

**EFEKTIVITAS AERASI DENGAN *BUBBLE AERATOR*
DALAM MENURUNKAN KADAR PENCEMAR LIMBAH
CAIR TAHU**

TUGAS AKHIR

Diajukan oleh:

ADILUL MAULANA

NIM. 190702061

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



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM BANDA ACEH
2023 M/1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS AERASI DENGAN *BUBBLE AERATOR*
DALAM MENURUNKAN KADAR PENCEMAR LIMBAH
CAIR TAHU**

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar – Raniry Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Pada Prodi Teknik Lingkungan

Disusun Oleh:

ADILUL MAULANA

NIM. 190702061

**Mahasiswa Program Studi Teknik Lingkungan
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry – Banda Aceh**

Disetujui Oleh:

Pembimbing I

Pembimbing II

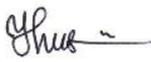

Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.

NIDN. 2010048202


Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.

NIDN. 2002028301

Ketua Program Studi


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

NIDN. 2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**EFEKTIVITAS AERASI DENGAN *BUBBLE AERATOR*
DALAM MENURUNKAN KADAR PENCEMAR LIMBAH
CAIR TAHU**

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian 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)

Senin, 21 Agustus 2023

Pada

4 Shaffar 1445

Hari/Tanggal:

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Disetujui Oleh:

Ketua,



Aulia Rohendi, S.T., M.Sc.

NIDN. 2010048202

Sekretaris



Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc.

NIDN. 2002028301

Penguji I,



Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D.R - RANIRY

NIDN. 2010108103

Penguji II,



Arief Rahman, S.T., M.T.

NIDN. 2010038901

Mengetahui,

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



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

NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Adilul Maulana
NIM : 190702061
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul Skripsi : Efektivitas Aerasi dengan *Bubble Aerator* dalam Menurunkan Kadar Pencemar Limbah Cair Tahu

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

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan;
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 bertanggung jawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan 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, 05 September 2023

Yang Menyatakan


Adilul Maulana

ABSTRAK

Nama : Adilul Maulana
NIM : 190702061
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Efektivitas Aerasi dengan *Bubble Aerator* dalam Menurunkan Kadar Pencemar Limbah Cair Tahu
Tanggal Sidang : 21 Agustus 2023
Jumlah Halaman : 131 Halaman
Pembimbing I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc
Pembimbing II : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc
Kata Kunci : Limbah Cair Tahu, Aerasi, Air Limbah Industri Tahu dan *Bubble Aerator*

Tahu merupakan produk makanan yang paling banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia, akan tetapi Proses pembuatan tahu menghasilkan dua jenis limbah yaitu limbah padat dan limbah cair. Limbah cair tahu merupakan hasil dari proses perebusan, pencucian, perendaman tahu. Limbah tahu mengandung senyawa organik dengan pH yang rendah (asam) dan merupakan salah satu penyumbang polutan pada perairan apabila tidak dilakukan proses pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke perairan. Untuk penelitian ini akan mengkaji efektivitas pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode aerasi atau perlakuan aerob. Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode *bubble aerator* yang dirancang dengan berbahan dasar tutup oli samping metik bekas yang pada kover luarnya menggunakan tee $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$. Untuk menyalakan aerator menggunakan pompa air berjenis *WASSER PUMP WD-80E* dengan *Output Power* 80 W, pompa diletakan di tengah antara 2 aerator. Adapun parameter yang diuji berupa pH (*Potential of Hydrogen*), DO (*Dissolved Oxygen*), suhu, TSS (*Total Suspended Solid*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*), dan didapatkan hasil pengujian awal pH 3,9, DO 3,9 mg/l, suhu 27,2 °C, TSS 507 mg/l dan COD 1.738 mg/l. Kemudian dilakukan penelitian selama 2,5 jam dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, didapatkan hasil proses aerasi paling efektif pada saat perlakuan 90 menit dengan hasil peningkatan DO 46,15%, suhu 10,66%, dan hasil penyisihan TSS 82,44%, COD 42,63%.

ABSTRACT

Name : Adilul Maulana
NIM : 190702061
Study Program : Environmental Engineering
Title : Effectiveness of Aeration With a Bubble Aerator in Reducing Pollutant Levels of Tofu Liquid Waste
Session Date : 21 August 2023
Number of pages : 131 Pages
Advisor I : Aulia Rohendi, S.T., M.Sc
Advisor II : Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc
Keywords : Tofu Liquid Waste, Aeration, Industrial Waste Water Know and Bubble Aerator

Tofu is the food product most consumed by Indonesian people, however, the process of making tofu produces two types of waste, namely solid waste and liquid waste. Tofu liquid waste is the result of the process of boiling, washing and soaking tofu. Tofu waste contains organic compounds with a low pH (acid) and is a contributor to pollutants in waters if it is not treated first before being discharged into waters. This research will examine the effectiveness of processing tofu liquid waste using the aeration method or aerobic treatment. The method used in this research is methodbubble aerator which is designed using used oil side oil caps which use a $\frac{3}{4} \times \frac{1}{2}$ tee on the outer cover. To turn on the aerator, use a manifold water pump WATER PUMP WD-80E with Output Power 80 W, the pump is placed in the middle between 2 aerators. The parameters tested are pH (Potential of Hydrogen), DO (Dissolved Oxygen), temperature, TSS (Total Suspended Solid) and COD (Chemical Oxygen Demand), and obtained initial test results of pH 3.9, DO 3.9 mg/l, temperature 27.2^oC, TSS 507 mg/l and COD 1,738 mg/l. Then the research was carried out for 2.5 hours with a contact time of 30 minutes, 60 minutes, 90 minutes, 120 minutes and 150 minutes. The results of the aeration process were most effective during the 90 minute treatment with the result of an increase in DO of 46.15%, temperature of 10.66 %, and TSS allowance results 82.44%, COD 42.63%.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah swt. Atas segala rahmat dan karunianya, tak lupa shal'awat beriringkan salam saya sanjungkan kepada baginda Nabi Muhammad saw. Penulis mengucapkan syukur kepada Allah swt atas terselesainya tugas akhir yang berjudul “Efektivitas aerasi dengan *bubble aerator* dalam menurunkan kadar pencemar limbah cair tahu”

Adapun maksud dan tujuan penulisan tugas akhir ini sebagai syarat untuk memenuhi salah satu syarat wajib pada kurikulum Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh untuk meraih gelar Sarjana Teknik Lingkungan.

Selama proses penyusunan Tugas Akhir ini penulis menyadari bahwa tugas akhir ini sangat sulit terbentuk tanpa adanya dukungan, bimbingan, serta doa dari berbagai pihak, baik itu secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu penulis mengungkapkan rasa terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung, membimbing, serta doa selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini. Untuk itu pada kesempatan ini terimakasih yang tiada hingga kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU., selaku Dekan di Fakultas Sains dan Teknologi.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc., selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan.
4. Bapak Teuku Muhammad Ashari, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan dalam penulisan.

5. Bapak Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji I tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam penulisan.
6. Bapak Arief Rahman, S.T., M.T., selaku Kepala Laboratorium Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dan selaku Dosen Penguji II tugas akhir yang telah banyak memberikan arahan dan saran dalam penulisan.
7. Bapak Dr. Abd Mujahid Hamdan, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
8. Ibu Firda Elvisa, S.Pd., dan Ibu Nurul Huda, S.Pd., yang telah membantu dalam proses administrasi.
9. Ibu Nurul Huda, S.Pd., selaku Laboran Prodi Teknik Lingkungan yang telah banyak membantu dalam pengurusan pelaksanaan penelitian di laboratorium.
10. Aisha Shakira, S.T., Ayu Suriani, S.T., Ama Mullah, S.T., Afrilia Izka Putri, S.T., Zarifatul Maufunna, Asti Farhani Octaviany dan Syahna Munawarah selaku rekan yang telah membantu dan memberikan semangat dalam penyusunan tugas akhir.

Terimakasih kepada kedua orang tua penulis, Ayahanda Mustafa Ibrahim, S.Pd., M.A.P dan Ibunda Syarifah Sri Rahayu yang telah memberikan doa, senantiasa mendukung baik secara moril maupun material dalam pembuatan tugas akhir ini. Terimakasih juga penulis ucapkan kepada kakak dan abang penulis yaitu Nurul Chairi, S.E., M.Si., dan Chairul Anwar, S.H., M.H yang telah memberikan motivasi dan semangat kepada penulis agar segera menyelesaikan tugas akhir ini secepatnya. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya. Serta penulis menyadari banyaknya kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu saran dan kritikan yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 05 September 2023

Penulis,

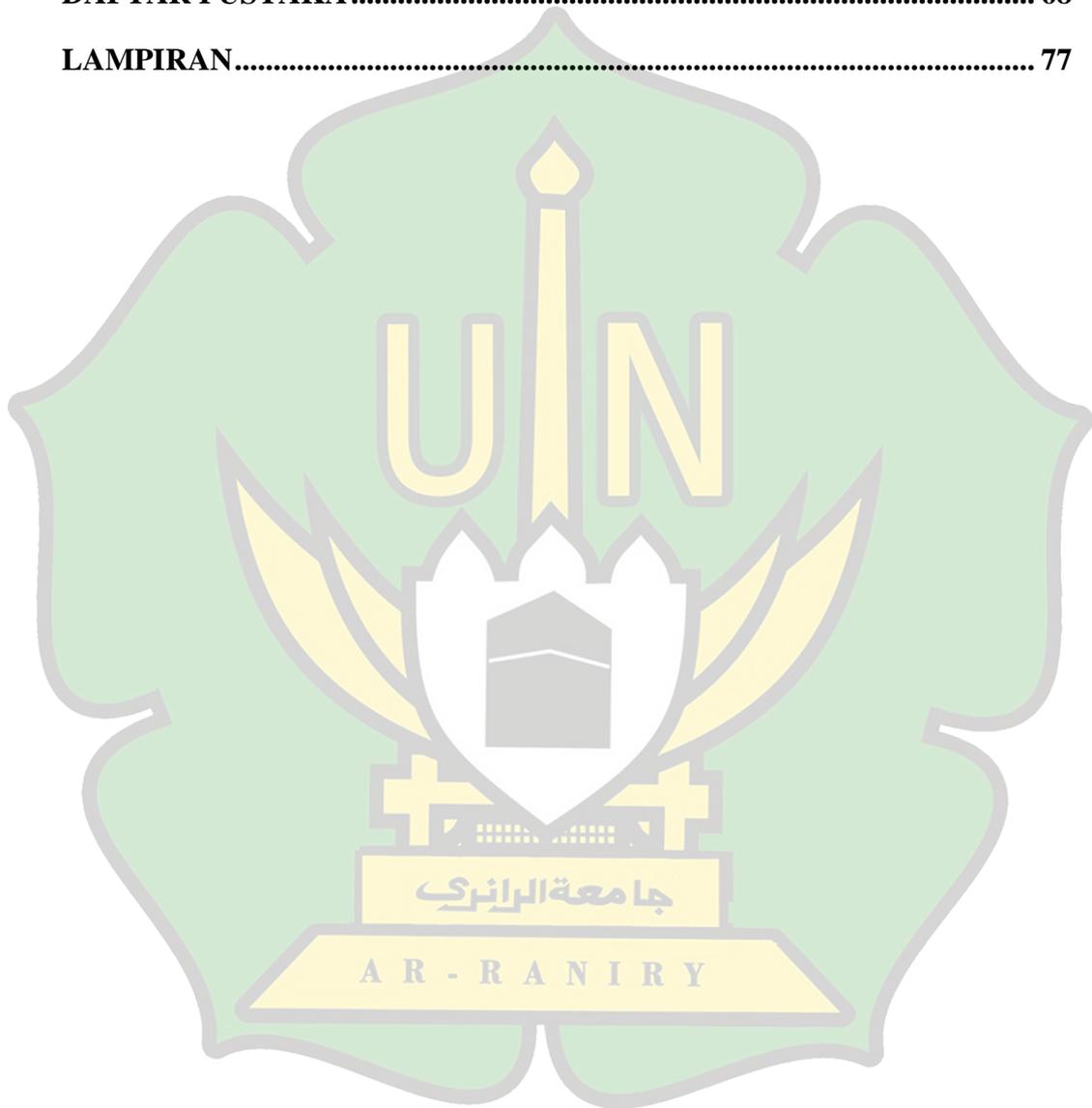
Adilul Maulana

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Cair Tahu	6
2.2 Prinsip Pengolahan Limbah Cair.....	6
2.3 Karakteristik Limbah Cair.....	8
2.4 Baku Mutu Limbah Cair Tahu.....	9
2.5 Parameter Limbah Cair.....	10
2.6 Aerasi	12

2.7 Penelitian Terdahulu	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Tahapan Umum	25
3.2 Jenis Penelitian	26
3.3 Lokasi Pengambilan Sampel.....	26
3.4 Eksperimen Penelitian	28
3.4.1 Instrumen, Alat dan Bahan	28
3.4.2 Desain Aerator.....	29
3.4.3 Metode Sampling Limbah Cair	30
3.4.4 Prosedur Eksperimen.....	31
3.4.5 Prosedur Pengujian Sampel.....	32
3.5 Analisis Data.....	37
3.5.1 Efektivitas <i>Bubble Aerator</i>	37
3.5.2 Pengolahan Data melalui SPSS.....	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair Tahu.....	39
4.2 DO dan pH yang Dihasilkan dari Aerator dengan Sampel Air PDAM	40
4.3 Pengaruh Waktu Aerasi Terhadap Parameter Limbah Cair Tahu	44
1. Parameter pH	44
2. Parameter DO	48
3. Parameter Suhu.....	52
4. Parameter TSS	55
5. Parameter COD	59
4.4 Pembahasan.....	63

BAB V PENUTUP	66
5.1 Kesimpulan	66
5.2 Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	77



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Bagan Alir Penelitian	26
Gambar 3.2	Peta Lokasi Pengambilan Sampel	27
Gambar 3.3	Proses Produksi Tahu	27
Gambar 3.4	Desain Aerator.....	29
Gambar 3.5	Ilustrasi dalam Reaktor.....	30
Gambar 3.6	Reaktor Eksperimen	30
Gambar 3.7	Proses Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu	31
Gambar 3.8	Proses Eksperimen.....	32
Gambar 4.1	Grafik hasil analisis awal parameter limbah cair tahu.....	40
Gambar 4.2	Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi DO air PDAM dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi pH air PDAM dengan persentase perubahan.....	42
Gambar 4.3	Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi pH di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi pH di bak kontrol dengan persentase perubahan	45
Gambar 4.4	Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi DO di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi DO di bak kontrol dengan persentase perubahan.....	49
Gambar 4.5	Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi suhu di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi suhu di bak kontrol dengan persentase perubahan.....	53
Gambar 4.6	Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi TSS di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi TSS di bak kontrol dengan persentase perubahan.....	57

Gambar 4.7 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi COD di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi COD di bak kontrol dengan persentase perubahan..... 57



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu.....	10
Tabel 2.2	Jumlah kadar oksigen terlarut jenuh pada suhu tertentu.	11
Tabel 2.3	Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1	Tipe Pompa Air Yang Digunakan Dalam Penelitian	28
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Karakteristik Limbah Cair Tahu Pada Pabrik Tahu Mandiri.....	39
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Parameter DO dan pH Sampel Air PDAM.....	41
Tabel 4.3	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier dengan Parameter DO dan pH pada Air PDAM.....	43
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Parameter pH	44
Tabel 4.5	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter pH)	47
Tabel 4.6	Hasil Pengujian Parameter DO	48
Tabel 4.7	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter DO)	51
Tabel 4.8	Hasil Pengujian Parameter Suhu.....	52
Tabel 4.9	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter Suhu).....	54
Tabel 4.10	Hasil Pengujian Parameter TSS	56
Tabel 4.11	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter TSS).....	58
Tabel 4.12	Hasil Pengujian Parameter COD.....	56
Tabel 4.13	Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter COD).....	60

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Kepanjangan/Makna	Halaman Pertama Digunakan
O ₂	oksigen	3
CO ₂	karbondioksida	3
BOD	<i>biological oxygen demand</i>	4
COD	<i>chemical oxygen demand</i>	4
TSS	<i>total suspended solid</i>	4
DO	<i>dissolved oxygen</i>	4
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>	4



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri tahu merupakan salah satu industri pangan yang berkembang pesat di Indonesia. Kebutuhan konsumsi tahu dan tempe di Indonesia sebesar 0,304 kg setiap minggunya, dengan dikonsumsi tahu sebanyak 0,158 kg. Jumlah tersebut meningkat 3,27% dibandingkan tahun 2021 yang sebesar 0,153 kg setiap minggu (Badan Pusat Statistik, 2022). Kacang kedelai yang digunakan para pengusaha industri tahu di Indonesia sekitar 2,56 juta ton setiap tahun untuk membuat produk tahu, dengan jumlah rata-rata limbah cair tahu yang dihasilkan dari kegiatan produksi tahu sekitar 20 juta m³/tahun dan limbah padat tahu mencapai 1,024 juta ton (Maulana dan Marsono, 2021). Berdasarkan data tersebut, diperlukan pengolahan limbah cair tahu yang bertujuan untuk mengurangi resiko beban pencemaran yang akan diterima lingkungan.

Produksi tahu merupakan industri rumah tangga yang banyak dilakukan berdampingan dengan lokasi pemukiman penduduk, akibatnya buangan limbah cair tahu dari hasil proses produksi menimbulkan permasalahan bagi warga sekitar. Limbah tahu yang langsung dibuang tanpa dilakukannya proses pengolahan akan berpengaruh terhadap badan air salah satunya sungai yang menjadi penerima limbah tersebut, diantaranya air sungai yang berubah warna menjadi putih, terdapat nutrisi yang berlebihan atau terjadi eutrofikasi pada air sungai, dan menimbulkan bau yang tidak sedap (Shaskia dan Yunita, 2021). Pada pengolahan industri tahu, limbah yang dihasilkan terbagi atas tiga jenis yaitu limbah dalam bentuk padat, cair, dan gas. Limbah padat dari industri tahu berasal dari ampas tahu yang umumnya dapat ditanggulangi dengan memanfaatkannya sebagai bahan dasar pakan ternak atau sebagai bahan utama makanan tradisional seperti oncom, sedangkan limbah cair dari proses produksi tahu dapat berasal dari tahap awal kedelai berupa pencucian, perendaman sampai perebusan, dan dilanjutkan dengan pengepresan hingga pencetakan tahu, adapun pencucian alat

produksi dan lantai menjadi limbah cair yang berpotensi mencemari dalam perindustrian tahu (Haerun dkk., 2018).

Limbah cair tahu merupakan cairan yang cenderung kental berwarna putih kekuningan yang terpisah dari gumpalan tahu dengan menyimpan kandungan zat organik yang cukup tinggi, limbah cair ini biasa disebut dengan air dadih atau *whey* (Imran dkk., 2017). Berbagai macam senyawa organik yang terkandung pada limbah cair tahu, seperti protein, karbohidrat, dan lemak yang berturut-turut sebesar 40-60 %, 25-50 %, dan 8-12 %, kemudian sisanya merupakan fosfor (P), besi (Fe), kalsium (Ca), dan vitamin (Sinurat dkk., 2017). Tingginya zat organik terkhusus senyawa protein di dalam limbah cair tahu menjadikan limbah tersebut menjadi media pertumbuhan bakteri dengan pesat. Hal ini menjadikan kontaminasi bakteri yang terdapat pada limbah cair produksi tahu sangat berpotensi mencemari lingkungan produksi dan pekerja, yang diakibatkan dari adanya proses metabolit yang dihasilkan selama proses pertumbuhan bakteri (Nurmalika dan Apriyani, 2021). Bakteri yang umumnya berkembangbiak di badan lingkungan seperti air dan tanah yang tercemar oleh limbah cair antara lain *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Coliform* dan *Salmonella sp* (Verawati dkk., 2019).

Pengolahan limbah cair bagi pengusaha kecil dan menengah terkhusus pada sektor industri rumah tangga seperti tahu masih dianggap mahal. Hal ini dikarenakan biaya pengolahan limbah akan menghabiskan pembiayaan yang lebih besar dari pada biaya produksi tahu itu sendiri, dan pemilik usaha kecil hingga menengah lebih memilih untuk dibuang langsung limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tanpa dilakukannya proses pengolahan sebelum masuk ke badan air atau sungai (Idrus dkk., 2021). Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah biaya bagi pengusaha industri kecil dan menengah yaitu pembuatan unit pengolah limbah sederhana, dengan menggunakan bahan-bahan yang dapat ditemukan disekitar pelaku pengusaha industri kecil dan menengah. Adapun salah satu metode pengolahan limbah cair dapat dilakukan dengan metode *bubble aerator* (Akli dkk., 2022).

