

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN AYAM
DENGAN KOMBINASI METODE AERASI TERDIFUSI DAN BIOSAND
FILTER**

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

AFRILIA IZKA PUTRI

NIM. 190702038

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN
AYAM DENGAN KOMBINASI METODE AERASI TERDIFUSI
DAN BIOSAND FILTER**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana dalam ilmu Teknik Lingkungan

Diajukan Oleh:

AFRILIA IZKA PUTRI

NIM. 190702038

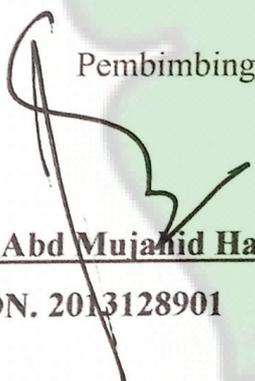
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 13 Juli 2023

Telah diperiksa dan disetujui Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.

NIDN. 2013128901


Arief Rahman, M.T.

NIDN. 2010038901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh



Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR RUMAH PEMOTONGAN AYAM DENGAN KOMBINASI METODE AERASI TERDIFUSI DAN *BIOSAND* FILTER

TUGAS AKHIR

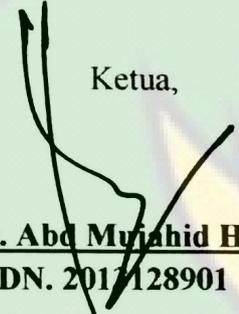
Telah Diuji oleh Panitia Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)

Pada Hari/Tanggal : Selasa, 25 Juli 2023
07 Muharram 1445

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi:

Ketua,

Sekretaris,


Dr. Abd. Mujahid Hamdan, M.Sc
NIDN. 2017128901


Arief Rahman, M.T
NIDN. 2010038901

Penguji I,

Penguji II,

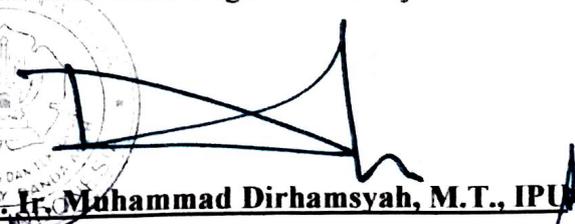

Dr. Eng. Nur Aida, M.Si
NIDN. 2016067801


Aulia Rohendi, M.Sc
NIDN. 2010048202

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. H. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Afrilia Izka Putri
NIM : 190702038
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam
Dengan Kombinasi Metode Aerasi Terdifusi Dan *Biosand*
Filter

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data; dan
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 25 Juli 2023

Yang Menyatakan


Afrilia Izka Putri



ABSTRAK

Nama : Afrilia Izka Putri
NIM : 190702038
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam dengan Kombinasi Metode Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter
Tanggal Sidang : 25 Juli 2023
Jumlah Halaman : 104 Halaman
Pembimbing I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.
Kata Kunci : limbah cair RPA, Aerasi Terdifusi, *Biosand* Filter

Meningkatnya kegiatan pemotongan ayam akan berdampak pada peningkatan terhadap limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair dari RPA yang dihasilkan dapat merusak lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi kadar pencemar agar layak dibuang ke lingkungan. Salah satu metode pengolahan air limbah adalah dengan kombinasi perlakuan aerasi terdifusi dan *biosand* filter. Aerasi terdifusi mampu mempercepat penurunan bahan organik dan anorganik di dalam air limbah. *Biosand* filter merupakan suatu filter yang dikembangkan dari konsep saringan pasir lambat dengan kelebihan yaitu adanya pertumbuhan lapisan mikroorganisme (*biofilm*) di atas permukaan media filter. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi metode aerasi terdifusi dan biosand filter mampu menurunkan kadar COD, TSS, TDS, kekeruhan dan meningkatkan DO serta mengubah nilai pH. Penurunan tertinggi kadar polutan pada variasi waktu optimum diantara masing-masing metode pada variasi waktu kontak aerasi terdifusi selama 150 menit dan waktu tinggal pada reaktor *biosand* filter selama 5 hari dengan persentase penurunan nilai COD sebesar 85%, persentase penurunan kadar TSS sebesar 54%, persentase penurunan TDS sebesar 93%, persentase penurunan kadar kekeruhan sebesar 96%, nilai pH mengalami peningkatan dari 7 sampai 8,5, serta nilai DO mengalami peningkatan dari 2,6 sampai 6,0 mg/l. Dapat disimpulkan bahwa kombinasi metode aerasi terdifusi dan *biosand* filter dapat menurunkan kadar pencemar secara signifikan.

ABSTRACT

Name : Afrilia Izka Putri
Student ID Number : 190702038
Department : Environmental Engineering
Title : *Processing of Chicken Slaughterhouse Liquid Waste with a Combination of Diffused Aeration and Biosand Filter Methods*
Date of Session : 25 July 2023
Number of Page : 104
Advisor I : Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : *Chicken slaughterhouse wastewater, Diffused Aeration, Biosand Filter*

The increase in chicken slaughtering activities will lead to an increase in the generated liquid waste. The liquid waste generated from poultry processing can harm the environment if not treated. Therefore, research needs to be conducted to reduce pollutant levels so that it can be safely discharged into the environment. One method of wastewater treatment is the combination of diffused aeration and biosand filtration. Diffused aeration is capable of accelerating the reduction of organic and inorganic substances in wastewater. A biosand filter is a filter developed from the concept of slow sand filtration, with its advantage being the presence of a growth layer of microorganisms (biofilm) on the surface of the filter media. The experimental results indicate that the combination of diffused aeration and biosand filtration methods can reduce levels of COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solids), TDS (Total Dissolved Solids), turbidity, while increasing dissolved oxygen (DO) and altering the pH value. The highest reduction in pollutant levels occurred at the optimum time for each method, with a diffused aeration contact time of 150 minutes and a residence time in the biosand filter reactor of 5 days. The percentage reduction in COD was 85%, TSS was 54%, TDS was 93%, turbidity was 96%, pH increased from 7 to 8.5, and DO increased from 2.6 to 6.0 mg/L. It can be concluded that the combination of diffused aeration and biosand filtration methods can significantly reduce pollutant levels.

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah swt, yang telah melimpahkan nikmat dan karunia-Nya yang tidak terhingga, diantaranya nikmat Iman dan kesehatan. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad saw, yang telah mengubah tatanan hidup manusia kearah yang lebih baik dari zaman sebelumnya. Dengan segala rasa sabar dan syukur penulis sampaikan kepada Sang Khalik sehingga penulis dapat menyusun tugas akhir dengan judul **“Pengolahan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam dengan Kombinasi Metode Aerasi Terdifusi Dan *Biosand Filter*”**

Tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal walaupun berbagai kesulitan dan hambatan mulai dari studi literatur yang kurang memadai, observasi, pengerjaan di lapangan sehingga pengolahan data maupun proses penulisannya. Namun dengan semangat dan kerja keras dan tentunya selalu berdoa kepada Allah SWT, akhirnya tugas akhir ini dapat penulis selesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang terlibat, yakni:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc, selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
3. Bapak Aulia Rohendi, M.Sc, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
4. Dr. Eng. Nur Aida, M.Si, selaku dosen pembimbing akademik penulis yang telah memberikan arahan selama proses perkuliahan penulis.
5. Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc, selaku dosen pembimbing I tugas akhir yang telah berkenan untuk mengarahkan dan membimbing penulis dalam penulisan tugas akhir ini.
6. Bapak Arief Rahman, M.T, selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan tugas akhir dan ketua laboratorium Program Studi Teknik Lingkungan FST UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

7. Ibu Firda Elvisa, S.E, dan Ibu Nurul Huda, S.Pd yang telah membantu dalam proses administrasi.
8. Kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Kaharuddin dan Ibunda Rainawati yang tidak pernah berhenti memberikan doa, senantiasa mendukung baik secara moril maupun material dalam pembuatan tugas akhir ini, sehingga penulis diberikan kemudahan dalam setiap proses yang telah penulis lalui selama pengerjaan tugas akhir ini.
9. Kepada saudari – saudara penulis yaitu Sri Rahayu, S.Pt., M.P., Nining Devitri, M.Pd., Septria Al Husna, S.Pd., Hery Saputra, M.Pd dan Ryandi Putra, Amd.T yang telah memberikan motivasi, materi dan semangat kepada penulis agar segera menyelesaikan tugas akhir ini secepatnya.

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis terkhususnya. Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritikan dan saran yang membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 18 Februari 2023

Penulis,

Afrilia Izka Putri

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam (RPA).....	7
2.2 Karakteristik Limbah Cair RPA.....	9
2.2.1 Karakteristik Fisik.....	9
2.2.2 Karakteristik Kimia.....	10
2.2.3 Karakteristik Biologi.....	10
2.3 Aerasi Terdifusi.....	11
2.4 <i>Biosand</i> Filter	12
2.4.1 Bioball.....	14
2.4.2 Pasir Pantai.....	15
2.4.3 Pasir Kuarsa	15
2.4.4 Kerikil	16
2.5 Penelitian Terdahulu	17

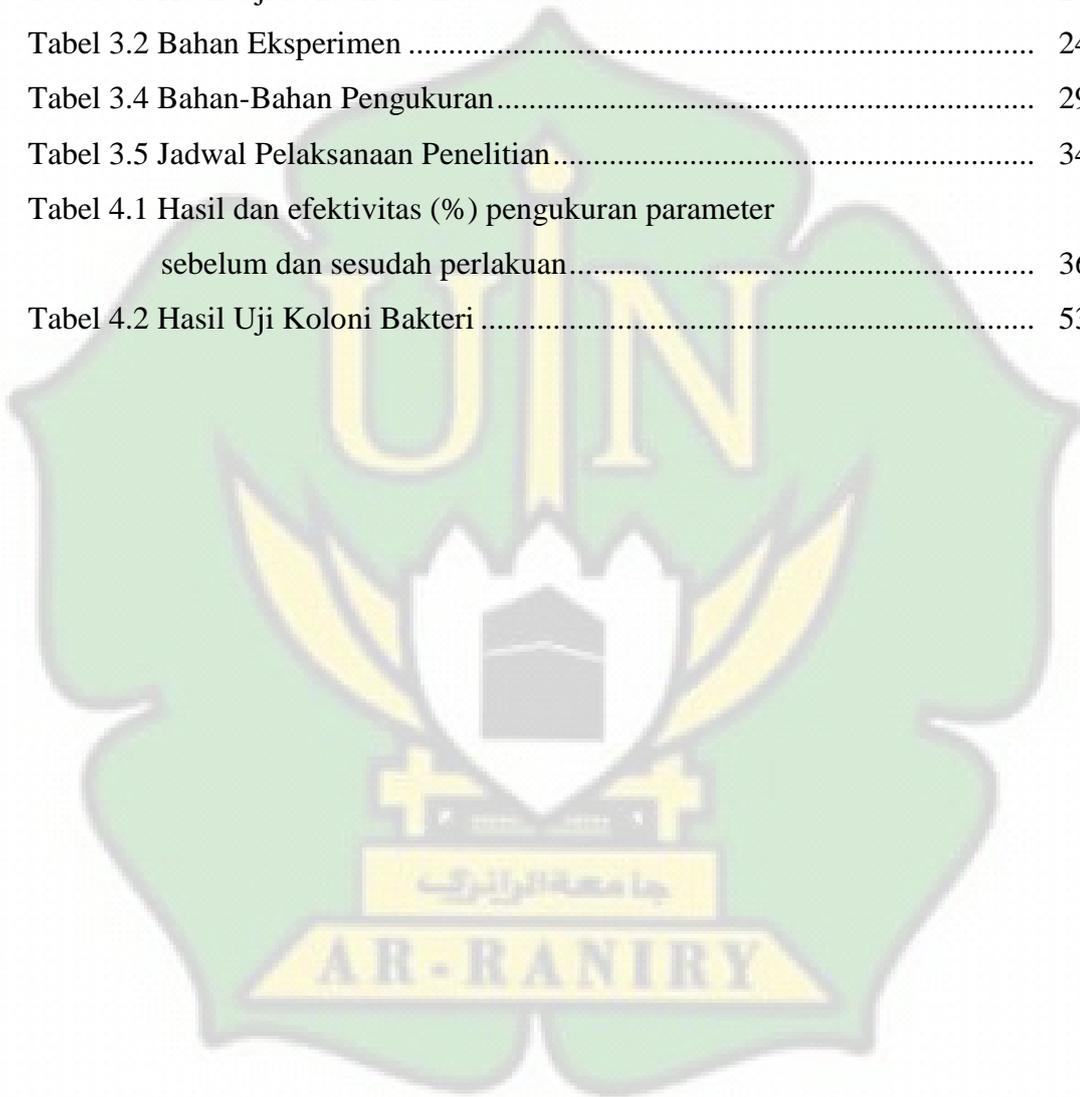
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1 Tahapan Umum Penelitian.....	20
3.2 Pengambilan Sampel.....	21
3.2.1 Lokasi dan Pengambilan Sampel	21
3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel.....	22
3.3 Hasil Uji Pendahuluan.....	23
3.4 Eksperimen.....	24
3.4.1 Bahan Eksperimen	24
3.4.2 Desain Reaktor	25
3.4.3 Desain Eksperimen.....	26
3.4.4 Proses Pembiakan Mikroorganisme (<i>Seeding</i>)	27
3.4.5 Prosedur Eksperimen	27
3.5 Pengukuran Parameter Limbah Cair RPA	29
3.5.1 Bahan	29
3.5.2 Prosedur Pengukuran	29
3.6 Analisis Data	32
3.6.1 Efektivitas	32
3.6.2 Analisis Statistik	32
3.7 Waktu Pelaksanaan Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Hasil	35
4.2 Pembahasan.....	38
4.2.1 Aerasi Terdifusi.....	38
4.2.2 Biosand Filter	47
4.2.3 Kombinasi Aerasi Terdifusi dan <i>Biosand</i> Filter	53
BAB V PENUTUP.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Penyembelihan Ayam	1
Gambar 1.2 Mekanisme Kontaminasi Bakteri Patogen	3
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	21
Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel	22
Gambar 3.3 Lokasi Rumah Pemotongan Ayam (RPA)	22
Gambar 3.4 Reaktor Aerasi	25
Gambar 3.5 Desain <i>Biosand</i> Filter	26
Gambar 3.6 Skema Eksperimen	27
Gambar 4.2 Grafik Peningkatan Kadar pH	38
Gambar 4.3 Grafik Penurunan Kadar COD	39
Gambar 4.4 Grafik Penurunan Kadar TSS	41
Gambar 4.5 Grafik Peningkatan Kadar DO	42
Gambar 4.6 Grafik Peningkatan Kadar Kekeruhan	44
Gambar 4.7 Grafik Penurunan Kadar TDS	45
Gambar 4.8 Grafik Peningkatan Nilai pH	47
Gambar 4.9 Grafik Penurunan Kadar COD	48
Gambar 5.0 Grafik Penurunan Kadar TSS	49
Gambar 5.1 Grafik Peningkatan Nilai DO	50
Gambar 5.2 Grafik Penurunan Kadar Kekeruhan	51
Gambar 5.3 Grafik Penurunan Kadar TDS	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair RPA	9
Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu	18
Tabel 3.1 Hasil Uji Pendahuluan	23
Tabel 3.2 Bahan Eksperimen	24
Tabel 3.4 Bahan-Bahan Pengukuran.....	29
Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	34
Tabel 4.1 Hasil dan efektivitas (%) pengukuran parameter sebelum dan sesudah perlakuan.....	36
Tabel 4.2 Hasil Uji Koloni Bakteri	53



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Lambang	Kepanjangan	Halaman
COD	<i>Chemical Oxygen Demand</i>	2
BOD	<i>Biological Oxygen Demand</i>	2
TSS	<i>Total Suspended Solid</i>	2
RPA	Rumah Pemotongan Ayam	7
pH	<i>Power of Hydrogen</i>	10
DO	<i>Dissolved Oxygen</i>	10
IPAL	Instalasi Pengolahan Air Limbah	21
PVC	Polivinil Klorida	25
TDS	<i>Total Dissolved Solid</i>	30
SNI	Standar Nasional Indonesia	30
H ₂ SO ₄	Asam Sulfat	30
K ₂ Cr ₂ O ₇	Kalium Dikromat	30
NTU	<i>Nephelometric Turbidity Unit</i>	31
TPC	<i>Total Plate Count</i>	32
CFU	<i>Colony Form Unit</i>	32

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut data statistik Kota Banda Aceh pada tahun 2021, penyembelihan ternak ayam terus mengalami peningkatan setiap tahunnya, baik dari pemotongan ayam buras (kampung), ayam ras (petelur), serta ayam ras pedaging (*broiler*). Pada tahun 2018 jumlahnya mencapai 218.659 ekor, tahun 2019 mengalami peningkatan dengan jumlah yang mencapai 243.980 ekor dan pada tahun 2020 terus mengalami peningkatan yang mencapai 315.242 ekor yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Data tersebut menunjukkan bahwa setiap pemotongan ayam baik dari ayam buras, ayam petelur maupun ayam pedaging, berpotensi menghasilkan limbah dan menimbulkan pencemaran apabila tidak diolah dengan benar (BPS Kota Banda Aceh, 2021).



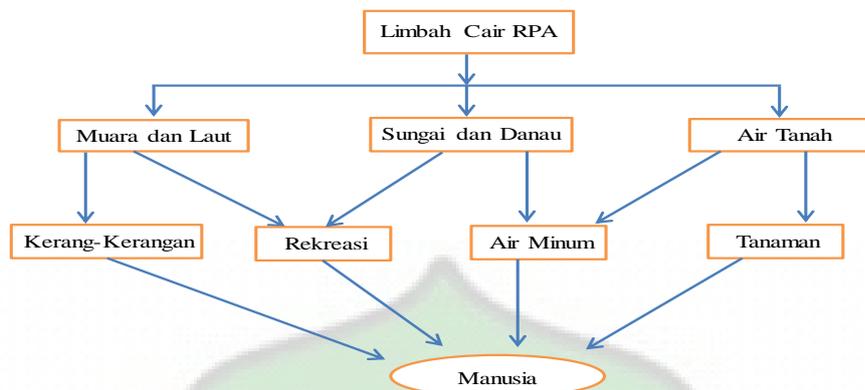
Gambar 1.1 Diagram Penyembelihan Ayam

Aktivitas pemotongan ayam dapat menjadi sumber mata pencaharian masyarakat, sehingga akan mendorong pertumbuhan ekonomi. Disamping dampak positif tersebut, juga terdapat dampak negatif dari rumah pemotongan ayam (RPA) yaitu dapat menghasilkan limbah berupa limbah padat dan limbah cair yang menyebabkan terjadinya pencemaran terhadap lingkungan. Limbah cair

yang dihasilkan oleh RPA bersifat organik seperti air bekas cucian ayam, darah ayam, dan endapan lemak ayam (*sludge*), sehingga limbah cair yang dihasilkan mempunyai parameter *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Total Suspended Solid* (TSS), minyak dan lemak yang sangat tinggi (Ngirfani dan Puspitarini, 2020). Indikator penentuan kualitas air dan air limbah salah satunya adalah jumlah kandungan oksigen terlarut. Semakin tinggi kandungan oksigen terlarut maka kualitas air semakin baik. Akan tetapi, limbah cair RPA memiliki kandungan oksigen terlarut yang rendah, sehingga diperlukan pengolahan untuk memasok oksigen ke dalamnya.

Limbah cair yang dihasilkan RPA dapat berupa isi rumen atau isi lambung, darah, daging dan lemak, serta air cucian ayam yang dijadikan sebagai media bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme, sehingga limbah yang dihasilkan mudah mengalami pembusukan. Limbah cair RPA mengandung bahan organik *biodegradable* dalam jumlah yang tinggi seperti lemak, protein dan selulosa. Sedangkan mikroorganisme yang terkandung dalam limbah cair RPA diantaranya adalah *Bacillus subtilis*, *Bacillus thuringiensis*, dan *Lysinibacillus fusiformis* (Kholif, 2016).

