 sisi) RBC  
=  $2 \left( \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \right)$   
=  $2 \left( \frac{1}{4} \times 3.14 \times (1.2)^2 \right)$   
= 2.3 m<sup>2</sup>
- Luas disk total  
= Jumlah disk x luas tiap disk  
= 108 x 2.3  
= 244 m<sup>2</sup>
- Luas selimut RBC  
=  $2 \times \pi \times r \times t$   
=  $2 \times 3.14 \times (0.6) \times 2.47$   
= 9 m<sup>2</sup>
- As (Luas permukaan media RBC)  
= Luas disk total + luas selimut  
= 244 + 9  
= 253 m<sup>2</sup>

Seperti terlihat pada Tabel 4.1, terdapat 3 parameter dimensi yang tidak memenuhi kriteria desain yang yaitu diameter disk, jarak, kerapatan tiap disk, dan kecepatan rotasi. Setelah wawancara dengan pihak PUSTEKLIM yang mengembangkan RBC Laticce 3 dimensi yang digunakan pada IPAL Ngudi Mulyo, Diketahui bahwa RBC yang dikembangkan oleh PUSTEKLIM memiliki kriteria desain sendiri sehingga tidak mengacu pada kriteria desain Lampiran II PermenPUPR Nomor 04 Tahun 2017. Artinya desain RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo berbeda dengan desain RBC konvensional lainnya. Meskipun desain RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo berbeda, RBC tersebut mampu menyisihkan efisiensi beban pencemar parameter BOD dan COD sesuai dengan standar baku mutu. Adapun hasil uji BOD dan COD dapat dilihat pada gambar 4.13 dan gambar 4.12. Berikut adalah kondisi eksisting dan komponen unit RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo :





Gambar 4. 9 Komponen Unit RBC IPAL Ngudi Mulyo



Gambar 4. 10 Kondisi Eksisting komponen unit RBC IPAL Ngudi Mulyo



#### 4.4.2 Evaluasi Desain Unit RBC Berdasarkan Kriteria Desain

Unit pengolahan biologis memiliki beberapa kriteria desain yang dipengaruhi oleh kondisi hidraulik air dan kebutuhan nutrisi dari mikroorganisme yang dimanfaatkan (Tchobanoglous *et al*, 2002). Kriteria desain yang digunakan pada unit RBC mengacu pada Lampiran II PERMENPUPR Nomor 4 Tahun 2017. Berikut adalah kriteria desain yang digunakan dalam unit RBC :

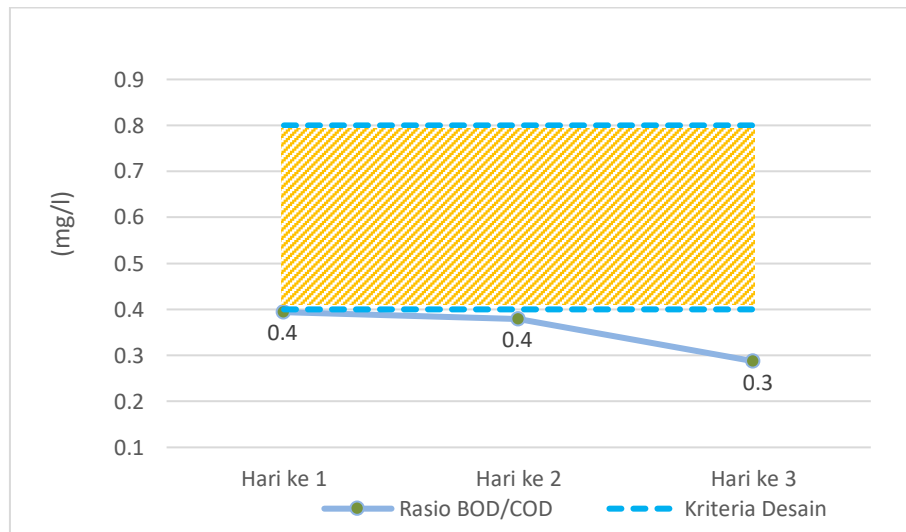
Tabel 4. 2 Kriteria Desain RBC

Parameter	Kriteria	Keterangan
Beban Permukaan BOD gr BOD/(m <sup>2</sup> .luas piringan.hari)	10 – 50	gr/m <sup>2</sup> .hari (domestik)
	10 – 50	gr/m <sup>2</sup> .hari (industri)
Beban hidrolis (L/m <sup>2</sup> /hari)	50 – 100	jika BOD influent = 200 mg/L
	10 -20	jika BOD influent = 500 - 1000 mg/L
Jarak antara piringan	3 -5	Cm
Diameter piringan	1.5 – 3	M
Waktu detensi	2 – 4	Jam
Kebutuhan listrik untuk rotor	8 -10	KW.jam/(orang.Tahun)
Produk lumpur	0.4 – 0.5	Kg/Kg BOD removal
Kecepatan putaran cakram	1 – 2	Rpm
Diameter cakram	1 – 3.6	M
Kedalaman bak	40%	Dari diameter cakram
Temperatur pengoperasian ©	15 – 40	

Sumber : Lampiran II PERMEN PUPR Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik

##### 4.4.2.1 Rasio BOD/COD pada Influen RBC

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui nilai rata-rata rasio BOD/COD sebesar 0.4 mg/L. Menurut (Tchobanoglous *et al.*, 2003) rasio BOD/COD berada pada kisaran 0.3-0.8 untuk air limbah yang belum diolah. Apabila rasio BOD/COD dibawah 0.3 sebagian komponen organik dalam air limbah tidak dapat diuraikan secara biologis sehingga membutuhkan lebih banyak oksigen. Apabila rasio BOD/COD diatas 0.8 dapat mengindikasikan kinerja yang baik dalam pengolahan bahan organi, namun RBC tersebut tidak dapat menampung beban yang besar. Adapun hasil uji BOD dan COD dapat dilihat pada gambar 4.12 dan gambar 4.13.



Gambar 4. 11 Grafik Rasio BOD/COD Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4.2.2 G. Value

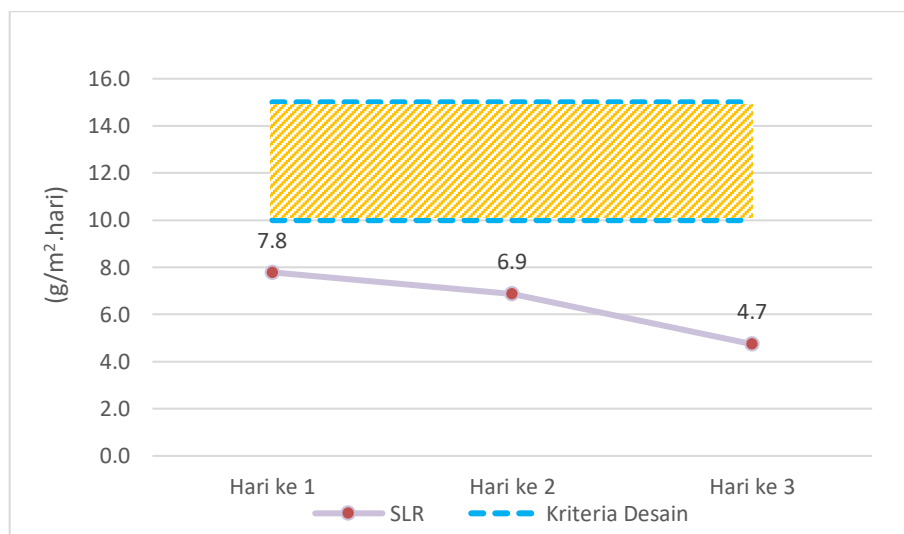
*G. Value* atau G Faktor adalah parameter yang mengukur perbandingan antara volume reaktor RBC dengan luas permukaan media biofilm yang digunakan dalam reaktor. Berikut adalah perhitungan *G. Value* :

$$\begin{aligned}
 \text{Volume efektif RBC} &= 2.40 \text{ m}^3 \\
 \text{Luas Permukaan Media} &= 253 \text{ m}^2 \\
 G. Value &= \frac{\text{Volume}}{As} \times 1000 \\
 &= \frac{2.40 \text{ m}^3}{253 \text{ m}^2} \times 1000 \\
 &= 9.5 \text{ L/m}^2
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas bahwa *G. Value* pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo melebihi kriteria desain. Menurut pusteklim kriteria desain *G. Value* pada unit RBC yaitu berada pada rentang 5 – 8 L/ m<sup>2</sup>. *G. Value* sangat penting pada RBC karane dapat mempengaruhi efisiensi biologis reaktor. Semakin tinggi *G. Value* semakin besar luas permukaan media yang diguakan untuk mikroorganisme berkembang biak dan menguraikan bahan organik dalam air limbah. Semakin tinggi *G. Value* juga, semakin tinggi biokapasitas reaktor sehingga dapat menyebabkan penurunan DO (*Dissolved Oxygen*). Sedangkan apabila *G. Value* rendah dapat menyebabkan penyumbatan pada media.