Metode *bubble aerator* adalah salah satu metode pengolahan limbah cair yang memanfaatkan dan meningkatkan fungsi gelembung atau sering disebut aerasi agar terjadinya proses peningkatan oksigen terlarut. Bakteri aerob merupakan sekelompok bakteri yang mutlak membutuhkan oksigen terlarut untuk proses metabolisme, dengan adanya oksigen terlarut yang mencukupi selama proses biologi maka bakteri-bakteri tersebut dapat bekerja dengan optimal. Hal ini akan bermanfaat dalam penurunan konsentrasi zat organik dalam limbah cair, selain dari itu keberadaan oksigen juga bermanfaat dalam proses oksidasi senyawa kimia serta dapat menghilangkan bau dan juga bermanfaat dalam mendegradasi senyawa organik terhadap penurunan BOD dan COD (Yuniarti dkk., 2019).

Tujuan utama proses aerasi ialah memasukkan oksigen ke dalam air sehingga oksigen terlarut dalam air semakin meningkat. Dengan meningkatnya oksigen terlarut zat-zat yang mudah menguap seperti hidrogen sulfida dan metana yang menyebabkan rasa dan bau di dalam air dapat dihilangkan dan kandungan karbondioksida dalam limbah cair akan mengalami penurunan. Manfaat yang didapat dari proses ini yaitu menghilangkan warna serta bau tidak enak, menghilangkan gas-gas yang tidak dibutuhkan (CO_2 , metana, hidrogen, sulfida), meningkatnya derajat keasaman limbah cair (karena kadar CO_2 dihilangkan). Selain itu dengan proses aerasi juga dapat menurunkan kadar besi dan mangan dengan terjadi penguapan atau pengendapan karena banyaknya oksigen terlarut di dalam limbah cair (Yuniarti dkk., 2019). Menurut Pramyani & Marwati, (2020), melakukan penambahan oksigen ke dalam limbah cair akan meningkatkan jumlah oksigen terlarut dalam air yang akan meningkatnya kerja mikroorganisme pengurai untuk mendegradasi kadar zat organik yang terdapat dalam limbah cair.

Pada saat ini sangat membutuhkan teknologi yang murah, mudah, dan memiliki tingkat efektivitas yang tinggi. *Bubble aerator* sudah dipergunakan secara luas di berbagai sektor pengolahan limbah cair oleh Jepang, China, Amerika, dan beberapa negara lainnya. Teknologi ini tidak hanya berpengaruh pada limbah domestik yang umumnya tidak terlalu banyak memiliki kandungan kadar limbah, namun juga memiliki tingkat efektif yang tinggi dalam menurunkan kadar limbah cair industri. Tak heran, metode *bubble aerator* banyak digunakan

dalam pengolahan limbah cair menjadi air yang ramah untuk dialirkan ke lingkungan atau badan air (sungai) (Mugani dkk., 2022). Disamping banyaknya keunggulan dari metode tersebut, metode *bubble aerator* belum pernah diterapkan untuk pengolahan limbah cair tahu skala pengusaha kecil dan menengah terkhusus pada sektor industri rumah tangga, sehingga ketika limbah cair tahu 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 tahu dengan metode *bubble aerator* agar memenuhi baku mutu saat pembuangan limbah cair tahu ke drainase atau sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan suatu masalah sebagai berikut:

1. Berapa kadar DO (*Dissolved Oxygen*) yang dihasilkan dari proses aerasi dengan *bubble aerator*?
2. Bagaimana efektivitas *bubble aerator* dalam pengolahan limbah cair tahu terhadap penurunan TSS (Total Suspended Solid) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kadar DO yang dihasilkan dari proses aerasi dengan *bubble aerator*.
2. Untuk mengetahui efektivitas metode *bubble aerator* dalam pengolahan limbah cair tahu terhadap penurunan TSS dan COD.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan mengetahuinya tujuan dari penelitian ini maka manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi terhadap pengembangan teknologi pengolahan limbah cair tahu dengan metode *bubble aerator*.

2. Menjadi dasar dalam melakukan penelitian sejenis terkait pengolahan limbah cair tahu.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini cakupan batasan masalah yang akan dibahas yaitu hanya memfokuskan pada waktu kontak saat proses aerasi berjalan. Hal ini dapat dilihat seberapa berpengaruh proses aerasi terhadap penurunan parameter TSS, COD, peningkatan DO, dan perubahan pH optimum terhadap limbah cair tahu.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Tahu

Limbah tahu berasal dari buangan atau sisa pengolahan kedelai menjadi tahu yang terbuang karena tidak terbentuk dengan baik menjadi tahu sehingga tidak dapat dikonsumsi (Zaenap dkk., 2021). Limbah tahu terdiri atas dua jenis yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair merupakan bagian terbesar dan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah ini terjadi karena adanya sisa air tahu yang tidak menggumpal, potongan tahu yang hancur karena proses penggumpalan yang tidak sempurna serta cairan keruh kekuningan yang dapat menimbulkan bau tidak sedap bila dibiarkan (Suhairin dkk., 2020).

Limbah cair pada proses produksi tahu berasal dari proses perendaman, pencucian kedelai, pencucian peralatan proses produksi tahu, penyaringan dan pengepresan atau pencetakan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut dengan air dadih. Cairan ini mengandung kadar protein yang tinggi dan dapat segera terurai. Limbah ini sering dibuang secara langsung tanpa pengolahan terlebih dahulu sehingga menghasilkan bau busuk dan mencemari lingkungan (Savira dan Suharsono, 2013).

Proses produksi tahu kerap kali limbah cair yang dihasilkan dibuang langsung ke sungai tanpa adanya proses pengolahan. Pembuangan limbah cair pada sungai berakibat fatal pada ekosistem air sungai. Ekosistem biologis pada air sungai menjadi tercemar dan terjadinya penurunan kualitas air yang disebabkan oleh tingginya kadar senyawa organik pada limbah cair (Pangestu dkk., 2021). Limbah cair yang dibuang menyebabkan permasalahan lingkungan yang berupa pencemaran air sungai (Yadaturrahmah dan Hendrasarie, 2021).

2.2 Prinsip Pengolahan Limbah Cair

Pada pengolahan limbah cair memiliki prinsip yaitu dilakukannya suatu perlakuan berupa perbaikan terhadap mutu limbah cair agar saat di alirkan atau

dibuang tidak mencemari lingkungan. Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, (2019), perbaikan mutu limbah cair dilakukan dengan cara:

- a. memisahkan padatan dari limbah.
- b. mengurangi zat pencemar (polutan) dari limbah cair sehingga mutu air hasil pengolahan limbah cair tidak buruk dari lingkungan sekitar.

pengolahan limbah cair juga memiliki prinsip yaitu dilakukannya proses perubahan limbah cair, berawal dari air yang sifatnya tidak diperlukan atau tidak cocok sebagaimana fungsinya, menjadi limbah cair yang dapat dialirkan ke badan air tanpa adanya menimbulkan permasalahan lingkungan atau lebih baik dari pada sebelumnya (Ishak dan Diriyanti Novalin, 2020).

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan non-industri dan semua jenis kegiatan yang menghasilkan limbah cair dari pemukiman, perkantoran, asrama, dan rumah makan merupakan limbah cair domestik. Aliran limbah cair domestik yaitu aliran air buangan yang berasal dari sisa kegiatan rumah tangga yang umumnya meliputi: limbah cair buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian atau kendaraan, air siraman tanaman, dan sebagainya. Volume limbah cair domestik bervariasi tergantung pada tipe rumah, umumnya dari 100-300 l/orang/hari. Pada volume buangan skala kecil, ditambah dengan aliran air tanah (infiltration). Pada limbah cair domestik lebih mudah dalam pengolahannya, karena umumnya hanya mengandung bahan organik (Alfian, 2021).

Limbah cair industri merupakan buangan hasil proses atau sisa pengolahan suatu produk dari kegiatan usaha perindustrian yang berbentuk cair karena tidak memiliki nilai ekonomis sehingga lebih sering dibuang oleh pemilik usaha sendiri. Industri yang menghasilkan limbah cair akan berdampak negatif terhadap kelangsungan hidup organisme perairan jika tidak dikendalikan dan dibuang langsung ke badan air, dampak yang diberikan dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia, dan biologis (Pagoray dkk., 2021). Pengolahan limbah cair menjadi sangat penting, dalam proses pemulihan air. Saat ini, sebagian besar pabrik industri mengolah limbah cair sebelum dibuang ke badan air untuk meminimalkan pencemaran yang akan terjadi (Mansouri dkk., 2018).

Limbah perindustrian makanan, umumnya menghasilkan bahan organik dan gas berupa amonia (NH_2), karbondioksida (CO_2), hidrogen sulfida (H_2S) dan asam asetat, apabila melebihi standar dapat bersifat racun bagi kehidupan akuatik (Agung dan Winata, 2017). Oleh karena itu, secara langsung maupun tidak langsung keberadaan polutan yang berada di perairan akan membawa dampak yang merugikan bagi kesehatan manusia dan kelangsungan makhluk hidup biotik serta kelestarian alam (Beulah dan Muthukumaran, 2020).

2.3 Karakteristik Limbah Cair

Analisa terhadap karakteristik limbah cair dapat ditentukan dengan beberapa pembagian. Umumnya karakteristik limbah cair dapat dideteksi secara visual atau kasat mata, namun tetap dibutuhkan pengujian skala laboratorium menggunakan peralatan yang standar khusus agar diketahui jenis dan tingkat konsentrasi kandungan yang terdapat dalam limbah cair tersebut secara valid. Berdasarkan referensi, limbah cair terbagi atas 3 (tiga) penggolongan karakteristik. Adapun pembagian golongan yaitu; karakteristik fisik, kimia, dan biologi (Indrayani & Rahmah, 2018).

Pada karakteristik limbah cair, sifat fisik yang paling penting adalah tinggi rendahnya total padatan yang berasal dari bahan-bahan terapung, terendapkan, dan bahan dalam larutan. Parameter lainnya seperti bau, warna, dan kekeruhan merupakan sifat-sifat penting yang wajib diuji (Jenie, 2019).

Karakteristik kimia pada limbah cair meliputi beberapa komponen yaitu: bahan organik, bahan anorganik, serta gas. Komponen-komponen tersebut dapat ditentukan berdasarkan beberapa parameter yaitu: pH, BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), kandungan ammonia, minyak serta lemak, dan nitrat yang kadarnya melebihi baku mutu (Nur dan Khoironi, 2021).

Karakteristik biologi sendiri pada limbah cair dipengaruhi oleh mikroorganisme yang terdapat dalam limbah cair. Mikroorganisme tersebut antara lain: alga, bakteri, protozoa serta organisme patogen lainnya (Septiana, 2019). Mikroorganisme yang ditemukan sangat beragam jenis dan berbagai bentuk pada

umumnya memiliki nilai konsentrasi sebesar 105-108 ml (Indrayani & Rahmah, 2018).

1) Senyawa Organik

Senyawa organik pada limbah cair terdiri dari beberapa komponen, diantaranya: Protein 40-60%, Karbohidrat 25-50%, dan Minyak dan lemak 8-12%, air 95-96%, total solids 4-5%, termasuk suspended solids 2-4% (Bina dkk., 2019). Biasanya ditemukan beberapa jenis sintetik organik dengan bagian yang sederhana hingga kompleks.

2) Senyawa Anorganik

Tersusun atas beberapa senyawa seperti pH, klorida, alkalinitas, fosfor, logam berat, dan senyawa beracun lainnya yang terdapat dalam senyawa anorganik. Logam berat adalah salah satu zat yang terdapat unsur atom, logam berat sendiri sangatlah berbahaya jika terdapat dalam air apalagi air tersebut sampai dikonsumsi oleh manusia maupun makhluk hidup. Logam berat jika terdapat dalam air dan dikonsumsi air oleh manusia bisa berdampak sangat berbahaya karena logam berat bisa memicu penyakit kanker pada manusia (Said, 2018).

2.4 Baku Mutu Limbah Cair Tahu

Baku mutu limbah cair merupakan standarisasi yang telah ditetapkan oleh pemerintahan dalam menetapkan ukuran dari kadar pencemar maupun partikel yang terdapat pada limbah cair buangan yang dihasilkan dari usaha atau kegiatan perindustrian, pemukiman, pertanian, dan sebagainya. Peraturan baku mutu limbah cair pengolahan tahu telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Baku Mutu Limbah Cair Industri Tahu

Parameter	Pengolahan Limbah Cair Tahu	
	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemar Paling Tinggi (kg/ton)
BOD	150	3
COD	300	6
TSS	200	4
pH	6-9	
Kuantitas limbah cair paling tinggi (m ₃ /ton)	20	

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, (2014)

2.5 Parameter Limbah Cair

Parameter limbah cair merupakan parameter yang sangat penting dalam melakukan pengujian untuk memudahkan dalam pengklasifikasian suatu kondisi terhadap sampel limbah cair dan juga untuk mengetahui pengurangan konsentrasi pencemar pada tiap parameter sampel yang akan diuji. Pengujian parameter terhadap limbah cair industri tahu meliputi parameter pH, DO, TSS, suhu, dan COD. Adapun uraian terhadap parameter sebagai berikut:

1. *Potential of Hydrogen* (pH)

Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5-7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah 7 maka air bersifat asam, sedangkan air yang pH-nya di atas 7 bersifat basa. Perubahan pH sendiri sangatlah berbahaya terhadap ekosistem yang terdapat pada perairan tersebut, karena bisa membuat ekosistem tersebut punah dan tidak akan hidup lagi ekosistem teruntuk ikan pada air pH yang rendah maupun terlalu tinggi (Ratnawati dan Ulfah, 2020).

2. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Parameter dalam mengukur banyaknya kadar oksigen yang diperlukan dalam oksidasi zat-zat organik menjadi CO₂ dan H₂O (Gustiana dan Widayatno, 2020).

3. *Dissolved Oxygen (DO)*

Parameter yang penting dalam analisis kualitas air, semakin besar nilai DO pada air mengindikasikan air tersebut memiliki kualitas yang bagus. Sebaliknya jika nilai DO rendah, dapat diketahui bahwa air tersebut telah tercemar (Aruan dan Siahaan, 2017).

Tabel 2.2 Jumlah kadar oksigen terlarut jenuh pada suhu tertentu.

Suhu (°C)	Kadar Oksigen Terlarut (mg/L)	Suhu (°C)	Kadar Oksigen Terlarut (mg/L)	Suhu (°C)	Kadar Oksigen Terlarut (mg/L)
0	14,62	14	10,31	28	7,83
1	14,22	15	10,08	29	7,69
2	13,83	16	9,87	30	7,56
3	13,46	17	9,66	31	7,43
4	13,11	18	9,47	32	7,30
5	12,77	19	9,28	33	7,18
6	12,45	20	9,09	34	7,06
7	12,14	21	8,91	35	6,95
8	11,84	22	8,74	36	6,84
9	11,56	23	8,58	37	6,73
10	11,29	24	8,42	38	6,62
11	11,03	25	8,26	39	6,51
12	10,78	26	8,11	40	6,41
13	10,54	27	7,97		

4. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid berupa pasir halus, lumpur, serta unsur organik yang bersumber dari erosi tanah di bawah badan air (Gustiana dan Widayatno, 2020). Adanya padatan tersuspensi akan mengancam ekosistem air salah satunya ikan, kemampuan ikan dalam mencari makanan akan terhalang akibat adanya padatan yang melayang atau mengapung dalam suspensi sehingga akan berdampak juga terhadap predator dari ikan tersebut. Keberadaan TSS juga akan mengganggu

penetrasi cahaya matahari dalam melakukan proses fotosintesis terhadap tanaman air, hal ini akan mengurangi produksi oksigen di lingkungan air tersebut (Shah dkk., 2014). Diameter padatan yang tersuspensi dalam air berukuran $1\mu\text{m}$ sehingga mampu bertahan pada penyaringan dengan saringan milipore dengan diameter pori $0,45\mu\text{m}$.

5. Suhu

Suhu atau temperatur adalah ukuran panas atau dinginnya limbah cair. Suhu merupakan parameter yang sangat penting dikarenakan efeknya terhadap reaksi kimia, laju reaksi, kehidupan organisme air dan penggunaan air untuk berbagai aktivitas sehari-hari (Ramadani dkk., 2021). Derajat suhu yang terdapat di dalam limbah cair akan mempengaruhi kandungan oksigen di dalamnya (Marlina dkk., 2017). Kenaikan temperatur sebesar $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen sebesar 10% dan akan mempercepat metabolisme 2 kali lipat (Indrayani dan Rahmah, 2018).

2.6 Aerasi

Aerasi merupakan proses terjadinya transfer oksigen yang bertujuan untuk meningkatkan oksigen terlarut, menurunkan kadar bahan organik, kadar logam, atau zat pencemar lainnya yang ada pada limbah cair (Irawati dkk., 2022). Menurut Sofiah dan Apriani, (2020), aerasi adalah penambahan udara yang mengandung oksigen ke dalam air. Aerasi dapat dilakukan dengan bantuan alat mekanik yang disebut aerator yang berfungsi sebagai berikut:

1. Memindahkan oksigen secara langsung ke dalam air.
2. Mensirkulasi atau mencampur lapisan atas air dengan dasar air untuk memastikan kandungan oksigen di dalam air benar-benar tercampur.
3. Memindahkan air yang telah teraerasi dengan cepat ke area sekelilingnya sehingga belum teraerasi dapat teraerasi.
4. Mengoksidasi zat terlarut dan gas di dalam air.
5. Sirkulasi akan mendorong berbagai macam gas berbahaya seperti nitrogen berlebihan dan karbondioksida untuk ke udara bebas.

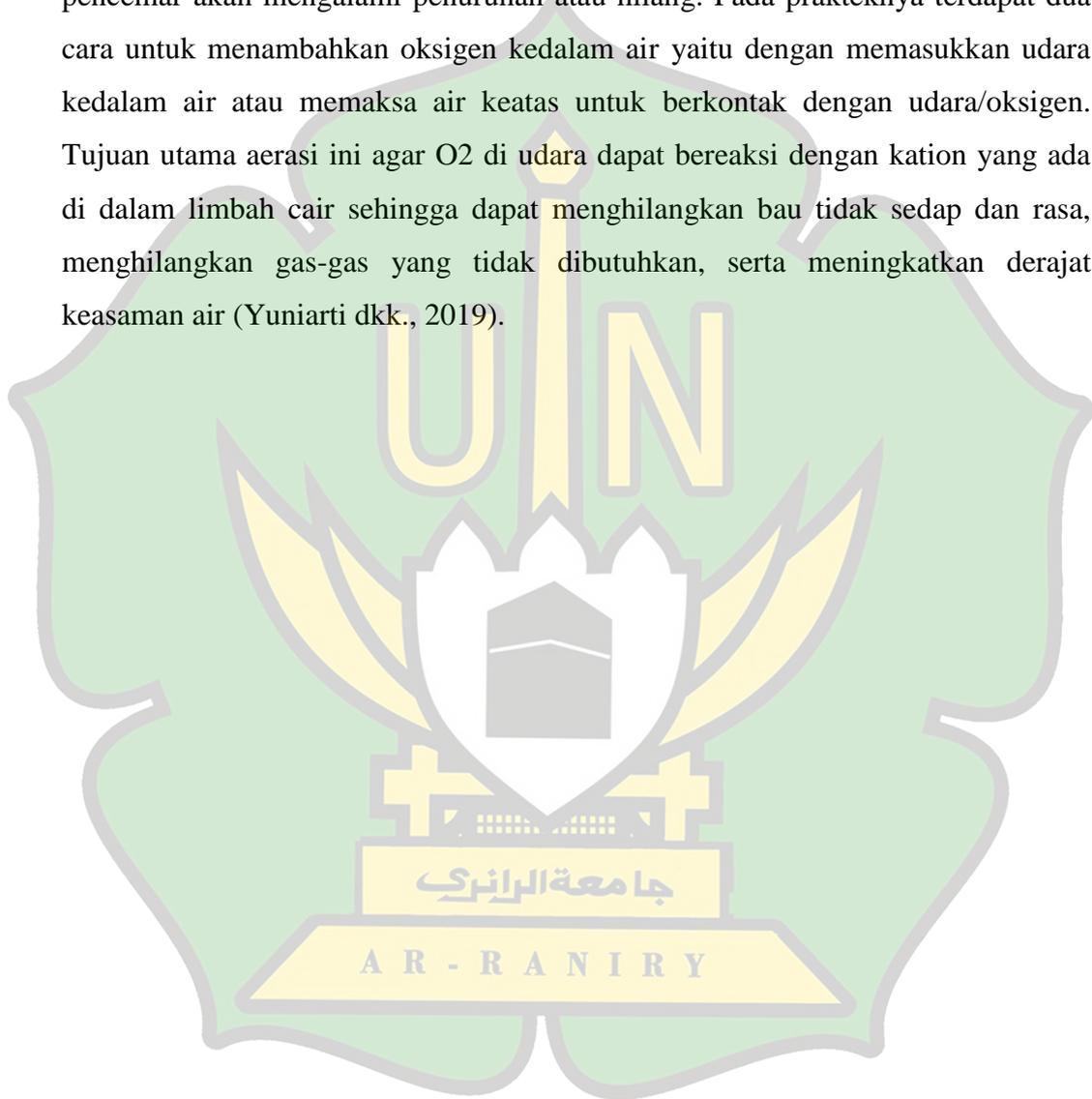
Aerasi adalah proses transfer udara atau oksigen yang dimasukkan langsung ke air oleh *diffuser* yang dipasang di ujung pipa udara, *diffuser* ditempatkan di tengah air sehingga gelembung udara yang dilepaskan dari *diffuser* bergerak ke atas (Roy dkk., 2021). Semakin tinggi kadar oksigen terlarut maka semakin bagus kualitas air, menurut Patty (2018) menjelaskan dalam penelitiannya kadar oksigen terlarut biasanya berkisar antara 6-14 ppm. Proses aerasi atau dikenal dengan oksigen transfer adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi ataupun menurunkan kadar logam besi dan mangan pada air. Aerasi juga diartikan sebagai sebuah proses transfer gas, yang biasanya udara dan air berada di dalam suatu kontak antara satu dengan lainnya dengan tujuan untuk memindahkan zat-zat yang mudah menguap di dalam air. Zat-zat tersebut dapat meliputi oksigen, karbon dioksida, nitrogen, hidrogen sulfida, metan, dan komponen anorganik lainnya yang menyebabkan bau dan rasa didalam proses aerasi (Firra dkk., 2020).