Limbah cair RPA yang tidak diolah dengan benar dapat menimbulkan eutrofikasi dan menimbulkan pertumbuhan mikroorganisme seperti bakteri (Murdiningsih dkk., 2021). Limbah cair RPA juga memiliki kandungan zat pencemar organik yang tinggi serta mengandung mikroorganisme yang bersifat patogen (Wahyu dan Hendrasarie, 2022). Selain itu, mikroorganisme patogen yang terkandung dalam limbah cair RPA menjadi penyebab penyakit seperti tifus, disentri, kolera dan hepatitis (Suwerda dkk., 2022). Mekanisme kontaminasi bakteri patogen ke dalam tubuh manusia digambarkan pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2 Mekanisme Kontaminasi Bakteri Patogen

Berdasarkan studi pendahuluan yang telah dilakukan pada sampel limbah cair RPA di Pasar Tradisional Rukoh, didapatkan hasil pemeriksaan pH adalah 6,6, kadar TSS yaitu 840 mg/l, COD yaitu 8.934 mg/l dan BOD yaitu 4.300 mg/l. Sedangkan kadar TSS, COD dan BOD yang dianjurkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah adalah 100 mg/l untuk TSS, 200 mg/l untuk COD dan 100 mg/l untuk BOD. Dari hasil studi pendahuluan dapat disimpulkan bahwa limbah cair RPA mengandung kadar TSS, COD dan BOD yang tinggi dan melebihi baku mutu.

Menurut Hasanah dan Sugito (2017), diperlukan teknologi pengolahan yang efektif untuk mendegradasi limbah cair RPA, sehingga ketika dibuang langsung ke lingkungan akuatik tidak akan merusak lingkungan tersebut, termasuk biota yang hidup didalamnya. Maka dari itu, untuk mengurangi dan mencegah dampak pencemaran terhadap perairan yang ditimbulkan oleh limbah cair RPA, salah satu alternatif pengolahan yang dapat dilakukan yaitu menggunakan metode aerasi terdifusi dan *biosand* filter. Menurut Adel dkk. (2019), aerasi dapat digunakan dalam pengolahan air dan limbah cair dikarenakan memiliki efisiensi yang tinggi serta mudah pengoperasiannya. Aerasi terdifusi merupakan suatu proses yang mengontakkan air dengan udara baik secara alami maupun mekanik sehingga udara dapat masuk ke dalam air.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wu dkk. (2020), menunjukkan bahwa aerasi mampu mendegradasi bahan organik, sehingga kadar COD mengalami penurunan secara signifikan sebesar 24,9%. Menurut Kulkarni. (2017), aerasi hanya digunakan untuk pengolahan limbah cair secara biologis

seperti penurunan kadar COD dan BOD dengan signifikan, sedangkan untuk padatan tersuspensi dan kekeruhan perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mengurangi dan mengatasi parameter tersebut. Berdasarkan Maharjan dan Ghimire. (2021), *biosand* filter dapat menghilangkan bakteri patogen, bau dan rasa melalui proses biologis dan fisik. Kekeruhan dan TSS juga dapat dihilangkan pada lapisan atas media *biosand* filter yaitu pasir halus dikarenakan memiliki ukuran pori yang sangat kecil.

Menurut Kurniawan dkk. (2021), proses filtrasi dengan menggunakan reaktor *biosand* filter mampu menurunkan konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) sebesar 80%. Oleh karena itu, adanya penurunan konsentrasi padatan tersuspensi (TSS) dan kekeruhan yang membuat warna air menjadi lebih jernih. Menurut Sinaga dkk. (2020), keuntungan dari teknologi *biosand* filter adalah biaya yang murah, membutuhkan sedikit perawatan, serta dapat beroperasi secara gravitasi. *Biosand* filter merupakan salah satu teknologi pengembangan dari slow sand filter, namun dalam prosesnya hampir sama dengan *slowsand* filter tetapi yang membedakannya adalah laju filtrasi yang dihasilkan oleh *biosand* filter lebih tinggi daripada *slowsand* filter (Nurhayati dan Syafi'i, 2022). Menurut Sinaga dkk. (2020), menunjukkan *biosand* filter mampu mendegradasi kadar COD awal adalah 296 mg/l menjadi 105 mg/l, nilai TSS awal adalah 271,2 mg/l menjadi 95,8 mg/l, serta reduksi kadar fosfat dari 19,1 mg/l menjadi 4,3 mg/l.

Di samping banyaknya keunggulan dari metode tersebut, metode aerasi terdifusi dan *biosand filter* belum pernah diterapkan untuk pengolahan limbah cair RPA, sehingga ketika dibuang ke badan air tidak berbahaya bagi biota yang ada di dalam air. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian ini untuk mengkaji tentang pengolahan limbah cair RPA dengan metode kombinasi proses aerasi terdifusi dan *biosand* filter agar memenuhi baku mutu saat pembuangan limbah cair RPA ke drainase atau sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan metode aerasi terdifusi dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?
2. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan metode *biosand* filter dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?
3. Bagaimana efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan kombinasi metode aerasi terdifusi dan *biosand* filter dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini merupakan tujuan penelitian yang didasarkan pada rumusan masalah yang disebutkan diatas yakni:

1. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan metode aerasi terdifusi dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?
2. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan metode *biosand* filter dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?
3. Untuk mengetahui efektivitas pengolahan limbah cair RPA dengan kombinasi metode aerasi terdifusi dan *biosand* filter dalam mengoptimalkan kadar parameter pH, DO dan menurunkan kadar parameter TSS, COD, TDS, dan kekeruhan?

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan menjadi salah satu metode penanganan pengolahan limbah cair RPA dan dapat dijadikan sebagai rekomendasi terhadap usaha rumah pemotongan ayam (RPA) dalam upaya pengelolaan limbah cair RPA.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini cakupan batasan masalah yang akan dibahas yaitu hanya memfokuskan pada waktu kontak saat proses aerasi terdifusi dan waktu tinggal saat proses filtrasi di reaktor *biosand* filter yang dapat mempengaruhi penurunan parameter COD, TDS, TSS, kekeruhan, perubahan jumlah koloni bakteri pada reaktor *biosand* filter, perubahan DO dan perubahan pH optimum terhadap limbah cair Rumah Pematangan Ayam (RPA).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam (RPA)

Rumah pemotongan ayam (RPA) merupakan salah satu industri peternakan yang mengelola pemotongan ayam hidup dan mengolahnya menjadi daging bertulang (karkas) ayam siap konsumsi (Susetyo, 2017). Aktivitas pemotongan ayam menghasilkan dua jenis limbah, yaitu limbah padat dan limbah cair. Dalam hal ini, limbah cair memiliki dampak yang lebih signifikan terhadap lingkungan. Hal ini terjadi karena sebagian besar rumah pemotongan ayam (RPA) beroperasi sebagai usaha kecil hingga menengah, sehingga umumnya tidak dilengkapi dengan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) karena biaya yang mahal. Oleh karena itu, limbah cair yang dihasilkan langsung dibuang ke lingkungan atau perairan tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Sampai saat ini, sebagian besar limbah cair dari RPA mengalir ke saluran drainase dan masuk ke badan air tanpa pengolahan sebelumnya (Ngirfani dan Puspitarini, 2020).

Limbah cair yang dihasilkan oleh RPA merupakan substrat yang ideal untuk pertumbuhan dan perkembangan berbagai mikroorganisme karena mengandung bahan organik. Oleh karena itu, limbah cair pemotongan ayam mudah mengalami pembusukan atau degradasi. Biasanya, air limbah dari rumah pemotongan ayam mengandung protein, lemak, darah, dan padatan tersuspensi, yang menyebabkan tingginya kandungan bahan organik dalam limbah tersebut. Selain itu, limbah cair RPA juga mengandung bulu yang dihasilkan selama proses pencucian ayam (Widodo dkk., 2022). Dalam proses produksi RPA, terdapat pembentukan limbah cair yang berasal dari berbagai sumber, seperti darah ayam, pencelupan ayam, pencucian/pembersihan ayam, dan pembersihan peralatan produksi. Limbah cair yang dihasilkan memiliki kandungan yang tinggi dalam hal BOD, COD, TSS, minyak, dan lemak. Saat ini, sebagian besar limbah cair RPA langsung masuk ke badan air melalui saluran drainase tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair RPA memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, dan

jika dibuang ke perairan, dapat mengancam ekosistem akuatik dan menyebabkan eutrofikasi (Septiana, 2019).

Hingga saat ini, penanganan limbah cair RPA belum optimal. Akibatnya, limbah cair tersebut langsung dibuang ke badan air tanpa pengolahan yang memadai, menyebabkan pencemaran pada air permukaan dan air tanah. Pemanfaatan limbah cair RPA saat ini masih terbatas pada produksi pupuk cair dalam skala kecil. Oleh karena itu, potensi pencemaran yang ditimbulkan oleh limbah cair RPA lebih tinggi dibandingkan dengan limbah padat, karena jumlah limbah cair yang dihasilkan lebih besar daripada limbah padat dari rumah pemotongan ayam (RPA). Rasio perbandingan limbah cair dan limbah padat dari RPA adalah sekitar 60% limbah cair dan 40% limbah padat (Apsari dkk., 2019).

Dalam proses pemotongan ayam di RPA, terbentuk limbah cair yang terdiri dari air bekas pembersihan area pemotongan ayam. Limbah cair ini mencakup campuran darah, tulang-tulang kecil, dan air sisa pembersihan isi perut ayam. Limbah cair yang dihasilkan oleh RPA memiliki kandungan zat pencemar organik yang cukup tinggi. Selain itu, limbah cair tersebut juga mengandung berbagai mikroorganisme yang berpotensi menjadi patogen (Wahyu dan Hendrasarie, 2022). Berdasarkan klasifikasi jenis-jenis air limbah, limbah cair RPA termasuk dalam kategori limbah cair industri (industrial wastewater), yaitu limbah cair yang dihasilkan sebagai hasil buangan dari kegiatan industri. Dalam konteks ini, limbah cair RPA berasal dari proses produksi yang menggunakan air, dan air tersebut harus dibuang setelah digunakan. Contohnya, air yang digunakan untuk pembersihan ayam, air bekas rebusan ayam, air pencucian alat bekas, air cuci tangan pekerja, dan segala jenis kegiatan yang dilakukan di RPA. Semua aktivitas tersebut dapat menyebabkan pembuangan air, terutama saat proses pembersihan darah ayam (Umroningsih, 2022).

Limbah cair bekas pencucian ayam didalamnya terdapat campuran dari berbagai bahan organik diantaranya adalah larutan darah, lemak, isi rumen dan kotoran di sebuah tempat area, serta padatan tersuspensi dimana limbah cair ini belum ada pengolahan maupun pengelolaan. Imbas dari belum adanya proses pengelolaan terhadap limbah ini menyebabkan pencemaran lingkungan (Widodo

dkk., 2022). Tabel 2.1 menunjukkan kriteria kualitas air limbah yang telah ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan Rumah Potong Hewan (Ayam) yaitu sebagai berikut:

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair RPA

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
BOD	mg/L	100
COD	mg/L	200
TSS	mg/L	100
Minyak dan Lemak	mg/L	15
NH ₃ -N	mg/L	25
pH	-	6-9

Sumber: Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014

2.2 Karakteristik Limbah Cair RPA

Limbah cair adalah gabungan antara air dan bahan pencemar yang terlarut atau tersuspensi dalam air. Limbah ini berasal dari berbagai sumber, termasuk sumber domestik seperti perdagangan, perkantoran, dan perumahan, serta sumber industri (Apriyani, 2018).

Pada umumnya, limbah cair industri mengandung beberapa zat seperti nitrogen, lemak, amonia, zat pewarna, zat pelarut, bahan kimia pembersih, dan bahkan logam berat. Keberadaan zat-zat pencemar ini dapat menyebabkan kerusakan lingkungan jika limbahnya dibuang tanpa melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Limbah cair memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada sumbernya. Limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi tiga golongan, yaitu karakteristik fisik, karakteristik kimia, dan karakteristik biologi (Maysarahman dkk., 2022).

2.2.1 Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik limbah cair berdasarkan Apriyani (2018) meliputi warna, bau, suhu dan padatan yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Warna disebabkan adanya partikel terlarut dan senyawa-senyawa koloidal di dalam air.

2. Suhu dapat mempengaruhi perubahan kadar *dissolved oxygen* (DO) dalam air, kenaikan suhu sebesar 10°C mengakibatkan penurunan kadar oksigen sebesar 10%.
3. Padatan yang terkandung di dalam air limbah dapat diklasifikasikan menjadi *floating*, *settleable*, *suspended* atau *dissolved*, berbau menyengat dan kontaminan yang menjadi penyebab kekeruhan.

2.2.2 Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia limbah cair berdasarkan Indrayani dan Rahmah (2018) meliputi COD, pH dan DO yang dijabarkan sebagai berikut:

1. Nilai Chemical Oxygen Demand (COD) mengindikasikan jumlah oksigen dalam mg/l yang dibutuhkan untuk mendegradasi bahan organik secara kimiawi. Semakin tinggi nilai COD, semakin buruk kualitas air tersebut.
2. *Dissolved Oxygen* (DO) mengacu pada jumlah oksigen yang terlarut dalam air. Kehadiran oksigen terlarut sangat penting bagi kelangsungan hidup organisme air. Jika kadar oksigen dalam air menurun, dapat menyebabkan kematian organisme air.
3. Nilai pH (*Power of Hydrogen*) adalah parameter yang menunjukkan tingkat keasaman dalam air. Organisme air dapat hidup dalam rentang pH 5-9. Apabila pH air terlalu rendah atau tinggi di luar rentang tersebut, dapat menyebabkan kematian organisme air.

2.2.3 Karakteristik Biologi

Karakteristik biologi limbah cair berdasarkan Rahman (2020) meliputi banyaknya mikroorganisme yang terkandung dalam air limbah. Keberadaan bakteri dalam pengolahan air limbah adalah kunci efisiensi proses biologis dan bakteri juga berperan penting untuk mengevaluasi kualitas perairan.

2.3 Aerasi Terdifusi

Aerasi adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan proses transfer gas, terutama transfer gas oksigen atau penambahan oksigen ke dalam air. Keberhasilan proses aerasi terdifusi tergantung pada faktor-faktor seperti suhu, konsentrasi oksigen, karakteristik air, dan tingkat turbulensi air itu sendiri. Proses aerasi terdifusi dapat digunakan dalam pengolahan air minum atau pengolahan air limbah untuk mengurangi konsentrasi besi (Fe) dan mangan (Mn) yang terlarut dalam air (Abuzar dkk., 2012). Difusi adalah proses perpindahan partikel dari daerah dengan konsentrasi tinggi menuju daerah dengan konsentrasi rendah dalam lingkungan. Contoh dari difusi adalah perpindahan oksigen dan karbondioksida (Kuntari dkk., 2019).

Aerasi terdifusi adalah proses dimana udara atau oksigen disalurkan secara langsung ke dalam air melalui penggunaan *diffuser* yang terpasang pada ujung pipa udara. *Diffuser* ditempatkan di tengah air sehingga gelembung udara yang dihasilkan oleh diffuser akan bergerak ke atas (Roya dkk., 2021). Proses aerasi terdifusi, juga dikenal sebagai transfer oksigen, merupakan metode yang digunakan untuk mengurangi atau menurunkan kadar logam besi dan mangan dalam air. Aerasi terdifusi juga merujuk pada proses transfer gas di mana udara dan air berkontak satu sama lain untuk memindahkan zat-zat yang mudah menguap dalam air. Zat-zat tersebut mencakup oksigen, karbon dioksida, nitrogen, hidrogen sulfida, metana, dan komponen anorganik lainnya yang dapat menyebabkan bau dan rasa dalam proses aerasi (Firra dkk., 2016).

Proses aerasi terdifusi dapat mempercepat pengurangan bahan organik dan karbon dioksida dalam perairan. Aerasi memiliki pengaruh dalam mengurangi bahan organik karena proses injeksi udara dari aerator meningkatkan kandungan oksigen terlarut dalam air limbah. Hal ini menyebabkan peningkatan nilai oksigen terlarut dalam air limbah, yang pada gilirannya meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik dalam limbah cair RPA. Selain itu, dengan bantuan proses aerasi, karbon dioksida dalam perairan juga dapat berkurang. Aerasi menyebabkan pengadukan yang mempercepat penurunan kadar karbon dioksida dalam limbah cair RPA (Alvateha dkk., 2021).

Metode aerasi terdifusi adalah proses dimana oksigen ditambahkan ke dalam larutan limbah dengan tujuan meningkatkan jumlah oksigen terlarut. Hal ini bertujuan untuk menyediakan pasokan oksigen kepada mikroorganisme pengurai yang ada dalam air limbah, dengan tujuan untuk mengurangi kandungan zat organik dalam air limbah tersebut. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Arsawan dan rekan-rekan, metode aerasi pada air limbah dapat menghasilkan penurunan kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) sebesar 85%, sementara 15% sisanya dapat dipengaruhi oleh faktor lain (Pramyani dan Marwati, 2020).

Dalam proses aerob, teknik aerasi terdifusi digunakan untuk memberikan pasokan udara atau oksigen. Hal ini bertujuan agar bakteri aerob dapat menguraikan bahan organik dalam air limbah dengan bantuan oksigen (O_2). Penyediaan udara tersebut bertujuan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang nyaman bagi pertumbuhan dan reproduksi bakteri pengurai bahan organik, sehingga kelangsungan hidup mereka terjaga. Penyediaan udara yang cukup dan terus-menerus juga mencegah terjadinya pengendapan (Suligundi, 2013).

Dalam proses aerasi terdifusi, penambahan oksigen dilakukan untuk menghilangkan zat pencemar yang terdapat dalam air, sehingga konsentrasinya mengalami penurunan atau bahkan hilang. Dalam prakteknya, terdapat dua metode yang digunakan untuk menambahkan oksigen ke dalam air. Pertama, dengan memasukkan udara ke dalam air. Kedua, dengan memaksa air naik ke atas untuk berkontak dengan udara atau oksigen. Tujuan utama dari aerasi ini adalah untuk memungkinkan oksigen di udara bereaksi dengan kation yang ada dalam air limbah, sehingga dapat menghilangkan bau tidak sedap dan rasa, menghilangkan gas-gas yang tidak diinginkan, serta meningkatkan tingkat keasaman air (Yuniarti dkk., 2019).

2.4 Biosand Filter

Biosand filter adalah salah satu opsi teknologi pengolahan air limbah yang ekonomis. Metode ini digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung kadar bahan organik yang tinggi. *Biosand filter* dapat diterapkan dalam skala rumah tangga karena bentuknya yang lebih kecil dan dapat dioperasikan secara

intermittently (sesaat) (Ratnawati dan Ulfah, 2019). *Biosand* filter adalah jenis filter yang menggunakan konsep saringan pasir lambat dan dirancang khusus untuk penggunaan skala rumah tangga. Kelebihan *biosand* filter dibandingkan dengan filter pasir lambat konvensional adalah adanya pertumbuhan biofilm di permukaan atas media filter. Lapisan *biofilm* ini memiliki kemampuan untuk menguraikan bau, rasa, dan warna air, meningkatkan kualitas air yang diolah oleh filter tersebut (Anggreani dkk., 2021).

Biosand filter adalah jenis filter yang menggunakan media pasir halus, pasir kasar, dan kerikil. Dengan adanya pertumbuhan lapisan *biofilm* di dalamnya, *biosand* filter dapat mengurangi kandungan organik dalam air limbah. Keuntungan dari penggunaan teknologi *biosand* filter ini termasuk biaya yang rendah, perawatan yang minimal, dan kemampuan untuk beroperasi secara gravitasi (Sinaga dkk., 2020). *Biosand* filter adalah sebuah sistem untuk menyaring atau memurnikan air limbah. Dalam sistem ini, limbah akan mengalami proses pengolahan saat melewati media penyaring dengan kecepatan yang rendah, yang ditentukan oleh diameter media filter dan keberadaan lapisan *biofilm* di atas media filter. *Biosand* filter berfungsi sebagai sebuah reaktor yang dapat mengurangi konsentrasi bakteri, virus, dan bahan pencemar organik dan anorganik sekitar 50 hingga 90% (Suligundi, 2013).

Biosand filter merupakan teknologi terbaru yang merupakan pengembangan dari *slow sand* filter. Konsep dasar *biosand* filter sama dengan saringan pasir lambat, yaitu air limbah harus melewati lapisan pasir di dalam filter. Dalam *biosand* filter, bahan pencemar yang masuk ke dalam reaktor akan berinteraksi dan diserap oleh partikel pasir di dalamnya. Bakteri dan partikel padat yang terapung dalam air limbah akan berkumpul dan meningkat dalam kepadatan di lapisan pasir paling atas, terutama di dalam lapisan *biofilm* (Utami, 2013).