#### 4.4.2.3 Surface Loading Rate (SLR)

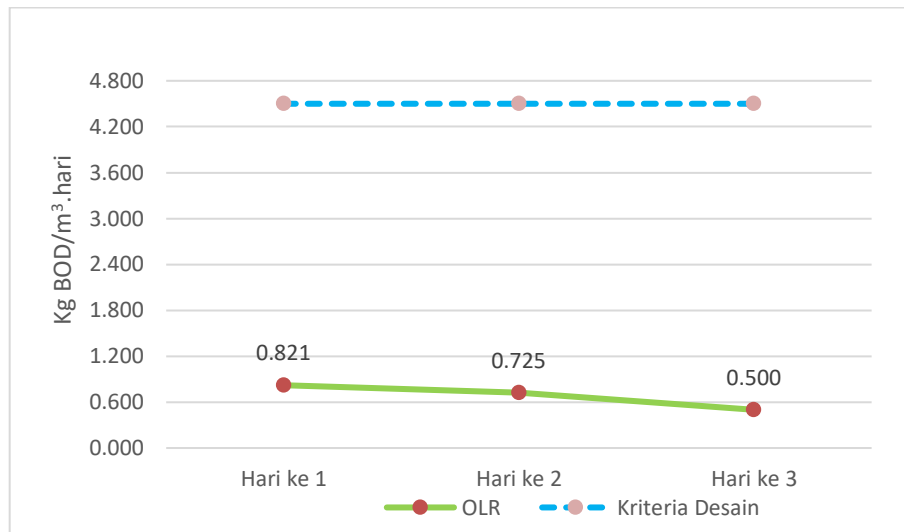
BOD *surface loading rate* menunjukkan beban BOD yang diolah unit RBC per luas permukaan media. Berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata SLR pada RBC sebesar  $6.5 \text{ g/m}^2\cdot\text{hari}$ . Hasil tersebut berada pada rentang kriteria desain yaitu  $5 - 20 \text{ g/m}^2\cdot\text{hari}$ . Reaksi mikroba tergantung pada organik yang ada dalam sistem, hal ini dapat mempengaruhi kualitas effluent yang dihasilkan, SLR yang terlalu tinggi menyebabkan pengolahan kurang optimal, karena memunculkan terjadinya kekurangan oksigen untuk mikroorganisme bermetabolisme.



Gambar 4. 12 Grafik SLR Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4.2.4 Organic Loading Rate (OLR)

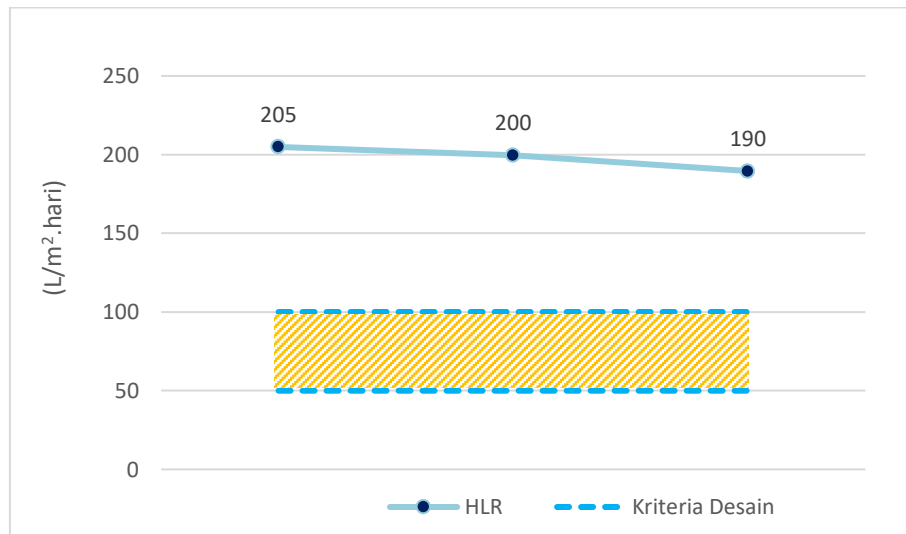
Berdasarkan hasil penelitian, OLR pengolahan pada RBC di IPAL Ngudi Mulyo telah dikatakan baik karena nilai OLR telah memenuhi kriteria desain yang digunakan yaitu berada pada  $<4.5 \text{ KgBOD/m}^3\cdot\text{hari}$  (Rochman, R.T. 2017). Artinya RBC tersebut telah mampu mengolah beban organik dengan baik, dapat dibuktikan dengan kondisi effluent RBC telah memenuhi baku mutu. Menurut (Lee, Ahn, & Lee, 2001) apabila OLR terlalu tinggi, mikroorganisme tidak mampu memenuhi kebutuhan oksigen dan nutrisi, sehingga mengakibatkan penumpukan bahan organik dan penurunan efisiensi pengolahan. Sedangkan jika OLR rendah, mikroorganisme tidak dapat mengonsumsi seluruh bahan organik dalam air limbah, sehingga pengolahan tidak lengkap dan efisiensi penyisihan menjadi rendah.



Gambar 4. 13 Grafik OLR Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4.2.5 Hydraulic Loading Rate (HLR)

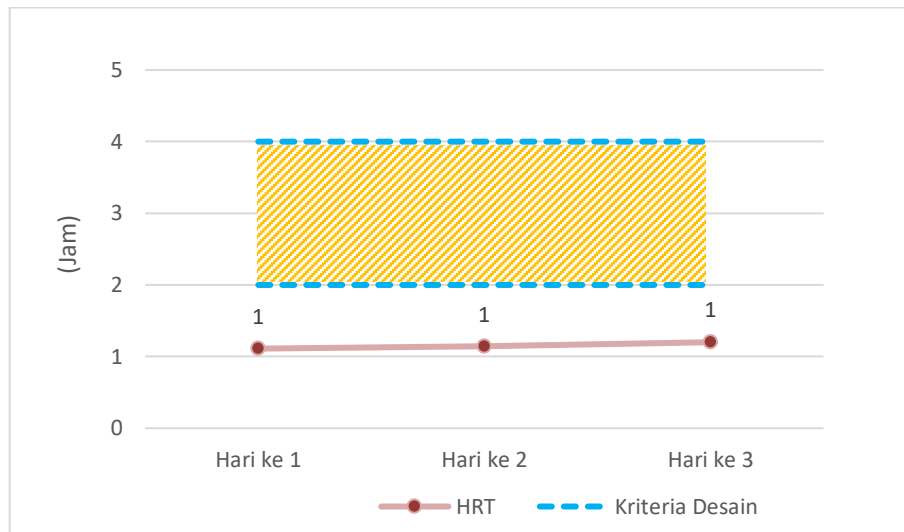
HLR mengacu pada jumlah air limbah yang mengalir melalui unit pengolahan per unit luas permukaan media biologis. HLR berkaitan erat dengan debit air limbah yang masuk ke dalam system pengolahan. Semakin besar debit air limbah, semakin tinggi HLR jika luas permukaan media atau volume reaktor tetap konstan. Menurut Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017 kriteria desain HLR pada rentang 50 – 100 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. Berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata pada HLR sebesar 198 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.hari. Artinya HLR tersebut tidak memenuhi kriteria desain. Jika beban hidrolis terlalu besar maka akan mempengaruhi pertumbuhan mikroorganismes pada permukaan media serta mikroorganismes yang melekat pada permukaan media akan terkelupas. HLR berhubungan erat dengan waktu tinggal, apabila HLR tinggi dapat mengakibatkan waktu tinggal air limbah yang singkat di dalam sistem, waktu tinggal yang singkat dapat mengakibatkan singkatnya kontak antara air limbah dengan mikroorganismes, sehingga dapat mempengaruhi efisiensi penguraian bahan organik dan polutan. Sedangkan apabila HLR rendah dapat mengurangi kapasitas sistem untuk mengatasi beban air limbah yang masuk sehingga menyebabkan waktu tinggal yang lama pada bak reaktor RBC, sehingga dapat menurunkan efisiensi biologis menurun.



Gambar 4. 14 Grafik HLR Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4.2.6 Hydraulic Retention Time (HRT)

HRT adalah parameter penting dalam desain dan pengoperasian RBC, HRT mengacu pada durasi waktu air limbah tetap bersentuhan dengan biofilm pada cakram RBC dalam bioreactor. HRT mempengaruhi kinerja dengan menentukan waktu yang tersedia bagi mikroorganisme untuk mendegradasi polutan. Berdasarkan hasil perhitungan nilai rata-rata pada HRT sebesar 1 jam. Artinya RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo tidak memenuhi kriteria desain Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017 dengan range 2-4 jam. Sehingga dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai debit maka waktu tinggal yang terjadi juga lebih cepat. HRT yang lebih pendek mengurangi waktu yang tersedia bagi mikroorganisme untuk mendegradasi polutan, sehingga dapat menurunkan efisiensi penyisihan. HRT yang lebih pendek juga meminimalkan akumulasi bahan inert dan mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang kurang efisien, sehingga menghasilkan kinerja yang lebih tinggi (Daudpoto, Talpur, Shah, & Khooharo, 2021). Menurut Najafpour (2006) HRT dapat mempengaruhi ketebalan biofilm yang ada pada media RBC. Sedangkan apabila HRT lebih lama memberikan lebih banyak waktu bagi mikroorganisme untuk mendegradasi polutan, sehingga menghasilkan efisiensi penyingkiran yang lebih tinggi sehingga menyebabkan akumulasi bahan inert dan pertumbuhan mikroorganisme yang kurang efisien.