Proses aerasi mampu mempercepat penurunan bahan-bahan organik dan karbondioksida di dalam perairan. Pengaruh adanya proses aerasi dalam penurunan bahan organik disebabkan oleh adanya proses injeksi udara dari aerator yang dapat meningkatkan kandungan oksigen terlarut pada limbah cair. Sehingga jumlah oksigen terlarut akan semakin tinggi pada limbah cair yang dapat meningkatkan aktivitas mikroba di dalamnya untuk mendekomposisi bahan organik yang terkandung di dalam limbah cair tahu. Karbondioksida di dalam perairan dapat mengalami penurunan dengan adanya bantuan dari proses aerasi yang menyebabkan terjadinya pengadukan sehingga mampu mempercepat turunnya kadar karbondioksida pada limbah cair tahu (Alvateha dkk., 2021).

Teknik aerasi pada suatu proses aerob dilakukan dengan tujuan untuk menambahkan penyediaan udara atau oksigen, yang mana bakteri aerob akan memakan bahan-bahan organik di dalam limbah cair dengan bantuan oksigen (O_2). Penyediaan udara ini bertujuan untuk meningkatkan kenyamanan kondisi lingkungan sehingga bakteri pemakan bahan organik dapat tumbuh dan berkembangbiak dengan baik sehingga kelangsungan hidupnya terjamin.

Penyediaan udara yang cukup dan lancar dapat mencegah terjadinya pengendapan (Suligundi, 2013).

Proses penambahan oksigen saat aerasi dilakukan sebagai upaya untuk pengambilan zat pencemar yang terkandung di dalam air, sehingga konsentrasi zat pencemar akan mengalami penurunan atau hilang. Pada prakteknya terdapat dua cara untuk menambahkan oksigen kedalam air yaitu dengan memasukkan udara kedalam air atau memaksa air keatas untuk berkontak dengan udara/oksigen. Tujuan utama aerasi ini agar O₂ di udara dapat bereaksi dengan kation yang ada di dalam limbah cair sehingga dapat menghilangkan bau tidak sedap dan rasa, menghilangkan gas-gas yang tidak dibutuhkan, serta meningkatkan derajat keasaman air (Yuniarti dkk., 2019).



2.7 Penelitian Terdahulu

Adapun dalam penelitian terdahulu memiliki argumen-argumen tertentu yang membuat hasilnya akan menguatkan dalam perancangan pengolahan limbah cair dengan metode *bubble aerator*.

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Jenis Sampel	Perlakuan	Parameter yang diuji	Konsentrasi awal zat pencemar (mg/L)	Efektifitas penurunan (mg/L)
1	Vitricia., Dwiratna, C. W., Setyobudiarso, H., (2022). Efektivitas Metode Aerasi <i>Bubble Aerator</i> Dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Limbah cair RPS Laundry Kota Malang. Jurnal Enviro 2022.	Limbah cair RPS laundry	Dilakukan pengolahan limbah laundry menggunakan aerator yang beroperasi dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, dan 72 jam. Dengan Variasi debit udara 6 L/menit dan 12 L/menit.	BOD COD	535,7 mg/L 2410 mg/L	-BOD <ul style="list-style-type: none"> • Reaktor I dengan debit udara 6 L/m pada variasi waktu: -24 jam=53 mg/L. -48 jam=65 mg/L. -72 jam=82 mg/L. • Reaktor II dengan debit udara 12 L/m pada variasi waktu: -24 jam=69 mg/L. -48 jam=81 mg/L. -72 jam=90 mg/L.

						<p>-COD</p> <ul style="list-style-type: none"> •Reaktor I dengan debit udara 6 L/m pada variasi waktu: <ul style="list-style-type: none"> -24 jam=74 mg/L. -48 jam=81 mg/L. -72 jam=91 mg/L. •Reaktor II dengan debit udara 12 L/m pada variasi waktu: <ul style="list-style-type: none"> -24 jam=78 mg/L. -48 jam=90 mg/L. -72 jam=95 mg/L.
2	Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa	Limbah cair kelapa sawit	Dilakukan pengolahan limbah cair industri kelapa sawit menggunakan aerator yang beroperasi dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, 72 jam, 96 jam, dan 120 jam. Dengan	COD N Total pH	1475.14 mg/L 91.12 mg/L 9	<ul style="list-style-type: none"> •Setelah diaerasi menggunakan <i>non bubbling plate</i> nilai COD: <ul style="list-style-type: none"> -1P atau 24 jam= 1106.35 mg/L. -2P atau 48 jam= 1024.40 mg/L. -3P atau 72 jam= 983.42 mg/L.

	<p>Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik. Jurnal Redoks.</p>		<p>menggunakan aerator <i>non bubbling plate</i>.</p>	<p>-4P atau 96 jam= 614.64 mg/L. -5P atau 120 jam= 1548,08 mg/L. -6P atau 144 jam= 2552.24 mg/L.</p> <p>•Setelah di aerasi menggunakan <i>non bubbling plate</i> nilai N Total:</p> <p>-1P atau 24 jam= 17.49 mg/L. -2P atau 48 jam= 1.86 mg/L. -3P atau 72 jam= 1.24 mg/L. -4P atau 96 jam= 0.77 mg/L. -5P atau 120 jam= 0.62 mg/L. -6P atau 144 jam= 0.31 mg/L.</p> <p>•pH:</p> <p>-hari ke-1= 9.30 -hari ke-2= 9.35 -hari ke-3= 9.31 -hari ke-4= 9.39 -hari ke-5= 9.26</p>
--	---	--	---	---

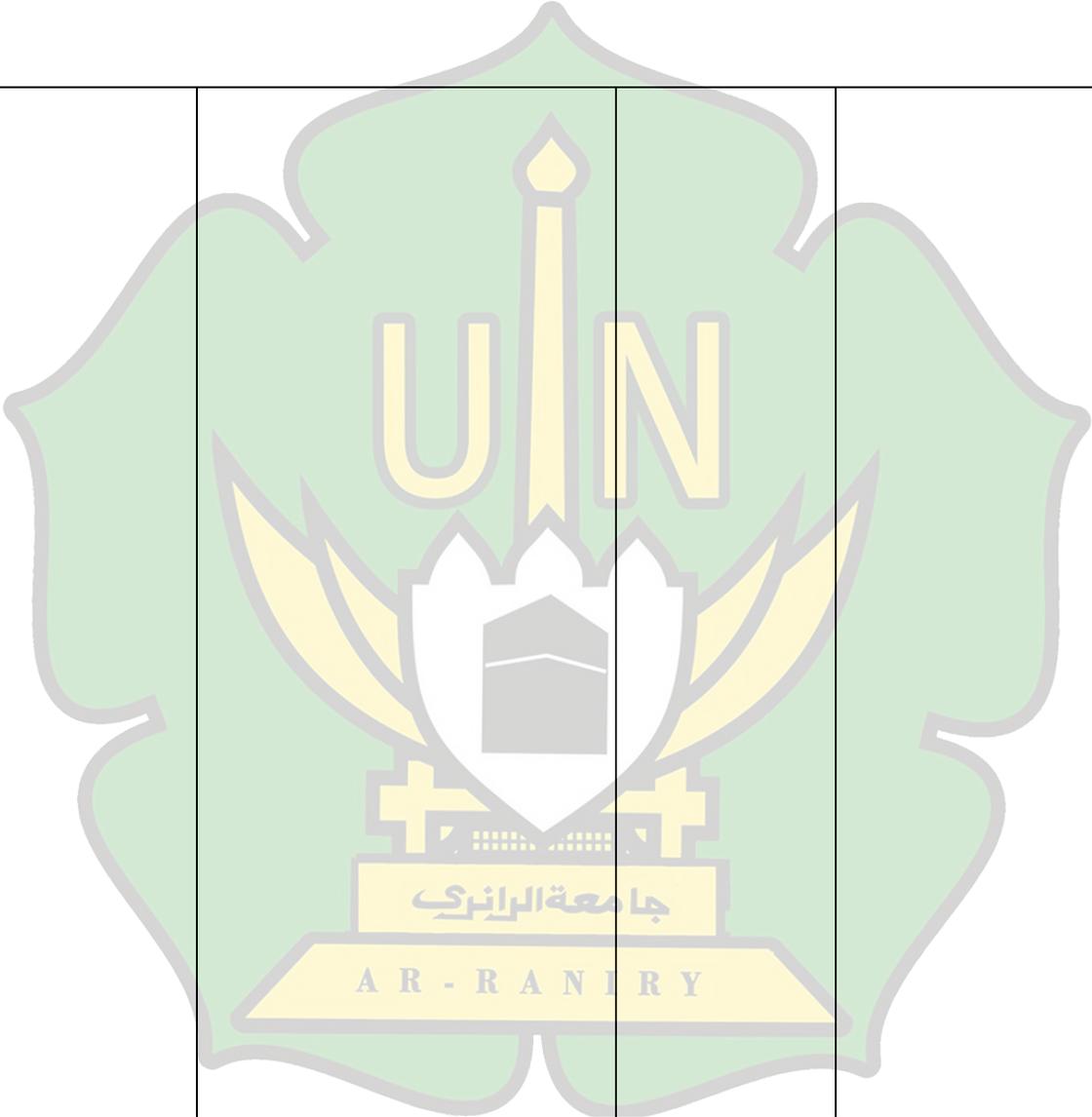
						-hari ke-6= 9.28
3	Simbolon, V. A., Armada, R., Daswito, R., & Daswito, R. (2019). Modifikasi Metode <i>Bubble Aerator</i> Dan Filtrasi Dalam Menurunkan Kadar TSS Dan COD Pada Limbah Cair Domestik Di Jalan Pemuda Kota Tanjungpinang Tahun 2019. <i>Jurnal Kesehatan Terpadu (Integrated Health Journal)</i> , 10(2), 63–69.	Limbah cair domestik	Perlakuan kombinasi aerasi dan filtrasi tersebut dilakukan dengan tiga kali pengulangan. Setelah diberikan tiga perlakuan dengan modifikasi metode <i>bubble aerator</i> dan filtrasi. Perlakuan aerasi dilakukan selama 24 jam.	pH Suhu TSS COD	6 29°C 6,3 mg/L 48,05 mg/L	7 29°C 1,3 mg/L 41,53 mg/L
4	Hadisantoso, E. P.,		Dilakukan pengolahan dengan	pH	7,3	• Setelah dilakukan pengolahan

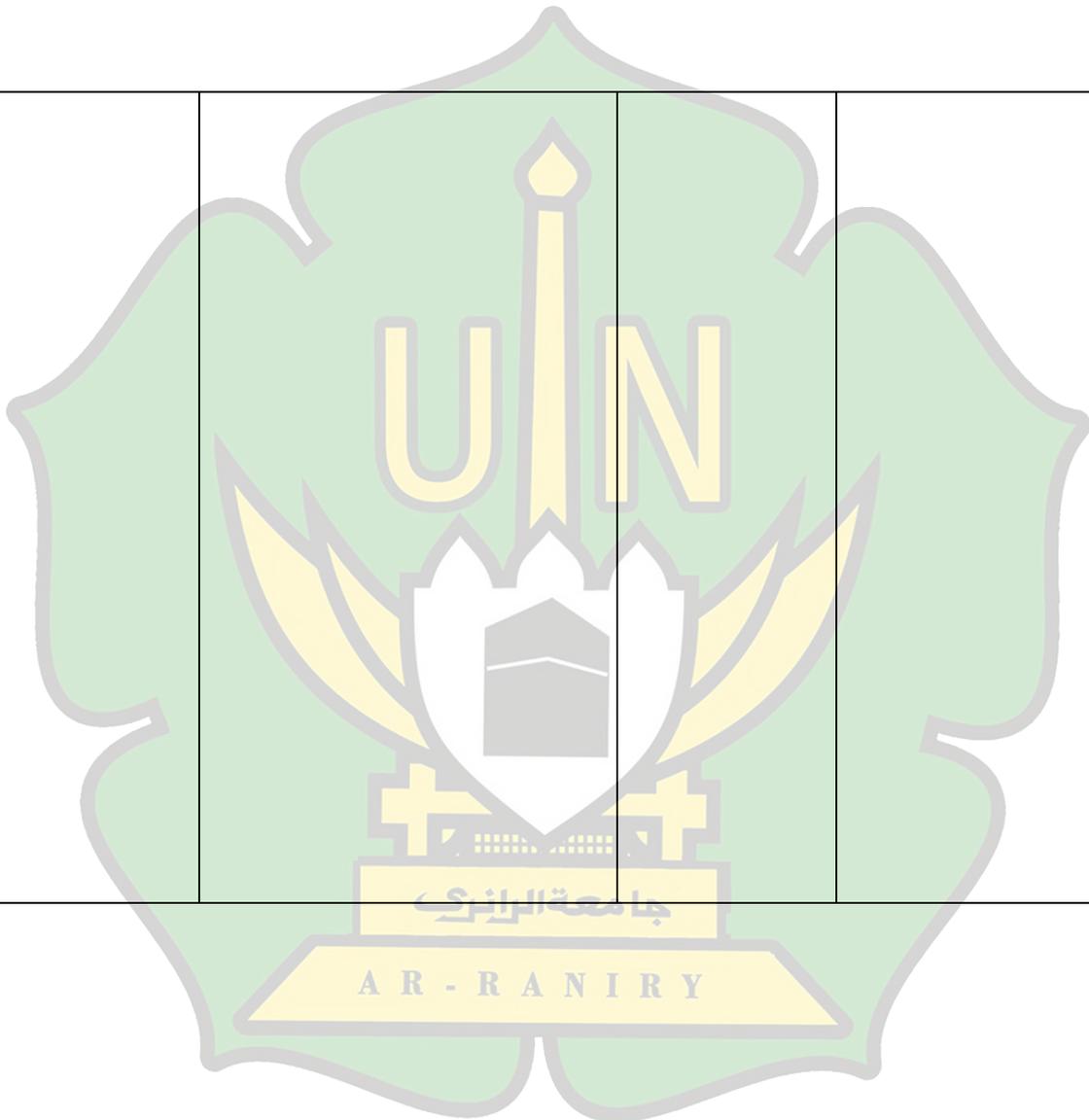
	<p>Widayanti, Y., Hanifah, R. A., Malia, V., Delilah, G. G. A.(2018). Pengolahan Limbah Air Wudhu Wanita Dengan Metode Aerasi Dan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif. Al-kimia, Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan.</p>	<p>Limbah air wudhu wanita</p>	<p>2 tahapan, tahap 1 dilakukan pemberian aerasi selama 5 jam. Untuk tahap 2 dilakukan pemberian aerasi yang sama dengan tahap 1 akan tetapi dilakukan kombinasi dengan absorpsi.</p>	<p>TSS DO BOD COD Minyak/Lemak Warna Bau</p>	<p>165 2,8 46,0 103,9 42,1 31 Tidak Berbau</p>	<p>menggunakan aerasi didapatkan hasil: -pH = 8,45 -TSS = 0 mg/L -DO = 8,6 mg/L -BOD = 2,3 mg/L -COD = 7,49 mg/L -Minyak dan Lemak = 4,2 -Warna = 18 Pt-Co -Bau = Tidak Berbau</p> <p>•Setelah dilakukan pengolahan menggunakan aerasi dengan kombinasi absorpsi didapatkan hasil: -pH = 8,40 -TSS = 0 mg/L -DO = 8,7 mg/L -BOD = 2,3 mg/L</p>
--	---	--------------------------------	---	--	--	--

						-COD = 7,49 mg/L -Minyak dan Lemak = 7,20 mg/L -Warna = 24 Pt-Co -Bau = Tidak Berbau
5	Pramyani, I. A. P. C., & Marwati, N. M. (2020). Efektivitas Metode Aerasi Dalam Menurunkan Kadar Biochemical Oxygen Demand (Bod) Limbah cair Laundry. Jurnal Kesehatan Lingkungan (JKL), 10(2), 88–99.	Limbah cair laundry	Dilakukan pengolahan dengan metode <i>bubble aerator</i> dengan tipe aerator RB-600 sebanyak dua buah. Perlakuan aerasi dengan variasi waktu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit dengan wadah pengolahan dibagi menjadi 3 yaitu wadah I, wadah II, dan wadah III.	Suhu BOD	-Suhu: I= 28 II= 28 III= 27 -BOD: I= 257 II= 357 III= 183	• Suhu (°C) <u>30 menit</u> -I = 27 -II = 26 -III= 26 <u>60 menit</u> -I = 26 -II = 26 -III= 25 <u>90 menit</u> -I = 25 -II = 26 -III= 25

						<ul style="list-style-type: none"> • BOD (mg/L) <p><u>30 menit</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -I = 192 mg/L = 25% -II = 297 mg/L = 18% -III = 167 mg/L = 12% <p><u>60 menit</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -I = 189 mg/L = 25% -II = 189 mg/L = 47% -III = 131 mg/L = 31% <p><u>90 menit</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -I = 98 mg/L = 62% -II = 107 mg/L = 70% -III = 85 mg/L = 55%
6	Pradana, T. D., Suharno., & Apriansyah. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tahu Untuk Menurunkan Kadar TSS Dan BOD. Jurnal	Limbah cair industri tahu	Pengolahan dilakukan dengan kombinasi aerator dan filtrasi yang dimana bahan dasar filtrasinya limbah rambut dan arang aktif tempurung kelapa, untuk waktu perlakuan	TSS BOD	377,43 mg/L 180,21 mg/L	-61,15 mg/L = 83,82% -40,39 mg/L = 77,59%

	Vokasi Kesehatan, 4(2), 56.		aerasinya selama 24 jam.			
7	Nadayil, J., Mohan, D., Dileep, K., Rose, M., & Parambi, R. R. P. (2015). A Study on Effect of Aeration on Domestic Wastewater. International Journal of Interdisciplinary Research and Innovations, 3(2), 10–15.	Limbah cair domestik	Pengolahan limbah cair domestik menggunakan aerator yang dimana dilakukan variasi debit laju aliran dari 1,5 L/menit, 3 L/menit, dan 4 L/menit. Dilakukan aerasi dengan variasi waktu 24 jam, 48 jam, dan 72 jam.	COD BOD pH Turbiditi Minyak/lemak	3705,88 mg/L 1985,52 mg/L 6 289 mg/L 2,17 mg/L	<ul style="list-style-type: none"> •laju aliran 1,5 L/menit dengan variasi waktu aerasi 24 jam. <ul style="list-style-type: none"> -COD = 1693.96 mg/L -BOD = 761,85 mg/L -pH = 6 -Turbiditi = 230 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L •laju aliran 3 L/menit dengan variasi waktu aerasi 24, 48 dan 72 jam; <ul style="list-style-type: none"> <u>Waktu aerasi 24 jam.</u> -COD = 533,6 mg/L -BOD = 220,16 mg/L -pH = 6 -Turbiditi = 192 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L

			<p><u>Waktu aerasi 48 jam.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -COD = 657,85 mg/L -BOD = 398,22 mg/L -pH = 6 -Turbiditi = 192 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L <p><u>Waktu aerasi 72 jam.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -COD = 220,19 mg/L -BOD = 129,34 mg/L -pH = 6 -Turbiditi = 192 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L <ul style="list-style-type: none"> • Laju aliran 4 L/menit dengan variasi waktu aerasi 24, 48 dan 72 jam; <p><u>Waktu aerasi 24 jam.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> -COD = 252,616 mg/L -BOD = 150,56 mg/L
--	--	---	---

					<p>-pH = 7 -Turbiditi = 180 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L <u>Waktu aerasi 48 jam.</u> -COD = 182,84 mg/L -BOD = 109,7 mg/L -pH = 7 -Turbiditi = 180 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L <u>Waktu aerasi 72 jam.</u> -COD = 158,78 mg/L -BOD = 91,35 mg/L -pH = 7 -Turbiditi = 180 mg/L -Minyak dan lemak = 2,17 mg/L</p>
--	--	--	---	--	--