Biosand filter harus dirancang dengan ketinggian 5 cm pada bagian atas lapisan pasir halus, karena ini merupakan ketinggian optimal untuk perpindahan patogen dari limbah. Jika ketinggian air terlalu dangkal, lapisan *biofilm* dapat terganggu dan mengalami kerusakan akibat kecepatan air yang tinggi. Namun, jika ketinggian air terlalu dalam, jumlah oksigen yang tidak mencukupi pada

proses difusi di lapisan *biofilm* dapat menyebabkan kematian mikroorganisme di dalamnya. Lapisan *biofilm* terdiri dari sel-sel mikroorganisme yang melekat pada permukaan dan tidak mudah lepas atau berpindah tempat. Teknologi *biosand* filter ini telah terbukti mampu menghilangkan virus tifus hingga 99,99% (Astuti dan Sinaga, 2015). Adapun media – media yang digunakan pada reaktor *biosand* filter adalah sebagai berikut:

2.4.1 *Bioball*

Bioball adalah media filter yang terbuat dari bahan PVC yang tahan terhadap karat dan memiliki bobot yang ringan. *Bioball* memiliki luas permukaan yang besar dan volume rongga (porositas) yang tinggi. Hal ini memungkinkan adanya penempelan mikroorganisme dalam jumlah yang besar dan mengurangi risiko penyumbatan dalam proses filtrasi (Sitasari dan Khoironi, 2021). *Bioball* adalah bola berdiameter 30 mm yang terbuat dari bahan PVC berwarna hitam. Karena bentuknya bulat, *Bioball* sangat mudah untuk diisi ke dalam ruang reaktor secara acak. *Bioball* memiliki kelebihan sebagai media filter karena memiliki luas permukaan yang besar, ringan, dan terbuat dari bahan yang tidak bereaksi dengan zat-zat lain (inert) (Fitri dkk., 2016). *Bioball* berfungsi sebagai tempat hidup bakteri – bakteri yang diperlukan untuk menjaga kualitas air. Keunggulan lainnya adalah dapat meminimalkan terjadinya *clogging* (tersumbat) dan mudah untuk dicuci ulang (Filliazati, 2016).



Gambar 2.2 *Bioball*

2.4.2 Pasir Pantai

Pasir pantai merupakan salah satu jenis material agregat halus yang memiliki ketersediaan dalam jumlah yang besar (Tata, 2019). Pasir pantai mempunyai karakteristik butiran yang halus dan bulat, gradasi (susunan butiran besar) (Dumyati, 2015). Pasir pantai mengandung silika (SiO_2) yang bermanfaat sebagai adsorben, *precursor* katalis, filter komposit dan dapat digunakan dalam bidang kelistrikan (Prakasa dkk., 2020). Pasir pantai biasanya berukuran 0,0625 sampai 2 mm (Fathonah dkk., 2022). Pasir pantai berasal dari gesekan atau gerusan dari batuan yang ada di dalam laut, sehingga butirannya lebih halus daripada pasir sungai. Pasir pantai digunakan sebagai media filter karena mudah didapatkan dan murah. Selain itu, pasir juga mampu menyerap dan menahan partikel yang terkandung di dalam air dan limbah cair (Isradaningtyas dkk., 2018).



Gambar 2.3 Pasir Pantai

2.4.3 Pasir Kuarsa

Pasir kuarsa atau yang lebih dikenal dengan pasir silika merupakan salah satu material alam yang melimpah di Indonesia, tercatat bahwa total sumber daya pasir silika ada sekitar 18 miliar ton. Permintaan akan pasir silika dengan kadar pemurnian yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan industri sangatlah tinggi (Sumarno dkk., 2015). Pasir silika merupakan bahan galian yang terdiri dari kristal silika (SiO_2) serta mengandung senyawa pengotor yang terbawa selama proses pengendapan. Pada umumnya, senyawa pengotor tersebut diantaranya adalah oksida besi, oksida kalsium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan hewan dan tumbuhan (Fairus dkk., 2018). Pasir silika berfungsi sebagai media filter dan sering digunakan untuk pengolahan air kotor menjadi air bersih. Pasir ini digunakan untuk menghilangkan sifat fisik air seperti kekeruhan, bau dan lumpur (Istimewa dkk., 2022).

2.4.4 Kerikil

Kerikil merupakan suatu material alam yang terbentuknya secara alami, terbentuk berdasarkan aliran air sungai dan degradasi. Agregat yang terbentuk dari aliran sungai berbentuk bulat dan licin, sedangkan agregat yang terbentuk dari degradasi berbentuk seperti kubus (memiliki sudut) dan permukaannya cenderung kasar (Dwiretnani, 2018). Kerikil berfungsi sebagai penyaring kotoran-kotoran kasar yang ada dalam air dan limbah cair (Istimewa dkk., 2022).



2.5 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penggunaan metode aerasi dan *biosand* filter telah dilakukan pada penelitian terdahulu dengan menggunakan air limbah yang berbeda dan menunjukkan hasil yang berbeda serta dengan penentuan parameter yang berbeda. Berikut hasil telaah pustaka penelitian untuk penggunaan metode aerasi terdifusi dan *biosand* filter pada Tabel 2.2



Tabel 2.2 Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Metode	Limbah	Penulis	Material	Efektivitas dan Efisiensi
1.	Aerasi	Limbah <i>laundry</i>	Pramyani dan Marwati, 2020	-	Penurunan kadar DO selama 30 menit sebesar 19% Sedangkan selama 60 menit sebesar 36% dan selama 90 menit sebesar 62%
2.	Aerasi, <i>Biosand</i> Filter dan Karbon Aktif	Limbah Domestik	Nurhayati dan Syafi'i, 2022	Pasir kasar, kerikil, pasir halus dan karbon aktif	COD = 92% Fosfat = 88% COD = 75% Fosfat = 78%
3.	<i>Biosand</i> Filter	Limbah Domestik	Ratnawati dan Ulfah, 2020	Kerikil, pasir kasar, pasir halus dan karbon aktif	BOD = 62,92% TSS = 78,40% BOD = 67,01% TSS = 81,99%
4.	<i>Biosand</i> Filter	Limbah <i>laundry</i>	Sinaga dkk., 2020	Kerikil, pasir dan karbon aktif	Kadar awal COD sebesar 296 mg/l menjadi 105 mg/l Kadar awal TSS sebesar 271,2 mg/l menjadi 95,8 mg/l Kadar awal fosfat sebesar 19,1 mg/l menjadi 4,3 mg/l

5.	Aerasi dan Filtrasi	Air tanah	Febriyana dan Masduqi, 2020	Mikromembran dan karbon aktif	Klor = 98,39% TDS = 97,39% Besi (Fe) = 97,41%
6.	<i>Biosand Filter</i>	Limbah domestik	Emslie dkk., 2021	Kerikil besar, kerikil kecil, pasir halus, pasir kasar, <i>biochar</i> dan lempung	Klor = 86,34% Fosfat = 100%
7.	Filtrasi dan Aerasi	Air tanah	Pineda dkk., 2020	Pasir silika dan lempung	<i>Total colform</i> = 100% <i>E.coli</i> = 100%
8.	Aerasi	Limbah cair rumput laut	Utami dkk., 2019	-	Kadar awal BOD sebesar 943,2 mg/l menjadi 90,08 mg/l Kadar awal COD adalah 3681,12 mg/l menjadi 245,15 mg/l

BAB III

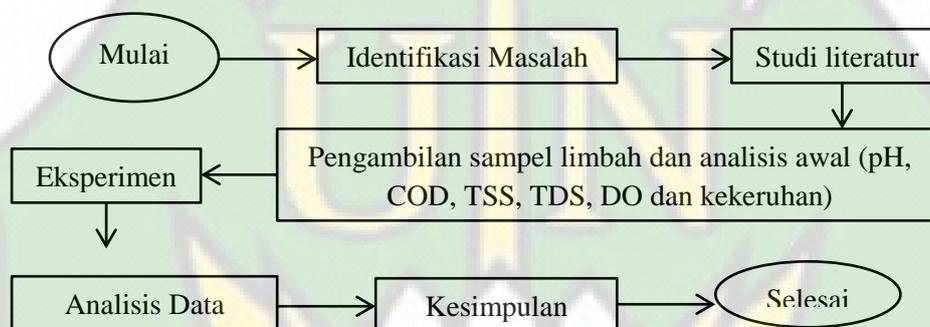
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Tahapan penelitian secara umum dibagi menjadi beberapa tahapan, dapat dilihat pada Gambar 3.1 yang dijelaskan secara rinci sebagai berikut:

1. Identifikasi masalah yaitu mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan pengolahan limbah cair RPA berdasarkan beberapa fakta yang diperoleh dilapangan.
2. Studi literatur yakni dilakukannya studi dalam mengetahui informasi berupa pengumpulan data-data dari jurnal, publikasi, dan skripsi yang berkaitan dengan topik penelitian.
3. Tahapan desain reaktor. Tahap ini berupa kegiatan desain rangkaian reaktor yang digunakan untuk eksperimen agar memudahkan dalam perangkaian alat dan bahan yang digunakan.
4. Tahapan pengambilan sampel yaitu pengambilan sampel yang dilakukan untuk menganalisa parameter awal pencemar yaitu dengan pengujian nilai pH, TSS, TDS, COD, DO dan kekeruhan yang terdapat dalam limbah cair RPA tersebut.
5. Tahapan uji sampel dengan metode aerasi terdifusi. Eksperimen dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang terjadi selama proses aerasi terdifusi (eksperimen waktu kontak) untuk menurunkan kadar parameter pH, TSS, TDS, COD, DO dan kekeruhan yang terdapat pada limbah cair tersebut.
6. Tahapan uji sampel dengan metode *biosand* filter. Tahap ini dilakukan untuk mengetahui faktor-faktor yang terjadi selama proses filtrasi (eksperimen waktu tinggal) dalam menurunkan kadar parameter pH, TSS, TDS, COD, DO, kekeruhan dan jumlah koloni bakteri yang terdapat pada limbah cair tersebut.
7. Tahapan uji sampel dengan kombinasi metode aerasi terdifusi dan *biosand filter* untuk menurunkan kadar parameter pH, TSS, TDS, COD, DO dan kekeruhan yang terdapat pada limbah cair tersebut.

8. Tahapan analisis sampel. Tahapan analisis keseluruhan sampel yang telah diolah untuk dilakukan pengujian parameter pH, TSS, TDS, COD, DO, kekeruhan dan jumlah koloni bakteri yang terdapat pada sampel yang telah diuji dilakukan analisis di Laboratorium.
9. Tahapan analisis data dan hasil. Tahap ini dilakukan apabila keseluruhan tahapan analisis sampel telah selesai, data yang telah diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan teori yang ada.
10. Penarikan kesimpulan dilakukan berdasarkan analisa data dan diperiksa kesesuaiannya dengan maksud dan tujuan dari penelitian.

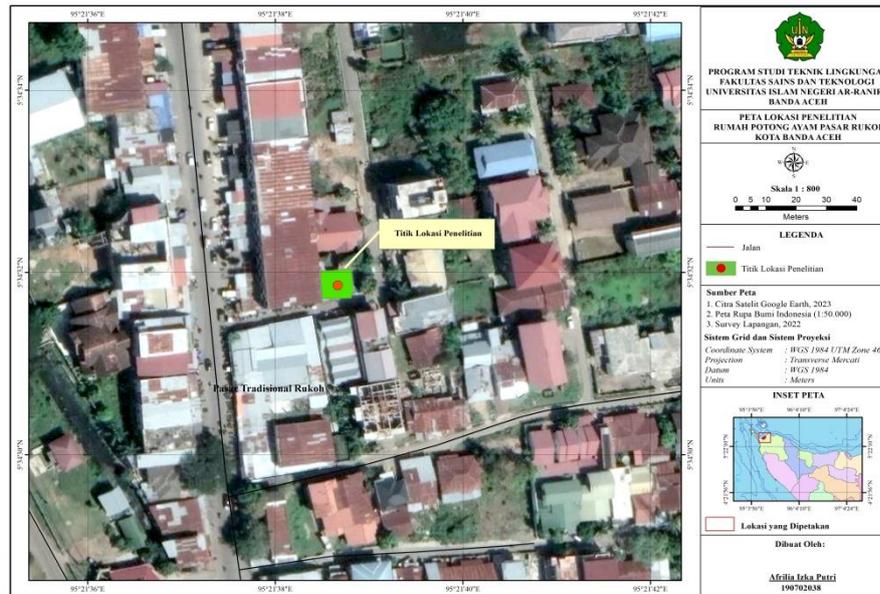


Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Pengambilan Sampel

3.2.1 Lokasi dan Pengambilan Sampel

Titik pengambilan sampel limbah cair rumah pemotongan ayam (RPA) di Pasar Tradisional Rukoh, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh. Pemilihan lokasi pengambilan sampel limbah cair RPA karena berdasarkan observasi lapangan yang telah dilakukan didapatkan bahwa, kondisi RPA tidak memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan limbah cair RPA langsung dibuang ke badan air melalui drainase tanpa melalui proses pengolahan lebih dahulu. Gambar 3.2 menggambarkan peta lokasi yang sangat dekat dengan perumahan penduduk, sehingga diperlukan pengolahan limbah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.



Gambar 3.2 Peta lokasi pengambilan sampel



Gambar 3.3 Lokasi Rumah Pemotongan Ayam (RPA)

3.2.2 Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel limbah cair RPA menggunakan teknik *grab sampling* atau pengambilan sampel sesaat. Pengambilan sampel limbah cair RPA diambil dengan menggunakan prosedur sebagai berikut berdasarkan (SNI 6989.59:2008) yaitu:

1. Sampel diambil langsung dari saluran air limbah RPA di Pasar Tradisional Rukoh, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Provinsi Aceh.

2. Sampel diambil pada jam 07.30 sampai 10.00 WIB dengan menggunakan gayung bertangkai dan dimasukkan ke dalam jerigen dengan ukuran 10 Liter dengan ketentuan sesuai (SNI 6989.59:2008) sebagai berikut:
 - a. Tidak terbuat dari bahan yang dapat mempengaruhi sifat limbah
 - b. Dapat dicuci dari sebelumnya dengan mudah
 - c. Mudah dan nyaman untuk dibawa
 - d. Mudah dipisahkan kedalam botol penampung tanpa ada bahan sisa yang tersuspensi di dalamnya
 - e. Kapasitas wadah tergantung dari tujuan penelitian yang dilaksanakan.

3.3 Hasil Uji Pendahuluan

Uji pendahuluan dilakukan di Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan (LTPKL), Prodi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala yang berlangsung dari tanggal 5-10 Januari 2023. Parameter yang dianalisis adalah pH, TSS, COD dan BOD. Hasil uji pendahuluan ditunjukkan pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 Hasil Uji Pendahuluan

No	Parameter	Hasil Uji	Baku Mutu
1	pH	6,6	6-9
2	TSS	840	100 mg/l
3	BOD	4.300	100 mg/l
4	COD	8.934	200 mg/l

(Sumber : Laboratorium Teknik Pengujian Kualitas Lingkungan, Universitas Syiah Kuala)

3.4 Eksperimen

3.4.1 Bahan Eksperimen

Berikut ini adalah bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.2

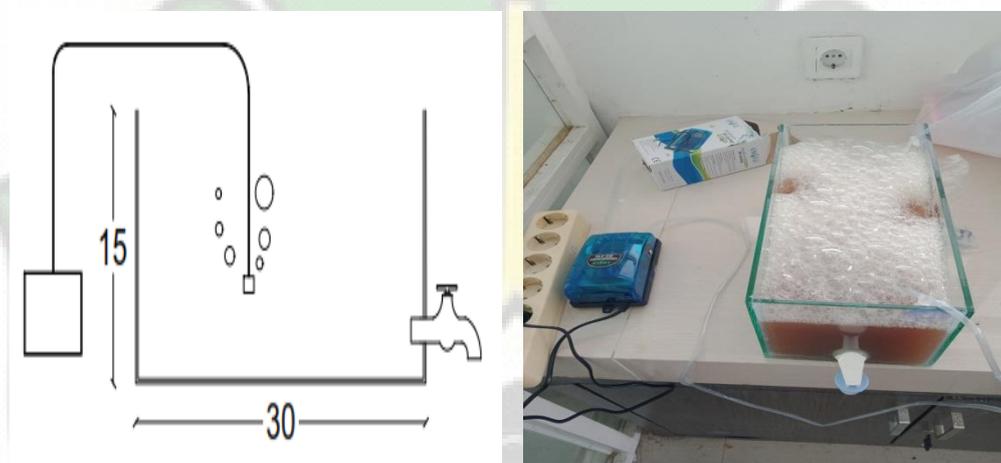
Tabel 3.2 Bahan Eksperimen

Bahan	Spesifikasi	Satuan	Kegunaan
Limbah cair RPA	-	20 Liter	Sampel yang akan diteliti
Pasir Silika	Diameter 0,7-6 mm	4 Kg	Media <i>biosand</i> filter
<i>Bioball</i>	Diameter 3 cm	20 Buah	Media <i>biosand</i> filter
Kerikil	Diameter 6-12 mm	4 kg	Media <i>biosand</i> filter
Pasir Pantai	Diameter $\leq 0,7$ mm	4 Kg	Media <i>biosand</i> filter
Pipa PVC	Diameter 3 inci	2 Buah	Reaktor <i>biosand</i> filter
Bak kaca	Ketebalan 5 mm, ukuran 30 cm x 15 cm x 15 cm	1 Buah	Reaktor aerasi
Gayung	-	1 Buah	Sebagai alat bantu memasukkan sampel limbah
Mesin aerator merek Amara BS-410	Daya 5 watt Tekanan udara yang dimasukann 3,5 L/menit	1 Buah	Sebagai pompa pada proses aerasi
Keran air	-	1 buah	Sebagai tempat keluar limbah yang sudah melalui proses aerasi
Jerigen	Ukuran 10 liter	2 buah	Sebagai wadah untuk menampung sampel limbah
Corong	-	1 buah	Sebagai alat bantu untuk memasukkan sampel ke dalam wadah

3.4.2 Desain Reaktor

1. Desain Reaktor Aerasi Terdifusi

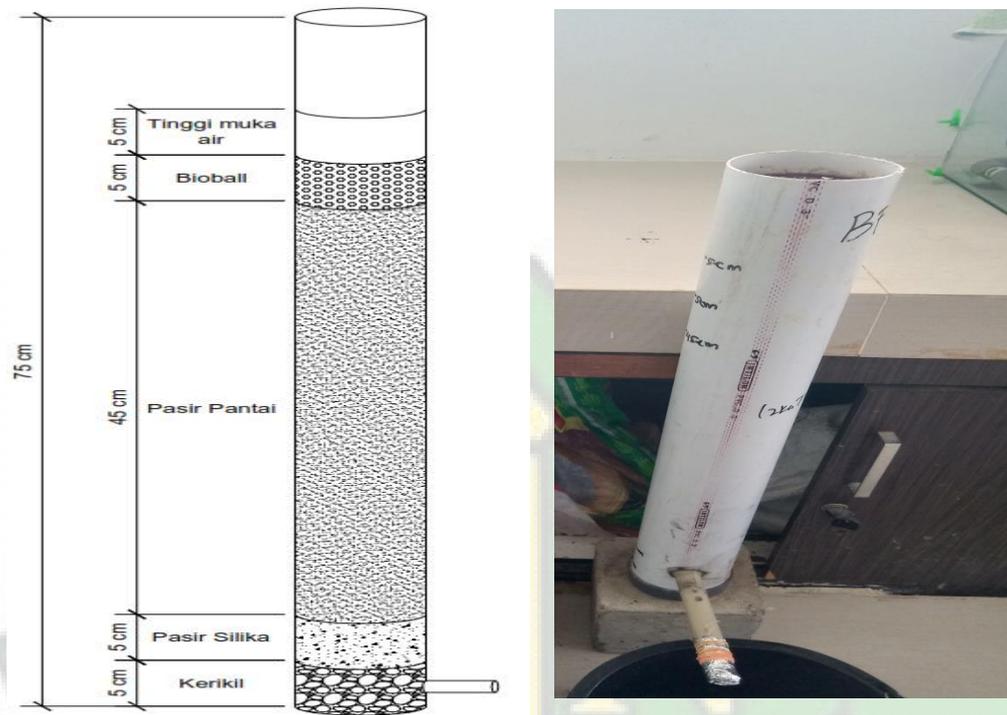
Desain Bak kaca mengacu pada Hanif. (2022), yang digunakan sebagai bak pengumpul limbah cair RPA dirancang dengan ketebalan 5 mm dengan dimensi yaitu panjang 30 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 15 cm. Mesin aerator yang digunakan adalah *diffuser* aerator dengan daya 5 watt, menghasilkan tekanan udara sebesar 3,5 l/menit dan mempunyai dua lubang udara. Desain reaktor aerasi ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 Reaktor Aerasi