Gambar 4. 15 Grafik HRT Pada IPAL Ngudi Mulyo

#### 4.4.2.7 Evaluasi RBC Berdasarkan Parameter Kriteria Desain

Secara desain, unit RBC belum memenuhi kriteria desain RBC konvensional berdasarkan Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017. Hal ini dikarenakan unit RBC merupakan unit produksi yang dibuat oleh PUSTEKLIM, sehingga kondisi fisik dan desain RBC dibuat seragam dan tipikal. Dapat disimpulkan bahwa PUSTEKLIM telah mendesain RBC sedemikian rupa pada IPAL pada Ngudi Mulyo. Sehingga sebelum mereka menclear jadi RBCnya mereka sudah mengetahui karakteristik air limbah di IPAL Ngudi Mulyo dan mereka sudah melakukan beberapa pengujian sehingga RBC sudah di susun dan di desain sesuai dengan karakteristik air limbah. Walaupun banyak faktor yang belum memenuhi kriteria desain RBC konvensional. Proses pengolahan biologis pada unit RBC telah berjalan, sehingga effluent yang dihasilkan lebih bagus sehingga kinerja RBC bisa dikatakan optimal apabila effluent telah memenuhi baku mutu. Meskipun desain RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo berbeda, RBC tersebut mampu menyisihkan efisiensi beban pencemar parameter BOD dan COD sesuai dengan standar baku mutu. Adapun hasil uji BOD dan COD dapat dilihat pada gambar 4.13 dan gambar 4.12.

#### 4.5 Hasil Pemodelan RBC Menggunakan *Software* STOAT

Pada perencanaan ini dilakukan perbandingan antara skenario 1 optimasi menaikkan HRT pada unit RBC secara paralel dengan skenario 2 optimasi menaikkan HRT pada unit RBC secara seri. Penggunaan *software* yang dapat memudahkan dalam mensimulasi model sehingga dapat menyisihkan kadar BOD dalam teknologi menggunakan *software* STOAT versi 5.0. *Software* STOAT diharapkan dapat mengoptimalkan penyisihan beban tercemar dalam karakteristik khususnya BOD. Sebelum melakukan skenario 1 akan mensimulasikan pemodelan unit RBC sesuai dengan kondisi eksisting lapangan. Berikut adalah hasil simulasi sesuai dengan kondisi eksisting lapangan :

Tabel 4. 3 Persentase removal BOD Data Eksisting

Titik	In	Out	Removal (%)
BOD (mg/l)	32	13	59

Setelah menghitung persentase removal BOD, didapatkan hasil sebesar 59%. Langkah selanjutnya adalah mensimulasikan pemodelan RBC sesuai dengan kondisi eksisting dimana HRT sebesar 1 jam menghasilkan debit 2.09 m<sup>3</sup>/jam dengan efisiensi removal 76%.

Tabel 4. 4 Hasil Simulasi STOAT Sesuai Data Eksisting

HRT (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Total SS (mg/L)	Total BOD (mg/L)	Nitrate	Ammonia (mg/L)	Removal (%)
1	2.09	62.20	6.65	24.30	0.00	76

Berdasarkan hasil simulasi pada tabel 4.4 diketahui bahwa nilai konsentrasi BOD sebesar 6.65 mg/L. Artinya hasil tersebut kurang dari nilai BOD eksisting dengan rata-rata 12 mg/L. Sehingga untuk mencapai persentase removal BOD 59% maka dilakukan trial and eror pada debit, debit akan dinaikan mencapai 4.95 m<sup>3</sup>/jam dengan HRT 1 jam. Adapun hasil data trial and eror untuk mencapai persentase removal BOD 59% adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Hasil Simulasi Trial And Error

HRT (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	Total SS (mg/L)	Total BOD (mg/L)	Nitrate	Ammonia (mg/L)	Removal (%)
1	4.95	71.24	13.13	25.12	0.00	59
1	4.80	70.81	12.88	25.14	0.00	60
1	4.50	70.52	12.72	25.16	0.00	60
1	4.00	69.95	12.39	25.20	0.00	61
1	3.50	68.49	11.53	25.28	0.00	64
1	3.00	66.97	10.61	25.29	0.00	67
1	2.50	65.40	9.64	25.18	0.00	70
1	2.09	62.20	7.65	24.30	0.00	76
1	2.00	61.82	7.44	24.10	0.00	77

Dari hasil simulasi trial and eror didapatkan persentase removal BOD 59% dengan konsentrasi BOD sebesar 13.13 mg/L dan debit 4.95 m<sup>3</sup>/jam. Setelah mendapatkan hasil simulasi sesuai dengan kondisi eksiting BOD maka langkah selanjutnya adalah melakukan skenario 1 dan scenario 2 dengan optimasi menaikkan HRT menjadi 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dimana waktu tinggal tersebut sesuai dengan kriteria desain pengolahan RBC pada Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017. Berikut adalah hasil simulasi STOAT :

Tabel 4. 6 Hasil Simulasi STOAT sesuai dengan kondisi eksisting

HRT (jam)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	BOD Influent (mg/L)	BOD Effluent (mg/L)	Removal (%)
<b>RBC Eksisting (Data Lapangan)</b>				
1	2.09	33	13	59
<b>Model RBC</b>				
1	2.09	32	7.65	76
<b>Kalibrasi Debit Pada Model</b>				
1	4.95	32	13.13	59

Dari hasil simulasi tersebut di dapatkan untuk RBC eksisting pada data lapangan dengan HRT 1 jam didapatkan efisiensi removal 59%, simulasi pada model RBC dengan HRT 1 jam didapatkan efisiensi removal 76%, untuk kalibrasi debit dengan HRT 1 jam didapatkan efisiensi removal 59%.



#### 4.5.1 Skenario 1 (Optimasi Menaikkan HRT) Secara Paralel

Setelah mendapatkan hasil simulasi STOAT sesuai dengan kondisi eksisting selanjutnya melakukan skenario 1 dengan melakukan optimasi pada HRT secara paralel. HRT akan dinaikan menjadi 2 jam, 3 jam, dan 4 jam. Dimana waktu tinggal tersebut sesuai dengan kriteria desain pengolahan RBC pada Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017.

Tabel 4. 7 Hasil Simulasi Skenario 1

HRT (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	OLR (KgBOD/m <sup>3</sup> .hari)	BOD Influent (mg/L)	BOD Effluent (mg/L)	Removal (%)
<b>EKSISTING</b>					
1	2.09	27.87	32	7.65	76
<b>MODEL</b>					
0.5	4.91	65.47	32	13.19	59
1	4.88	65.07		13.13	59
2	4.81	64.13		12.97	59
3	4.74	63.20		12.79	60
4	4.66	62.13		12.61	61
10	4.26	56.80		11.45	64
11	4.08	54.40		10.94	66
12	4.09	54.53		11.10	65
13	3.88	51.73		10.67	67

Hasil dari mensimulasikan skenario 1 dengan melakukan optimasi menaikkan HRT secara paralel, dimana hasilnya menunjukkan bahwa pada HRT 2 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 12.97 mg/L dengan efisiensi removal 59%, HRT 3 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 12.79 mg/L dengan efisiensi removal 60%, dan HRT 4 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 12.61 mg/L dengan efisiensi removal 61%. Artinya dengan waktu tinggal 2-4 jam beban BOD effluent yang dihasilkan semakin kecil. Dapat disimpulkan semakin kecil HRT maka semakin kecil juga efisiensi removalnya dalam menyisihkan BOD. Untuk menaikkan efisiensi removal perlu ada opsi lain yaitu menaikkan HRT menjadi 10 jam – 13 jam. terbukti bahwa dengan waktu tinggal dinaikan, efisiensi removalnya semakin besar sehingga dapat menyisihkan beban BOD effluent.

#### 4.5.2 Skenario 2 (Optimasi Menaikkan HRT) Secara Seri

Pada skenario 2 dilakukan opsi simulasi dengan merubah susunan RBC menjadi susunan seri. Adapun debit dan HRT pengolahan disesuaikan dengan skenario 1 untuk melihat perbandingan kinerja RBC.