BAB III

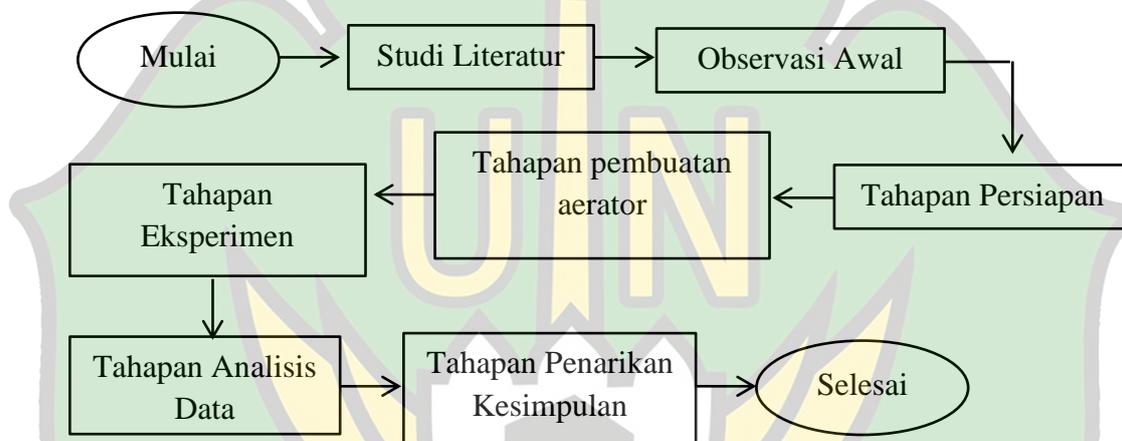
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum

Adapun tahapan umum yang dilakukan pada penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan yaitu:

1. Studi literatur, dilakukannya pengumpulan data yang berasal dari jurnal yang terindeks Sinta dan Google Scholar dengan kata kunci *bubble aerator* dalam pengolahan limbah cair. Adapun buku dan skripsi yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan untuk memenuhi informasi yang dibutuhkan dalam penelitian.
2. Observasi awal, yaitu tahapan yang bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan, mengidentifikasi masalah yang menjadi sebab akibat adanya pencemaran di lokasi tersebut, serta mencari solusi berupa metode yang tepat dan efisien dalam mengatasi kadar pencemaran.
3. Tahapan persiapan, yang dimana dilakukannya persiapan yang diperlukan dalam penelitian berupa alat dan bahan yang dibutuhkan selama kegiatan penelitian seperti sampel limbah cair industri tahu dan bahan-bahan untuk material aerasi, dengan tujuan agar waktu dan pekerjaan yang dilakukan bisa lebih efektif.
4. Tahapan pembuatan aerator, yaitu tahap perakitan yang sudah dirancang dengan aplikasi AutoCAD akan dirangkai dengan tujuan sebagai alat pengolahan yang akan mengolah limbah cair tahu.
5. Tahapan eksperimen, merupakan tahapan untuk mengetahui variabel yang terjadi selama proses dari pengolahan limbah cair industri tahu pada proses aerasi terhadap jumlah DO yang dihasilkan dan penurunan kandungan pencemaran dengan parameter TSS dan COD yang selanjutnya dilakukan perbandingan dari hasil pengolahan dengan peraturan baku mutu limbah cair pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang baku mutu buangan limbah cair industri tahu ke badan sungai.

6. Tahapan analisis data, selanjutnya pada tahapan ini dilakukan apabila hasil dari sampel limbah yang telah melalui proses aerasi dan didapatkan parameternya sehingga menjadi informasi dan bisa dipergunakan untuk mengambil kesimpulan.
7. Tahap kesimpulan, yang dimana akan menjawab seberapa persen efisiensi dari metode *bubble aerator* dalam pengolahan limbah cair industri tahu untuk mengetahui jumlah DO yang dihasilkan dari rancangan aerator dan proses penurunan kadar pencemar berupa TSS dan COD pada sampel limbah cair tahu. Adapun tahapan umum di dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1.



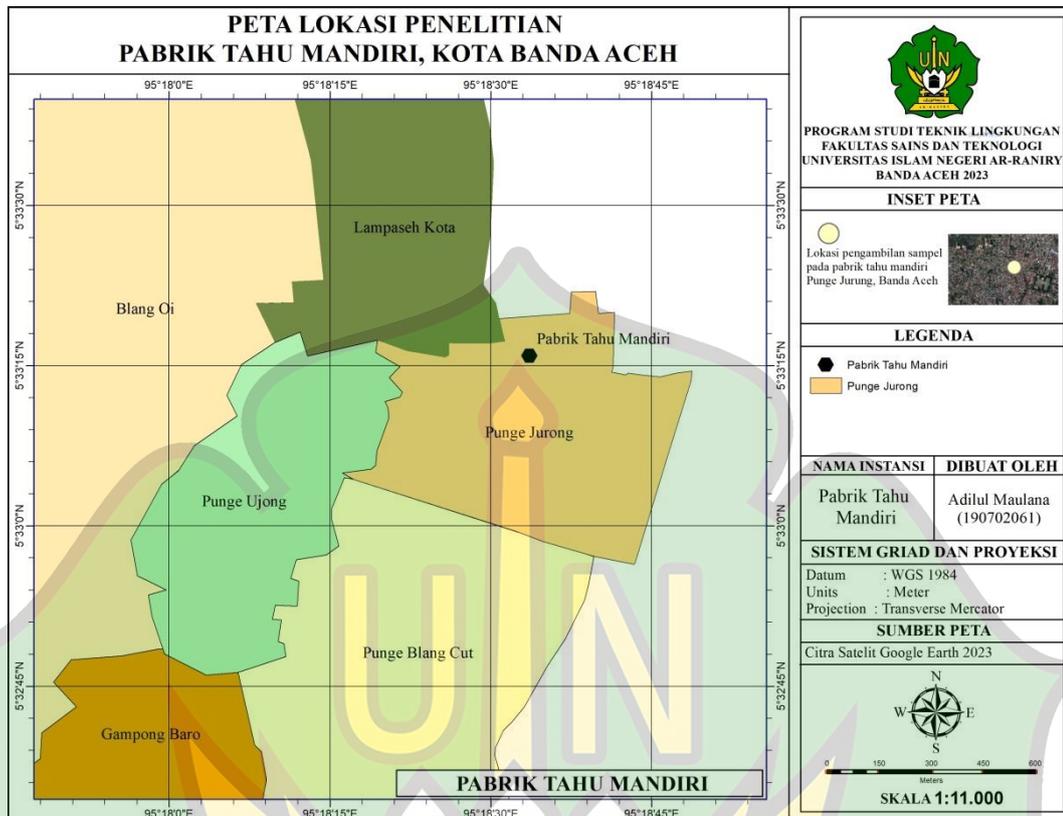
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada pendekatan kuantitatif dengan menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kadar DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang dan untuk mengetahui efektivitas *bubble aerator* sebagai pengolahan limbah cair tahu untuk menurunkan parameter pencemar TSS dan COD.

3.3 Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi pengambilan sampel limbah cair tahu yaitu berada di pabrik tahu mandiri, industri kecil skala rumahan ini merupakan milik warga sekitar dan menjadi pemasok tahu di pasar tradisional daerah tersebut. Adapun peta lokasi dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Peta Lokasi Pengambilan Sampel



Gambar 3.3 Proses Produksi Tahu

Lokasi pengujian sampel limbah cair tahu dilakukan di satu laboratorium yaitu Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh dengan pengujian parameter pH, DO, suhu, TSS dan COD.

3.4 Eksperimen Penelitian

3.4.1 Instrumen, Alat dan Bahan

Instrumen penelitian yang digunakan berupa aerator sebagai pengolahan limbah cair tahu. *Bubble aerator* digunakan sebagai metode pengolahan limbah cair tahu. Aerator dirancang dengan menggunakan bahan dasar pipa tee 3/4 X 1/2 dan tutup oli samping metik bekas 2 buah yang dimana tutup oli dipotong dengan ukuran yang berbeda, potongan pertama lebih besar daripada yang kedua.

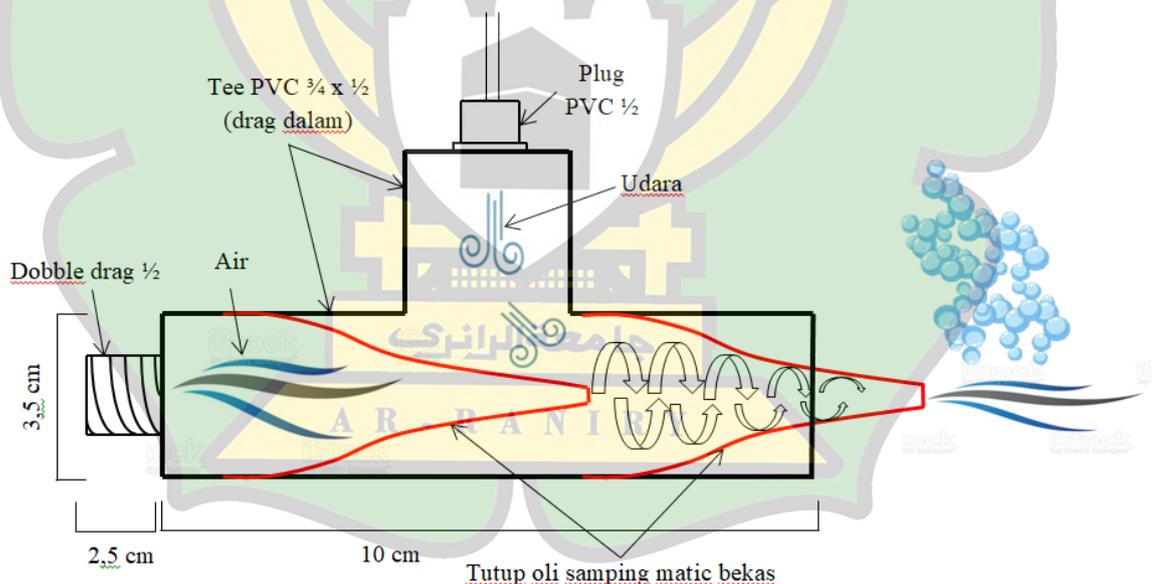
Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa kamera, alat perekam, sarung tangan, masker, pompa air, selang, aquarium, pH meter, termometer, gelas beker, pipet tetes, pipet ukur, gelas ukur, stirrer, corong, dan label nama. Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa sampel limbah cair industri tahu, jerigen, es batu, aquadest, Asam sulfat (H_2SO_4), dan Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$).

Tabel 3.1 Tipe Pompa Air Yang Digunakan Dalam Penelitian

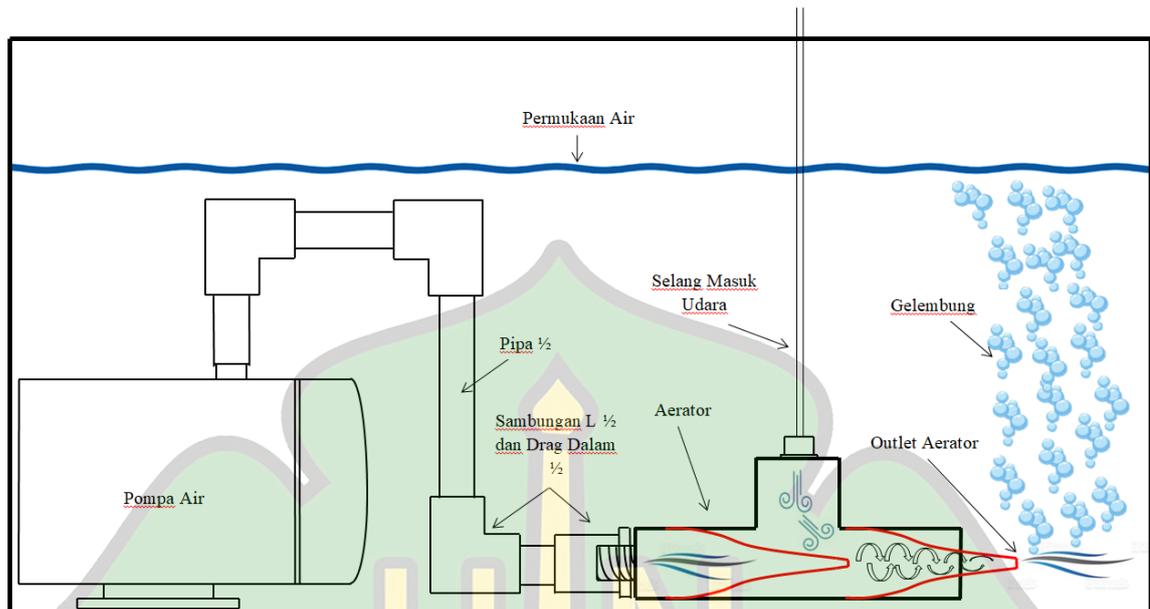
WASSER PUMP WD-80E		
Arus Maksimal	0,5 A	
Tegangan Listrik	220V/50Hz	
Head (m)	2	3
Kapasitas (lpm)	36	24
Pipa Pancar	3/4 Inch	
Daya Pancar Maksimal	4,5 meter	
<i>Output Power</i> /Daya Keluaran	80 W	
MOTOR DILINDUNGI THERMAL PROTECTOR		

3.4.2 Desain Aerator

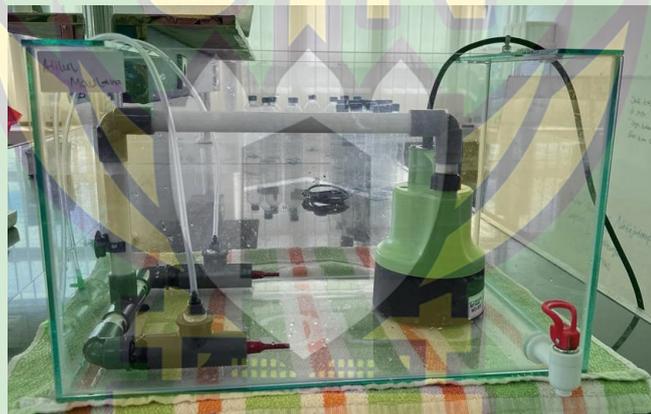
Aerator merupakan alat untuk menyalurkan oksigen ke dalam limbah cair yang dimana oksigen terlarut dalam limbah cair meningkat, dengan meningkatnya oksigen terlarut akan memungkinkan lebih cepat dalam penguraian zat organik di dalam limbah cair tahu. Aerator dirancang dengan berbahan dasar tutup oli samping metik bekas yang dimana dirancang di dalam sambungan pipa tee $3/4 \times 1/2$, adapun bahan dasarnya berupa 2 tutup oli samping metik bekas, tee $3/4 \times 1/2$, plug $1/2$, dubble drag $1/2$, selang putih, lem 2 ton/lem besi, nepel 7 mm, dan valve. Pada ujung tutup oli dilubangi dengan menggunakan mata bor 1 mm dengan 2 sisi awal 8 lubang dan 7 sisi 4 lubang. Aquarium yang digunakan memiliki panjang 50 cm dengan lebar 30 cm dan tinggi 30 cm, menggunakan kaca dengan ketebalan 5 mm dan memiliki volume 45 liter. Pada tahapan penelitian menggunakan 2 aerator yang berhubungan dengan 1 pompa air yang dimana pompa airnya diletakkan di tengah-tengah antara 2 aerator.



Gambar 3.4 Desain Aerator



Gambar 3.5 Ilustrasi dalam Reaktor



Gambar 3.6 Reaktor Eksperimen

3.4.3 Metode Sampling Limbah Cair

Sampel limbah cair yang digunakan pada penelitian berasal dari sisa hasil pengolahan produksi tahu yang berada pada pabrik tahu mandiri yang berlokasi di Punge Blang Cut, Kota Banda Aceh dan diambil pada tanggal 22 Mei 2023 Pukul 10.46 WIB. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel berpedoman pada SNI 6989.59-2008 Metode Contoh Limbah cair. Langkah-langkah dalam pengambilan sampel adalah sebagai berikut:

1. Alat-alat yang digunakan berupa jerigen , spidol, kertas label, dan gayung.

2. Bahan yang digunakan untuk pengawetan sampel limbah cair adalah es batu.
3. Adapun proses pengambilan sampel limbah cair sebagai berikut: Siapkan alat pengambilan sampel, kemudian lakukan pembilasan dengan sampel limbah cair sebanyak 3 kali, setelah itu lakukan pengambilan sampel dengan gayung lalu dituangkan ke dalam jerigen, setelah jerigen terisi penuh, kemudian diberikan label dengan menuliskan tanggal dan waktu pengambilan sampel. Lalu sampel dimasukkan dalam fiber yang berisi es batu, dan dilakukan pengujian kadar pencemar dengan parameter pH, DO, suhu, TSS dan COD pada laboratorium.
4. Ketika sampling limbah cair, volume limbah cair tahu yang digunakan pada sampling adalah 30 liter, dengan dua bak reaktor yang dimana bak 1 untuk perlakuan dengan sampel 15 liter dan bak 2 untuk kontrol dengan sampel 15 liter. Setelah pengecekan parameter awal, tahap selanjutnya dilakukan pengolahan dengan aerator yang di diamkan selama 2,5 jam untuk penyaluran oksigen ke dalam sampel limbah cair tahu.

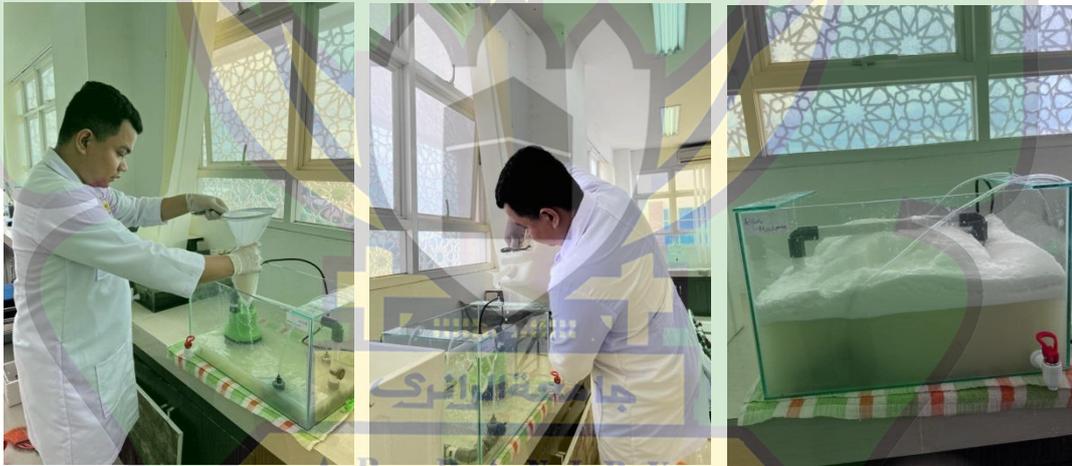


Gambar 3.7 Proses Pengambilan Sampel Limbah Cair Tahu

3.4.4 Prosedur Eksperimen

Pengolahan limbah cair tahu yang dilakukan dengan satu tahapan zona pengolahan, zona pengolahan menggunakan aerator yang mana dilakukan pengaliran oksigen ke dalam limbah cair tahu selama 2,5 jam. Tahapan prosedur kerja yang dilakukan dalam pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan aerator adalah sebagai berikut:

1. Limbah cair tahu diambil dalam volume sampel 30 liter dimasukkan ke dalam jerigen, yang dimana 15 liter untuk bak perlakuan dan 15 liter untuk bak kontrol.
2. Kemudian sampel limbah cair dimasukkan ke dalam aquarium yang berisi aerator. Sebelum dimasukkan dalam bak reaktor, limbah cair tahu didiamkan selama 24 jam dan ketika ingin dimasukkan dalam reaktor sampel limbah di saring dengan menggunakan saringan kopi yang berbahan kain.
3. Selanjutnya limbah cair didiamkan dalam aquarium yang berisi aerator untuk perlakuan aerasi selama 2,5 jam dengan pengambilan sampel untuk pengujian setelah 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Setiap pengambilan sampel dilakukan pengujian dengan parameter pH, DO, suhu, TSS dan COD.
4. Sampel pada bak kontrol di ambil menggunakan *beaker glass*, pengambilan tersebut dilakukan dari atas bak dikarenakan bak kontrol tidak memiliki kran.



Gambar 3.8 Proses Eksperimen

3.4.5 Prosedur Pengujian Sampel

Parameter limbah cair yang diuji pada penelitian ini ialah pH, DO, suhu, TSS dan COD. Seluruh pengujian terhadap parameter dilakukan berdasarkan SNI yang berlaku dan terbaru.

1. pH (*Potential of Hydrogen*)

Pengujian nilai pH berdasarkan SNI 6989-11-2009. Metode pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter dengan melihat kadar ion hidrogen yang ada pada sampel. Pengujian dilakukan dengan cara berikut:

- a. Keringkan elektroda dan selanjutnya bilas elektroda menggunakan aquadest.
- b. Setelah dibilas menggunakan aquadest kemudian keringkan elektroda menggunakan tissue.
- c. Elektroda dimasukkan ke dalam sampel hingga pH meter menunjukkan angka yang tetap.
- d. Hasil angka yang muncul pada pH meter dicatat.