2. Desain Reaktor *Biosand* Filter

Desain *biosand* filter mengacu pada Ardiatma dkk. (2022), yang terbuat dari pipa PVC berukuran 3” (inci) dengan tinggi reaktor 75 cm. Media biosand filter seperti pasir pantai, pasir silika dan kerikil mengacu pada Nurhayati dan Syafi’i. (2022), disusun dari bawah ke atas yaitu kerikil dengan diameter 6-12 mm setebal 5 cm, pasir silika diameter 0,7-6 mm setebal 5 cm, pasir pantai $\leq 0,7$ mm setebal 45 cm. Sedangkan penggunaan media *bioball* dan ruang kosong (*free board*) mengacu pada Sitasari dan Khoironi. (2021) dengan ketinggian bioball 5 cm, bagian atas media dipertahankan ketinggian air 5 cm dan *free board* 5 cm. Adapun reaktor biosand filter dapat dilihat pada Gambar 3.5



Gambar 3.5 Desain *Biosand* Filter

3.1 Desain Eksperimen

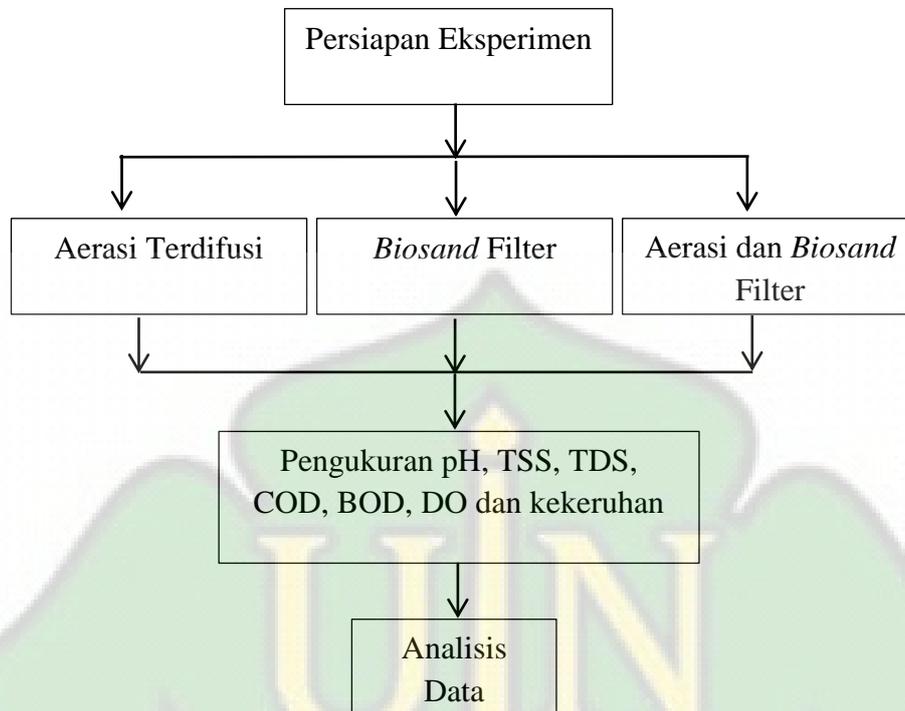
Adapun desain eksperimen dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel yaitu variabel terikat dan variabel bebas, diantaranya sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini terdiri dari penurunan nilai COD, TSS, TDS, DO, kekeruhan dan pH.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat yang terdapat pada penelitian ini terdiri dari waktu kontak pada saat proses aerasi, waktu tinggal saat proses filtrasi pada reaktor *biosand* filter. Waktu kontak pada proses aerasi divariasikan selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Sedangkan waktu tinggal saat proses filtrasi pada reaktor *biosand* filter divariasikan yaitu 1 hari, 2 hari, 3 hari, 4 hari dan 5 hari. Serta pengujian kombinasi dilakukan untuk variasi waktu optimum terhadap masing-masing metode.



Gambar 3.6 Skema Eksperimen

3.4.4 Proses Pembiakan Mikroorganisme (*Seeding*)

Pembiakan (*seeding*) mikroorganisme pada reaktor *biosand filter* dilakukan secara alami yaitu dengan cara menuangkan air limbah yang akan diolah ke dalam reaktor yang telah diisi media *bioball* di permukaan reaktor sampai terbentuknya lapisan biofilm pada media biosand filter tersebut. Proses pembiakan ini dilakukan selama 10 hari untuk didapatkan hasil dengan kondisi air limbah *steady state*. Tujuan dilakukannya proses *seeding* adalah untuk menumbuhkan atau mengembangbiakkan mikroorganisme (lapisan *biofilm*) agar dapat dikondisikan dengan tempat beradaptasinya pada lingkungan semula, untuk tempat berkembang biaknya lapisan biofilm ini yang akan diujikan pada reaktor.

3.4.5 Prosedur Eksperimen

1. Eksperimen Aerasi Terdifusi
 - a. Sampel limbah cair RPA dimasukkan ke dalam reaktor aerasi sebanyak 4 liter.
 - b. Perlakuan dilakukan dengan cara dituangkan limbah cair RPA dalam reaktor aerasi.

- c. Mesin aerator dinyalakan selama 30 menit dan dimasukkan kedalam reaktor aerasi.
- d. Prosedur a sampai c diulangi untuk waktu aerasi 60, 90, 120 dan 150 menit.
- e. Sampel diambil sebanyak 500 ml untuk pengujian pH, TSS, TDS, COD, DO kekeruhan.

2. Eksperimen *Biosand* Filter

- a. Sampel limbah cair RPA dimasukkan ke dalam reaktor *biosand* filter sebanyak 2 liter.
- b. Perlakuan dilakukan dengan cara dituangkan limbah cair ke dalam reaktor *biosand* filter.
- c. Sampel didiamkan dalam reaktor *biosand* filter selama 1 hari.
- d. Prosedur a sampai c diulangi untuk variasi waktu 2, 3, 4 dan 5 hari.
- e. Sampel diambil sebanyak 500 ml untuk dilakukan pengujian pH, TSS, TDS, COD, DO, kekeruhan dan jumlah koloni bakteri.

3. Eksperimen Aerasi Terdifusi dan *Biosand* filter

- a. Sampel limbah cair RPA dimasukkan ke dalam reaktor aerasi sebanyak 4 liter.
- b. Perlakuan dilakukan dengan cara dituangkan limbah cair RPA dalam reaktor aerasi.
- c. Mesin aerator dinyalakan selama 150 menit dan dimasukkan kedalam reaktor aerasi.
- d. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses filtrasi pada reaktor *biosand* filter.
- e. Sampel limbah cair RPA hasil perlakuan aerasi dimasukkan ke dalam reaktor *biosand* filter sebanyak 2 liter.
- f. Perlakuan dilakukan dengan dialirkan limbah cair RPA hasil perlakuan aerasi ke dalam reaktor *biosand* filter.
- g. Sampel didiamkan dalam reaktor *biosand* filter selama 5 hari.
- f. Sampel diambil sebanyak 100 ml untuk pengujian pH, TSS, TDS, COD, DO, dan kekeruhan.

3.5 Pengukuran Parameter Limbah Cair RPA

3.5.1 Bahan

Berikut adalah bahan ukur yang akan digunakan dalam penelitian ini, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.4

Tabel 3.4 Bahan-Bahan Pengukuran

Bahan	Besar	Satuan	Kegunaan
Air limbah	500	ml	Sampel yang diuji
Kertas saring whatman 42 μm	20	lembar	Untuk pengujian TSS
Aquades	5	liter	Untuk membersihkan alat-alat laboratorium
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	50	ml	Pengujian COD
H_2SO_4	100	ml	Pengujian COD

3.5.2 Prosedur Pengukuran

1. Pengukuran pH

Cara pengukuran pH dijelaskan berdasarkan (SNI 6989.11.2019) sebagai berikut:

- a. Sampel air limbah yang akan diuji dikocok sampai homogen
- b. Sampel air limbah dimasukkan ke dalam gelas beaker pyrex dengan ukuran 100 ml
- c. Kemudian pH meter diaktifkan dan ujung elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel
- d. Ditunggu pembacaan pada pH meter hingga stabil
- e. Nilai pH yang tercantum dicatat.

2. Pengukuran COD

Cara pengukuran COD dijelaskan berdasarkan (SNI 6989.2:2019) sebagai berikut:

- a. Sampel limbah dimasukkan ke dalam tabung COD sebanyak 2,5 ml, tambahkan 1,5 ml larutan campuran $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dan 3,5 ml larutan H_2SO_4 dimasukkan ke dalam tabung COD dan ditutup

- b. Selanjutnya COD reaktor dihidupkan, tekan tombol start pada COD reaktor ditekan dan ditunggu suhu naik hingga mencapai 150°C
- c. Tabung COD dimasukkan ke dalam reaktor COD dengan suhu 150°C selama 2 jam
- d. Setelah itu, tabung COD didinginkan dan kemudian pengukuran sampel limbah dilakukan dengan menggunakan COD Meter.

3. Pengukuran TSS

Cara pengukuran TSS dijelaskan berdasarkan (SNI 06-6989.3:2019) sebagai berikut:

- a. Kertas saring dibilas dengan sedikit aquades
- b. Sampel uji diaduk hingga homogen, kemudian sampel dengan volume tertentu dimasukkan ke dalam alat vakum dan ditempatkan pada media filter dan dinyalakan alat vakum tersebut
- c. Bilas media filter sebanyak tiga kali dengan 10 ml aquades setiap kali sampai air habis di dalam vakum filter
- d. Keringkan media timbang atau cawan petri yang berisi media saring dalam oven pada suhu 103 sampai 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan di dalam desikator sebelum ditimbang
- e. Dihitung TSS dan dicatat nilainya.

4. Pengukuran TDS

Cara pengukuran TDS dijelaskan sebagai berikut:

- a. Sampel limbah cair diaduk hingga tercampur secara homogen.
- b. Sampel dimasukkan ke dalam wadah kaca Pyrex berukuran 100 mL.
- c. TDS Meter dibilas menggunakan aquades dan dikeringkan dengan tisu.
- d. TDS Meter dihidupkan dan ujung elektroda TDS Meter direndam ke dalam sampel limbah cair.
- e. Kemudian tombol CAL/MEAS ditekan untuk mengukur nilai TDS pada sampel.
- f. Diamkan beberapa saat hingga nilai pengukuran TDS stabil.

- g. Nilai TDS yang terbaca dicatat.

5. Pengukuran DO

Cara pengukuran DO dijelaskan sesuai (SNI 06-6989.14.2004) sebagai berikut:

- a. Sampel limbah cair diaduk hingga tercampur secara homogen.
- b. Sebuah beaker kaca *pyrex* digunakan sebagai wadah untuk menampung sampel limbah cair sebanyak 100 mL.
- c. DO meter dihidupkan dan ujung elektroda DO meter direndam ke dalam sampel limbah cair.
- d. Nilai DO pada DO meter ditunggu hingga stabil.
- e. Nilai DO yang terbaca dicatat.

6. Pengukuran Kekeruhan

- a. Untuk melakukan kalibrasi alat, larutan standar dengan konsentrasi 0 NTU, 100 NTU, 800 NTU, dan 1000 NTU dimasukkan ke dalam turbidimeter. Kemudian, hasil kekeruhan yang tertera pada tampilan turbidimeter dibaca.
- b. Tabung turbidimeter dibersihkan dengan menggunakan aquades, kemudian sampel diisi ke dalam tabung turbidimeter.
- c. Setelah menunggu beberapa saat, hasil pembacaan angka pada tampilan turbidimeter dapat dibaca.

7. Jumlah Koloni Bakteri

a. Pengenceran Sampel

Sampel limbah cair RPA diambil dan dilakukan pengenceran sampel dengan pengenceran 10^{-2} cfu/ml, diambil sebanyak 1 mL dan dilarutkan kedalam larutan steril sehingga membentuk larutan seri pengenceran 10^{-3} cfu/ml. Larutan tersebut divortex hingga homogen. Prosedur yang sama dilakukan untuk membuat seri pengenceran sampai dengan 10^{-6} cfu/ml. Analisis TPC menggunakan media *plate count agar* (PCA) dengan menanam 0,1 ml sampel dari pengenceran ke dalam cawan petri, lalu diinkubasi selama 48 jam pada suhu 35°C .

b. Isolasi Bakteri

Sampel limbah dengan pembuatan larutan dengan seri pengenceran 10^{-6} cfu/ml masing-masing diambil sebanyak 0,1 ml kemudian dilakukan isolasi pada media PCA dengan teknik sebaran. Biakan koloni bakteri diinkubasi selama 48 jam pada suhu 35°C . Setelah dilakukan inkubasi, koloni bakteri yang tumbuh pada media PCA akan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Total Bakteri} = \text{jumlah koloni bakteri} \times \frac{1}{\text{Pengenceran}} \quad (3.1)$$

3.6 Analisis Data

3.6.1 Efektivitas

Tahapan analisis data pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui persentase penurunan kadar pencemar limbah cair RPA dari masing-masing parameter yang telah diuji pada saat sebelum dan sesudah perlakuan baik pada proses aerasi terdifusi maupun pada proses filtrasi di reaktor *biosand* filter.

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% , \quad (3.2)$$

dengan nilai C_0 merupakan kadar konsentrasi pencemar sebelum dilakukan proses aerasi terdifusi dan filtrasi dan C_1 merupakan kadar konsentrasi pencemar setelah dilakukannya perlakuan aerasi terdifusi dan *biosand* filter (Mulyani dkk., 2017).

3.6.2 Analisis Statistik

Analisis statistik yang digunakan pada penelitian ini berupa *software* yang dapat digunakan untuk melakukan pengolahan data dan menganalisisnya seperti SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). SPSS merupakan software khusus untuk pengolahan data statistik yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. SPSS sering dipakai dalam berbagai riset pasar, pengendalian dan perbaikan mutu, serta riset-riset sains (Zein dkk., 2019). Metode statistik yang banyak digunakan untuk menganalisis data dari suatu percobaan yang terancang adalah teknik analisis ragam atau sering disebut dengan *Analysis of Variance* (ANOVA). Analisis ragam merupakan sebuah metode untuk memeriksa hubungan

antara dua atau lebih set data, dengan kata lain ada hubungan antara set data dengan melakukan analisis varians (Fajrin dkk., 2016).

3.7 Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 7 bulan yaitu pada bulan Januari hingga Juli 2023. Awal bulan Januari dilakukan penentuan judul, uji pendahuluan, studi literatur dan seminar proposal tugas akhir hingga Februari. Setelah itu, pada bulan Maret dilaksanakan perhitungan debit aliran, observasi kondisi limbah cair RPA Pasar Tradisional Rukoh dan diikuti pembuatan reaktor aerasi dan *biosand* filter. Akhir bulan Maret hingga April dilakukan pengolahan sampel limbah cair RPA Pasar Tradisional Rukoh dengan reaktor aerasi terdifusi dan *biosand* filter, dan dilakukan pengujian kadar pH, COD, DO, TSS, kekeruhan dan jumlah koloni bakteri terhadap hasil limbah cair setelah dilakukan pengolahan dengan reaktor aerasi terdifusi dan *biosand* filter dan dilihat efisiensinya. Pada bulan Mei hingga Juni dilakukan tahap analisis data dan pelaporan hasil penelitian. Jadwal pelaksanaan penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.5



Tabel 3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	WAKTU PELAKSANAAN PENELITIAN																															
		Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli							
1	Tahap Persiapan	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Analisis debit limbah cair RPA									■	■																						
3	Sampling limbah cair RPA											■	■																				
4	Pengujian limbah cair RPA													■	■	■	■																
5	Pengujian limbah cair setelah pengolahan																	■	■	■	■	■	■										
6	Analisis data dan pelaporan																									■	■	■	■	■	■	■	■

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Hasil pengukuran parameter terhadap sampel limbah cair RPA sebelum dan sesudah dilakukan eksperimen. Kemudian efektivitas terhadap penormalan nilai pH dan DO serta degradasi terhadap parameter lainnya yaitu COD, TSS, TDS, kekeruhan dan jumlah koloni bakteri dapat dilihat pada Tabel 4.1. Penampakan fisik limbah cair RPA sebelum eksperimen cenderung memiliki warna yang keruh dan setelah eksperimen dengan gabungan dua metode tersebut menjadi jauh lebih jernih. Gambar 4.1 menunjukkan penampakan fisik limbah cair RPA sebelum eksperimen, setelah eksperimen dengan aerasi terdifusi serta setelah eksperimen dengan *biosand* filter.



Gambar 4.1 Limbah cair RPA (a) setelah eksperimen aerasi terdifusi, (b) setelah eksperimen *biosand* filter

Tabel 4.1 Hasil dan efektivitas (%) pengukuran parameter sebelum dan sesudah perlakuan

Bentuk Eksperimen	Variasi Eksperimen		Parameter							Efektivitas (%)			
	Menit	Hari	pH	COD (mg/L)	TSS (mg/L)	DO (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	TDS (ppm)	Koloni Bakteri (CFU/ml)	COD	TSS	Kekeruhan	TDS
Pengukuran Awal			7,0	1500	864	2,6	778	1865	138 x 10 ⁻⁶	-	-	-	-
Aerasi Terdifusi	30		8,6	1177 ± 59,4	481 ± 47,3	3,7	623	1244	-	21	44	19	33
	60		8,8	1072 ± 5,74	372 ± 45,3	5,7	530	425	-	28	56	31	77
	90		8,9	1066 ± 65,4	357 ± 43,7	6,4	399	171	-	29	58	48	90
	120		8,9	976 ± 53,8	325 ± 43,2	7,3	285	63	-	34	62	63	96
	150		9,0	445 ± 36,5	310 ± 40,9	7,7	191,5	58	-	70	64	75	97
Biosand Filter		1	7,6	1275 ± 60,1	485 ± 39,2	4,7	632	1082	293 x 10 ⁻⁶	15	43	18	41
		2	8,2	1265 ± 57,9	372 ± 35,6	5,0	573	975	492 x 10 ⁻⁶	16	56	26	47
		3	8,2	1044 ± 54,6	360 ± 34,5	5,2	551	800	222 x 10 ⁻⁶	30	58	29	57
		4	8,4	976 ± 45,0	345 ± 34	5,2	484	674	58 x 10 ⁻⁶	34	60	37	63
		5	8,5	458 ± 37,1	324 ± 32,9	5,4	200	165	241 x 10 ⁻⁶	69	62	74	91
Kombinasi	150	5	8,5	215 ± 26,2	396 ± 34,7	6,0	25,4	115	-	85	54	96	93

Berdasarkan Tabel 4.1 parameter COD dan TSS pada limbah cair RPA yang berada di Pasar Tradisional Rukoh, Kota Banda Aceh melebihi standar baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah Usaha/Kegiatan Rumah Pematangan Hewan.

Hasil eksperimen awal menunjukkan bahwa limbah cair RPA yang digunakan memiliki kandungan COD sebesar 1500 mg/L, TSS sebesar 864 mg/L, kekeruhan 778 NTU, TDS 1865 ppm, nilai DO sebesar 2,6 mg/L dan nilai pH sebesar 7,0 seperti yang ditunjukkan di dalam Tabel 4.1. Tabel 4.1 juga menunjukkan nilai dari peningkatan nilai pH dan DO serta degradasi dari parameter lainnya setelah dilakukan eksperimen. Berdasarkan data yang disajikan pada tabel tersebut parameter yang diuji mengalami perubahan dibandingkan dengan sebelum dilakukannya perlakuan.