Tabel 4. 8 Hasil Simulasi Skenario 2

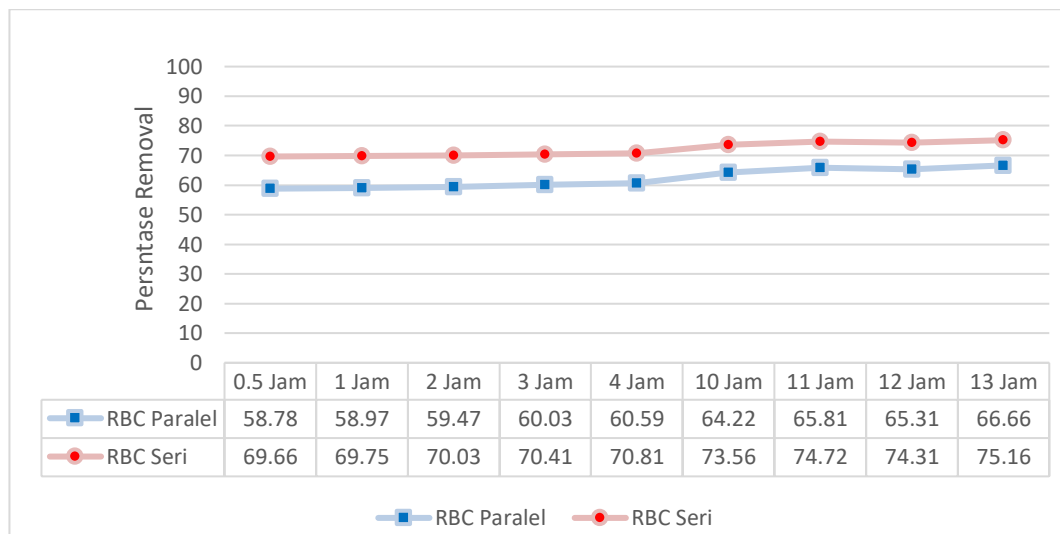
HRT (Jam)	Debit (m <sup>3</sup> /jam)	OLR (KgBOD/m <sup>3</sup> .hari)	BOD Influent (mg/L)	BOD Effluent (mg/L)	Removal (%)
<b>EKSISTING</b>					
1	2.09	27.87	32	7.65	76
<b>MODEL</b>					
0.5	4.91	65.47	32	9.71	70
1	4.88	65.07		9.68	70
2	4.81	64.13		9.59	70
3	4.74	63.20		9.47	70
4	4.66	62.13		9.34	71
10	4.26	56.80		8.46	74
11	4.08	54.40		8.09	75
12	4.09	54.53		8.22	74
13	3.88	51.73		7.95	75

Hasil dari mensimulasikan skenario 2 dengan melakukan optimasi menaikkan HRT secara seri, HRT tersebut dinaikkan menjadi 2 jam, 3 jam, dan 4 jam sesuai dengan kriteria desain pengolahan RBC pada Lampiran II PermenPUPR Nomor 4 Tahun 2017. Dimana hasilnya menunjukkan bahwa pada HRT 2 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 9.59 mg/L dengan efisiensi removal 70%, HRT 3 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 9.47 mg/L dengan efisiensi removal 70%, dan HRT 4 jam menghasilkan konsentrasi BOD effluent sebesar 9.34 mg/L dengan efisiensi removal 71%. Artinya dengan waktu tinggal 2-4 jam beban BOD effluent yang dihasilkan semakin kecil. Dapat disimpulkan semakin kecil HRT maka semakin besar juga efisiensi removalnya dalam menyisihkan BOD. Untuk menaikkan efisiensi removal perlu ada opsi lain yaitu menaikkan HRT menjadi 10 jam – 13 jam. terbukti bahwa dengan waktu tinggal dinaikkan, efisiensi removalnya semakin besar sehingga dapat menyisihkan beban BOD effluent.

### 4.5.3 Perbandingan Skenario 1 dengan Skenario 2

Untuk melihat perbandingan skenario 1 dan skenario 2, dapat dilihat berdasarkan hubungan HRT dan OLR dengan persentase removal yang dihasilkan. HRT dan OLR pada pengolahan air limbah sangat berpengaruh terhadap kinerja RBC.

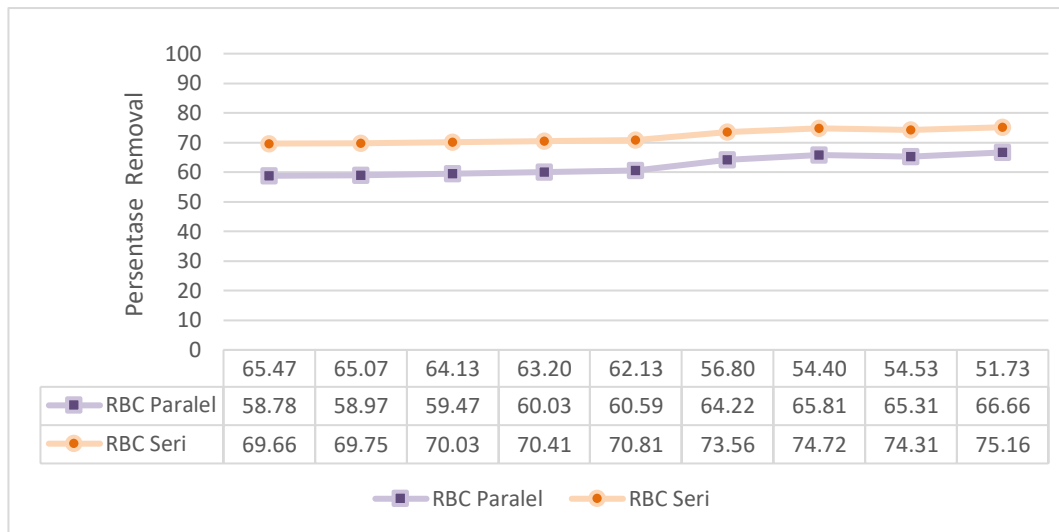
#### 4.5.3.1 Hubungan antara HRT dengan persentase removal



Gambar 4. 16 Hubungan antara HRT dengan persentase removal

Berdasarkan gambar 4.17 dapat disimpulkan dari hasil simulasi pada tabel 4.8, diketahui bahwa pada skenario 1 kinerja pengolahan RBC dengan susunan paralel memiliki tingkat efisiensi penyisihan lebih lama dibandingkan dengan RBC yang disusun secara seri. Untuk mencapai removal 76% pada RBC paralel dibutuhkan HRT selama 20 jam, sedangkan pada RBC susunan seri HRT yang dibutuhkan selama 13 jam. Artinya semakin kecil HRT maka semakin kecil efisiensi removalnya. Sedangkan untuk skenario 2 RBC disusun secara seri semakin kecil HRT maka semakin besar efisiensi removalnya, Tetapi semakin lama waktu tinggal maka semakin besar dalam menyisihkan beban pencemar BOD, sehingga RBC lebih optimal.

### 4.5.3.2 Hubungan antara OLR dengan persentase removal



Gambar 4. 17 Hubungan OLR dengan persentase removal

Berdasarkan gambar 4.18 dapat disimpulkan dari hasil simulasi pada tabel 4.8 dan tabel 4.9 diketahui bahwa rata-rata OLR pada sebesar 0.05972 Kg BOD/m<sup>3</sup>.hari. Artinya RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo memenuhi kriteria yang digunakan yaitu berada pada <4.5 KgBOD/m<sup>3</sup>.hari (Rochman, R.T. 2017). OLR pada RBC IPAL Komunal Ngudi Mulyo sudah cukup baik dalam mengolah beban organik. Sehingga dari hasil simulasi pemodelan didapatkan kesimpulan pada skenario 2 dengan disusun secara seri efisiensi removal yang dihasilkan besar yaitu 76%. Semakin besar efisiensi removalnya maka semakin kecil OLRnya. Terbukti bahwa dengan simulasi pemodelan menggunakan STOAT dapat menurunkan OLR sesuai dengan kriteria desain.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan pembahasan di atas, peneliti menyimpulkan sesuai tujuan penelitian yaitu:

1. Dari hasil evaluasi aspek teknis, diketahui terdapat beberapa parameter yang tidak memenuhi kriteria desain yaitu HRT dengan rata-rata sebesar 1 jam, HLR dengan rata-rata sebesar 198 L/m<sup>2</sup>.hari, G. Value sebesar 9.5 L/m<sup>2</sup> sedangkan untuk OLR dengan rata-rata sebesar 0.065 KgBOD/m<sup>3</sup>.hari, SLR dengan rata-rata sebesar 6.5 g/m<sup>2</sup>.hari dan Rasio BOD/COD dengan rata-rata sebesar 0.4 mg/L telah memenuhi kriteria desain. Diketahui bahwa RBC yang dikembangkan oleh PUSTEKLIM memiliki kriteria desain sendiri sehingga tidak mengacu pada kriteria desain Lampiran II PermenPUPR Nomor 04 Tahun 2017. Artinya desain RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo berbeda dengan desain RBC konvensional lainnya. Meskipun desain RBC pada IPAL Komunal Ngudi Mulyo berbeda, RBC tersebut mampu menyisihkan efisiensi beban pencemar parameter BOD dan COD sesuai dengan standar baku mutu.
2. Berdasarkan hasil simulasi model RBC pada STOAT, dapat disimpulkan bahwa HRT, debit, dan susunan unit pengolahan sangat berpengaruh terhadap kinerja RBC. Pada IPAL Ngudi Mulyo, efisiensi penyisihan berdasarkan variasi HRT 0.5 jam – 13 jam pada RBC paralel mencapai 59%-67%. Sedangkan pada RBC seri efisiensi penyisihan mencapai 70%-75%. Jika dibandingkan, performa RBC seri bekerja lebih baik dibandingkan dengan RBC paralel walaupun sudah dilakukan optimasi pada HRT pengolahannya.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan kinerja RBC diantaranya :

1. Dapat dilakukan penyesuaian debit air limbah dengan menaikkan besar debit pengolahan yang masuk sesuai kapasitas pengolahan unit RBC, sehingga HRT yang dihasilkan sesuai dengan kriteria desain Lampiran II PermenPUR.
2. Berdasarkan hasil pemodelan, unit RBC dapat disusun secara seri untuk mendapatkan kualitas effluent yang lebih baik. Dengan melakukan optimasi HRT pengolahan hingga mendapatkan efisiensi penyisihan mencapai yang diharapkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Atieh Ebrahim, Ghasem D. NAjafpour, Michael Anazadeh, Mohammad Gavami. 2018. Optimization of Whey Treatment in Rotating Biological Contactor: Application of Taguchi Method. Iranian Journal Of Energy & Environment.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Angka 2023. Penerbit Badan Pusat Statistik Provinsi D.I. Yogyakarta.Yogyakarta.
- Ebrahimi, A., M. Asadi, and G. D. Najafpour. 2009. "Dairy Wastewater Treatment Using Three-Stage Rotating Biological Contactor (RBC)". IJE Transactions B: Application 2: 107-114.
- Ekarini, F. D. (2021). Analisis Kualitas Air Tanah Terhadap Keberadaan Ipal Komunal Dengan Metode Inverse Distance Weighting (IDW) Di Kecamatan Ngaglik, Yogyakarta.
- Fair, G. M., J. C. Geyer, D. A. Okun. 1981. Water and Wastewater Engineering. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Hassan, H. H., & Mostafa, M. E. (2019). Improving the performance of SBR WWTP under the effect of organic shock load using STOAT software. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 20(2), 68-74.
- Hassard, F., Biddle, J., Cartmell, E., Jefferson, B., Tyrrel, S., Stephenson, T., 2015. Rotating biological contactors for wastewater treatment – A review. *Process Saf. Environ. Prot.* 94, 285–306.
- Hastuti E., Nuraeni, R., Darwati, S., 2017, Pengembangan proses pada sistem anaerobic baffled reactor untuk memenuhi baku mutu air limbah, *Jurnal Permukiman*, 12(2), 70-79.