2. DO (*Dissolved Oxygen*)

Adapun pengujian DO mengacu pada SNI 06-6989.14-2004 tentang prosedur pengujian sampel limbah cair dengan parameter DO.

- a. Sampel limbah cair dikocok hingga homogen.
- b. Sebuah *beaker glass pyrex* digunakan untuk menampung hingga 100 ml sampel limbah cair.
- c. DO meter diaktifkan dan ujung elektroda DO meter dicelupkan kedalam sampel limbah cair.
- d. Pembacaan nilai DO pada DO meter ditunggu hingga stabil.
- e. Nilai DO yang terbaca dicatat.

3. Suhu

Adapun pengujian suhu mengacu pada SNI 6989.23-2005 cara uji suhu dengan termometer.

- a. Sampel limbah cair tahu di ambil.
- b. Kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass*.
- c. Masukkan termometer ke dalam sampel limbah cair tahu selama 2 menit sampai 5 menit.
- d. Kemudian dicatat hasilnya.

4. Total Suspended Solid (TSS)

Pengujian TSS dilakukan berdasarkan SNI 06-6989.3:2004 Air dan limbah cair pada Bagian 3 yaitu Cara uji padatan tersuspensi total (TSS). Dibawah ini merupakan prosedur pengujiannya:

a. Prinsip

Sampel homogen dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring yang sudah ditimbang. Hasil residu pada kertas saringan dikeringkan sampai menyentuh berat konstan dengan suhu 103 °C-105 °C. Kenaikan berat saringan akan mewakili TSS. Jika dalam penyaringan padatan tersuspensi menghambat saringan sehingga penyaringan menjadi lama, diameter pori-pori saringan harus diperbesar maupun mengurangi volume sampel. TSS dapat diperoleh dengan menghitung perbedaan antara padatan terlarut total dan padatan total.

b. Bahan

- Jenis kertas saring:
 - Jenis Whatman Grade 934 AH, ukuran pori (Particle Retention) 1,5 μm .
 - Jenis Gelman tipe A/E, ukuran pori (Particle Retention) 1,0 μm .
 - E-D Scientific specialities grade 161 (VWR brand grade 161) dengan ukuran pori (Particle Retention) 1,1 μm .
 - Saringan dengan ukuran pori 0,45 μm .
- Air suling

c. Peralatan

Alat yang dibutuhkan dalam pengujian TSS adalah desikator dengan silika gel, oven sebagai alat pengoperasian dengan suhu 103 °C-105 °C, timbangan analitik ketelitian 0,1 mg, pipet volume, gelas ukur, alat pengaduk magnetik, cawan aluminium dan cawan Gooch, penjepit dan kaca arloji serta alat vakum.

d. Persiapan Pengujian

Persiapan awal yang dilakukan adalah persiapan kertas saring, diletakkan pada alat filtrasi kemudian dipasang vakum dan tempat pencuci dengan 20 ml air suling. Selanjutnya, dilakukan penyedotan sehingga sisa air dapat dihilangkan dan

metikan vakum kemudian hentikan pencucian. Kertas saring pada alat filtrasi dipindahkan menuju wadah timbang aluminium. Dengan memakai Gooch bisa langsung dikeringkan menggunakan oven dengan suhu 103 °C-105 °C selama 1 jam, dinginkan dengan desikator dan ditimbang. Diulangi tahap pengeringan sampai didapatkan berat konstan sampai lebih kecil dari 4% atau lebih kecil dari 0,5 mg terhadap penimbangan sebelumnya.

e. Prosedur

Tahapan pengujian TSS yaitu dilakukan penyaringan dengan menggunakan alat vakum dengan membasahi saringan dengan air suling sedikit kemudian dilakukan pengadukan sampel menggunakan alat pengaduk magnetik dengan tujuan memperoleh contoh uji yang semakin homogen. Pipet sampel dengan volume tertentu, dilakukan pengadukan dengan pengaduk magnetik. Kertas saring atau saringan dicuci menggunakan 3 × 10 mL air suling. Setelah kering, lanjutkan penyaringan menggunakan vakum hingga 3 menit sampai diperoleh penyaringan sempurna. Sampel yang mengandung padatan terlarut yang tinggi diperlukan pencucian tambahan. Selanjutnya, dipindahkan dengan hati-hati kertas saring dari alat penyaring menuju ke wadah timbang aluminium sebagai penyangga. Jika dipakai cawan Gooch, maka dipindahkan cawan dari peralatannya dan keringkan menggunakan oven dengan suhu 103 °C-105 °C selama 1 jam dan didinginkan dengan desikator sehingga dapat seimbang suhu dan timbang. Pengulangan dilakukan pada pengeringan, pendinginan dengan desikator, dan dilakukan penimbangan hingga diperoleh berat konstan atau perubahan berat yang sampai lebih kecil dari 4% atau lebih kecil dari 0,5 mg terhadap penimbangan sebelumnya.

f. Perhitungan

$$\text{TSS per liter} = \frac{(A-B \times 1000)}{\text{volume contoh uji, mL}}$$

Keterangan:

A = Berat kertas saring + residu kering, mg.

B = Berat kertas saring, mg.

5. COD (*Chemical Oxygen Demand*)

Adapun pengujian COD mengacu pada SNI 6989-02-2009 tentang cara uji kebutuhan oksigen biokimia (COD).

a. Alat

- COD meter atau Spektrofotometer.
- Heating block.
- Tabung kultur.
- Pipet volumetric 5,0 ml; 10,0 ml; 15,0 ml; 20,0 ml; 25,0 ml.

b. Bahan

- Limbah cair industri tahu.
- Digestion solution pada konsentrasi rendah. Selanjutnya tambahkan 1,022 gram $K_2Cr_2O_7$ yang dipanaskan pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ selama jangka waktu 2 jam pada 500 ml dan larutkan dengan air suling. Kemudian tambahkan 167 ml H_2SO_4 pekat dan 33,3 gram $HgSO_4$ dan goyangkan botol larutan hingga homogen. Larutan yang dihasilkan didiamkan dalam suhu ruang dan encerkan pada labu ukur 1000 ml dengan menambahkan aquades hingga garis tanda.
- Larutan pereaksi asam sulfat. Larutkan 10,12 gram Ag_2SO_4 ke dalam 1000 ml H_2SO_4 pekat, kemudian lakukan pengadukan hingga larut.

c. Prosedur Pengujian

- Proses Digestion

1. Ambil sampel dengan pipet volume kemudian tambahkan larutan digestion solution dan larutan pereaksi asam sulfat ke dalam tabung kultur 16 x 100 mm, kadar larutan yang ditambahkan sebagai berikut:
 - Sampel limbah cair tahu (2,50 ml)
 - Larutan pereaksi asam sulfat (3,50 ml)
 - Digestion solution (1,50 ml)
2. Kemudian tutup tabung dan goyangkan perlahan hingga homogen.
3. Setelah homogen, panaskan tabung pada suhu $150\text{ }^\circ\text{C}$ dan lakukan refluks selama 2 jam. Kurva kalibrasi dibuat dengan beberapa tahap diantaranya:

- Hidupkan alat dan kalibrasi alat sesuai prosedur pemakaian alat pada uji COD, lakukan pengaturan panjang gelombang 420 mm.
 - Dilakukan pengujian pada larutan sampel dan dicatat hasilnya.
- Pengukuran Contoh Uji
1. Sampel yang sudah direfluks didiamkan pada suhu ruang agar tidak terjadinya pengendapan. Kemudian biarkan padatan mengendap dan ukur hasil yang jernih.
 2. Gunakan larutan pereaksi sebagai pedoman.
 3. Lakukan pengukuran pada sampel dengan panjang gelombang yang ditentukan yaitu 420 mm.
 4. Lalu lakukan perhitungan nilai COD dengan linear kurva kalibrasi.

3.5 Analisis Data

Tahapan analisis dan pengolahan data dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh dari analisis parameter pH, DO, suhu, TSS dan COD limbah cair tahu sebelum pengolahan dan sesudah pengolahan dengan menggunakan aerator. Hasil efluen pengolahan limbah cair industri tahu dibawa ke Laboratorium yang telah ditentukan untuk diuji.

3.5.1 Efektivitas *Bubble Aerator*

Dari analisis data yang telah didapatkan, dihitung persentase penurunan kadar parameter TSS, COD, kenaikan kadar parameter DO dan suhu setelah dilakukan pengolahan limbah cair dengan aerator. Adapun perhitungan rumus persentase penurunan parameter sebagai berikut:

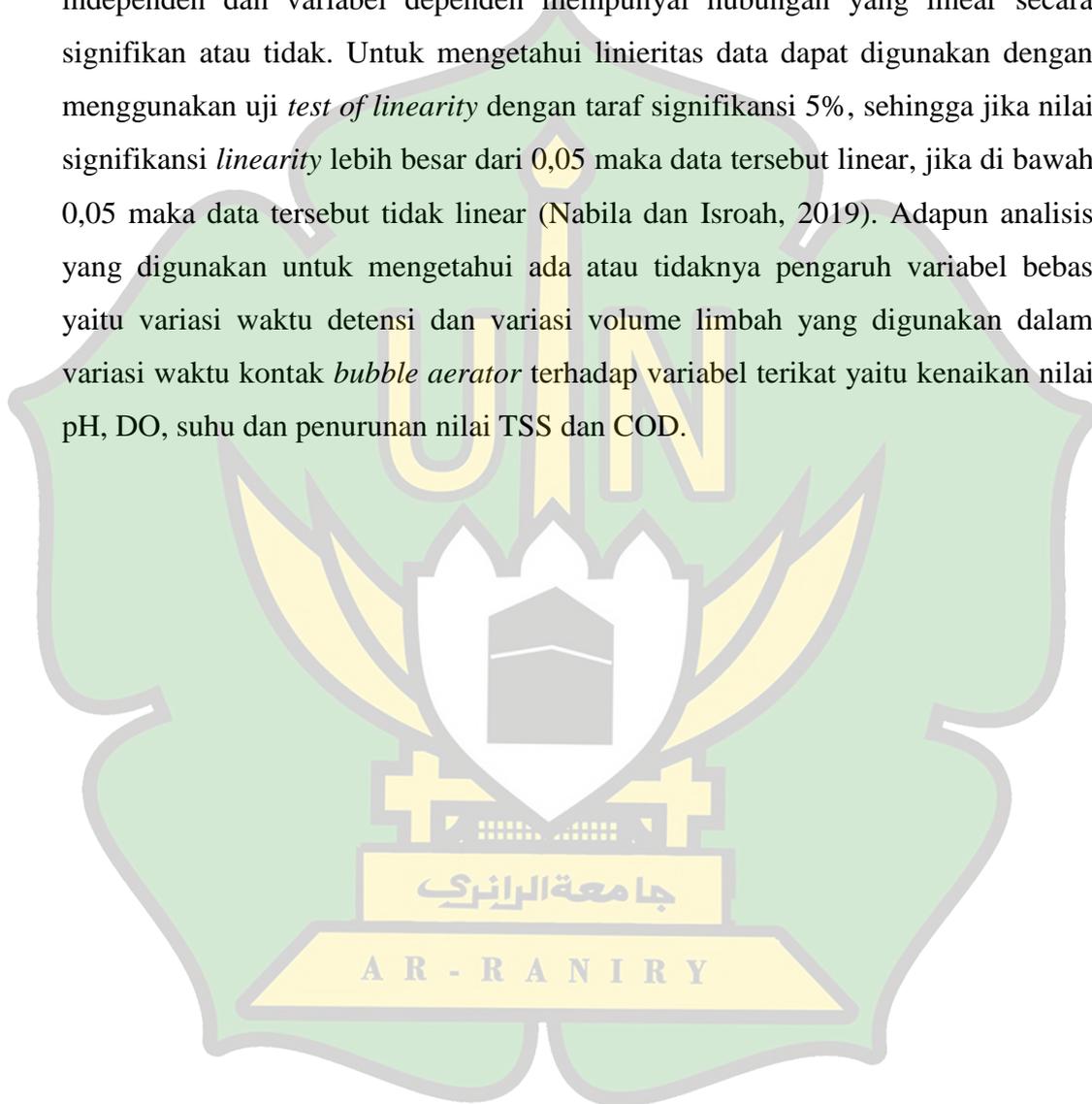
$$\text{Kadar (\%)} = \frac{\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir}}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100\%$$

3.5.2 Pengolahan Data melalui SPSS

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan program aplikasi SPSS (*Statistical Program for Social Science*). SPSS adalah aplikasi yang digunakan untuk analisis statistika tingkat lanjut. Data yang telah diolah akan dibuat dalam bentuk tabulasi, grafik dan diagram. Analisis yang digunakan adalah

analisis regresi linear berganda. Analisis regresi linear berganda adalah hubungan linear antara dua atau lebih variabel independen (variabel bebas) dengan variabel dependen (variabel terikat) (Wibisono dkk., 2019).

Uji linearitas digunakan untuk mengetahui hubungan antara variabel independen dan variabel dependen mempunyai hubungan yang linear secara signifikan atau tidak. Untuk mengetahui linieritas data dapat digunakan dengan menggunakan uji *test of linearity* dengan taraf signifikansi 5%, sehingga jika nilai signifikansi *linearity* lebih besar dari 0,05 maka data tersebut linear, jika di bawah 0,05 maka data tersebut tidak linear (Nabila dan Isroah, 2019). Adapun analisis yang digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variabel bebas yaitu variasi waktu detensi dan variasi volume limbah yang digunakan dalam variasi waktu kontak *bubble aerator* terhadap variabel terikat yaitu kenaikan nilai pH, DO, suhu dan penurunan nilai TSS dan COD.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

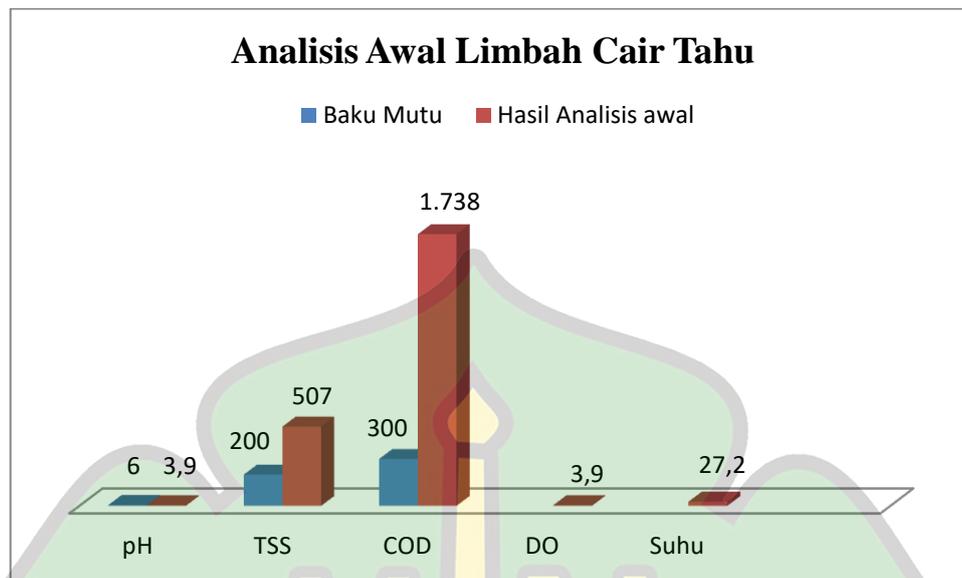
4.1 Analisis Karakteristik Awal Limbah Cair Tahu

Penelitian ini diawali dengan penelitian karakteristik awal limbah cair tahu untuk mengetahui karakteristik awal limbah cair tahu yang akan diolah. Hasil dari penelitian pendahuluan ini akan dijadikan sebagai acuan kemampuan pengolahan *bubble aerator* dalam menyisihkan beban pencemar. Penelitian awal ini menguji 6 parameter pencemar pada limbah cair tahu berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Tahu. Hasil yang diperoleh dari penelitian awal karakteristik limbah cair tahu dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Karakteristik Limbah Cair Tahu Pada Pabrik Tahu Mandiri

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Limbah Cair Tahu	Hasil Analisis Awal
1	pH	-	6-9	3,9
2	TSS	mg/L	200	507
3	COD	mg/L	300	1738
4	DO	mg/L	-	3,9
5	suhu	°C	-	27,2

Sumber: Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia (2014) dan Hasil Analisis



Gambar 4.1 Grafik hasil analisis awal parameter limbah cair tahu

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa parameter pH, TSS dan COD pada limbah cair tahu masih belum memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan PERMEN LH No 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Limbah Cair Tahu bagi Industri dan/atau Kegiatan Usaha Lainnya. Maka perlunya pengolahan agar memenuhi ketentuan baku mutu, pada penelitian ini menggunakan metode pengolahan aerob yang mana merancang aerator dengan berbahan dasar tutup oli samping metik.

Berdasarkan Gambar 4.1 dapat dilihat grafik yang menandakan kadar pencemar limbah cair tahu masih di atas dan di bawah baku mutu yang ditetapkan oleh pemerintah. Maka dari itu perlunya pengolahan untuk menurunkan dan menaikkan kadar parameter limbah cair tahu, agar mendapatkan hasil yang memenuhi dari baku mutu yang ditetapkan PERMEN LH No 5 Tahun 2014 sebagai air buangan limbah cair tahu untuk badan air atau sungai.

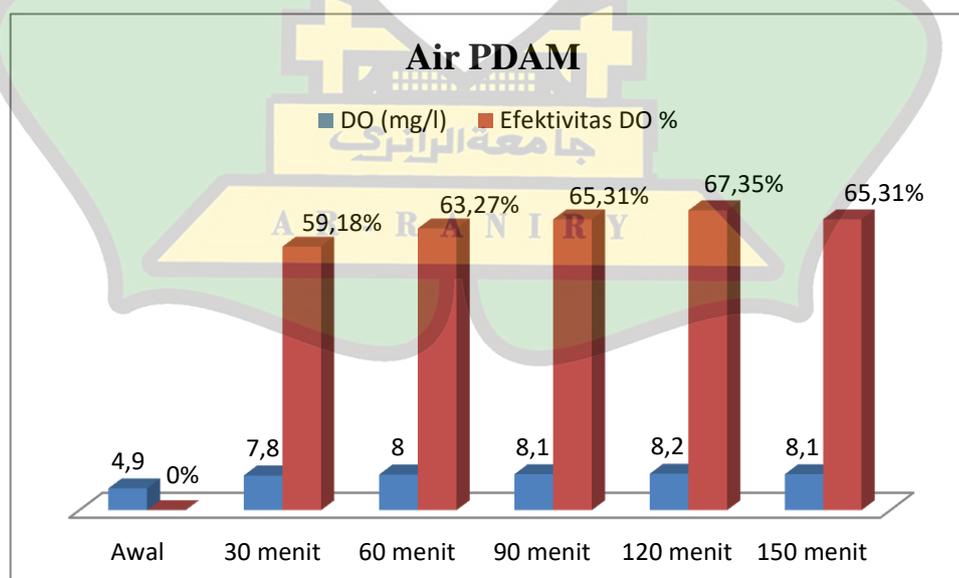
4.2 DO dan pH yang Dihasilkan dari Aerator dengan Sampel Air PDAM

Air merupakan salah satu sumber dalam pemrosesan pembuatan tahu, pabrik tahu mandiri menggunakan air yang bersumber dari PDAM. Penggunaan air PDAM untuk mengetahui kadar DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang karena pada pabrik tahu mandiri penggunaan air dalam pemrosesan tahu menggunakan air PDAM untuk proses pembuatan tahu. Proses aerasi dengan

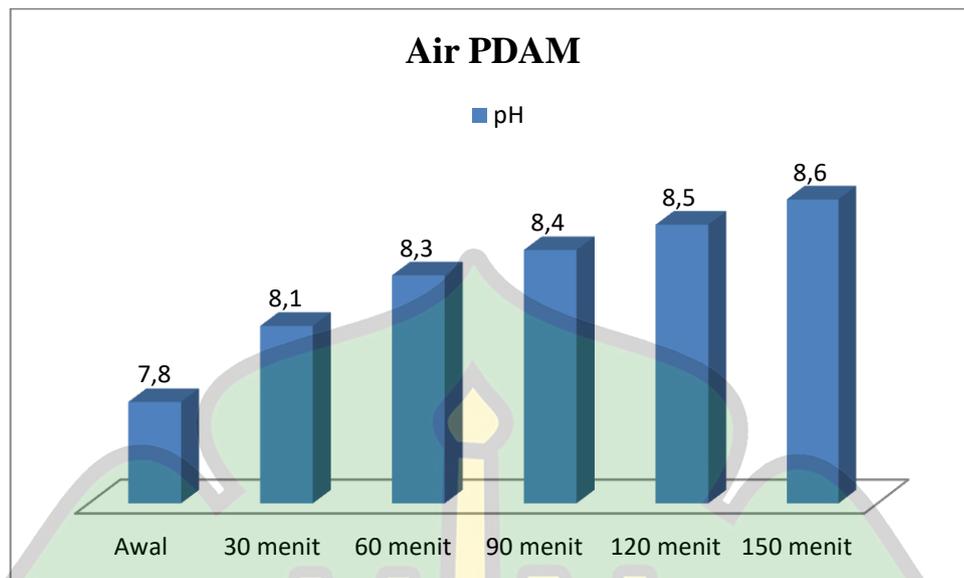
sampel air PDAM dilakukan untuk mengetahui jumlah DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang dengan perlakuan aerator selama 2,5 jam dengan waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit dengan volume air 15 liter. Kemudian dilakukan pengujian pH dan DO untuk memastikan jumlah DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang. Pengujian parameter pH dan DO dilakukan pengambilan sampel sebanyak 150 ml setiap waktu kontak dengan menggunakan *beaker glass*. Hasil yang diperoleh dari pengukuran jumlah DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Parameter DO dan pH Sampel Air PDAM

Air PDAM	DO (mg/L)	Efektivitas Kenaikan DO (%)	pH
Awal	4,9	0	7,8
30 menit	7,8	59,18%	8,1
60 menit	8,0	63,27%	8,3
90 menit	8,1	65,31%	8,4
120 menit	8,2	67,35%	8,5
150 menit	8,1	65,31%	8,6



(a)



(b)

Gambar 4.2 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi DO air PDAM dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi pH air PDAM dengan persentase perubahan

Berdasarkan perlakuan aerasi terhadap air PDAM didapatkan jumlah DO yang dihasilkan dari aerator yang dirancang, selama perlakuan 2,5 jam dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, nilai DO secara berturut-turut adalah 4,9 mg/l, 7,8 mg/l, 8,0 mg/l, 8,1 mg/l, 8,2 mg/l dan 8,1 mg/l. Meningkat DO perlahan-lahan seiring dengan berjalannya waktu kontak, pada saat waktu 900 menit terjadinya peningkatan suhu air akibat pompa yang terus menyala dan pada saat 150 menit terjadinya penurunan kadar DO diakibatkan suhu air yang meningkat. Menurut Zulti dan Sugiarti (2015), peningkatan jumlah oksigen terlarut dalam air akan berpengaruh terhadap kenaikan pH.