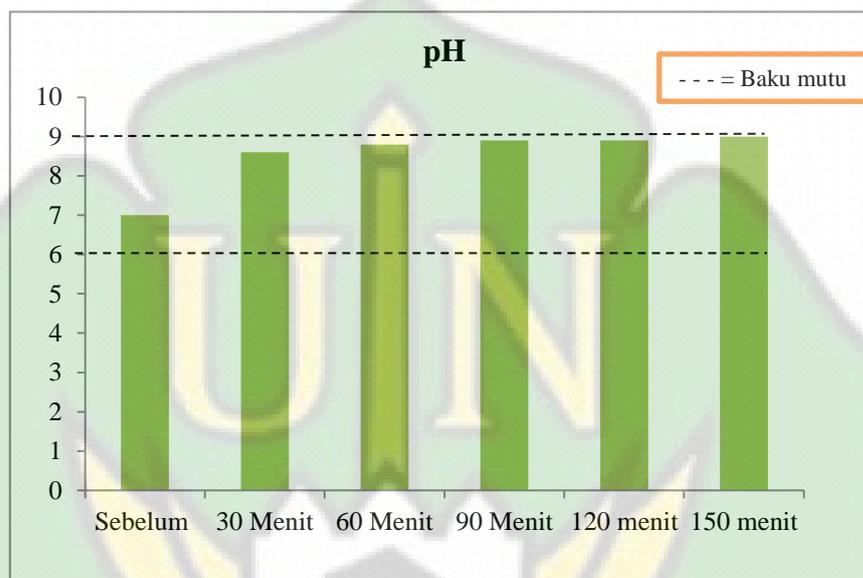
Berdasarkan Tabel 4.1 penggunaan metode aerasi terdifusi mampu mendegradasi polutan dengan persentase penurunan COD mencapai 70%, TSS mencapai 64%, kekeruhan mencapai 75% dan TDS mencapai 97% pada perlakuan aerasi terdifusi selama 150 menit. Penggunaan metode *biosand* filter mampu mendegradasi polutan dengan persentase penurunan COD mencapai 69%, TSS mencapai 62%, kekeruhan mencapai 74% dan TDS mencapai 91% pada perlakuan *biosand* filter selama 5 hari. Sedangkan penggunaan perlakuan kombinasi aerasi terdifusi dan *biosand* filter diambil dari variasi eksperimen yang optimum yaitu perlakuan aerasi terdifusi selama 150 menit dan perlakuan *biosand* filter selama 5 hari. Maka didapatkan efektivitas hasil eksperimen dari kombinasi metode tersebut dengan persentase penurunan kadar kekeruhan mencapai 96%, TDS sebesar 93%, COD sebesar 85% dan TSS mencapai 54%. Serta didapatkan peningkatan nilai pH dari 7,0 menjadi 8,5 dan kadar DO dari 2,6 mg/L menjadi 6,0 mg/L.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Aerasi Terdifusi

Metode aerasi terdifusi yang digunakan dalam penelitian yakni berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat berpengaruh terhadap kadar parameter yang diuji.

1. Peningkatan Kadar pH



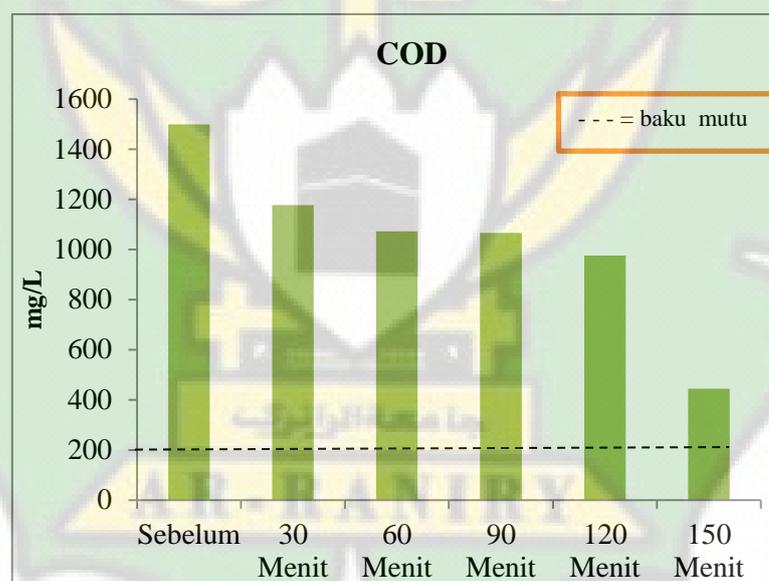
Gambar 4.2 Grafik Peningkatan Kadar pH Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan perubahan terhadap nilai pH. Nilai pH awal limbah cair RPA sebelum dilakukan pengolahan dalam keadaan netral yaitu sebesar 7,0 dan setelah pengolahan dengan metode aerasi terdifusi selama 30, 60, 90, 120 dan 150 menit nilai pH yang diuji mengalami peningkatan menjadi 8,6; 8,8; 8,9; 8,9; dan 9,0. Menurut Batara dkk (2017) peningkatan nilai pH dikarenakan adanya kecepatan reaksi oksidasi pada saat proses aerasi terdifusi. Maka dapat menyebabkan kadar polutan seperti CO_2 dan H_2S dapat dihilangkan saat proses aerasi terdifusi berlangsung. Menurut Hutagalung dkk (2021) besarnya nilai pH air dan air limbah dapat mempengaruhi kelarutan dan bentuk senyawa kimia badan air. Perubahan pH dalam air limbah akan mempengaruhi aktivitas biologis didalamnya, sehingga

perubahan pH pada air limbah baik ke arah basa (pH naik) maupun ke arah asam (pH turun) akan sangat berbahaya terhadap kelangsungan biota di dalamnya.

Hasil uji regresi linier sederhana terhadap variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi pada peningkatan nilai pH dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan nilai pH, dengan nilai signifikansi sebesar 0,073. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. Hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap peningkatan nilai pH menunjukkan bahwa $t_{hitung} 2,416 > t$. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang efektif.

2. Penurunan Kadar COD



Gambar 4.3 Grafik Penurunan Kadar COD

Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

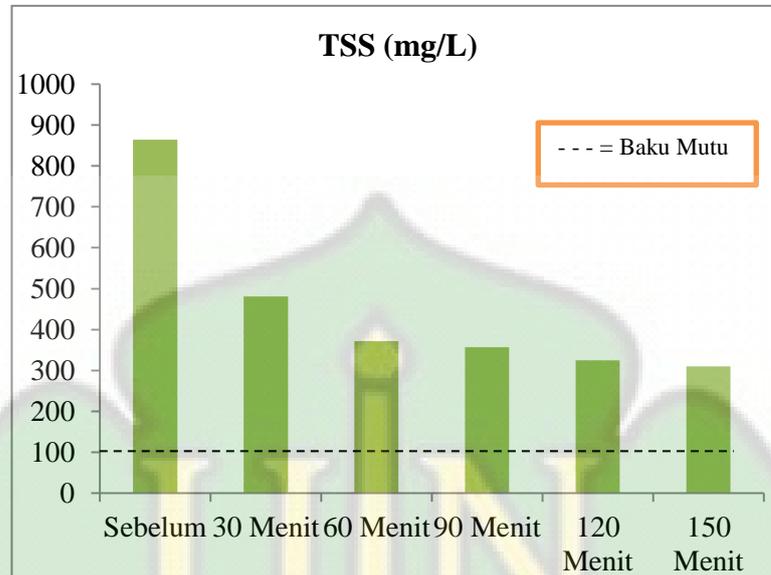
Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan terhadap nilai COD. *Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. COD adalah jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik

secara kimiawi. Nilai COD merupakan salah satu ukuran terhadap tingkat pencemaran oleh bahan organik di dalam perairan. Kadar COD dalam air limbah akan berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik dalam air limbah (Harahap dkk., 2020). Nilai COD awal limbah cair RPA sebesar 1500 mg/L. Tetapi, setelah dilakukan perlakuan aerasi terdifusi dengan selang waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit didapatkan hasil masing-masingnya sebesar 1177 mg/L, 1072 mg/L, 1066 mg/L, 976 mg/L dan 445 mg/L. Data tersebut menunjukkan bahwasanya dengan perlakuan aerasi terdifusi mampu mendegradasi polutan organik yang ada di dalam limbah cair RPA dan meningkatkan nilai DO limbah tersebut.

Penurunan kadar COD disebabkan oleh adanya proses transfer gas yang dilakukan pada saat perlakuan aerasi terdifusi dikarenakan polutan yang terkandung di dalam limbah cair RPA akan membentuk flok-flok kecil dan besar sebagai residu yang ditimbulkan dari proses pengolahan air limbah. Maka dari itu, semakin lama proses aerasi terdifusi, air limbah hasil pengolahan akan menjadi lebih jernih dan menyebabkan gas yang terkandung dalam limbah cair RPA mengalami penguapan dan bereaksi dengan oksigen yang di transfer oleh *diffuser* aerator.

Hasil uji regresi linier sederhana terhadap variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar COD dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar COD, dengan nilai signifikansi sebesar 0,01. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. Berdasarkan hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar COD menunjukkan bahwa t hitung $4,549 > t$. berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang cukup efektif.

3. Penurunan Kadar TSS



Gambar 4.4 Grafik Penurunan Kadar TSS

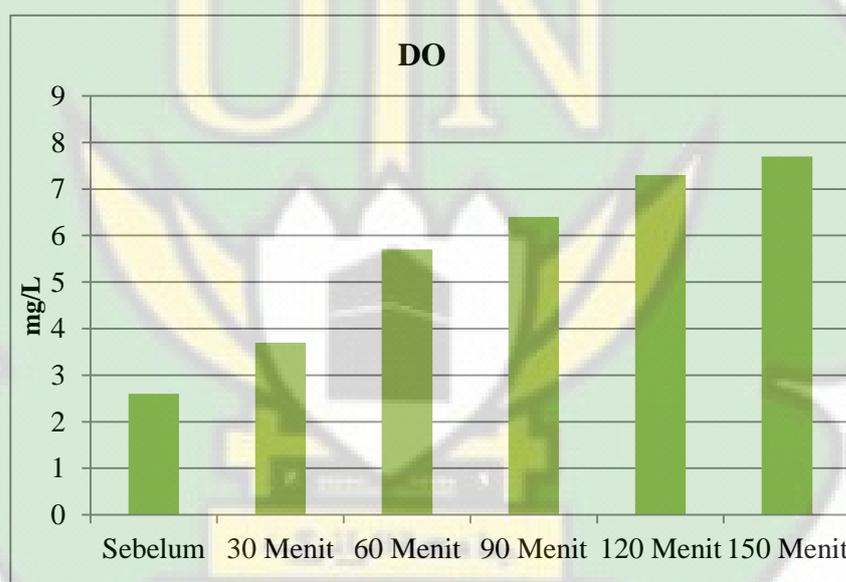
Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan terhadap nilai TSS. *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan bahan-bahan yang tersuspensi, yang terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik. Konsentrasi TSS apabila terlalu tinggi di perairan akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis. Bahan-bahan yang tersuspensi di perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika jumlahnya berlebihan maka dapat meningkatkan nilai kekeruhan dalam perairan (Baktiar dan Basith, 2020).

Nilai awal TSS pada limbah cair RPA adalah 864 mg/L. Namun, setelah dilakukan pengolahan dengan metode aerasi terdifusi dengan selang waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit didapatkan hasil masing-masing sebesar 481 mg/L, 372 mg/L, 357 mg/L, 325 mg/L dan 310 mg/L Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan menunjukkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi mampu mendegradasi kadar TSS di dalam limbah tersebut. Akibatnya, air hasil olahan menjadi lebih jernih dibandingkan dengan sampel awal sebelum diberikan perlakuan.

Hasil uji regresi linier sederhana terhadap variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar TSS dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar TSS, dengan nilai signifikansi sebesar 0,032. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. Berdasarkan hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar TSS menunjukkan bahwa t hitung $3,229 > t$. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang cukup efektif.

4. Peningkatan Kadar DO



Gambar 4.5 Grafik Peningkatan Kadar DO Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya peningkatan terhadap nilai DO. Nilai DO awal limbah cair RPA sebelum dilakukannya pengolahan adalah sebesar 2,6 mg/L, hal ini disebabkan oleh keadaan limbah yang keruh dan berwarna sehingga oksigen yang terkandung di dalamnya sangat sedikit. Maka, apabila nilai DO rendah di dalam perairan dapat disimpulkan bahwasanya perairan tersebut mengalami pencemaran. Setelah

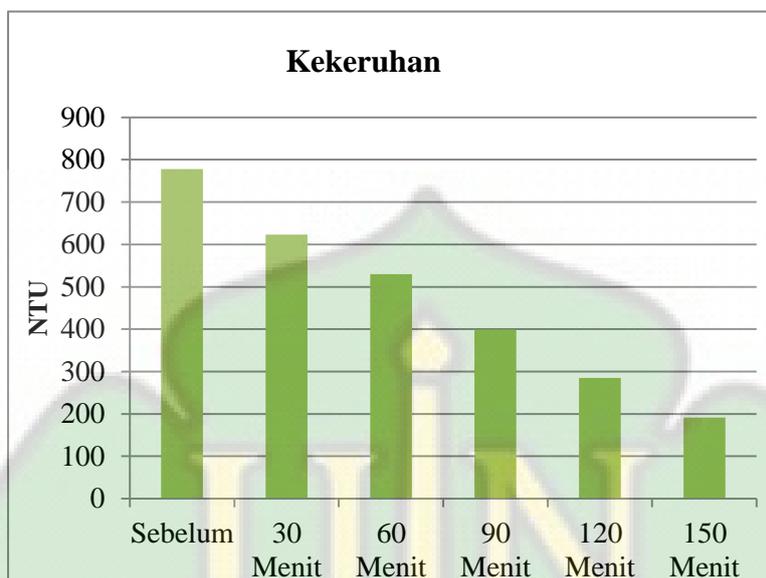
dilakukan pengolahan dengan menggunakan metode aerasi terdifusi dengan variasi waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit didapatkan hasil masing masing yaitu 3,7 mg/L, 5,7 mg/L, 6,4 mg/L, 7,3 mg/L dan 7,7 mg/L.

Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan membuktikan bahwa dengan adanya transfer udara dari proses aerasi terdifusi dapat meningkatkan kadar DO yang menyebabkan kadar polutan di dalam limbah cair RPA menggumpal dan membentuk flok-flok sebagai residu yang dihasilkan pada saat pengolahan dengan metode aerasi terdifusi, sehingga limbah cair yang diolah berwarna lebih jernih dan gas-gas yang terkandung di dalam limbah cair RPA mengalami penguapan dikarenakan adanya tekanan yang dilakukan oleh *diffuser* aerator sehingga nilai DO meningkat pada limbah cair tersebut..

Proses aerasi terdifusi sangatlah penting terutama pada pengolahan air limbah yang proses pengolahan biologinya memanfaatkan bakteri aerob. Fungsi utama aerasi terdifusi merupakan melarutkan oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen yang terlarut, sehingga dengan tersedianya oksigen yang cukup selama proses biologi maka bakteri aerob tersebut dapat bekerja dengan optimal. Selain itu, dengan adanya oksigen yang cukup di dalam limbah cair juga bermanfaat untuk proses oksidasi senyawa kimia yang terkandung di dalamnya serta dapat menghilangkan bau (Yuniarti dkk., 2019).

Hasil uji regresi linier sederhana terhadap variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi pada peningkatan nilai DO dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan nilai DO dengan nilai signifikansi sebesar 0,01. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap peningkatan nilai DO menunjukkan bahwa $t_{hitung} 8,862 > t$. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang efektif.

5. Penurunan Kadar Kekeruhan



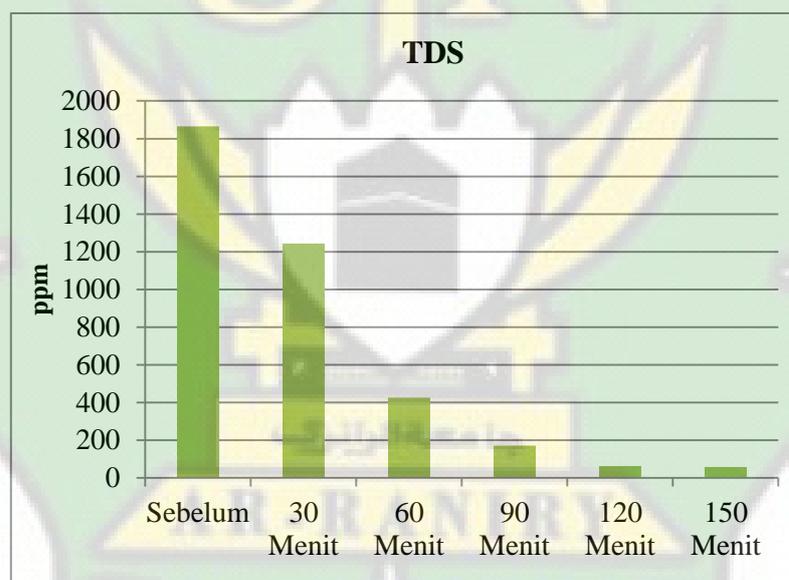
Gambar 4.6 Grafik Peningkatan Kadar Kekeruhan Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan terhadap nilai kekeruhan. Kekeruhan dipengaruhi oleh bahan-bahan halus yang melayang-layang di dalam air baik berupa bahan organik seperti plankton, jasad renik, detritus maupun berupada bahan anorganik seperti lumpur dan pasir. Kekeruhan di atas 60 NTU menyebabkan menurunnya kadar oksigen terlarut (DO) dan sinar matahari tidak dapat mencapai dasar perairan (Suhendar dkk., 2020).

Sifat optik air dan air limbah dapat digambarkan melalui tingkat kekeruhannya. Hal ini ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya matahari yang dapat diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat di dalam air. Kekeruhan berhubungan erat dengan padatan tersuspensi dikarenakan semakin tinggi tingkat kekeruhan air, maka semakin banyak padatan tersuspensi yang terdapat di dalam perairan tersebut (Gultom dkk., 2021). Nilai kekeruhan awal limbah cair RPA sebesar 778 NTU. Namun setelah dilakukan pengolahan dengan selang waktu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit didapatkan hasil masing-masing

sebesar 623 NTU, 530 NTU, 399 NTU, 285 NTU, dan 191,5 NTU. Data tersebut menunjukkan bahwa proses aerasi terdifusi dapat menurunkan parameter kekeruhan di dalam limbah cair RPA. Hasil uji regresi linier sederhana variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar kekeruhan dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar kekeruhan dengan nilai signifikansi sebesar 0,01. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. Berdasarkan hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar kekeruhan menunjukkan bahwa t hitung $28,662 > t$. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang cukup efektif.

6. Penurunan Kadar TDS



Gambar 4.7 Grafik Penurunan Kadar TDS

Sebelum dan Setelah Proses Aerasi Terdifusi

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa penggunaan metode aerasi terdifusi berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan terhadap nilai TDS. *Total Dissolved Solid* (TDS) merupakan benda padat yang terlarut yaitu mineral, garam, logam, serta kation-anion yang terlarut di dalam air. Nilai TDS yang sangat tinggi di dalam air dapat dipengaruhi

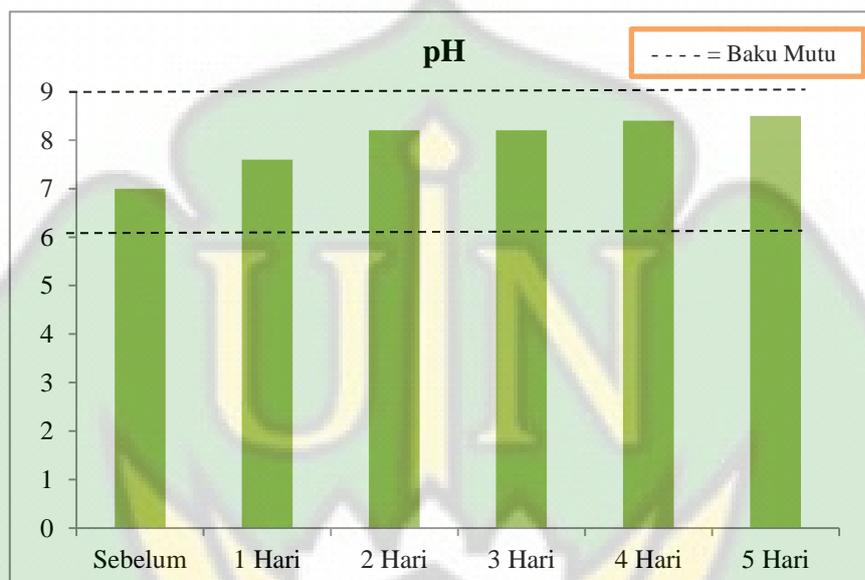
oleh pelapukan batuan, limpasan dari tanah dan pengaruh antropogenik (berupa limbah domestik, RPH, RPA dan industri). Bahan-bahan terlarut pada perairan alami tidak bersifat toksik, akan tetapi jika berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air, sehingga akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Wibowo dan Rachman, 2020). Nilai TDS awal limbah cair RPA sebesar 1865 ppm. Namun, setelah dilakukannya pengolahan dengan metode aerasi terdifusi dengan selang waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit didapatkan hasil masing-masing sebesar 1244 ppm, 425 ppm, 171 ppm, 63 ppm dan 58 ppm. Data tersebut menunjukkan bahwa proses aerasi terdifusi dapat mengurangi kadar TDS di dalam limbah cair tersebut dikarenakan polutan yang ada menggumpal keatas akibat udara yang diinjeksikan oleh *diffuser* aerator menekan partikel yang ada di dalam limbah sehingga menyebabkan terjadinya flok-flok dengan ukuran yang besar.