- Irfan, M.; Waqas, S.; Arshad, U.; Khan, J.A.; Legutko, S.; Kruszelnicka, I.; Ginter-Kramarczyk, D.; Rahman, S.; Skrzypczak, A. Response surface methodology and artificial neural network modelling of membrane rotating biological contactors for wastewater treatment. *Materials* 2022, 15, 1932.
- Karia, G.L., Christian.R.A. (2013). *Waste Water Treatment Concepts and Design Approach Second Edition*. Delhi: PHI Learning Private Limited.
- Karyadi, L. 2010. *Partisipasi Masyarakat Dalam Program Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Komunal Di Rt 30 Rw 07 Kelurahan Warungboto, Kecamatan Umbulharjo, Kota Yogyakarta*. Skripsi. Fakultas Ilmu Sosial Dan Ekonomi Universitas Negeri Yogyakarta.
- Lampiran II PERMEN PUPR Nomor 04 Tahun 2017 Tentang Penyelenggaraan Sistem Pengelolaan Air Limbah Domestik.
- Lee, J.; Ahn, W.-Y.; Lee, C.-H. Comparison of the filtration characteristics between attached and suspended growth microorganisms in submerged membrane bioreactor. *Water Res.* 2001, 35, 2435–2445.
- Mayanti, Tri., Euis, j., Yurita, P.A. 2010. *Isolasi dan karakterisasi Senyawa Antibakteri dari Fraksi Etil Asetat Kulit Batang Lansium Domesticum corr. CV kokossam*. Artikel Ilmiah Jurusan Kimia FMIPA Unpad. Bandung.
- Metcalf and Eddy. (1991). *Wastewater and Engineering 3rd ed, McGraw Hill. International Engineering*. Singapore.
- Najafpour, G. D., A. A. L. Zinatizadeh, and L. K. Lee. 2006. “Performance of A Three-Stage Aerobic RBC Reactor in Food Canning Wastewater Treatment”. *Biochemical Engineering Journal* no. 30: 297-302.
- Nasr, F. A., Doma, H. S., & Nassar, H. F. (2009). Treatment of domestic wastewater using an anaerobic baffled reactor followed by a duckweed pond for agricultural purposes. *The Environmentalist*, 29, 270-279.



- Rajurkar, N.S., Nongbri, B. and Patwardhan, A.M. (2003) Water Quality Status of River Umkhrah at Shillong. *International Journal of Environment and Pollution*, 23, 990-998.
- Rochman, R.T. (2017). Perancangan Ipal Medis Dengan Teknologi Anaerobic Filter Dan Rotating Biological Contactor Di Rumah Sakit Kelas B Surabaya. *Jurnal Tugas Akhir*, 74-76.
- Rongjun Su, Guangshan Zhang, Peng Wang, Shixiong Li, Ryan M. Ravenelle, John C. Crittenden. 2015. Treatment of Antibiotic Pharmaceutical Wastewater Using a Rotating Biological Contactor. *Hindawi Journal of Chemistry*.
- Said, N. I. (2005). Pengolahan air limbah dengan sistem reaktor biologis putar (rotating biological contactor) dan parameter disain. *Jurnal Air Indonesia*, 1(2), 179-182.
- Saikaly, P.; Ayoub, G. Ammonia nitrogen removal in step-feed rotating biological contactors. *Water Air Soil Pollut.* 2003, 150, 177–191.
- Sugiyono. (2017). Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung: Alfabeta.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik.
- Puji Retno Wulandari. 2014. Perencanaan Pengolahan Air Limbah Sistem Terpusat (Studi Kasus Di Perumahan PT. Pertamina Unit Pelayanan III Plaju-Sumatera Selatan). Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan.
- PUSTEKLIM. (2014). *Manual Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah*. Yogyakarta.
- Putri, A. S. 2013. Rancangan Unit Instalasi Pengolahan Air Limbah dengan Pengolahan Biologis Attached Growth. *Tugas Akhir. IPB, Bogor*, 31-33.

- Tang Yun-lu, Liu Dong-fang, Meng Xian-rong, Yu Jie, Wang Jin, Liu Yu-xing, Li Kexun, James Lander. 2012. Performance of a modified RBC system in simulated municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*.
- Tchobanoglous, G., F. L. Burton, and H. D. Stensel. 2002. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 4th. New York City: McGraw Hill Higher Education.
- Tchobanoglous, G, F L Burton, dan H D Stensel, 2003, *Wastewater Engineering: Treatment and Use*, McGraw Hill, New York.
- Tsukasa Ito, Toru Aoi, Naoki Miyazato, Masashi Hatamoto. 2019. Diversity and abundance of denitrifying bacteria in a simultaneously nitrifying and denitrifying rotating biological contactor treating real wastewater at low temperatures.
- Wang, W., Shi, C., Yang, J., Zeng, M., Dai, Z., & Zhang, Z. (2019, July). Modelling performance of oxidation ditch in wastewater treatment plant by STOAT software. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 300, No. 3, p. 032065)*. IOP Publishing.
- V. Singh, A. K. Mittal. 2012. Characterization of biofilm of a rotating biological contactor treating synthetic wastewater. *Water Science and Technology*  
DOI: <https://doi.org/10.2166/wst.2012.221>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Hasil Analisis Uji Laboratorium dan Lapangan

#### Lampiran 1. 1 Hasil Uji Lapangan IPAL Ngudi Mulyo

Tanggal	Hari Ke -	pH		Suhu		DO	
		Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
23 Juli 2023	1	6.99	7.38	29	29	0.06	0.99
24 Juli 2023	2	7.38	7.45	28	28	0.07	1.00
25 Juli 2023	3	7.15	7.76	28	29	0.51	1.29
Rata-rata		7.17	7.53	28	29	0.21	1.09

#### Lampiran 1. 2 Hasil Uji Laboratorium IPAL Ngudi Mulyo

Tanggal	Hari Ke -	BOD5		Efisiensi Removal	COD		Efisiensi Removal
		Inlet	Outlet		Inlet	Outlet	
23 Juli 2023	1	38	13	66%	96	48	50%
24 Juli 2023	2	34	15	56%	91	44	52%
25 Juli 2023	3	25	11	56%	87	38	56%
Rata-rata		32	13	61%	91	43	53%

#### Lampiran 1. 3 Hasil Pengukuran Debit IPAL Ngudi Mulyo

Tanggal	Hari Ke	Waktu	V (m <sup>3</sup> )	T (s)	Q (m <sup>3</sup> /s)	Qrata- rata (m <sup>3</sup> /s)	Qrata- rata (m <sup>3</sup> /jam)	Qrata- rata (m <sup>3</sup> /hari)
23 Juli 2023	1	07.00	0.0300	38.8	0.000773	0.000600	2.16	51.8
		12.00	0.0300	80.4	0.000373			
		16.00	0.0300	45.9	0.000654			
24 Juli 2023	2	07.00	0.0300	40.5	0.000741	0.000584	2.10	50.5
		12.00	0.0300	71.9	0.000417			
		16.00	0.0300	50.4	0.000595			
25 Juli 2023	3	07.00	0.0300	41.9	0.000716	0.000555	2.00	48.0
		12.00	0.0300	73.7	0.000407			
		16.00	0.0300	55.3	0.000542			
Rata-rata						0.000580	2.09	50.1

#### Lampiran 1. 4 Perhitungan Debit Pengukuran Secara Langsung

##### 1. Perhitungan debit (Hari ke 1) :

Diketahui :

- Volume ember = 30 liter =  $0.0300 \text{ m}^3$
- $Q_1$  (07.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{38.8 \text{ s}} = 0.000773 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_2$  (12.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{80.4 \text{ s}} = 0.000373 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_3$  (16.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{45.9 \text{ s}} = 0.000654 \text{ m}^3/\text{s}$

Debit rerata harian maksimum :

$$\begin{aligned} \text{Debit Rerata } (Q) &= \frac{0.000773 + 0.000373 + 0.000654}{3} = 0.000600 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 5.18 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