Perlakuan aerasi pada sampel air PDAM juga berpengaruh terhadap kenaikan pH air yang dari awalnya 7,8 meningkat terus menerus seiring berjalannya waktu kontak 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, dengan nilai pH secara berturut-turut adalah 8,1; 8,3; 8,4; 8,5 dan 8,6. Peningkatan yang perlahan-lahan menunjukkan bahwasanya aerator yang dirancang berfungsi dengan baik untuk sampel air PDAM. Menurut Saputri dkk

(2014) dalam penelitiannya menjelaskan kenaikan pH disebabkan karena jumlah oksigen terlarut (DO) dalam air meningkat.

Berdasarkan Gambar 4.2 dapat dilihat pada grafik (a), terjadi kenaikan DO pada saat waktu kontak 30 menit dengan persentase DO yang dihasilkan 59,18% dan pada waktu kontak seterusnya naik terus menerus hingga pada waktu kontak 120 menit mendapatkan persentase kenaikan DO yaitu 67,35% dan pada waktu kontak 150 menit terjadinya penurunan hingga 65,31%. Sedangkan pada grafik (b), terjadinya kenaikan pH sama seperti kenaikan DO pada waktu kontak 30 menit dengan pH 8,1, terus meningkat hingga waktu kontak 150 menit dengan kenaikan pH yaitu 8,6. Ini membuktikan bahwasanya aerator yang dirancang berfungsi dengan baik dan dapat meningkatkan kadar parameter DO dan pH pada air PDAM atau air bersih.

Tabel 4.3 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier dengan Parameter DO dan pH pada Air PDAM

No	Pengujian	Hasil Pengujian Syarat Regresi Linier Dengan Parameter DO	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,586 > 0,05	Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,160 > 0,05	Tidak Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,769 > 0,6	Reliabel
No	Pengujian	Hasil Pengujian Syarat Regresi Linier Dengan Parameter pH	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,000 < 0,05	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas	0,005 < 0,05	Valid

	(Pearson Product Moment)		
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,768 > 0,6	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk hasil DO dan hasil pH karena sudah memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil uji regresi linier mengenai hubungan waktu kontak aerasi dengan efektivitas jumlah DO air PDAM tercantum di lampiran 3. Hasil analisis waktu kontak aerasi terhadap peningkatan jumlah DO menunjukkan nilai signifikansi $0,160 > 0,050$, yang menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi tidak berpengaruh signifikan terhadap efektivitas jumlah DO. Hasil ini diperkuat oleh hasil uji T, yang mana nilai T hitung sebesar $1,725 < t$ tabel sebesar $2,776$, menunjukkan tidak adanya pengaruh yang signifikan pada perubahan jumlah DO.

Hasil uji regresi linier untuk waktu kontak aerasi dengan efektivitas pH air PDAM terdapat di lampiran 3. Hasil analisis regresi terhadap waktu kontak aerasi terhadap kenaikan pH menunjukkan nilai signifikansi $0,005 < 0,050$, yang mana menunjukkan waktu kontak aerasi berpengaruh terhadap kenaikan pH. Hasil ini diperkuat oleh hasil uji T, yang dimana nilai T hitung sebesar $5,700 > T$ tabel $2,776$, ini menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan pada perubahan kenaikan pH.

4.3 Pengaruh Waktu Aerasi Terhadap Parameter Limbah Cair Tahu

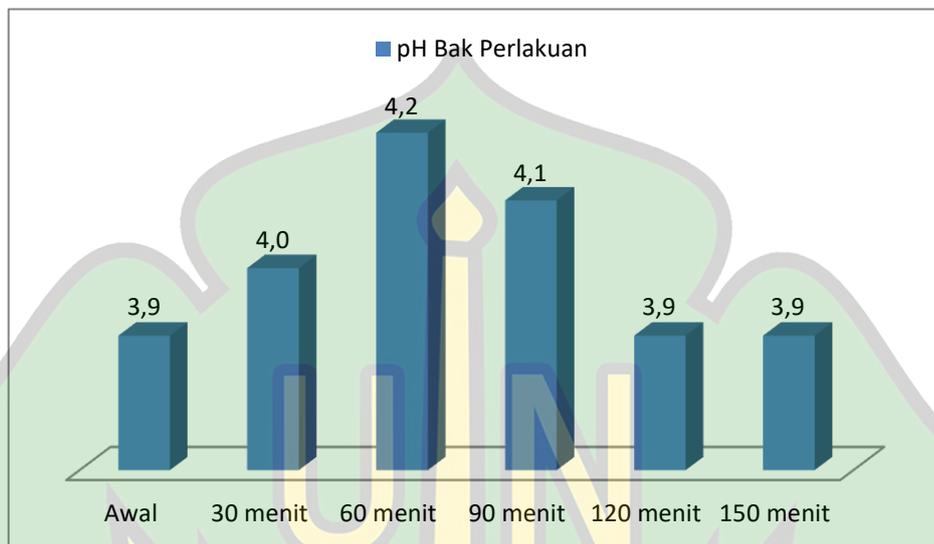
1. Parameter pH

Data pengolahan limbah cair tahu berdasarkan hasil dari pengujian parameter pH setelah perlakuan pendiaman selama 2,5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.4.

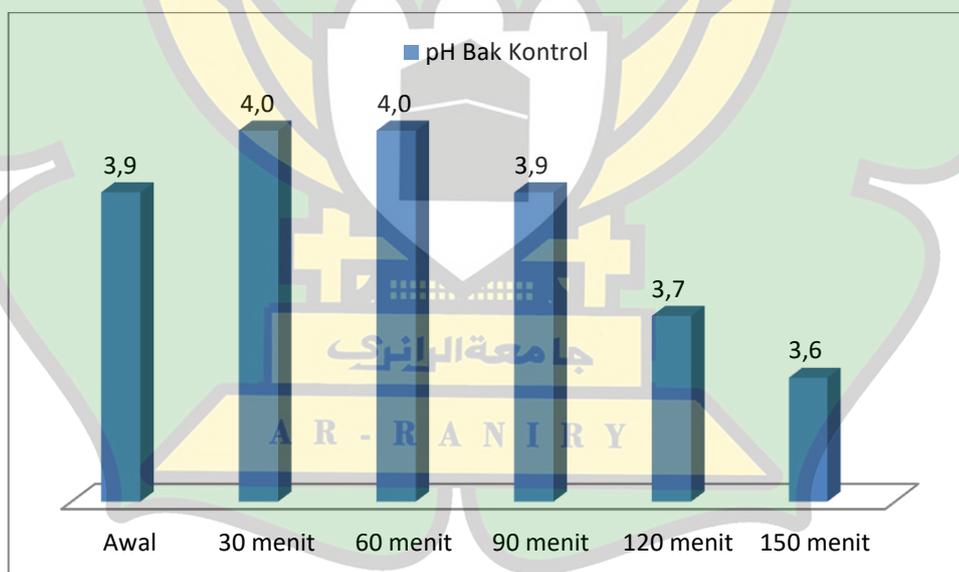
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Parameter pH

pH	Bak Perlakuan	Bak Kontrol
Awal	3,9	3,9
30 menit	4,0	4,0
60 menit	4,2	4,0

90 menit	4,1	3,9
120 menit	3,9	3,7
150 menit	3,9	3,6



(a)



(b)

Gambar 4.3 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi pH di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi pH di bak kontrol dengan persentase perubahan

Berdasarkan perlakuan aerasi terhadap sampel limbah cair tahu selama 2,5 jam dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, didapatkan hasil pH adalah 3,9; 4,0; 4,2; 4,1; 3,9 dan 3,9. Terjadinya kenaikan pH pada saat 60 menit, kemudian pada 90 menit terjadinya penurunan pH terus menurun hingga 3,9 dikarenakan limbah cair tahu yang bersifat asam yang mengakibatkan aerator yang dirancang tidak berfungsi untuk menaikkan parameter pH. Semakin tinggi limbah tahu juga berpengaruh terhadap pH air, pH pabrik tempe dan tahu yang masuk ke perairan berkisar 3-5,5 (Hamzani dan Syarifudin, 2020). Limbah cair tahu apabila masuk ke badan air dengan pH 3 berpotensi menurunkan pH air, dan berpengaruh terhadap biota perairan (organisme perairan) (Mardhia dan Abdullah, 2018). Maka dari itu perlunya pengolahan lanjutan dari proses aerasi untuk limbah cair tahu dengan parameter pH agar memenuhi baku mutu PERMEN LH No 5 Tahun 2014 dengan ketentuan baku mutu limbah cair tahu 6-9.

Sedangkan pada bak kontrol tanpa perlakuan aerasi didapatkan hasil pH selama waktu pendiaman awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, didapatkan hasil pH yaitu 3,9; 4,0; 4,0; 3,9; 3,7 dan 3,6. Nilai pH selama kontak awal sampai dengan 60 menit didapatkan pH 4 dan pada waktu 90 menit sampai dengan 150 menit menurun hingga pH 3,6 yang dimana menunjukkan tingkat keasaman limbah cair tahu yang bersifat asam.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat pada grafik (a), terjadinya kenaikan pH pada waktu kontak 60 menit dengan pH 4,1. Kemudian pada waktu kontak 90 menit terus menurun hingga waktu kontak 150 menit dengan penurunan 3,9. Pada grafik (b), sampel bak kontrol tidak terjadinya kenaikan dengan pH 4 pada waktu kontak 30 menit dan 60 menit. Kemudian pada waktu kontak 90 menit sampai 150 menit terjadi penurunan pH hingga 3,6. Efektif aerator yang dirancang tidak dapat meningkatkan kadar parameter pH limbah cair tahu, maka dari itu perlunya pengolahan lanjutan atau pengolahan kombinasi agar kadar pH memenuhi baku mutu limbah cair tahu.

Tabel 4.5 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol
(Parameter pH)

No	Pengujian	Hasil Bak Perlakuan	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	$0,000 < 0,05$	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	$0,200 > 0,05$	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	$0,749 > 0,05$	Tidak Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	$0,768 > 0,6$	Reliabel
No	Pengujian	Hasil Bak Kontrol	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	$0,844 > 0,05$	Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	$0,200 > 0,05$	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	$0,030 < 0,05$	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	$0,768 > 0,6$	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk bak perlakuan dan bak kontrol karena sudah memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil dari uji regresi linier pada bak perlakuan menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi tidak berpengaruh terhadap efektivitas kenaikan pH, seperti terlihat pada lampiran 3. Analisis waktu kontak aerasi terhadap kenaikan pH dengan menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,749 > 0,050$, yang menunjukkan tidak adanya pengaruh terhadap waktu kontak aerasi terhadap efektivitas pH limbah cair tahu. Hasil tersebut didukung dari uji T, di mana analisis waktu kontak terhadap parameter pH menunjukkan nilai T hitung sebesar $0,343 < T$ tabel 2,776, ini menunjukkan tidak adanya pengaruh pada perubahan nilai pH.

Sedangkan dari hasil uji regresi linier pada bak kontrol untuk waktu pendiaman tanpa perlakuan terhadap efektivitas pH dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil analisis waktu pendiaman terhadap pH menunjukkan nilai signifikansi

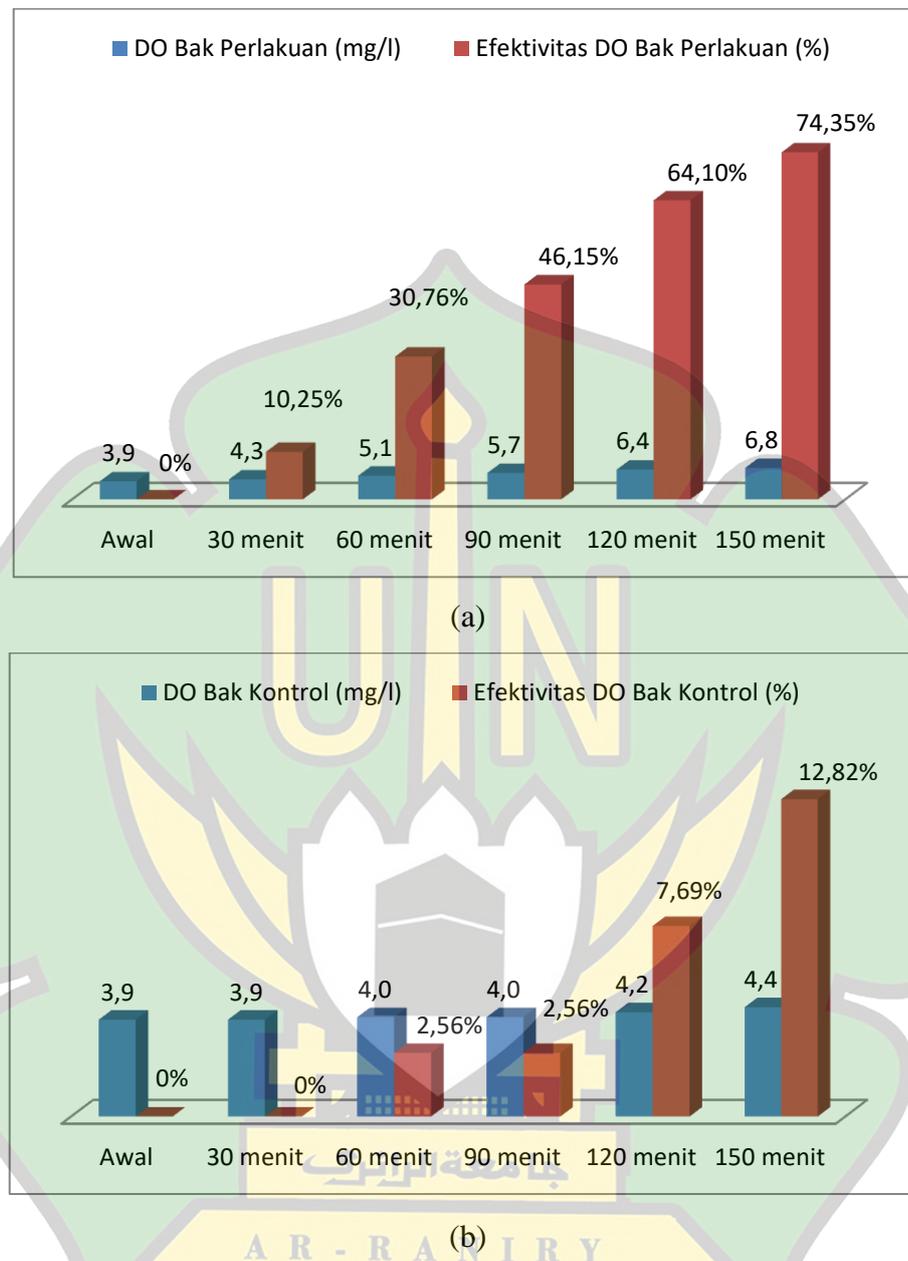
sebesar $0,049 < 0,050$, menunjukkan bahwa waktu pendiaman memiliki pengaruh terhadap efektivitas pH limbah cair tahu. Hasil ini diperkuat dengan hasil uji T, yang dimana nilai T hitung sebesar $2,795 > T$ tabel $2,776$. Dengan ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh terhadap perubahan pH untuk waktu pendiaman.

2. Parameter DO

Data pengolahan limbah cair tahu berdasarkan hasil dari pengujian parameter DO setelah perlakuan selama 2,5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Parameter DO

DO	Bak Perlakuan (mg/L)	Suhu (°C)	DO Jenuh Pada Suhu Tertentu (mg/L)	Efektivitas Bak Perlakuan (%)
Awal	3,9	27,2	7,97	0
30 menit	4,3	27,5	7,97	10,25 %
60 menit	5,1	28,3	7,83	30,76 %
90 menit	5,7	30,1	7,56	46,15 %
120 menit	6,4	32,0	7,30	64,10 %
150 menit	6,8	32,6	7,30	74,35 %
DO				
DO	Bak Kontrol (mg/L)	Suhu (°C)	DO Jenuh Pada Suhu Tertentu (mg/L)	Efektivitas Bak Kontrol (%)
Awal	3,9	27,2	7,97	0
30 menit	3,9	28,3	7,83	0
60 menit	4,0	27,9	7,97	2,56 %
90 menit	4,0	28,1	7,83	2,56 %
120 menit	4,2	26,7	8,11	7,69 %
150 menit	4,4	27,0	7,97	12,82 %



Gambar 4.4 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi DO di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi DO di bak kontrol dengan persentase perubahan

Berdasarkan perlakuan aerasi terhadap sampel limbah cair tahu selama 2,5 jam dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Didapatkan hasil pengukuran DO pada percobaan yang dilakukan selama 2,5 jam, nilai DO berada pada kisaran 3,9 mg/l, 4,3 mg/l, 5,1 mg/l, 5,7 mg/l, 6,4 mg/l dan 6,8 mg/l. Hasil pengamatan pengukuran DO dapat dilihat pada Tabel

4.4. Pada waktu kontak 30 menit terjadinya kenaikan DO hingga 4,3 mg/l sampai puncak waktu kontak 150 menit mendapatkan hasil nilai DO 6,8. Berdasarkan waktu beroperasi aerator didapatkan waktu yang baik berada pada waktu kontak 90 menit, hal ini dikarenakan semakin lama waktu aerasi maka semakin tinggi kadar DO yang dihasilkan (Firra dkk., 2020). Menurut Sianita dkk (2015), jika kecepatan aerasi tinggi maka aliran air semakin besar sehingga suplai oksigen juga semakin tinggi.

Sedangkan pada bak kontrol tanpa perlakuan aerasi dengan waktu pendiaman yang sama dengan perlakuan aerasi didapatkan hasil nilai DO 3,9 mg/l, 3,9 mg/l, 4,0 mg/l, 4,0 mg/l, 4,2 mg/l dan 4,4 mg/l. Hasil pengamatan pengukuran DO dapat dilihat pada Tabel 4.6, yang mana pada saat 30 menit hasil DO sama dengan hasil pengujian awal yaitu 3,9 mg/l. Pada waktu pendiaman 60 menit terjadinya kenaikan DO 4,0 mg/l disebabkan pendiaman sampel yang lama kemudian terjadinya kontak dengan udara ruangan hingga pada 150 menit mendapatkan nilai DO 4,4 mg/l. Pada bak perlakuan aerasi dan bak kontrol waktu kontak yang sama yaitu 60 menit terjadinya kenaikan DO, yang mana pada perlakuan aerasi jumlah DO lebih tinggi dihasilkan dari pada bak kontrol. Semakin banyak jumlah DO maka kualitas air semakin baik, jika kadar oksigen terlarut yang terlalu rendah akan menimbulkan bau yang tidak sedap akibat degradasi *anaerobic* yang mungkin saja terjadi (Firra dkk., 2020).