Hasil uji regresi linier sederhana variasi waktu kontak proses aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar TDS dapat dilihat pada lampiran. Hasil analisis menunjukkan bahwa variasi waktu kontak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap penurunan kadar TDS dengan nilai signifikansi sebesar 0,01. Hasil analisis tersebut didukung oleh hasil uji T. Berdasarkan hasil analisis variasi waktu kontak aerasi terdifusi terhadap penurunan kadar kekeruhan menunjukkan bahwa t hitung $4,568 > t$. Berdasarkan hasil analisis statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa perlakuan aerasi terdifusi terhadap pengolahan limbah cair RPA adalah cara yang cukup efektif.

4.2.2 *Biosand* Filter

Metode *biosand* filter yang digunakan dalam penelitian yakni berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat berpengaruh terhadap kadar parameter yang diuji.

1. Peningkatan Nilai pH

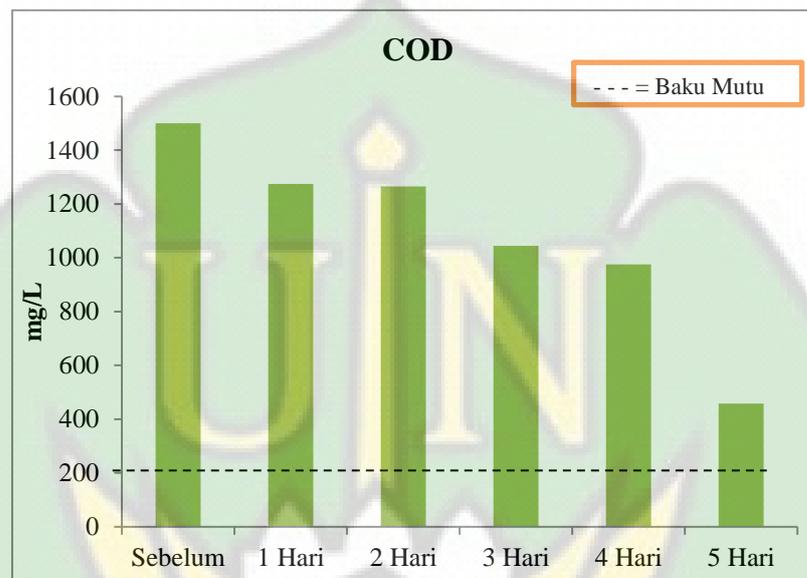


Gambar 4.8 Grafik Peningkatan Nilai pH Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan perubahan terhadap nilai pH. Nilai awal pH limbah cair RPA sebelum dilakukan perlakuan *biosand* filter sebesar 7,0 dan setelah dilakukan perlakuan *biosand* filter dengan selang waktu selama 1, 2, 3, 4 dan 5 hari mengalami perubahan yaitu 7,6; 8,2; 8,2; 8,4 dan 8,5. Derajat keasaman (pH) merupakan satu ukuran untuk menentukan sifat asam dan basa. Perubahan pH yang terjadi di suatu perairan sangat berpengaruh terhadap proses fisika, kimia, maupun biologi dari organisme yang hidup di dalamnya. pH menunjukkan perlu atau tidaknya dilakukan pengolahan pendahuluan (*pre treatment*) untuk mencegah terjadinya gangguan terhadap proses pengolahan limbah cair secara konvensional (Ramadani dkk., 2021). Peningkatan pH dikarenakan pada saat proses filtrasi, limbah cair yang mengalir melalui media filtrasi mengalami benturan atau tumbukan antar molekul

air limbah yang menyebabkan terjadinya gelembung-gelembung udara (air melepaskan ion O) sehingga terjadi reaksi ion yang mengakibatkan air mengalami kelebihan ion H^+ sehingga pH air limbah meningkat (Artidarma dkk., 2021).

2. Penurunan Kadar COD

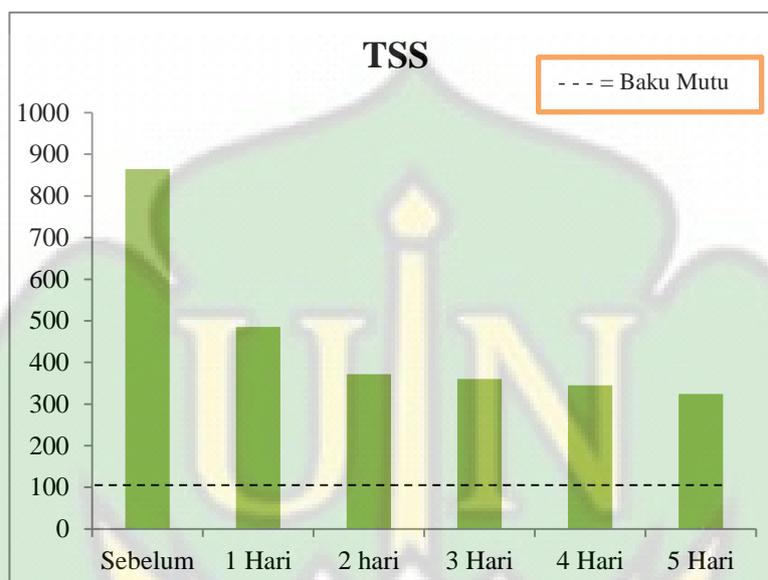


Gambar 4.9 Grafik Penurunan Kadar COD Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan kadar COD. COD merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi (mendegradasi) bahan-bahan organik yang ada di dalam perairan secara kimiawi. COD merupakan parameter penting untuk menentukan kualitas air limbah dikarenakan berperan sebagai penduga pencemaran bahan organik dan kaitannya dengan penurunan oksigen terlarut (DO) (Andika dkk., 2020). Kadar COD awal limbah cair RPA adalah 1500 mg/L dan sesudah dilakukan perlakuan dengan selang waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari didapatkan hasilnya mengalami penurunan yaitu sebesar 1275 mg/L, 1265 mg/L, 1044 mg/L, 976 mg/L dan 458 mg/L. Tingginya kadar COD disebabkan adanya penurunan bahan-bahan organik maupun anorganik dari limbah cair yang dihasilkan oleh RPA. Maka dari itu, tingginya konsentrasi COD di dalam limbah cair RPA dapat mengakibatkan

rendahnya kandungan oksigen dalam limbah sehingga biota air tidak dapat hidup di dalam limbah cair tersebut (Andika dkk., 2020).

3. Penurunan Kadar TSS



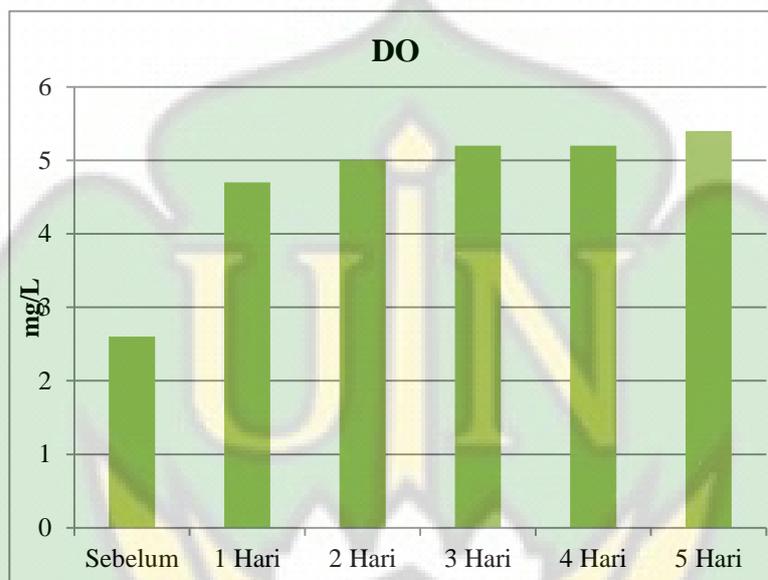
Gambar 5.0 Grafik Penurunan Kadar TSS Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 5.0 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan kadar TSS. Kadar TSS yang tinggi pada perairan akan menghalangi masuknya sinar matahari ke dalamnya, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis dan menyebabkan turunnya kadar oksigen terlarut yang dilepas ke dalam air oleh tanaman. Apabila jumlah materi tersuspensi ini mengendap, maka akan menyebabkan terjadinya pembentukan lumpur yang dapat mengganggu aliran serta pendangkalan perairan (Ruhmawati dkk., 2017).

Kadar TSS awal pada limbah cair RPA adalah 864 mg/L dan setelah dilakukan perlakuan dengan selang waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari didapatkan hasilnya mengalami penurunan masing-masing sebesar 485 mg/L, 372 mg/L, 360 mg/L, 345 mg/L dan 324 mg/L. Hasil yang didapatkan menunjukkan adanya penurunan terhadap kadar TSS namun penurunan yang terjadi tidak terlalu signifikan, dikarenakan kondisi limbah cair RPA yang berwarna merah pekat, mengandung

darah ayam yang sangat banyak, dan terdapat bulu-bulu kecil serta partikel koloid lainnya seperti kotoran ayam dan potongan kecil daging ayam yang telah disembelih sebelumnya.

4. Peningkatan Nilai DO



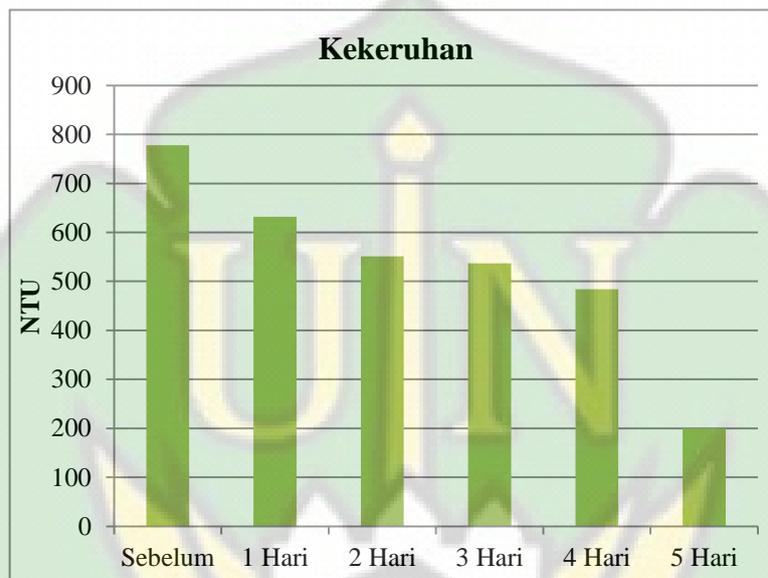
Gambar 5.1 Grafik Peningkatan Nilai DO Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan perubahan terhadap nilai DO. *Dissolved Oxygen* (DO) merupakan banyaknya oksigen yang terkandung di dalam air dan diukur dalam satuan miligram per liter. Adanya oksigen di dalam perairan sangat penting bagi organisme perairan karena jika kadar DO di dalam air rendah menunjukkan adanya bahan pencemar organik yang tinggi (Fadzry dkk., 2020).

Di dalam perairan terjadi proses oksidasi dan reduksi sehingga peran oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi kadar polutan pada perairan secara alami maupun dengan perlakuan aerobik untuk mendegradasi air buangan industri seperti limbah cair RPA. Dekomposisi bahan organik dan oksidasi bahan anorganik dapat mengurangi kadar oksigen terlarut di dalam perairan (Ningrum, 2018). Nilai DO awal limbah cair RPA adalah 2,6 mg/L dan

sesudah dilakukan perlakuan dengan selang waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari maka didapatkan hasilnya mengalami peningkatan yaitu sebesar 4,7 mg/L, 5,0 mg/L, 5,2 mg/L, 5,2 mg/L dan 5,4 mg/L.

5. Penurunan Kadar Kekeruhan



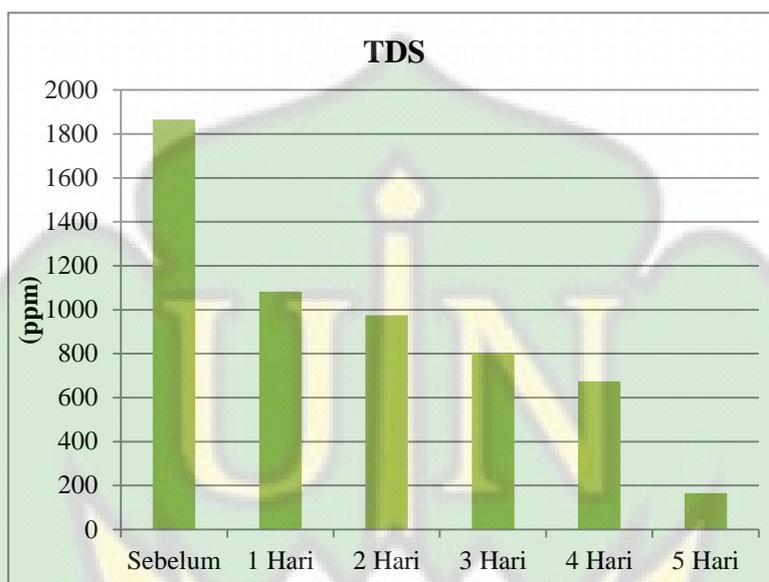
Gambar 5.2 Grafik Penurunan Kadar Kekeruhan Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 5.2 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan kadar kekeruhan. Nilai awal kekeruhan limbah cair RPA sebelum dilakukan perlakuan adalah sebesar 778 NTU dan setelah dilakukan perlakuan dengan selang waktu selama 1, 2, 3, 4 dan 5 hari terjadi penurunan yaitu sebesar 632 NTU, 551 NTU, 537 NTU, 484 NTU, dan 200 NTU.

Kekeruhan menunjukkan adanya zat tersuspensi di dalam air, yakni bahan organik dan anorganik sehingga dapat mempengaruhi proses kehidupan organisme di perairan. Adanya kekeruhan yang berlebihan dapat mengakibatkan sinar matahari sulit masuk ke dalam perairan sehingga dapat membahayakan organisme yang hidup di dalamnya. Tingkat kekeruhan ini tergolong tinggi karena adanya kandungan protein dan karbohidrat yang terdispersi dalam ukuran koloid

dalam limbah cair tersebut. Maka dari itu, sisa-sisa protein dan karbohidrat inilah yang diduga menjadi penyebab kekeruhan pada limbah tersebut (Bija dkk., 2019).

6. Penurunan Kadar TDS



Gambar 5.3 Grafik Penurunan Kadar TDS

Sebelum dan Setelah Perlakuan *Biosand* Filter

Berdasarkan Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa penggunaan metode *biosand* filter berpengaruh terhadap parameter yang telah diuji, yaitu menunjukkan adanya penurunan kadar TDS. Keberadaan TDS dalam konsentrasi yang tinggi di badan air dapat menyebabkan terjadinya pencemaran dan kematian organisme air. TDS yang tinggi akan mengurangi kemampuan badan air dalam menjaga ekosistem air (Ilyas dkk., 2017). Tingginya kadar TDS jika tidak dikelola dan diolah dapat mencemari badan air. Selain itu, juga dapat mematikan kehidupan akuatik dan memiliki efek samping yang kurang baik terhadap kesehatan manusia dikarenakan mengandung bahan kimia dengan konsentrasi yang tinggi seperti fosfat, ammonia, dan nitrogen yang terlarut di dalam air limbah (Kustiyaningsih dan Irawanto, 2020). Nilai TDS awal limbah cair RPA adalah 1865 ppm dan setelah diberikan perlakuan *biosand* filter dengan selang waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari didapatkan hasilnya mengalami penurunan yaitu sebesar 1082 ppm, 975 ppm, 800 ppm, 674 ppm dan 165 ppm. Penurunan konsentrasi TDS dalam *biosand* filter menunjukkan

terjadinya proses penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme autotrof dan heterotrof untuk mensintesa sel (Ilyas dkk., 2017).

7. Pengujian Jumlah Koloni Bakteri

Koloni bakteri merupakan sekumpulan dari bakteri-bakteri yang sejenis yang mengelompokkan diri menjadi satu sehingga membentuk suatu koloni. Untuk mengetahui pertumbuhan dari suatu bakteri dapat dilakukan dengan menghitung jumlah koloni bakteri (Wicaksono dkk., 2019). Kebanyakan bakteri memiliki warna keputih-putihan, kelabu, kekuning-kuningan atau hampir bening. Warna pada bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang ada seperti suhu, pH, dan oksigen bebas (Agustina dkk., 2022). Jumlah koloni bakteri yang dihitung pada sampel limbah cair RPA sebelum dan sesudah perlakuan adalah diatas 25 koloni bakteri. Hasil pengujian terhadap jumlah koloni bakteri sebelum dan sesudah dilakukan perlakuan *biosand* filter dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Uji Koloni Bakteri

No	Sampel Uji	Hasil Pemeriksaan	Satuan
1	Awal	138 x 10 ⁻⁶	CFU/ml
2	1 Hari	293 x 10 ⁻⁶	CFU/ml
3	2 Hari	492 x 10 ⁻⁶	CFU/ml
4	3 Hari	222 x 10 ⁻⁶	CFU/ml
5	4 Hari	58 x 10 ⁻⁶	CFU/ml
6	5 Hari	241 x 10 ⁻⁶	CFU/ml

4.2.3 Kombinasi Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

Metode kombinasi aerasi terdifusi dan *biosand* filter yang digunakan dalam penelitian yakni berdasarkan hasil eksperimen yang telah dilakukan dapat berpengaruh terhadap kadar parameter yang diuji. Pengukuran parameter yang diuji dilakukan dengan menggunakan variasi optimum terhadap masing-masing metode yaitu waktu kontak proses aerasi terdifusi dan waktu tinggal proses *biosand* filter yaitu pada proses aerasi terdifusi 150 menit dan *biosand* filter 5 hari. Hal ini dilakukan untuk membandingkan antara masing-masing metode tersebut.

1. Peningkatan Kadar pH

Nilai tingkat keasaman (pH) dapat menggambarkan konsentrasi ion hidrogen dan menggambarkan sifat keasaman. Air yang bersifat basa dan asam dapat mempengaruhi kehidupan makhluk hidup di perairan (Putri dkk., 2021). Kadar awal pH limbah cair RPA sebelum dilakukan perlakuan adalah 7,0 dan setelah dilakukan perlakuan mengalami peningkatan sebesar 8,5. Penambahan aerasi terdifusi pada limbah cair RPA menyebabkan kandungan oksigen terlarut di dalamnya meningkat, sehingga CO_2 yang ada di dalam limbah cair tersebut akan mengalami reaksi kesetimbangan dan menghasilkan ion OH^- yang menjadi penyebab meningkatnya nilai pH (Putri dkk., 2021).