##### 2. Perhitungan debit (Hari ke 2) :

Diketahui :

- Volume ember = 30 liter =  $0.0300 \text{ m}^3$
- $Q_1$  (07.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{40.5 \text{ s}} = 0.000741 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_2$  (12.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{71.9 \text{ s}} = 0.000417 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_3$  (16.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{50.4 \text{ s}} = 0.000595 \text{ m}^3/\text{s}$

Debit rerata harian maksimum :

$$\begin{aligned} \text{Debit Rerata } (Q) &= \frac{0.000741 + 0.000417 + 0.000595}{3} = 0.000584 \text{ m}^3/\text{s} \\ &= 5.05 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

##### 3. Perhitungan debit (Hari ke 3) :

Diketahui :

- Volume ember = 30 liter =  $0.0300 \text{ m}^3$
- $Q_1$  (07.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{41.9 \text{ s}} = 0.000716 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_2$  (12.00 WIB) =  $\frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{73.7 \text{ s}} = 0.000407 \text{ m}^3/\text{s}$

- $Q_3 (16.00 \text{ WIB}) = \frac{v}{t} = \frac{0.0300 \text{ m}^3}{55.3 \text{ s}} = 0.000542 \text{ m}^3/\text{s}$

Debit rerata harian maksimum :

$$\text{Debit Rerata } (Q) = \frac{0.000716 + 0.000407 + 0.000542}{3} = 0.000555 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$= 48.0 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Lampiran 1. 5 Hasil Pengukuran Aspek Teknis RBC Ngudi Mulyo

Tanggal	Hari Ke	HRT	OLR	HLR	SLR	G.Value	Rasio BOD/COD
23 Juli 2023	Hari ke 1	1	0.821	205	7.8		0.4
24 Juli 2023	Hari ke 2	1	0.725	200	6.9	9.5	0.4
25 Juli 2023	Hari ke 3	1	0.500	190	4.7		0.3
	Rata-rata	1	0.682	198	6.5		0.4

## Lampiran 2 Pengukuran dan Pengambilan Sampel

### Lampiran 2. 1 Pengukuran Debit Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo



### Lampiran 2. 2 Uji Lapangan parameter pH, Suhu, dan DO



Lampiran 2. 3 Pengukuran Dimensi Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo



Lampiran 2. 4 Pengambilan Sampel Uji Air Limbah IPAL Ngudi Mulyo



### Lampiran 3 Kondisi Eksisting RBC dan IPAL Komunal Ngudi Mulyo

Lampiran 3. 1 Kondisi Eksisting RBC IPAL Ngudi Mulyo



Lampiran 3. 2 Kondisi Eksisting IPAL Ngudi Mulyo







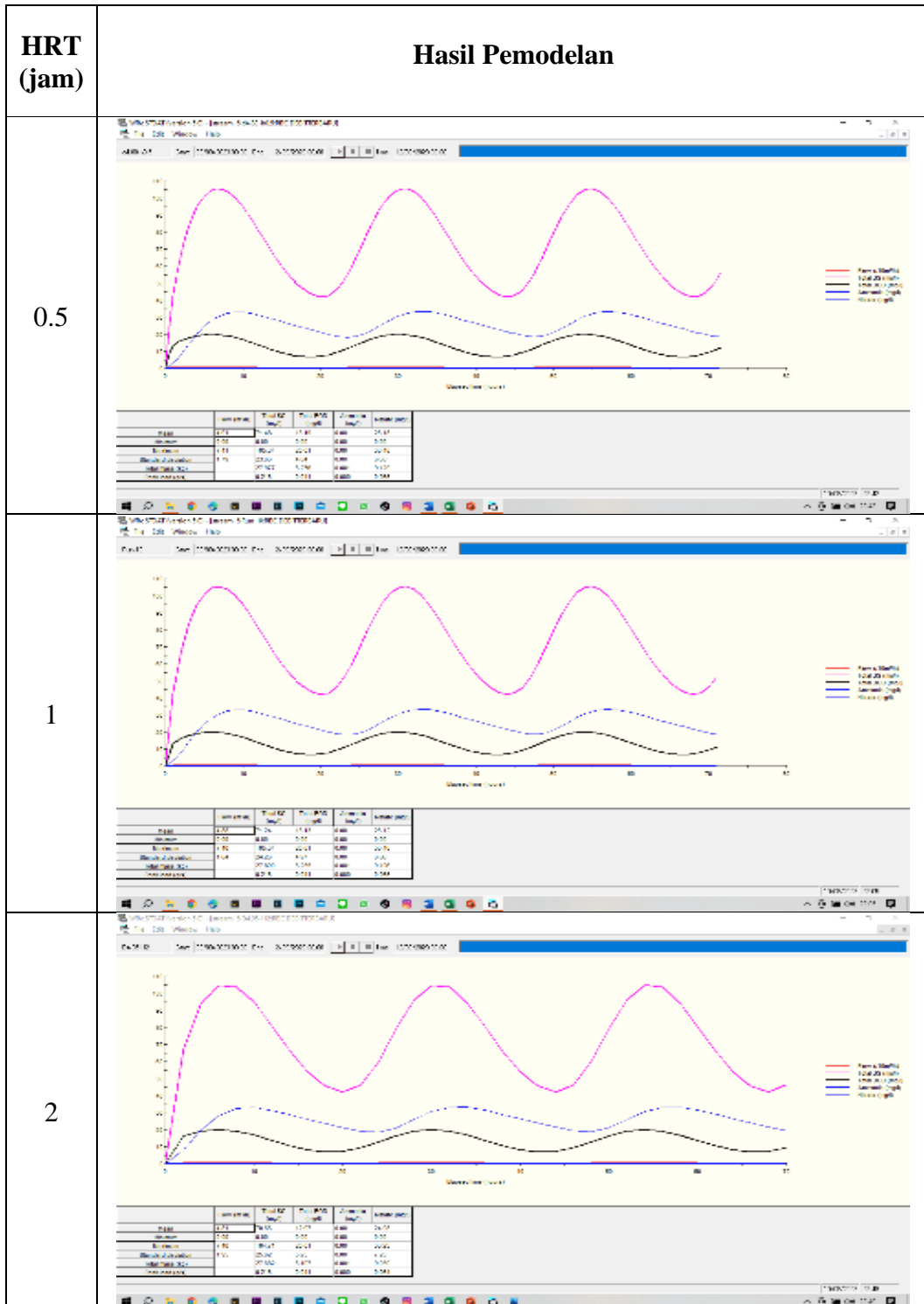
## Lampiran 4 Uji Parameter BOD di Laboratorium

### Lampiran 4. 1 Uji Parameter BOD



## Lampiran 5 Pemodelan STOAT

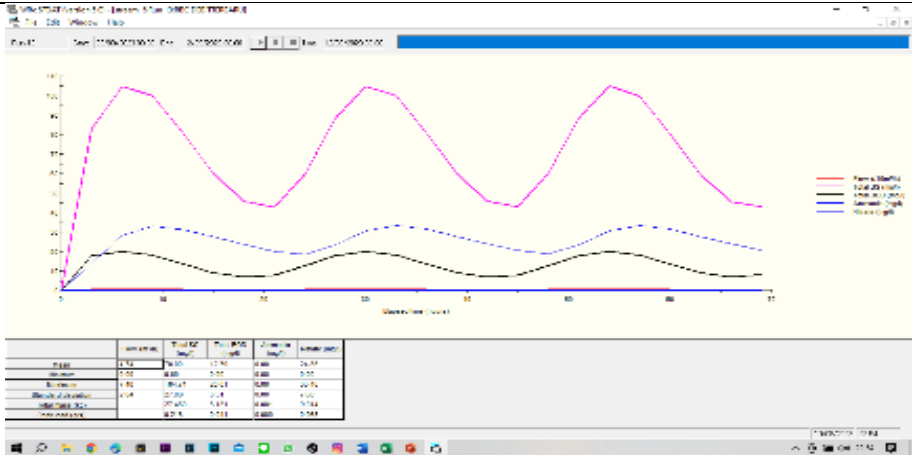
### Lampiran 5. 1 Hasil Pemodelan Secara Paralel