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat dilihat grafik (a) terjadinya kenaikan DO pada kontak waktu 60 menit dengan persentase kenaikan 30,76%, dan terus meningkat hingga waktu kontak 150 menit dengan persentase DO yang dihasilkan 74,35%. Ini menunjukkan aeratornya berfungsi dengan baik dan dapat menaikkan jumlah DO limbah cair tahu. Pada grafik (b), dapat dilihat jumlah DO pada bak kontrol juga naik pada waktu kontak 60 menit dengan persentase kenaikan 2,56%, kemudian pada waktu kontak 150 menit mendapatkan jumlah persentase DO 12,82%. Efektif aerator yang dirancang sudah efektif dalam meningkatkan parameter DO untuk limbah cair tahu.

Tabel 4.7 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol
(Parameter DO)

No	Pengujian	Hasil Bak Perlakuan	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,000 < 0,05	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,178 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,000 < 0,05	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,769 > 0,6	Reliabel
No	Pengujian	Hasil Bak Kontrol	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,392 > 0,05	Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,005 > 0,05	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,768 > 0,6	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk bak perlakuan dan bak kontrol karena sudah memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil uji regresi linier pada bak perlakuan menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi memiliki pengaruh terhadap efektivitas jumlah DO, seperti terlihat pada lampiran 3. Analisis waktu kontak aerasi terhadap kenaikan jumlah DO menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,000 < 0,050$, yang menunjukkan adanya pengaruh waktu kontak terhadap efektivitas DO. Hasil tersebut diperkuat oleh uji T, di mana analisis waktu kontak terhadap parameter DO menunjukkan nilai T hitung sebesar $22,642 > T$ tabel $2,776$, ini menunjukkan adanya pengaruh pada perubahan kenaikan jumlah DO.

Sedangkan hasil uji regresi linier pada bak kontrol untuk waktu pendiaman tanpa perlakuan terhadap efektivitas jumlah DO, dapat ditemukan pada lampiran 3. Hasil analisis waktu pendiaman terhadap kenaikan jumlah DO

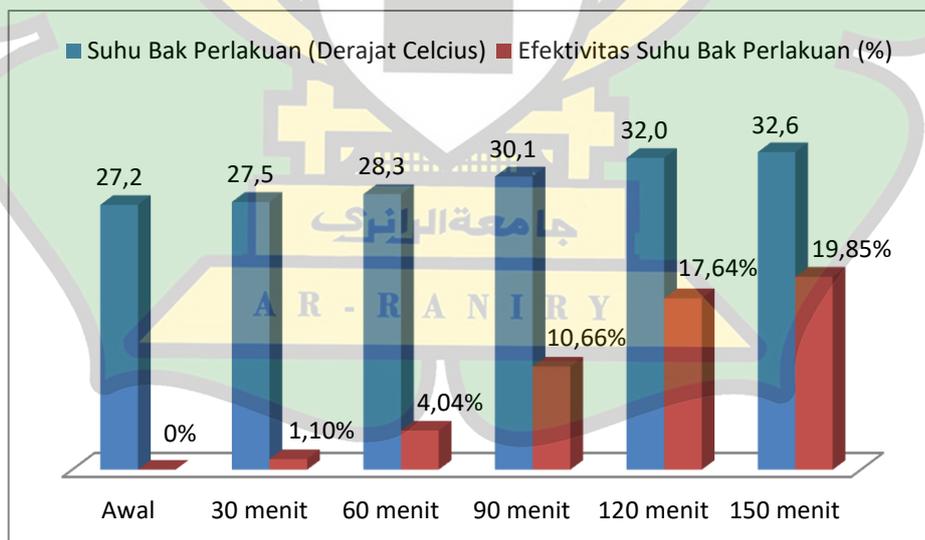
pada bak kontrol menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,008 > 0,050$, bahwa waktu pendiaman berpengaruh terhadap efektivitas jumlah DO. Hasil ini diperkuat oleh hasil uji T, yang mana nilai T hitung sebesar $4,841 > T$ tabel $2,776$, menunjukkan berpengaruh terhadap perubahan jumlah DO pada bak kontrol.

3. Parameter Suhu

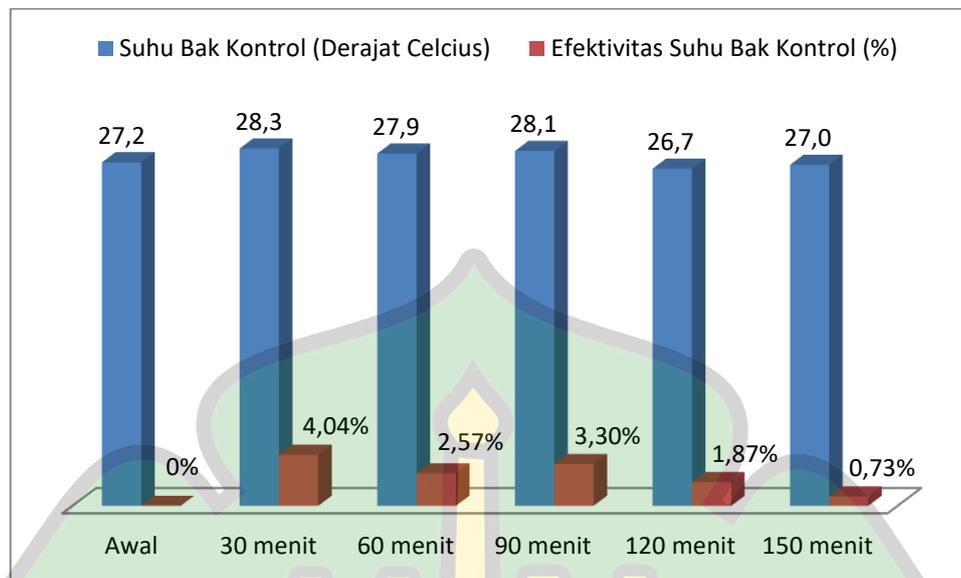
Data pengolahan limbah cair tahu berdasarkan hasil dari pengujian parameter suhu setelah perlakuan selama 2,5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Parameter Suhu

Suhu	Bak Perlakuan (°C)	Efektivitas Bak Perlakuan (%)	Bak Kontrol (°C)	Efektivitas Bak Kontrol (%)
Awal	27,2	0	27,2	0
30 menit	27,5	1,10 %	28,3	4,04 %
60 menit	28,3	4,04 %	27,9	2,57 %
90 menit	30,1	10,66 %	28,1	3,30 %
120 menit	32,0	17,64 %	26,7	1,87 %
150 menit	32,6	19,85 %	27,0	0,73 %



(a)



(b)

Gambar 4.5 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi suhu di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi suhu di bak kontrol dengan persentase perubahan

Limbah cair tahu memiliki suhu $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ setelah perebusan kacang kedelai untuk pembuatan tahu, yang mana sampel didiamkan selama 24 jam agar suhu limbah cair tahu menjadi dingin dan memiliki suhu normal yaitu sama dengan suhu ruangan. Pada proses perlakuan aerasi selama 2,5 jam dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit, mendapatkan suhu limbah cair tahu $27,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $27,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $28,3\text{ }^{\circ}\text{C}$, $30,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, $32,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ dan $32,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada Tabel 4.5 dapat dilihat hasil dari perlakuan aerasi terjadinya kenaikan suhu sampai $32,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ pada waktu kontak 150, ini terjadi karena mesin pompa yang digunakan untuk memberi tekanan air pada aerator menjadi panas akibat terus menyala selama 2,5 jam, yang berdampak pada kenaikan suhu dan mengakibatkan jumlah DO berkurang apabila suhu air terus meningkat. Dalam penelitian Lusiana dkk (2020) menjelaskan, suhu air yang meningkat akan mengganggu kehidupan hewan air dan organisme air lainnya karena kadar oksigen yang terlarut dalam air akan turun bersamaan dengan kenaikan suhu. Suhu air normal adalah suhu air yang memungkinkan makhluk hidup dapat melakukan metabolisme dan berkembang biak (Handayani, 2020).

Pada bak kontrol tanpa perlakuan aerasi dengan waktu pendiaman yang sama dengan waktu perlakuan aerasi selama 2,5 jam. Didapatkan hasil pengujian suhu 27,2 °C, 28,3 °C, 27,9 °C, 28,1 °C, 26,7 °C dan 27,0 °C. Pada bak kontrol suhu limbah cair tahu berada pada suhu 26,7 °C-28,3 °C yang mana suhunya yaitu suhu ruangan pada saat penelitian dilakukan. Suhu limbah cair tahu pada bak kontrol tidak terjadi kenaikan dengan signifikan, dikarenakan tidak ada pengolahan hanya berkontak langsung dengan suhu ruang pada saat penelitian. Menurut Sofiana dkk (2022), kisaran suhu yang baik bagi kehidupan organisme perairan adalah antara 18-30 °C.

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat dilihat pada grafik (a) saat pengolahan didapatkan suhu setelah perlakuan waktu kontak 30 menit dengan efektivitas suhu 1,10%, terus meningkat hingga waktu kontak 150 menit dengan efektivitas 19,85%. Suhu terus meningkat dikarenakan posisi pompa yang berada dalam reaktor bersamaan dengan limbah cair tahu, yang mengakibatkan pompa terus menyala selama 2,5 jam dan mengakibatkan suhu limbah cair tahu terus meningkat. Pada grafik (b), didapatkan suhu limbah cair tahu pada bak kontrol dengan waktu kontak 30 menit mendapatkan efektivitas suhu 4,04%, dan pada waktu kontak 150 menit dengan efektivitas yaitu 0,73%. Suhu pada bak kontrol naik turun karena posisi suhu ruangan yang normal. Menurut Rohman dkk (2021), suhu ruangan yang nyaman berkisar 18 °C sampai 30 °C dengan kelembapan udara berkisar antara 40% sampai 70%.

Tabel 4.9 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol

AR - (Parameter Suhu) Y

No	Pengujian	Hasil Bak Perlakuan	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,000 < 0,05	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,000 < 0,05	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,769 > 0,6	Reliabel

No	Pengujian	Hasil Bak Kontrol	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	$0,000 < 0,05$	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	$0,200 > 0,05$	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	$0,289 > 0,05$	Tidak Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	$0,768 > 0,6$	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk bak perlakuan dan bak kontrol karena sudah memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil uji regresi linier pada bak perlakuan menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi terhadap efektivitas kenaikan suhu, seperti terlihat pada lampiran 3. Analisis waktu kontak aerasi terhadap kenaikan suhu menunjukkan nilai signifikansi $0,001 < 0,050$, menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi berpengaruh terhadap efektivitas kenaikan suhu. Hasil ini diperkuat oleh uji T, di mana analisis nilai T hitung sebesar $8,845 > T$ tabel $2,776$. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh terhadap perubahan suhu.

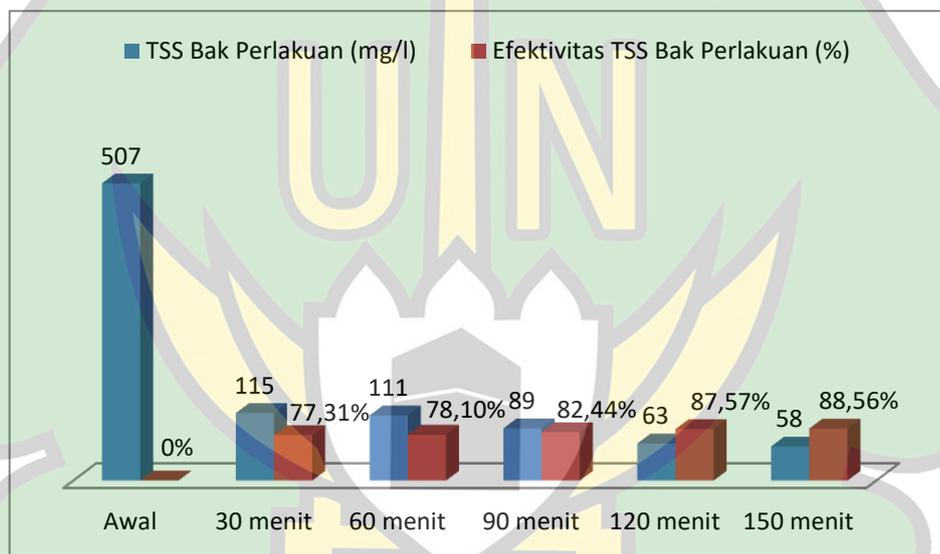
Sedangkan uji regresi linier pada bak kontrol dengan waktu pendiaman terhadap efektivitas kenaikan suhu, dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil analisis waktu pendiaman terhadap kenaikan suhu menunjukkan nilai signifikansi $0,361 > 0,050$, menunjukkan bahwa waktu pendiaman tidak berpengaruh terhadap efektivitas kenaikan suhu. Hal ini diperkuat oleh uji T, yang mana nilai T hitung sebesar $1,031 < T$ tabel $2,776$, menunjukkan tidak adanya pengaruh kenaikan suhu pada bak kontrol.

4. Parameter TSS

Data pengolahan limbah cair tahu berdasarkan hasil dari pengujian parameter TSS setelah perlakuan selama 2,5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Pengujian Parameter TSS

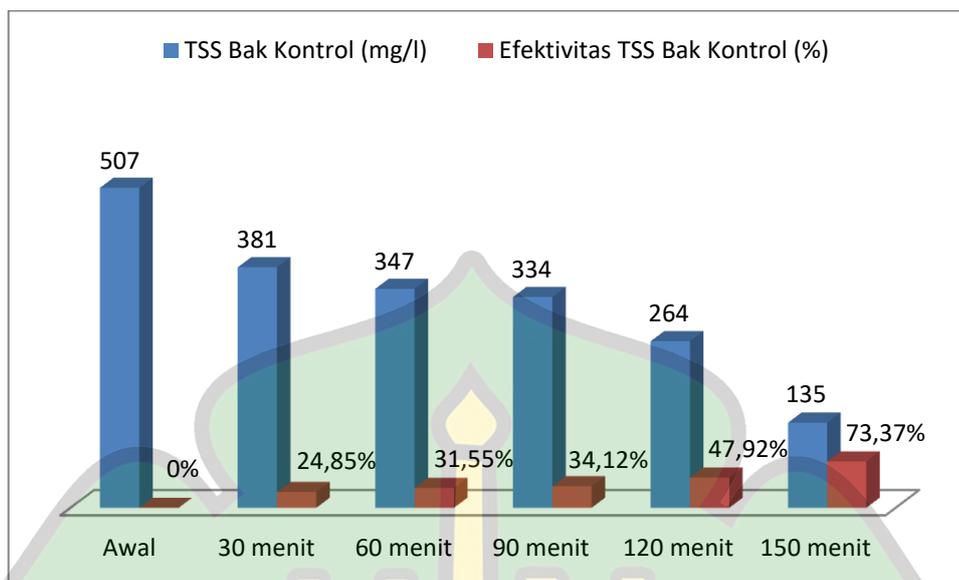
TSS	Bak Perlakuan (mg/L)	Efektivitas Bak Perlakuan (%)	Bak Kontrol (mg/L)	Efektivitas Bak Kontrol (%)
Awal	507	0	507	0
30 menit	115	77,31 %	381	24,85 %
60 menit	111	78,10 %	347	31,55 %
90 menit	89	82,44 %	334	34,12 %
120 menit	63	87,57 %	264	47,92 %
150 menit	58	88,56 %	135	73,37 %



(a)

جامعة الرانري

AR - RANIRY



(b)

Gambar 4.6 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi TSS di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi TSS di bak kontrol dengan persentase perubahan

Tabel 4.6 dapat dilihat hasil pengolahan berdasarkan perlakuan aerasi terhadap sampel limbah cair tahu selama 2,5 jam dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Didapatkan hasil TSS yaitu 507 mg/l, 115 mg/l, 111 mg/l, 89 mg/l, 63 mg/l dan 58 mg/l. Kadar TSS limbah cair tahu sebelum perlakuan aerasi melebihi dari baku mutu yaitu 507 mg/l, setelah waktu kontak 30 menit dengan aerasi mendapatkan kadar TSS 115 mg/l terus menurun hingga waktu kontak 150 menit kadar TSSnya menurun hingga mencapai 58 mg/l. Penurunan TSS ini disebabkan karena pada saat aerasi terjadinya penambahan konsentrasi oksigen ke dalam limbah cair, maka hal ini dapat menghancurkan padatan yang terganggu (Hadisantoso dkk., 2018).

Sedangkan pada bak kontrol dengan waktu pendiaman selama 2,5 jam dengan waktu pendiaman sama dengan perlakuan aerasi, didapatkan kadar TSS yaitu 507 mg/l, 381 mg/l, 347 mg/l, 334 mg/l, 264 mg/l dan 135 mg/l. Pada waktu kontak 30 menit mendapatkan kadar TSS 381 mg/l yang mana masih di atas baku mutu, kemudian terus menurun hingga waktu kontak 120 menit mendapatkan kadar TSS yaitu 264 mg/l, belum sesuai dengan baku mutu TSS untuk limbah cair

tahu. Kemudian pada waktu kontak 150 menit kadar TSS menurun hingga 135 mg/l, yang dimana kadar TSSnya sudah menurun di bawah baku mutu limbah cair tahu permen lh no 5 tahu 2014 dengan baku mutu TSS untuk limbah cair tahu yaitu 200 mg/L.

Berdasarkan pada Gambar 4.6 dapat dilihat grafik (a) terjadinya penurunan kadar TSS dengan efektivitas 77,31% waktu kontak 30 menit. Kemudian terus menurun hingga waktu kontak 150 menit kadar TSS dengan efektivitas 88,56%. Maka dari itu efektif aerator yang dirancang sudah efektif dalam menurunkan kadar TSS pada limbah cair tahu. Pada grafik (b), dapat dilihat efektivitas TSS pada bak kontrol dengan penurunan kadar TSS waktu kontak 30 menit dengan efektivitas 24,85%. Kemudian terus menurun hingga waktu kontak 150 menit kadar TSS dengan efektivitas 73,37%.

Tabel 4.11 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter TSS)

No	Pengujian	Hasil Bak Perlakuan	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	$0,000 < 0,05$	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	$0,200 > 0,05$	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	$0,132 > 0,05$	Tidak Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	$0,650 > 0,6$	Reliabel
No	Pengujian	Hasil Bak Kontrol	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	$0,000 < 0,05$	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	$0,200 > 0,05$	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	$0,004 > 0,05$	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	$0,692 > 0,6$	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka tidak dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk bak perlakuan dan bak kontrol karena Tidak memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil uji regresi linier pada bak perlakuan menunjukkan waktu kontak aerasi terhadap efektivitas penyisihan TSS dapat ditemukan pada lampiran 3. Hasil analisis waktu kontak aerasi terhadap penurunan kadar TSS menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,087 > 0,050$, menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi tidak berpengaruh signifikan terhadap efektivitas penyisihan TSS. Hasil ini diperkuat oleh hasil T, di mana nilai T hitung sebesar $2,258 < T$ tabel $2,776$, menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh pada perubahan kadar TSS.

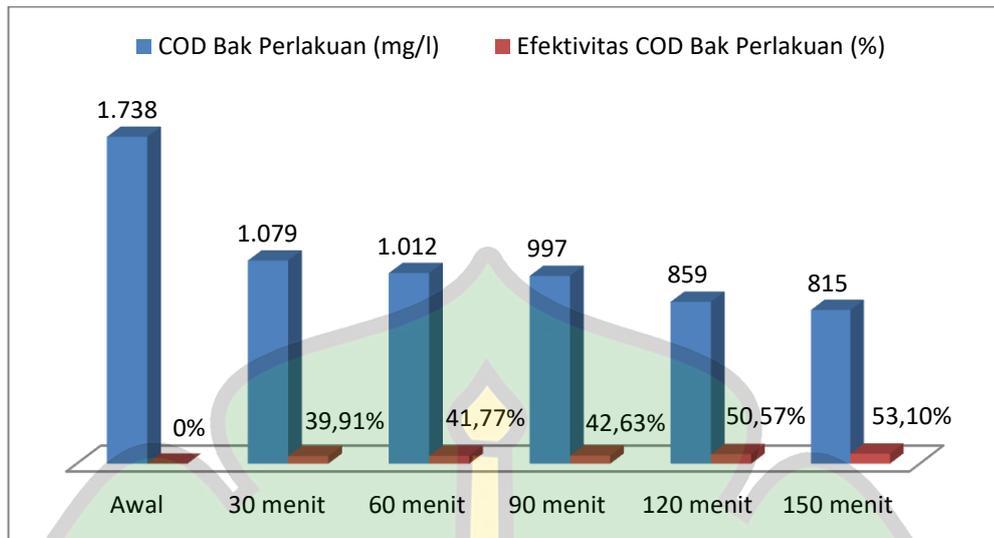
Sedangkan pada bak kontrol didapatkan hasil uji regresi linier dengan waktu pendiaman tanpa perlakuan terhadap efektivitas penyisihan TSS dapat dilihat dalam lampiran 3. Hasil analisis waktu pendiaman terhadap penurunan TSS menunjukkan nilai signifikansi sebesar $0,002 < 0,050$, yang mana waktu pendiaman pada bak kontrol berpengaruh terhadap efektivitas penurunan kadar TSS. Ini diperkuat oleh hasil uji T, dimana nilai T hitung sebesar $6,902 > T$ tabel $2,776$, menunjukkan adanya pengaruh yang signifikan pada perubahan kadar TSS.