2. Penurunan Kadar COD

Kadar COD menjadi ukuran terhadap pencemaran air oleh zat organik yang secara alami dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologis sehingga mengakibatkan oksigen terlarut dalam perairan menjadi berkurang. Semakin tinggi konsentrasi COD di dalam perairan, maka semakin tinggi bahan cemar yang bersifat kimia di dalamnya (Setyaningrum dkk., 2022). Nilai COD awal sebesar 1500 mg/L dan setelah dilakukan perlakuan mengalami penurunan sebesar 215 mg/L. Penurunan nilai COD pada metode kombinasi aerasi terdifusi dan *biosand* filter menunjukkan angka yang sangat signifikan.

Degradasi zat organik berjalan dengan optimal dikarenakan adanya proses aerasi terdifusi yang dilakukan sebelum air limbah dialirkan ke dalam reaktor *biosand* filter, sehingga kadar oksigen yang ditambahkan pada proses aerasi terdifusi menyebabkan mikroorganisme tumbuh secara optimal (Nurhayati dan Syafi'i, 2022). Meskipun penurunan kadar COD belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 yaitu sebesar 200 mg/L. Namun hasil ini membuktikan bahwasanya metode kombinasi ini cukup efektif terhadap penurunan kadar COD pada limbah cair RPA.

3. Penurunan Kadar TSS

TSS merupakan suatu material yang ada di dalam perairan. Material tersebut dapat berupa pasir, tanah liat, lumpur dan lain sebagainya, yang tersuspensi di dalam air. Kandungan TSS yang tinggi menyebabkan air menjadi keruh sehingga menghalangi sinar matahari masuk melewati air. Hal ini menyebabkan kadar oksigen terlarut berkurang sehingga kehidupan biota di perairan terganggu bahkan dapat menyebabkan kematian (Fajarwati dan Putri, 2022). Nilai awal TSS adalah sebesar 864 mg/L dan sesudah dilakukan perlakuan mengalami penurunan sebesar 396 mg/L.

4. Peningkatan Nilai DO

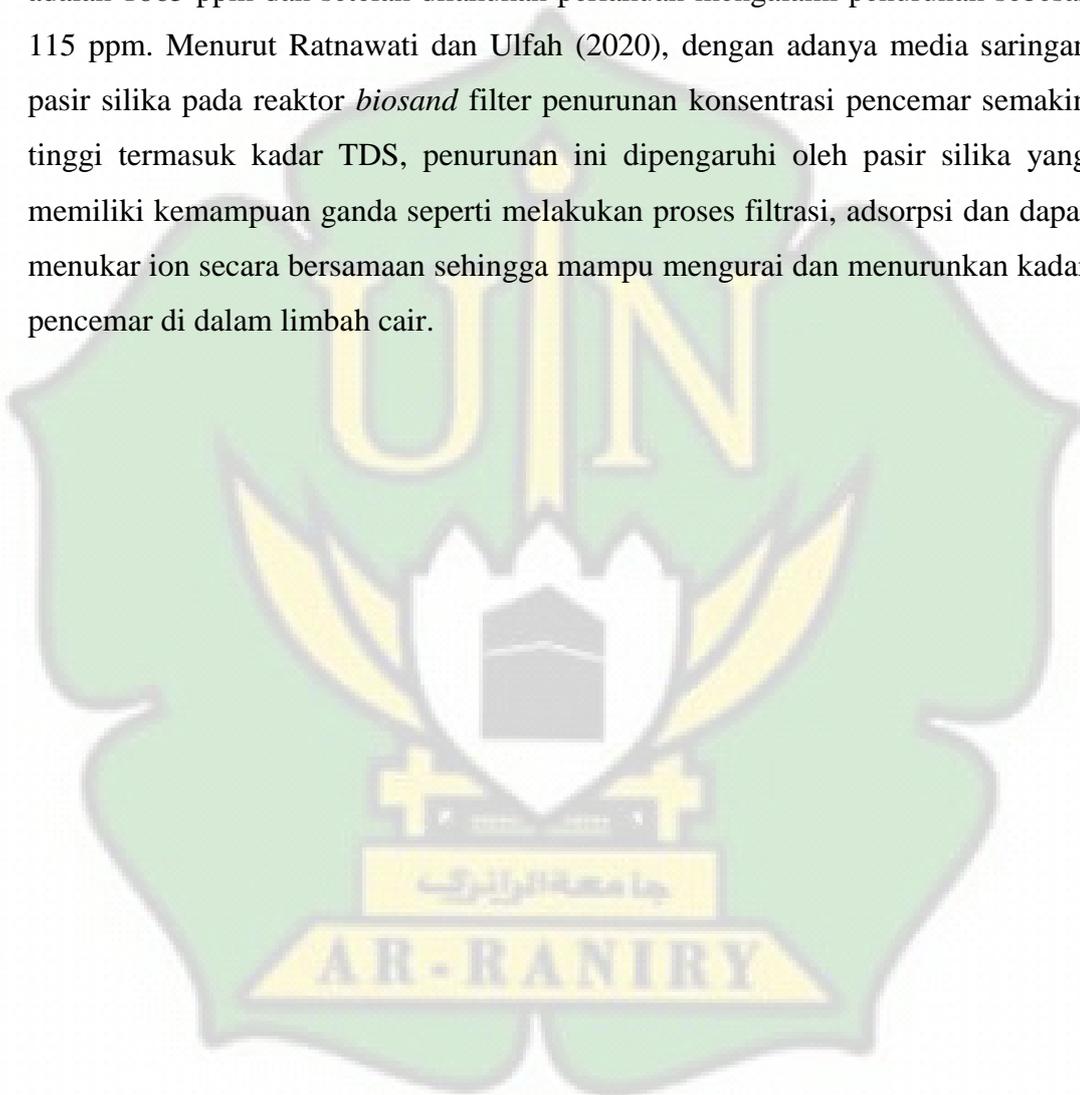
DO sangat berpengaruh terhadap kehidupan makhluk hidup di dalam perairan, terutama untuk pertumbuhan, memperbaiki jaringan dan reproduksi. Penurunan oksigen terlarut dalam perairan akan sangat berbahaya. Kebanyakan kematian biota di perairan bukan karena daya racun bahan buangan secara langsung tetapi karena kekurangan oksigen dalam perairan akibat digunakan untuk proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme (Sugianti dan Astuti, 2018). Nilai awal DO pada limbah cair RPA sebesar 2,5 mg/L dan setelah dilakukan perlakuan mengalami peningkatan sebesar 6,0 mg/L.

5. Penurunan Kadar Kekeruhan

Kekeruhan disebabkan oleh adanya bahan tercampur atau partikel koloid di dalam air. Hal ini membuat perbedaan nyata dari segi estetika maupun dari segi kualitas air itu sendiri. Kekeruhan dapat ditimbulkan oleh adanya bahan organik dan anorganik yang terkandung di dalam air seperti lumpur dan bahan yang dihasilkan oleh industri. Akibatnya dapat mengganggu masuknya sinar matahari dan membahayakan kehidupan organisme di dalamnya (Fatimura, 2017). Nilai kekeruhan awal limbah cair RPA adalah 778 NTU dan sesudah dilakukan perlakuan didapatkan hasilnya mengalami penurunan sebesar 25,4 NTU.

6. Penurunan Kadar TDS

TDS merupakan jumlah total padatan terlarut di dalam air, termasuk bahan-bahan organik dan anorganik, TDS adalah salah satu parameter fisik yang dikaji untuk penentuan kualitas air (Revansyah dkk., 2022). Nilai TDS awal adalah 1865 ppm dan setelah dilakukan perlakuan mengalami penurunan sebesar 115 ppm. Menurut Ratnawati dan Ulfah (2020), dengan adanya media saringan pasir silika pada reaktor *biosand* filter penurunan konsentrasi pencemar semakin tinggi termasuk kadar TDS, penurunan ini dipengaruhi oleh pasir silika yang memiliki kemampuan ganda seperti melakukan proses filtrasi, adsorpsi dan dapat menukar ion secara bersamaan sehingga mampu mengurai dan menurunkan kadar pencemar di dalam limbah cair.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengolahan limbah cair rumah pemotongan ayam (RPA) dapat dilakukan dengan menggunakan proses kombinasi aerasi terdifusi dan *biosand* filter. Hasil dari penelitian ini adalah:

1. Pengolahan limbah cair RPA dengan proses aerasi terdifusi menggunakan lima variasi waktu yaitu 30, 60, 90, 120 dan 150 menit. Dari kelima variasi waktu yang dilakukan pada perlakuan aerasi terdifusi selama 150 menit didapatkan hasil yang optimal dengan persentase efektivitas penurunan COD mencapai 70%, TSS mencapai 64%, kekeruhan mencapai 75% dan TDS mencapai 97%. Sedangkan peningkatan nilai pH dari 7,0 menjadi 9,0 dan kadar DO meningkat dari 2,6 mg/L menjadi 7,7 mg/L.
2. Pengolahan limbah cair RPA dengan proses *biosand* filter menggunakan lima variasi waktu yaitu 1, 2, 3, 4 dan 5 hari. Dari kelima variasi waktu tinggal limbah di dalam reaktor *biosand* filter pada perlakuan *biosand* filter selama 5 hari didapatkan hasil yang optimal persentase penurunan COD mencapai 69%, TSS mencapai 62%, kekeruhan mencapai 74% dan TDS mencapai 91%. Kemudian peningkatan nilai pH dari 7,0 menjadi 8,5 dan kadar DO dari 2,6 mg/L menjadi 5,4 mg/L.
3. Pengolahan limbah cair RPA dengan kombinasi aerasi terdifusi dan *biosand* filter diambil dari variasi waktu optimum pada masing-masing metode dengan variasi waktu kontak dan waktu tinggal yaitu 150 menit dan 5 hari, maka didapatkan persentase efektivitas penurunan nilai COD mencapai 85%, TSS mencapai 54%, kekeruhan mencapai 97% dan TDS mencapai 94% selama perlakuan 150 menit dan 5 hari. peningkatan nilai pH dari 7,0 menjadi 8,5 dan kadar DO meningkat dari 2,6 mg/L menjadi 6,0 mg/L.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, peneliti mengajukan saran-saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut terkait penggunaan metode aerasi terdifusi dengan tekanan pompa *diffuser* aerator tertentu seperti penggunaan *nanobubble* aerator dan *microbubble* aerator sehingga gelembung udara yang dihasilkan lebih kecil.
2. Perlu dilakukannya pengujian lebih lanjut terhadap parameter BOD, minyak dan lemak yang terdapat di dalam limbah cair RPA.
3. Perlu dilakukan studi dan penelitian lebih lanjut terhadap terkait penggunaan metode *biosand* filter dengan variasi waktu tinggal yang lebih lama dan proses *seeding* mikroorganisme yang berlangsung di dalam reaktor *biosand* filter perlu dilakukan lebih lama lagi agar mencapai hasil yang maksimal.
4. Perlu dilakukan pengujian dalam skala yang lebih besar atau pilot project untuk melihat sejauh mana efektivitas dari kombinasi kedua metode tersebut terhadap pengolahan limbah cair RPA.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, S. S., Putra, Y. D., dan Emargi, R. E. (2012). Koefisien Transfer Gas (Kla) Pada Proses Aerasi. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND* 9(2), 155–163.
- Adel, M., Shaalan, M. R., Kamal, R. M., dan Monayeri, D. S. E. (2019). A Comparative Study Of Impeller Aerators Configurations. *Alexandria Engineering Journal*, 58(4), 1431–1438.
- Alvateha, D., Arfiati, D., dan Lailiyah, S. (2021). Penambahan Konsorsium Bakteri Dan Aerasi Pada Upaya Penurunan Bahan Organik Air Sisa Budidaya Udang Vaname (*Litopenaeus Vannamei*). *Indonesian Journal Of Fisheries Community Empowerment*, 1(3), 225–230.
- Andika, B., Wahyuningsih, P., dan Fajri, R. (2020). Penentuan Nilai BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah Di Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Medan. *QUIMICA: Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*, 2(1), 14–22.
- Anggreani, L., Corsita, L., dan Alfons, A. B. (2021). Kajian Pengolahan Air Limbah Pencucian Motor Menggunakan Sistem Bio Sand Filter. *Median: Jurnal Arsitektur dan Planologi*, 11(2), 10-15.
- Apriyani, N. (2018). Industri Batik: Kandungan Limbah Cair Dan Metode Pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, 3(1), 21–29.
- Apsari, N. D., Amin, R., Fandeli, C., Aliman, R., dan Soestrisno, D. (2019). Aplikasi Natrium Hipoklorit Sebagai Oksidator Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 6(2), 1–11.
- Ardiatma, D., Ilyas, N. I., dan Hanif. (2020). Pengaruh Diameter Media Filtrasi Zeolit Terhadap Turbidity, Total Disolved Solids Dan Total Suspended Solids Pada Reaktor Filter. *Jurnal Pelita Teknologi*, 15(2), 95–105.

- Aruan, D. G. R., dan Siahaan, M. A. (2017). Penentuan Kadar Dissolved Oxygen (DO) Pada Air Sungai Sidoras di Daerah Butar Kecamatan Pagaran Kabupaten Tapanuli Utara. *Jurnal Analisis Laboratorium Medik USMIndonesia*, 2(1), 422–433.
- Badan Pusat Statistik Kota Banda Aceh. (2023). Jumlah Pemotongan Hewan di Luar Rumah Potong Hewan (RPH) dan Rumah Potong Unggas (RPU) di Kota Banda Aceh, 2016-2020. Banda Aceh: Badan Pusat Statistik.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 06-6989.2:2019. Cara Uji kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks tertutup. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 6989.11:2019. Cara Uji Derajat Keasaman (pH) Dengan Menggunakan Alat pH Meter. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. (2019). SNI 6989.3-2019. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solids/TSS*) Secara Gravimetri. Badan Standarisasi Nasional: Jakarta.
- Baktiar, A. H., dan Basith, A. (2020). Analisis Kandungan Total Suspended Solid (Tss) Menggunakan Citra Satelit Worldview 3 Diperairan Karimunjawa. *Elipsoida : Jurnal Geodesi Dan Geomatika*, 3(2), 112–118.
- Bija, S., Yulma, Y., Imra, I., Aldian, A., dan Akbar, A. (2019). Analisa Perubahan Turbiditas Pada Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Kitosan Dari Limbah Sisik Ikan Bandeng. *Jurnal Harpodon Borneo*, 12(1), 42–47.
- Dumyati, A. (2015). Analisis Penggunaan Pasir Pantai Sampur Sebagai Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. *Jurnal Fropil*, 3(1), 1–13.
- Dwiretnani, A. (2018). Stabilisasi Tanah Lempung Menggunakan Kerikil Untuk Meningkatkan Daya Dukung (CBR) Di Laboratorium Sebagai Bahan Timbunan. *Jurnal Talenta Sipil*, 1(1), 30–40.
- Emslie, D., Siddiqua, S., Crawford, B., dan Teece, W. (2022). Biofilm Formation and Effectiveness of Biosand Filtration Systems with Typical and Innovative Filter Media. *Geotechnical and Geological Engineering*, 40(3), 1251–1266.

- Fadzry, N., Hidayat, H., dan Eniati, E. (2020). Analysis of COD, BOD and DO Levels in Wastewater Treatment Instalation (IPAL) at Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 5(2), 80–89.
- Fairus, S., Haryono, H., Sugita, M. H., dan Sudrajat, A. (2018). Proses Pembuatan Waterglass Dari Pasir Silika Dengan Pelebur Natrium Hidroksida. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 8(2), 56.
- Fajarwati, F. I., dan Putri, A. D. (2022). Analysis of Physical and Chemical Parameters Outlet Wwtp of Domestic Communal Sukunan Village in Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah (Pusteklim) Yogyakarta. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(2), 98–110.
- Fajrin, J., Pathurahman, dan Lalu G, P. (2016). Aplikasi Metode Analysis of Variance (Anova) Untuk Mengkaji Pengaruh. *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, 6(2), 11–23.
- Fathonah, W., Kusuma, R. I., Mina, E., & Ningsih, A. T. (2022). Penggunaan Pasir Pantai Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar Dan Pengaruhnya Terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas. *Fondasi : Jurnal Teknik Sipil*, 11(2), 140.
- Fatimura, M. (2017). Pengurangan Turbiditas Pada Pengolahan Air Baku Pdam Tirta Musi Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Redoks*, 2(1), 1–23.
- Filliazati, M. (2016). Pengolahan Limbah Cair Domestik Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Bioball Dan Tanaman Kiambang. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 1(1), 1–10.
- Firra, R., W, I., dan Agung R, T. (2016). Peningkatan Efektifitas Aerasi Dengan Menggunakan Micro Bubble Generator (MBG). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(2), 88–97.
- Fitri, H. M., Hadiwidodo, M., dan Kholiq, M. A. (2016). Penurunan Kadar COD, BOD, dan TSS pada Limbah Cair Industri MSG (Monosodium Glutamat)

- dengan Biofilter Anaerob Media Bio-Ball. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–10.
- Gultom, F. B., Rahman, R., & Heriansyah, H. (2021). Analisis Kualitas Air Berdasarkan Parameter Fisika di Wilayah Kota Bengkulu. *Alchemy*, 9(2), 37–42.
- Hanif. (2022). Penurunan Kadar Pencemar Pada Limbah Cair Rumah Potong Hewan (Rph) Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Tugas Akhir*.
- Hasanah, U., dan Sugito, S. (2017). Removal Cod Dan Tss Limbah Cair Rumah Potong Ayam Menggunakan Sistem Biofilter Anaerob. *Waktu: Jurnal Teknik Unipa*, 15(1), 61–69.
- Hudori, M., Tandedi, M., Sentanu, A. T., dan Ferdinand, M. A. (2022). Studi Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus Pada Pasir Di Kota Batam. *Jurnal RAB Construction Reseach*, 7(1), 96–103.
- Ilyas, N. I., Nugraha, W. D., dan Sumiyati, S. (2017). Penurunan Kadar TDS Pada Limbah Tahu Dengan Teknologi Biofilm Menggunakan Media Biofilter Kerikil Hasil Letusan Gunung Merapi Dalam Bentuk Random (studi kasus: Industri Tahu Jomblang Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(3), 1–10.
- Indrayani, L., dan Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), 41.
- Isradaningtyas, D. K., Bagyono, T., dan Santjoko, H. (2018). Perbedaan Penggunaan Jenis Media Filtrasi Pasir dengan Karbon Aktif terhadap Penurunan Fe (besi) Air Sumur Gali di Dusun Sidomulyo Trimulyo Sleman. 10(1), 1–108.
- Istimewa, M. C. N., Sudiro, dan Hendriarianti, E. (2022). Penjernihan Air Baku Kali Lamong Menggunakan Metode Filtrasi Upflow (Kali Lamong Raw Water Cleaning Using Upflow Filtration Methode). *Jurnal Enviro*, 1(1), 1–6.
- Kholif, M. Al. (2016). Pengaruh Penggunaan Media Dalam Menurunkan Kandungan Amonia Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam (Rpa)

- Dengan Sistem Biofilter Anaerob. Waktu: Jurnal Teknik Unipa, 13(1), 13–18.
- Kulkarni, S. J. (2017). Review on Aeration: Studies and Investigations Across Various Applications. *International Journal of Research & Review*, 4(4), 57.
- Kuntari, F. R., Pranoto, S., Tiswati, K. A., dan Sutresno, A. (2019). Studi Proses Difusi melalui Membran dengan Pendekatan Kompartemen. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 62.
- Kurniawan, A. P., Nahdi, M. S., dan Aisah, S. (2021). Modifikasi Biosand Filter Pasir Gumuk Sebagai Upaya Pengolahan Air Sungai Gadjahwong Yogyakarta. *BIOSFER : Jurnal Biologi Dan Pendidikan Biologi*, 6(1).
- Maharjan, A., dan Ghimire, A. (2021). Application of activated effective microorganism, mudball and biosand filter for the treatment of dye wastewater. *Nepal Journal of Environmental Science*, 9(1), 41–48.
- Maysarahman, A., Aida, N., dan Rohendi, A. (2022). Efektivitas Metode Multi Soil Layering (Msl) Dalam Pengolahan Limbah Cair Rumah Potong Hewan (RPH). *Lingkar : Journal Of Environmental Engineering*, 3(1), 73–82.
- Mulyani, I. M., Prayitno, Mahatmanti, W. F., dan Kusumastuti, E. (2017). Pengaruh Jenis Plat Elektroda Pada Proses Elektrokoagulasi Untuk Menurunkan Kadar Thorium Dalam Limbah Hasil Pengolahan Logam Tanah Jarang. *Pusat Sains Dan Teknologi Akselerator*, 1(ISSN 0216-3128), 401–412.
- Murdiningsih, H., Angka, A. B., Arini, dan Chatrina Widya Patunggu. (2021). Effectiveness On Processing Of Chicken Slaughterhouse Liquid Waste (Rpa) By The Use Of Active Carbon From Mahogany Fruit Skin (Swietenia Macrophylla). *Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (Snp2m)*, 5, 41–45.
- Ngirfani, M. N., dan Puspitarini, R. (2020). Potensi Tanaman Kangkung Air Dalam Memperbaiki Kualitas Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *Bioma : Jurnal Biologi Dan Pembelajaran Biologi*, 5(1), 66–79.