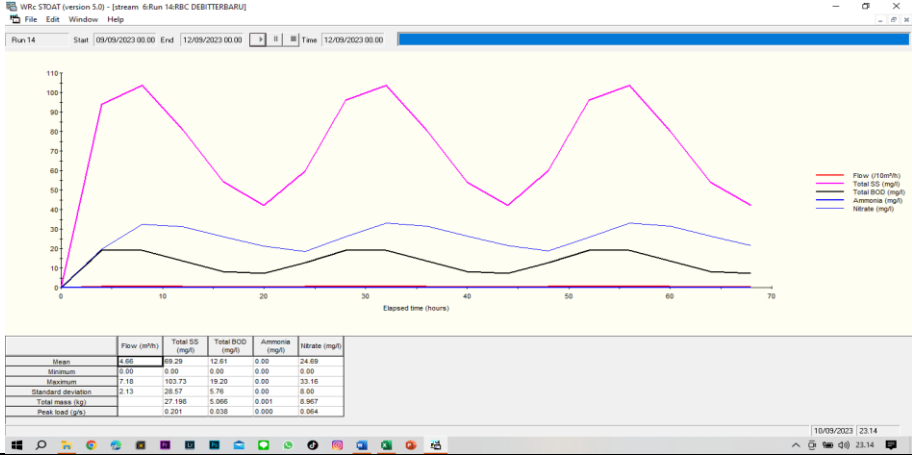
**HRT  
(jam)**

**Hasil Pemodelan**

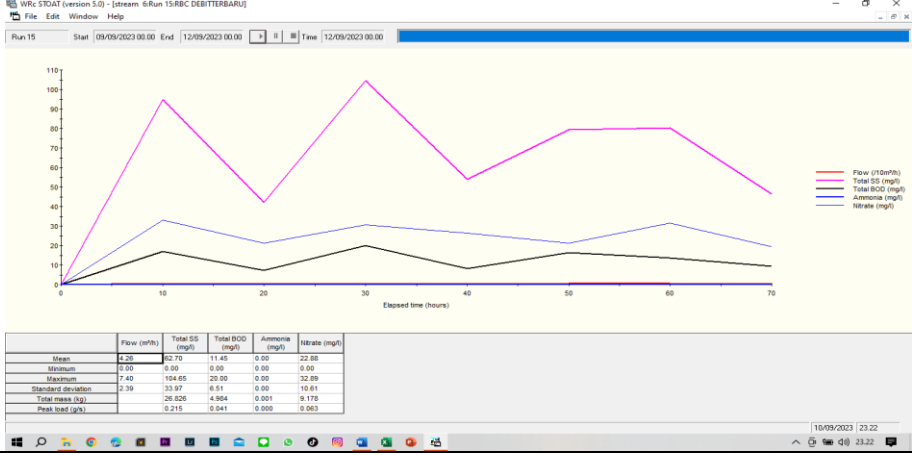
3



4



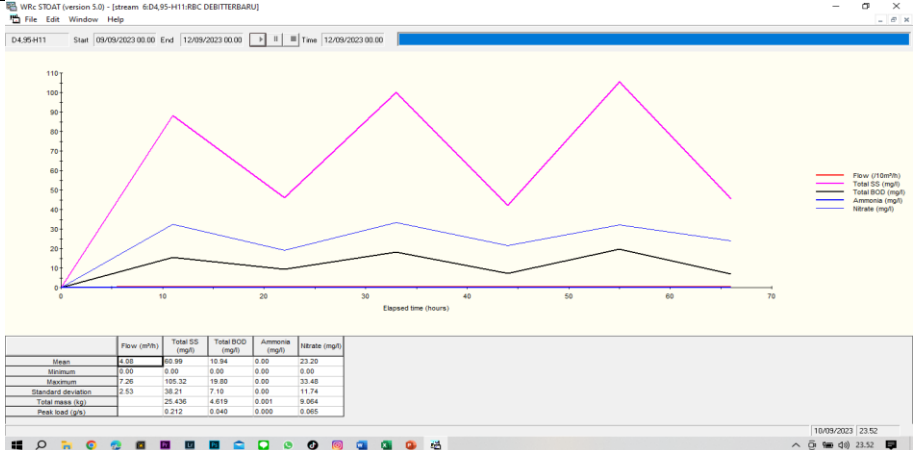
10



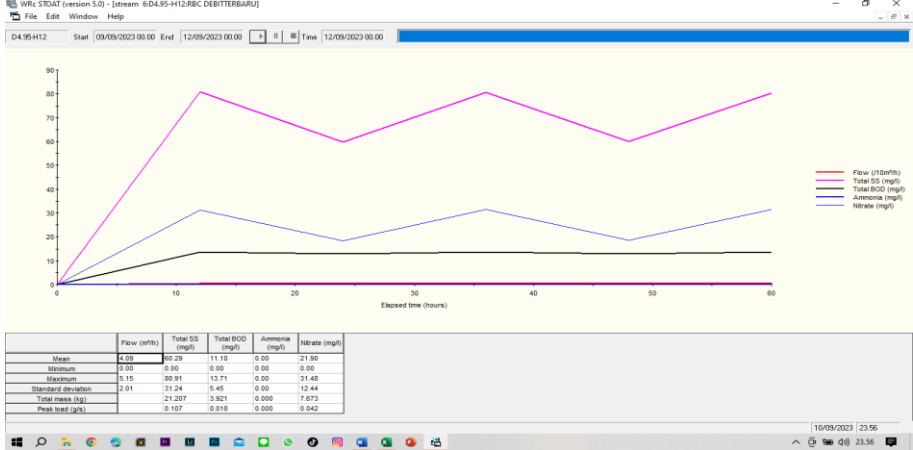
**HRT  
(jam)**

**Hasil Pemodelan**

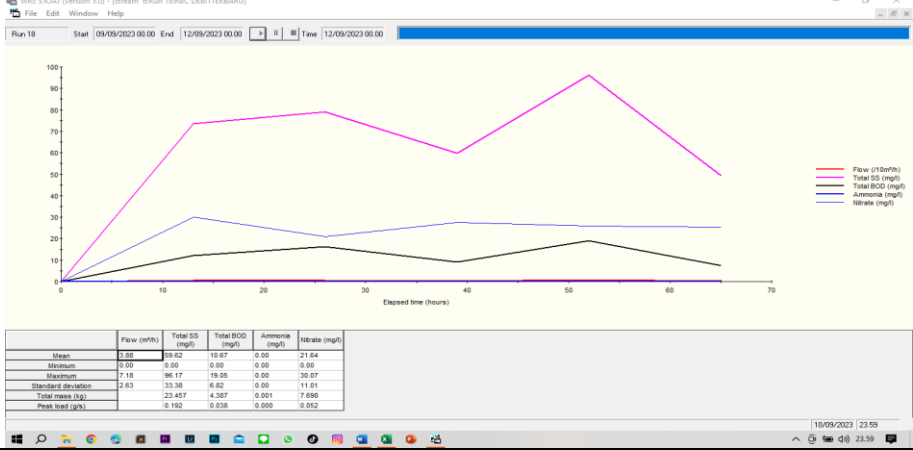
11



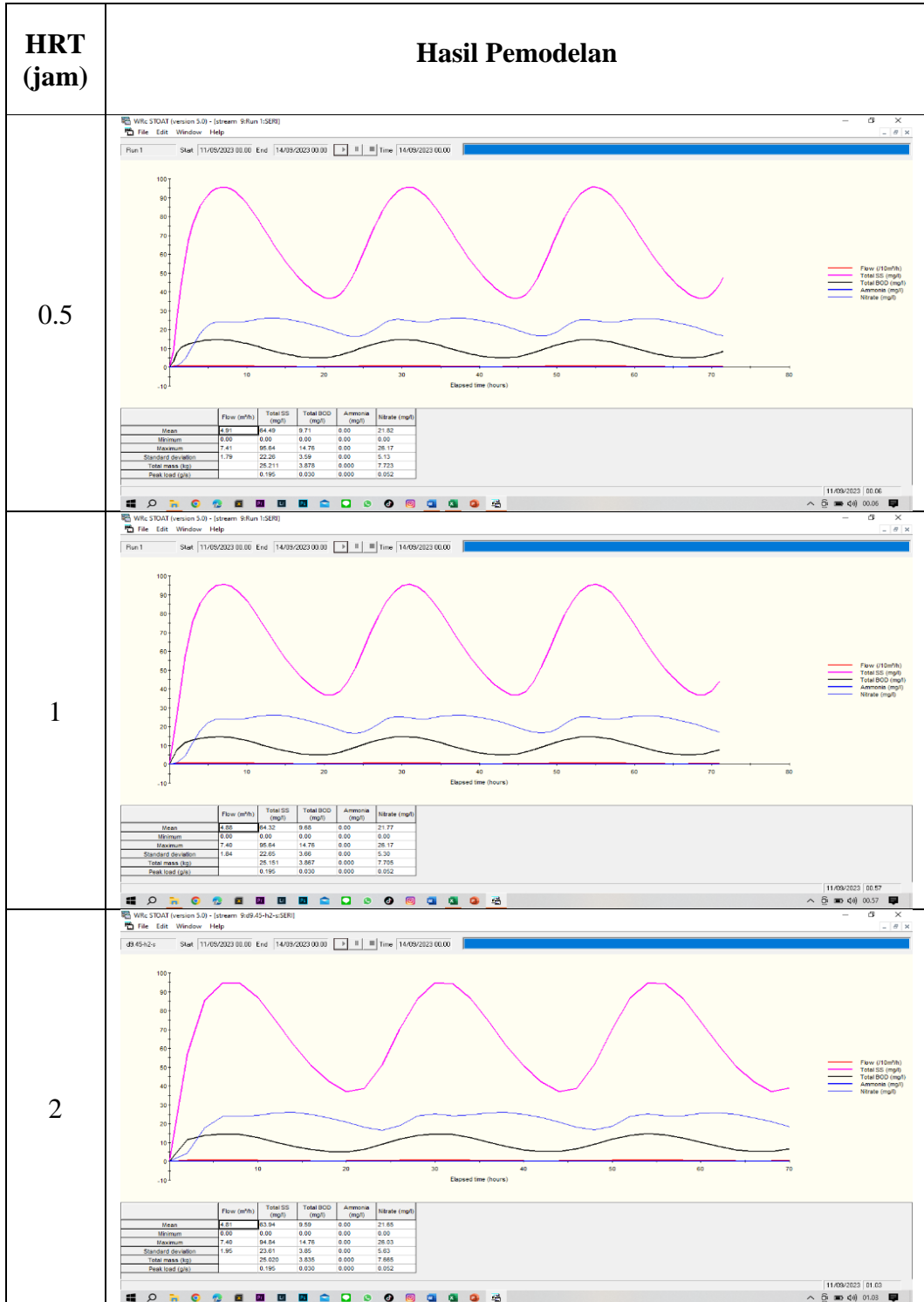
12

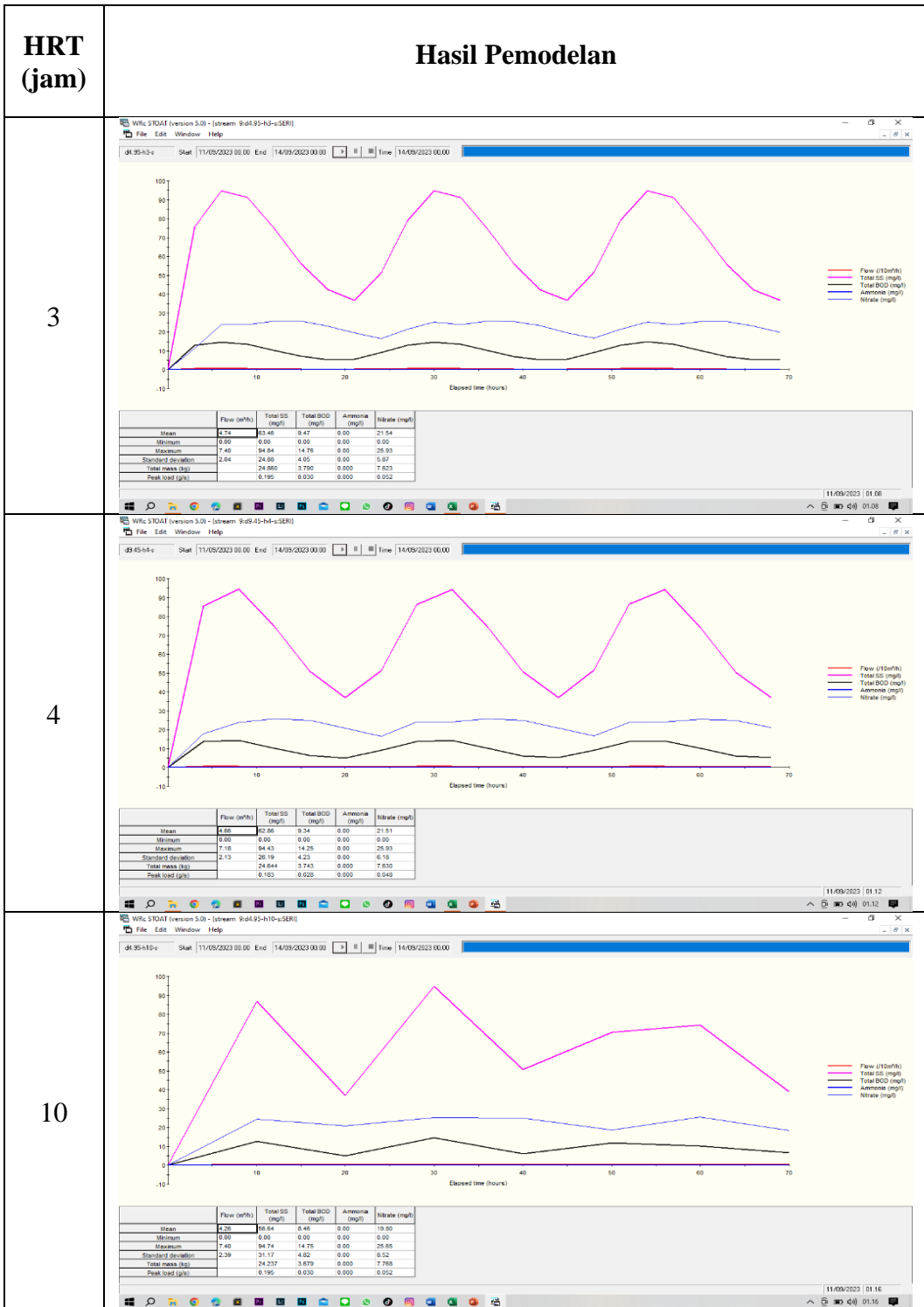


13



Lampiran 5. 2 Hasil Pemodelan Secara Seri

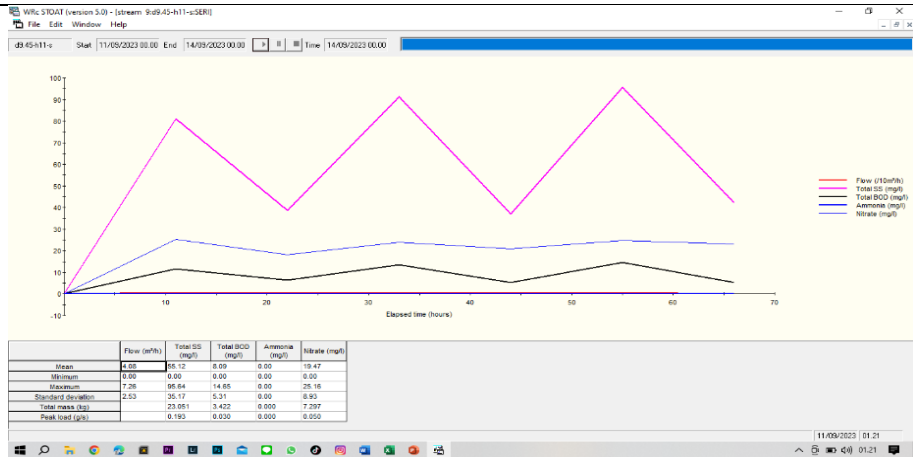




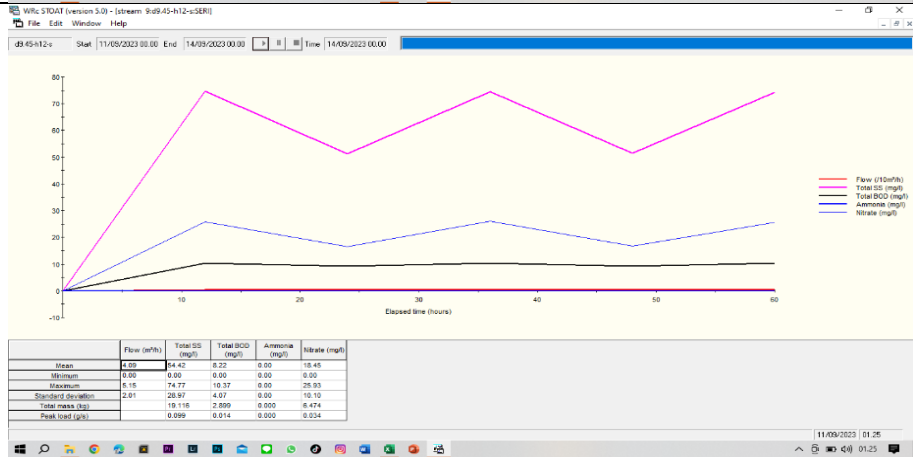
**HRT  
(jam)**

**Hasil Pemodelan**

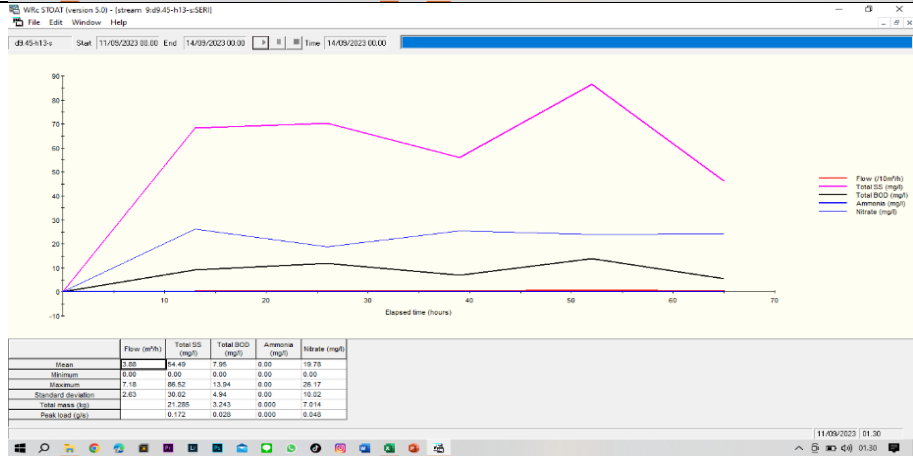
11



12



13





## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis tugas akhir ini bernama Rahmawati Fauziah yang lahir di Cirebon, 31 Oktober 2000. Penulis merupakan anak terakhir dari tiga bersaudara. Ayah penulis bernama Achmad Faozan dan Ibu penulis bernama Sri Murni. Pada masa perkuliahan penulis juga aktif dalam bidang akademik maupun non-akademik. Dalam bidang non akademik penulis pernah menjabat divisi HRD pada organisasi LABMA. Dalam bidang akademik penulis pernah menjadi asisten laboratorium pada praktikum kimia lingkungan (2022) dan praktikum teknik lingkungan II (2022), menjadi asisten tugas besar untuk mata kuliah drainase dan sewerage dan asisten persampahan (2022), serta menjadi tutor mekanika fluida (2020).