- Nufus, N. B., Tresnani, G., dan Faturrahman. (2016). Populasi Bakteri Normal Dan Bakteri Kitinolitik Pada Saluran Pencernaan Lobster Pasir (*Panulirus Homarus L.*) Yang Diberi Kitosan. *Jurnal Biologi Tropis*, 16(1), 10–17.
- Nurhayati, I., dan Syafi'i, M. (2022). Kombinasi Aerasi Terdifusi, Biosand Filter Dan Karbon Aktif Untuk Mengolah Limbah Domestik. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1), 105–116.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. (lampiran baku mutu air limbah bagi kegiatan rumah potong hewan (RPH)).
- Prakasa, Y. F., Asrori, M. R., dan Rachmadika, D. (2020). Analisis Kandungan Mineral Pasir Pantai Bajul Mati Kabupaten Malang Menggunakan XRF dan XRD. 5(2), 58–62.
- Pramyani, I. A. P. C., dan Marwati, N. M. (2020). Efektivitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand (BOD) Air Limbah Laundry. *Jurnal Kesehatan Lingkungan (Jkl)*, 10(2), 88–99.
- Putri, F. M., Sasmita, A., dan Asmura, J. (2021). Pengaruh Ph Terhadap Evesiensi Air Limbah Grey Water Dengan Media Honeycomb. *JOM FTEKNIK*, 8(1), 1-4.
- Rahman, F. (2021). Penerapan Metode Kombinasi Koagulasi-Flokulasi dan Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar Polutan Pada Limbah Cair Rumah Potong Ayam. *Tugas Akhir*.
- Ramadani, R., Samsunar, S., dan Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (Ph), Chemical Oxygen Demand (Cod), Dan Biologcal Oxygen Demand (Bod) Dalam Air Limbah Domestik Di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
- Ratnawati, R., dan Ulfah, S. L. (2020). Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Biosand Filter. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(1), 8–14.
- Revansyah, M. A., Men, L. K., Setianto, S., Fitrilawati, Safriani, L., dan Aprilia, A. (2022). Analisis TDS, pH, dan COD untuk Mengetahui Kualitas Air

- Warga Desa Cilayung. *Jurnal Material Dan Energi Indonesia*, 12(2), 43–49.
- Ridwan H, M., Dhea A, L., dan Hakim M, A. (2020). Analisis Kadar Cod (Chemical Oxygen Demand) Dan Tss (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Amina*, 2(2), 79–83.
- Roya, S. M., Tanveer, M., Gupta, D., Pareek, C. M., dan Mal, B. C. (2021). Prediction of standard aeration efficiency of a propeller diffused aeration system using response surface methodology and an artificial neural network. *Water Supply*, 21(8), 4534–4547.
- Ruhmawati, T., Sukandar, D., Karmini, M., & Roni S., T. (2017). Penurunan Kadar Total Suspended Solid (TSS) Air Limbah Pabrik Tahu Dengan Metode Fitoremediasi. *Jurnal Permukiman*, 12(1), 25.
- Sangadjisowohy, I. (2023). Peningkatan Nilai Dissolved Oksigen Dan Penetralan pH Pada Air. *Jurnal Sehat Mandiri*, 18(1), 74–83.
- Sateria, A., Yudo, E., Zulfitriyanto, Z., Sugiyarto, S., Melati, R., Saputra, B. E., dan Naufal, I. (2019). Rancang Bangun Mesin Pengayak Pasir Untuk Meningkatkan Produktivitas Pengayakan Pasir Pada Pekerja Bangunan. *Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur*, 11(1), 8–13.
- Septiana, I. (2019). Pengaruh Variasi Beban Dalam Mengolah Air Limbah Rumah Pemotongan Ayam Menggunakan Gas-Sbr. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Setyaningrum, D., Anisa, Z., dan Rasydta, H. P. (2022). Pengujian Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Limbah Tinggi Kalsium Klorida Menggunakan Metode Refluks Terbuka. *Formosa Journal of Science and Technology (FJST)*, 1(4), 353–362.
- Sinaga, M. S., Astuti, S. W., dan Gultom, E. (2020). Degradation Of Phospate In Laundry Waste With Biosand Filter Method. *Iop Conference Series: Materials Science And Engineering*, 801(1), 6–12.

- Sitasari, A. N., dan Khoironi, A. (2021). Evaluasi Efektivitas Metode dan Media Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Tahu. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 19(3), 565–575.
- Sri W, A, dan Mersi S, S. (2015). Pengolahan Limbah Laundry Menggunakan Metode Biosand Filter Untuk Mendegradasi Fosfat. *Jurnal Teknik Kimia Usu*, 4(2), 53–58.
- Sugianti, Y., dan Astuti, L. P. (2018). Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203.
- Suhendar, D. T., Sachoemar, I. S., dan Zaidy, A. B. (2020). Hubungan Kekeruhan Terhadap Materi Partikulat Tersuspensi (MPT) Dan Kekeruhan Terhadap Klorofil Dalam Tambak Udang. *Fisheries and Marine Research*, 4(3), 332–338.
- Suligundi, B. T. (2013). Penurunan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Pada Limbah Cair Karet Dengan Menggunakan Reaktor Biosand Filter Yang Dilanjutkan Dengan Reaktor Activated Carbon. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 13, 29–44.
- Sumarno, T. P. N., January, M., dan Yuniarti, Y. (2015). Pemurnian Pasir Silika Dengan Metode Leaching Asam Dan Bantuan Sonikasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan,"* 21, 1–8.
- Susetyo, J. (2017). Analisis Produktivitas Dengan Metode Objective Matrix Dan Green Productivity Di Rumah Pematangan Ayam. *Seminar Nasional IENACO*, 56(3), 320–326.
- Suwerda, B., Kasjono, H., Haryanti, S., dan Yushananta, P. (2022). Poultry Slaughterhouse Wastewater Treatment Using Combine Anaerobic Filter With Constructed Wetland Methods. *Macedonian Journal Of Medical Sciences*, 10(E), 611–617.
- Tata, A. (2019). Sifat mekanis beton dengan campuran pasir pantai dan air laut. *Jurnal Teknologi Sipil*, 3(1), 65–71.
- Umroningsih. (2022). Limbah Cair Menyebabkan Pencemaran Lingkungan. *Jisos*, 1(7), 647–665.

- Utami, A. R. (2013). Pengolahan Limbah Cair Laundry Dengan Menggunakan Biosand Filter dan Activated Carbon. *Jurnal Teknik Sipil Untan*, 13(1), 59-72.
- Wahyu, E., dan Hendrasarie, N. (2022). Penurunan Kandungan Zat Pencemar Organik Pada Limbah Rumah Potong Ayam Dengan Biofilter Aerob Menggunakan Media Kulit Kerang. *Envirous*, 3(1), 19–25.
- Wibowo, M., dan Rachman, R. A. (2020). Kajian Kualitas Perairan Laut Sekitar Muara Sungai Jelitik. *Jurnal Presipitasi*, 17(1), 29–37.
- Widodo, G. N., Ika, U., Styana, F., dan Cahyono, M. S. (2022). Potensi Campuran Kotoran Sapi Dan Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam Sebagai Sumber Energi Penghasil Biogas. *Jurnal Offshore: Oil, Production Facilities and Renewable Energy*, 6(1), 29-38.
- Wu, J., Zhang, Q., Guo, C., Li, Q., Hu, Y., Jiang, X., Zhao, Y., Wang, J., dan Zhao, Q. (2022). Effects Of Aeration On Pollution Load And Greenhouse Gas Emissions From Agricultural Drainage Ditches. *Water*, 14(3783), 2-14.
- Yuniarti, D. P., Komala, R., dan Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik. *Teknik Lingkungan*, 4(2), 7–16.
- Zein, S. Z., Yasyifa, L. Y., Ghozi, R. G., Harahap, E., Badruzzaman, F. H., dan Darmawan, D. (2019). Pengolahan dan Analisis Data Kuantitatif Menggunakan Aplikasi SPSS. *Teknologi Pembelajaran*, 4(2), 1–7.

LAMPIRAN A

Lampiran 1. Perhitungan Mencari Nilai TSS

1. Tanpa Pengolahan

$$\begin{aligned} \text{a) Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1996 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 864 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b) Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1928 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 796 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c) Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1966 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 834 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

2. Pengolahan Limbah RPA dengan Metode Aerasi Terdifusi

- Perlakuan dengan waktu kontak 30 Menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1613 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 481 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 60 Menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1504 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 372 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 90 Menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1489 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 357 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 120 Menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1457 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 325 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu kontak 150 Menit

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1442 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 310 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

3. Pengolahan Limbah RPA dengan Metode *Biosand* Filter

- Perlakuan dengan waktu tinggal 1 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1617 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 485 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu tinggal 2 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1504 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 372 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1492 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 360 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu tinggal 4 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1477 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 345 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

- Perlakuan dengan waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1456 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 324 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

4. Pengolahan Limbah Cair RPA dengan Kombinasi Metode Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

- Perlakuan dengan waktu kontak AT 150 menit dan waktu tinggal BF 5 hari

$$\begin{aligned} \text{Mg TSS per liter} &= \frac{(A-B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (ml)}} \\ &= \frac{(0,1528 - 0,1132) \times 1000}{0,1} \\ &= 396 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN EFEKTIVITAS PARAMETER

1. Efektivitas Penurunan Parameter Kekeruhan

A. Metode Aerasi Terdifusi

1) Waktu kontak 30 Menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{778 - 623}{778} \times 100\% \\ &= 19\%\end{aligned}$$

2) Waktu kontak 60 Menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{778 - 530}{778} \times 100\% \\ &= 31\%\end{aligned}$$

3) Waktu kontak 90 Menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{778 - 399}{778} \times 100\% \\ &= 48\%\end{aligned}$$

4) Waktu kontak 120 Menit

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{778 - 285}{778} \times 100\% \\ &= 63\%\end{aligned}$$

5) Waktu kontak 150 Menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 191,5}{778} \times 100\% \\
 &= 75\%
 \end{aligned}$$

B. Metode *Biosand* Filter

1) Waktu tinggal 1 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 632}{778} \times 100\% \\
 &= 18\%
 \end{aligned}$$

2) Waktu tinggal 2 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 573}{778} \times 100\% \\
 &= 26\%
 \end{aligned}$$

3) Waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 551}{778} \times 100\% \\
 &= 29\%
 \end{aligned}$$

4) Waktu tinggal 4 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 484}{778} \times 100\% \\
 &= 37\%
 \end{aligned}$$

5) Waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 200}{778} \times 100\% \\
 &= 74\%
 \end{aligned}$$

C. Kombinasi Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

1) Waktu Kontak AT 150 menit dan Waktu tinggal BF 5 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{Kekeruhan Awal} - \text{Kekeruhan Akhir}}{\text{Kekeruhan Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{778 - 25,4}{778} \times 100\% \\
 &= 96\%
 \end{aligned}$$

2. Efektivitas Penurunan Parameter TDS

A. Metode Aerasi Terdifusi

1) Waktu kontak 30 Menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 1244}{1865} \times 100\% \\
 &= 33\%
 \end{aligned}$$

2) Waktu kontak 60 Menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 425}{1865} \times 100\% \\
 &= 77\%
 \end{aligned}$$

3) Waktu kontak 90 Menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 171}{1865} \times 100\%
 \end{aligned}$$

$$= 90\%$$

4) Waktu kontak 120 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1865 - 63}{1865} \times 100\% \\ &= 96\% \end{aligned}$$

5) Waktu kontak 150 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1865 - 58}{1865} \times 100\% \\ &= 97\% \end{aligned}$$

B. Metode *Biosand Filter*

1) Waktu tinggal 1 hari

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1865 - 1082}{1865} \times 100\% \\ &= 41\% \end{aligned}$$

2) Waktu tinggal 2 hari

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1865 - 975}{1865} \times 100\% \\ &= 47\% \end{aligned}$$

3) Waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{1865 - 800}{1865} \times 100\% \\ &= 57\% \end{aligned}$$

4) Waktu tinggal 4 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 674}{1865} \times 100\% \\
 &= 63\%
 \end{aligned}$$

5) Waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 165}{1865} \times 100\% \\
 &= 91\%
 \end{aligned}$$

C. Kombinasi Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

1) Waktu Kontak AT 150 menit dan Waktu tinggal BF 5 hari

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TDS Awal} - \text{TDS Akhir}}{\text{TDS Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1865 - 115}{1865} \times 100\% \\
 &= 93\%
 \end{aligned}$$

3. Efektivitas Penurunan Parameter COD

A. Metode Aerasi Terdifusi

1) Waktu kontak 30 Menit

$$\begin{aligned}
 \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\% \\
 &= \frac{1500 - 1177}{1500} \times 100\% \\
 &= 21\%
 \end{aligned}$$

2) Waktu kontak 60 Menit

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 1072}{1500} \times 100\%$$

$$= 28\%$$

3) Waktu kontak 90 Menit

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 1066}{1500} \times 100\%$$

$$= 29\%$$

4) Waktu kontak 120 Menit

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 976}{1500} \times 100\%$$

$$= 34\%$$

5) Waktu kontak 150 Menit

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 445}{1500} \times 100\%$$

$$= 70\%$$

B. Metode *Biosand Filter*

1) Waktu tinggal 1 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 1275}{1500} \times 100\%$$

$$= 15\%$$

2) Waktu tinggal 2 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 1265}{1500} \times 100\%$$

$$= 16\%$$

3) Waktu tinggal 3 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 1044}{1500} \times 100\%$$

$$= 30\%$$

4) Waktu tinggal 4 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 976}{1500} \times 100\%$$

$$= 34\%$$

5) Waktu tinggal 5 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 458}{1500} \times 100\%$$

$$= 69\%$$

C. Kombinasi Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

1) Waktu Kontak AT 150 menit dan Waktu tinggal BF 5 hari

$$\text{Efektivitas (\%)} = \frac{\text{COD Awal} - \text{COD Akhir}}{\text{COD Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{1500 - 215}{1500} \times 100\%$$

$$= 85\%$$

4. Efektivitas Penurunan Parameter TSS

A. Metode Aerasi Terdifusi

1) Waktu kontak 30 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 481}{864} \times 100\% \\ &= 44\% \end{aligned}$$

2) Waktu kontak 60 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 372}{864} \times 100\% \\ &= 56\% \end{aligned}$$

3) Waktu kontak 90 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 357}{864} \times 100\% \\ &= 58\% \end{aligned}$$

4) Waktu kontak 120 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 325}{864} \times 100\% \\ &= 62\% \end{aligned}$$

5) Waktu kontak 150 Menit

$$\begin{aligned} \text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 310}{864} \times 100\% \\ &= 64\% \end{aligned}$$

B. Metode *Biosand* Filter

1) Waktu tinggal 1 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 485}{864} \times 100\% \\ &= 43\%\end{aligned}$$

2) Waktu tinggal 2 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 372}{864} \times 100\% \\ &= 56\%\end{aligned}$$

3) Waktu tinggal 3 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 360}{864} \times 100\% \\ &= 58\%\end{aligned}$$

4) Waktu tinggal 4 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 345}{864} \times 100\% \\ &= 60\%\end{aligned}$$

5) Waktu tinggal 5 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 324}{864} \times 100\% \\ &= 62\%\end{aligned}$$

C. Kombinasi Aerasi Terdifusi dan *Biosand* Filter

1) Waktu Kontak AT 150 menit dan Waktu tinggal BF 5 hari

$$\begin{aligned}\text{Efektivitas (\%)} &= \frac{\text{TSS Awal} - \text{TSS Akhir}}{\text{TSS Awal}} \times 100\% \\ &= \frac{864 - 396}{864} \times 100\% \\ &= 54\%\end{aligned}$$



LAMPIRAN C
DOKUMENTASI PENELITIAN

No	Gambar	Keterangan
1		Pengambilan sampel limbah cair rumah pemotongan ayam (RPA)
2		Proses Aerasi Terdifusi

3		Proses memasukkan media pada reaktor <i>biosand</i> filter
4		Proses <i>biosand</i> filter Serta proses kombinasi aerasi terdifusi dan <i>biosand</i> filter
5		Sampel limbah cari RPA sebelum perlakuan dan setelah perlakuan aerasi terdifusi

6	 A photograph showing five clear plastic bottles with green caps, each containing a yellowish liquid. They are arranged on a white lab bench. In the background, there are various lab glassware and a blue pair of scissors.	Sampel limbah cair RPA setelah perlakuan pada reaktor <i>biosand</i> filter
7	 A photograph of a single white plastic bottle with a black cap. The bottle is filled with a white, opaque liquid. A small label is attached to the bottle.	Sampel limbah cair RPA setelah perlakuan kombinasi aerasi terdifikasi dan <i>biosand</i> filter
8	 A photograph showing a digital pH meter (HI 9913-5) with a black probe inserted into a beaker containing a yellowish liquid. Another beaker with a similar liquid is visible next to it. The meter's display shows a reading of 07.1.	Pengukuran pH

9	 	Pengujian COD
10	 	Pengujian TSS

11		Pengujian Kekeruhan
12		Pengujian DO
13		Pengujian TDS

LAMPIRAN D
ANALISIS DATA MENGGUNAKAN SPSS

1) Data SPSS Nilai COD

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b		Enter

a. Dependent Variable: COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.915 ^a	.838	.798	154.592

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	494592.229	1	494592.229	20.695	.010 ^b
	Residual	95595.105	4	23898.776		
	Total	590187.333	5			

a. Dependent Variable: COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1459.619	111.886		13.046	.000
	Waktu Kontak	-5.604	1.232	-.915	-4.549	.010

a. Dependent Variable: COD

2) Data SPSS Nilai TSS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.850 ^a	.723	.653	104.484

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	113847.557	1	113847.557	10.429	.032 ^b
	Residual	43667.276	4	10916.819		
	Total	157514.833	5			

a. Dependent Variable: TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	638.810	75.620		8.448	.001
	Waktu Kontak	-2.689	.833	-.850	-3.229	.032

a. Dependent Variable: TSS

3) Data SPSS Nilai pH

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: pH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.770 ^a	.593	.492	5.442

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	172.857	1	172.857	5.836	.073 ^b
	Residual	118.476	4	29.619		
	Total	291.333	5			

a. Dependent Variable: pH

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	77.476	3.939		19.670	.000
	Waktu Kontak	.105	.043	.770	2.416	.073

a. Dependent Variable: pH

4) Data SPSS Nilai DO

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b		Enter

a. Dependent Variable: DO

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.975 ^a	.952	.939	.499

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19.557	1	19.557	78.528	.001 ^b
	Residual	.996	4	.249		
	Total	20.553	5			

a. Dependent Variable: DO

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2.924	.361		8.095	.001
	Waktu Kontak	.035	.004	.975	8.862	.001

a. Dependent Variable: DO

5) Data SPSS Nilai TDS

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: TDS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.916 ^a	.839	.799	335.767

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	2352288.914	1	2352288.914	20.865	.010 ^b
	Residual	450958.419	4	112739.605		
	Total	2803247.333	5			

a. Dependent Variable: TDS

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1554.238	243.010		6.396	.003
	Waktu Kontak	-12.221	2.675	-.916	-4.568	.010

a. Dependent Variable: TDS

6) Data SPSS Nilai Kekерuhan

Variables Entered/Removed^a

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Waktu Kontak ^b	.	Enter

a. Dependent Variable: Kekерuhan

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.998 ^a	.995	.994	17.004

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	237514.375	1	237514.375	821.494	.000 ^b
	Residual	1156.500	4	289.125		
	Total	238670.875	5			

a. Dependent Variable: Kekерuhan

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	759.000	12.306		61.675	.000
	Waktu Kontak	-3.883	.135	-.998	-28.662	.000

a. Dependent Variable: Kekерuhan