5. Parameter COD

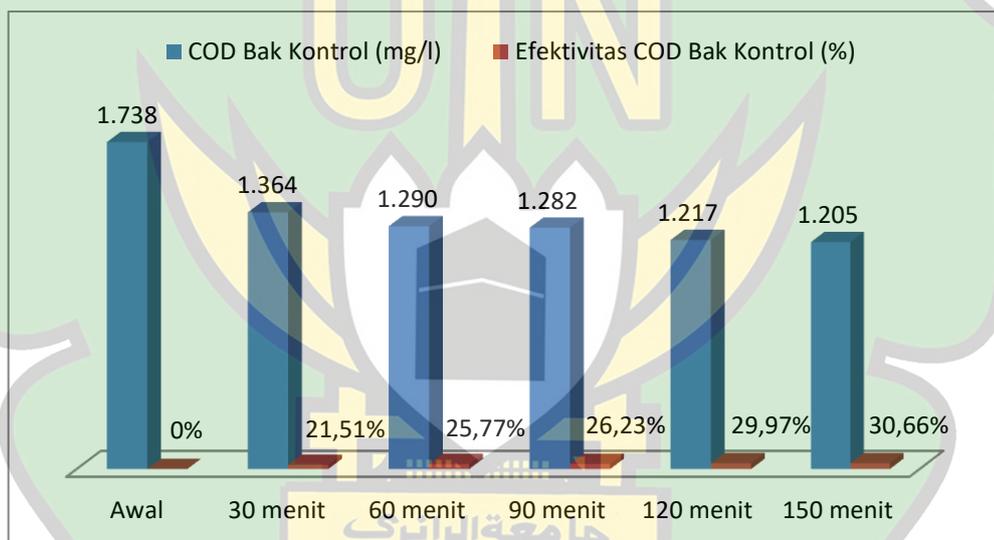
Data pengolahan limbah cair tahu berdasarkan hasil dari pengujian parameter COD setelah perlakuan selama 2,5 jam dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.12 Hasil Pengujian Parameter COD

COD	Bak Perlakuan (mg/L)	Efektivitas Bak Perlakuan (%)	Bak Kontrol (mg/L)	Efektivitas Bak Kontrol (%)
Awal	1738	0	1738	0
30 menit	1079	39,31%	1364	21,51%
60 menit	1012	41,77%	1290	25,77%
90 menit	997	42,63%	1282	26,23%
120 menit	859	50,57%	1217	29,97%
150 menit	815	53,10%	1205	30,66%



(a)



(b)

Gambar 4.7 Grafik Perubahan konsentrasi parameter terhadap waktu kontak, (a) Konsentrasi COD di bak perlakuan dengan persentase perubahan dan (b) Konsentrasi COD di bak kontrol dengan persentase perubahan

Tabel 4.14 dapat dilihat hasil pengolahan limbah cair tahu dengan metode aerasi selama perlakuan 2,5 jam, dengan waktu kontak awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Didapatkan hasil dari pengolahan COD dengan waktu kontak yaitu 1.738 mg/l, 1.079 mg/l, 1.012 mg/l, 997 mg/l, 859 mg/l dan 815 mg/l. Kadar COD limbah cair tahu sebelum dilakukan perlakuan

aerasi melebihi dari baku mutu yaitu 1.738 mg/l, setelah waktu 30 menit dengan perlakuan aerasi mendapatkan kadar COD 1.079 mg/l. Kemudian pada waktu kontak 60 menit terus menurun kadar COD sampai kontak waktu 150 menit dengan penurunan kadar COD 815 mg/l. Ini membuktikan bahwasanya aerator yang dirancang berfungsi dengan baik dan dapat menurunkan kadar COD meskipun kadar CODnya masih di atas baku mutu limbah cair tahu. Penurunan ini terjadi dikarenakan adanya pemasukan oksigen ke dalam limbah cair yang membantu dalam meregenerasi zat-zat organik dalam limbah cair (Pramyani dan Marwati, 2020). Pada penelitian Vitricia dkk (2022) menjelaskan, bila oksigen yang disuplai ke dalam reaktor mencukupi maka proses degradasi biologis akan berjalan dengan optimal, yang mana 50% senyawa organik akan berubah menjadi CO₂, H₂O dan 50% nya menjadi bakteri baru. Menurut Saputri dkk (2014) dalam penelitiannya menjelaskan oksigen juga dibutuhkan untuk oksidasi bahan-bahan organik dan anorganik dalam proses aerobik.

Sedangkan pada bak kontrol tanpa perlakuan aerasi, dilakukan pendiaman selama 2,5 jam dengan waktu pengujian sama dengan perlakuan aerasi yaitu awal, 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit dengan hasil pengujian COD yaitu 1.738 mg/l, 1.364 mg/l, 1.290 mg/l, 1.282 mg/l, 1.217 mg/l dan 1.205 mg/l. Pada bak kontrol terjadinya perubahan penurunan kadar COD akan tetapi tidak signifikan. Berbanding terbalik dengan bak perlakuan aerasi yang terjadi penurunan kadar COD hingga 815 mg/l pada waktu kontak 150 menit. tidak terjadi perubahan COD signifikan dengan pendiaman tanpa perlakuan aerasi dikarenakan sampel limbah cair tahu yang berwarna kecoklatan pekat mengakibatkan kadar COD masih diatas 1000 mg/l.

Berdasarkan Gambar 4.7 dapat dilihat grafik (a) terjadinya penurunan kadar COD yang awalnya 1.738 mg/l dengan efektivitas 0% menurun pada waktu kontak 30 menit dengan kadar COD 1.079 mg/l efektivitas 39,91%. Kemudian terus menurun hingga waktu kontak 150 menit didapatkan kadar COD 815 mg/l dengan efektivitas 53,10% pada waktu kontak 150 menit. ini membuktikan bahwasanya aerator yang dirancang mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu. Pada grafik (b), dapat dilihat efektivitas COD pada bak kontrol awal

1.738 mg/l dengan efektivitas 0%, menurun pada waktu kontak 30 menit dengan kadar COD 1.364 mg/l efektivitas 21,51%. Terus menurun hingga waktu kontak 150 menit dengan penurunan 1.205 mg/l efektivitas 30,66%, terjadinya penurunan akan tetapi penurunannya tidak signifikan berbanding terbalik dengan perlakuan aerasi yang dimana penurunannya hampir mendekati baku mutu limbah cair tahu.

Tabel 4.13 Pengujian Syarat untuk Regresi Linier pada Bak Perlakuan dan Bak Kontrol (Parameter COD)

No	Pengujian	Hasil Bak Perlakuan	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,000 > 0,05	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,035 < 0,05	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,684 > 0,6	Reliabel
No	Pengujian	Hasil Bak Kontrol	Keterangan
1.	Linieritas (Deviation From Linearity)	0,000 > 0,05	Tidak Linier
2.	Normalitas (Kolmogorov Smirnov)	0,200 > 0,05	Normal
3.	Validitas (Pearson Product Moment)	0,038 > 0,05	Valid
4.	Reliabilitas (Cronbach Alpha)	0,635 > 0,6	Reliabel

Berdasarkan hasil dari pengujian syarat untuk regresi linier, maka dapat dilakukan pengujian regresi linier untuk bak perlakuan karena sudah memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier. Sedangkan bak kontrol tidak bisa dilakukan pengujian regresi linier karena tidak memenuhi syarat dan ketentuan untuk pengujian regresi linier.

Hasil uji regresi linier pada bak perlakuan mengenai waktu kontak aerasi terhadap efektivitas penyisihan kadar COD dapat dilihat pada lampiran 3. Analisis waktu kontak aerasi terhadap penurunan konsentrasi COD menunjukkan nilai

signifikansi $0,035 < 0,050$, menunjukkan bahwa waktu kontak aerasi berpengaruh terhadap efektivitas penyisihan COD. Hasil ini diperkuat oleh uji T, yang dimana nilai T hitung sebesar $3,125 > T$ tabel $2,776$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pada perubahan kadar COD dan efektivitas aerasi dengan penyisihan COD meningkat dengan seiring lamanya waktu kontak aerasi. menunjukkan berpengaruhnya pada perubahan kadar COD.

Sedangkan pada bak kontrol mengenai waktu kontak aerasi terhadap efektivitas penurunan kadar COD dapat dilihat pada lampiran 3. Hasil nilai dari analisis waktu kontak aerasi terhadap penurunan konsentrasi COD menunjukkan nilai signifikansi $0,038 < 0,050$, ini menunjukkan bahwa waktu pendiaman berpengaruh terhadap efektivitas penurunan kadar COD. Hasil ini diperkuat oleh uji T, di mana analisis waktu pendiaman terhadap parameter COD menunjukkan nilai T hitung sebesar $3,061 > T$ tabel $2,776$, menunjukkan berpengaruhnya pada perubahan kadar COD.

4.4 Pembahasan

Aerasi merupakan proses transfer oksigen dengan cara memasukkan udara ke dalam air, yang mana udara akan berkontak langsung dengan air yang akan menghasilkan gelembung-gelembung udara. Proses aerasi sendiri membutuhkan alat untuk menyalurkan udara ke dalam air yang biasanya disebut sebagai aerator. Pada penelitian ini peneliti merancang aerator dengan berbahan dasar tutup oli samping metik, yang mana dilakukan pengujian sampel limbah cair tahu terhadap ke efektifan aerator yang dirancang dengan parameter pH, DO, Suhu, TSS dan COD.

Pengujian sampel air PDAM terhadap parameter DO dan pH dengan metode perlakuan *bubble aerator*. Pada perlakuan aerator sampel air PDAM dengan DO awal yaitu $4,9$ mg/l dan pH awal $7,8$. Setelah dilakukan pengolahan menggunakan aerator didapatkan hasil pada waktu kontak 30 menit dengan kenaikan DO $7,8$ dan pH $8,1$, sedangkan pada waktu kontak 270 menit terus meningkat kadar DO pada air PDAM menjadi $8,1$ mg/l dengan efektivitas $65,31\%$

dan pH 8,6. Hal ini menunjukkan efisiensi aerator yang dirancang mampu meningkatkan DO dan pH terhadap sampel air PDAM.

Kemudian pada sampel limbah cair tahu dilakukan pengujian pH dengan hasil awal yaitu 3,9, setelah dilakukan pengolahan menggunakan aerator didapatkan hasil dengan waktu kontak 150 menit pada bak perlakuan 3,9 dan pada bak kontrol 3,6. Hal ini menunjukkan aerator yang dirancang tidak mampu meningkatkan pH sampai baku mutu dengan sampel limbah cair tahu karena limbah cair tahu memiliki tingkat keasaman yang tinggi. Sedangkan untuk parameter DO didapatkan nilai awal yaitu 3,9 mg/l, setelah dilakukan pengolahan menggunakan aerator didapatkan hasil efektif pada waktu kontak 120 menit dengan kenaikan DO pada bak perlakuan yaitu 6,4 mg/l dengan efektivitas 64,10% sedangkan pada bak kontrol konsentrasi DO setelah 120 menit adalah 4,2 mg/l dengan efektivitas 7,69%. Hal ini menunjukkan bahwasanya aerator yang dirancang mampu meningkatkan kadar oksigen terlarut pada limbah cair tahu.

Sedangkan untuk parameter TSS dengan sampel awal yaitu 507 mg/l, setelah dilakukan pengolahan menggunakan aerator didapatkan hasil penyisihan di bawah baku mutu pada waktu kontak 30 menit dengan penyisihan pada bak perlakuan yaitu 115 mg/l dengan efektivitas 77,31% dan pada bak kontrol masih di atas baku mutu dengan penyisihan 381 mg/l efektivitas 24,85%. Pada waktu kontak 150 menit didapatkan hasil penyisihan TSS pada bak perlakuan 58 mg/l dengan efektivitas 88,56% dan pada bak kontrol 135 mg/l dengan efektivitas 73,37%.

Suhu limbah cair tahu pada saat perlakuan mengalami kenaikan akibat dari pompa air yang terus menyala dengan suhu awal yaitu 27,2 °C. Pada saat waktu kontak 150 menit di ukur suhu limbah cair tahu adalah 32,6 °C hal ini sangat berpengaruh terhadap DO jenuh limbah cair karena suhu limbah cair tahu terus meningkat seiring waktu kontak, yang mana jika dibandingkan dengan suhu pada bak kontrol hanya 27,0 °C pada waktu kontak 150 menit. Sedangkan hasil untuk parameter COD masih diatas baku mutu limbah cair tahu dengan sampel awal yaitu 1.738 mg/l, setelah dilakukan pengolahan dengan aerator didapatkan hasil pada waktu kontak 150 menit penyisihan COD menjadi 815 mg/l dengan

efektivitas 53,10% dan pada bak kontrol 1.205 dengan efektivitas penyisihan 30,66%. Hal ini menunjukkan efisiensi aerator yang dirancang mampu menurunkan kadar COD pada limbah cair tahu, walaupun hasil penyisihannya masih di atas baku mutu limbah cair tahu.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan mengenai pengolahan dengan metode *bubble aerator* yang dirancang menggunakan tutup oli samping metik dengan variasi waktu kontak aerasi, yaitu:

1. Jumlah DO yang dihasilkan dari proses aerasi dengan *bubble aerator* (modifikasi dari tutup oli samping metik) pada sampel air PDAM mendapatkan hasil dari 4,9 mg/l menjadi 8,1 mg/l (efektivitas kenaikan 65,31%) pada waktu kontak 150 menit. *Bubble aerator* tersebut juga bisa meningkatkan DO pada sampel limbah cair tahu dari 3,9 mg/l menjadi 5,1 mg/l dengan waktu kontak 60 menit dan puncak kenaikan DO pada waktu kontak 150 menit dengan jumlah DO yang dihasilkan dari aerator 6,8 mg/l (efektivitas kenaikan 74,35%).
2. Jumlah kadar TSS yang didapatkan sebelum dan sesudah perlakuan mengalami penurunan di bawah baku mutu, sedangkan untuk parameter COD masih di atas baku mutu. Dengan kadar TSS awal 507 mg/l kemudian setelah perlakuan aerasi pada waktu kontak 150 menit terjadinya penyisihan TSS menjadi 58 mg/l (efektivitas 88,56%) dan parameter COD dengan kadar awal 1.738 mg/l setelah waktu kontak 150 menit didapatkan penyisihan COD menjadi 815 mg/l (efektivitas 53,10%). Hal ini menunjukkan efektif aerator yang dirancang mampu menurunkan kadar pencemar limbah cair tahu dengan parameter TSS dan COD.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, penulis mengajukan beberapa saran sebagai berikut:

1. *Bubble aerator* yang dirancang bisa dilanjutkan dengan mengkombinasikan dengan diffuser yang dijual di pasaran untuk melihat tingkat efektivitasnya.

2. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih efektif, bagi pembaca yang berminat mengembangkan penelitian ini sebaiknya waktu aerasi diperpanjang sampai ditemukan waktu yang paling efektif dalam pengolahan limbah cair tahu karena untuk COD yang masih memungkinkan untuk penyisihan.
3. Pada perlakuan aerasi terhadap parameter pH perlunya dilakukan pengolahan lanjutan atau kombinasi perlakuan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan baku mutu PERMEN LH No 5 Tahun 2014.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung R, T., & Winata, H. S. (2017). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Mengguakan Teknologi Plasma. *Jurnal Imiah Teknik Kimia*, 2(2), 19–28.
- Aji, M. T., & Jailani, A. Q. (2020). Studi Kualitas Air Tanah Kota Magelang Akibat Dampak Limbah Domestik dan Industri. *Journal of Aquaculture Science*, 5(2), 120–128. <https://doi.org/10.31093/joas.v5i2.122>
- Akli, K., Aprila, Y., Akbar, A., & Senjawati, M. I. (2022). Pengaruh Pemasangan Fine Bubble Diffuser terhadap Nilai COD dan BOD Limbah Cair Palm Oil Mill Effluent. *Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 3(1), 36–40.
- Alfian (2021). *Teori dan Praktik Pemeriksaan Air Limbah*. Diterbitkan oleh LPPM Universitas Andalas.
- Alvateha, D., Arfiati, D., & 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. <https://doi.org/10.29303/jppi.v1i3.346>
- Arsawan, M., Suyasa, I. W. B., & Suarna, W. (2007). Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Udayana*, 2(2), 1–9.
- Aruan, D. G. R., & 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 USM-Indonesia*, 2(1), 422–433.
- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik Indonesia 2021*.

- Beulah, S. S., & Muthukumaran, K. (2020). Methodologies of Removal of Dyes from Wastewater: A Review. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*, 21(11), 68–78. <https://doi.org/10.9734/irjpac/2020/v21i1130225>
- Bina, K., Jl, W., Soebrantas, H. R., & Baru, S. (2019). *Proses Pengembangbiakan Bakteri Kultur Tercampur untuk Pengolahan Limbah Cair Produksi Minyak Sawit*. 6, 1–6.
- Firra, R., W, I., & Agung Rachmanto, T. (2020). Peningkatan Efektifitas Aerasi Dengan Menggunakan Micro Bubble Generator (MBG). *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 8(2), 88–97.
- Gustiana, E. G., & Widayatno, T. (2020). Penurunan Kadar Cod Bod Dan Tss Limbah Cair Pabrik Tahu. *The 11th University Research Colloquium 2020 Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta*, 72–78.
- Hadisantoso, E. P., Widayanti, Y., Hanifah, R. A., Amalia, V., & Delilah A., G. G. (2018). Pengolahan Limbah Air Wudhu Wanita dengan Metode Aerasi dan Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif. *Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, 5(1), 1–6.
- Haerun, R., M., A., & N., M. F. (2018). Efisiensi Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Biofilter Sistem Upflow Dengan Penambahan Efektif Mikroorganisme 4. *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1–11.
- Hamzani, S., & Syarifudin, A. (2020). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Pada Reaktor Anaerobik Sistem Biakan Tersuspensi. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 5(April), 52–56.
- Handayani, L. (2020). Pengaruh Kandungan Deterjen Pada Limbah Rumah Tangga Terhadap Kelangsungan Hidup Udang Galah (*Macrobracium Rosenbergii*). *Jurusan Budidaya Perairan Universitas Darwan Ali Kampus Kuala Pembuang*, 24(1), 75–80. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v24i1.937>

- Hidayah, E. N., & Aditya, W. (2017). Potensi dan Pengaruh Tanaman pada Pengolahan Air Limbah Domestik dengan Sistem Constructed Wetland. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 11–18.
- Idrus, I., Wahab, S., Nugraha, A. F., & Bachri, S. (2021). Analisis Senyawa β -Karoten pada Buah Pepaya (*Carica papaya* L.) Asal Kabupaten Konawe Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Inovasi Sains dan Teknologi (INSTEK)*, 4(2), 1–7. <https://doi.org/10.51454/instek.v4i2.107>
- Imran, F., Faradase, V. L., & Saputra, D. S. (2017). *Penggunaan Sistem Anaerob Dengan Fixed Bed Reactor Dalam Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Penunjang Devisa Negara*. 14090100(2009).
- Indrayani, L., & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar sebagai Penentu Tingkat Efektivitas. 12(1), 41–50. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.35754>
- Irawati, W., Ambarita, P. P., Sihombing, D. L., Ruth Advenita, V. E. S., & Marvella, E. B. (2022). Isolation and characterization of indigenous copper resistant bacteria from Yogyakarta tannery factory waste. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(3), 795–802. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i3.3621>
- Ishak, A., & Diriyanti Novalin, S. (2020). Identifikasi: Kriteria untuk Menilai Teknologi Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Sistem Teknik Industri (JSTI)*, 22(2), 33–40.
- Jenie, B. S. L. (2019). Karakteristik dan Mikroorganisme Pengurai Limbah Industri Pangan. *Modul Teknik Penanganan Limbah Industri Pangan*, 1–36.
- Kemenkes, R. (2019). Instalasi Pengolahan Air Limbah. *Seri Sanitasi Lingkungan Pedoman Teknis Dengan Sistem Biofilter Anaerob Aerob Pengolahan Air Limbah Instalasi Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Kementerian*, 24(2), 1–9.
- Kementerian Lingkungan Hidup. (2014). Peraturan Menteri Lingkungan Hidup

Republik Indonesia. 6(11), 951–952., 13(April), 15–38.

Kholif, M. Al, Alifia, A. R., Pungut, P., Sugito, S., & Sutrisno, J. (2020). Kombinasi Teknologi Filtrasi Dan Anaerobik Buffled Reaktor (ABR) Untuk Mengolah Air Limbah Domestik. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 15(2), 19. <https://doi.org/10.26714/jkmi.15.2.2020.19-24>

Lusiana, N., Widiatmono, B. R., & Luthfiyana, H. (2020). Beban Pencemaran BOD dan Karakteristik Oksigen Terlarut di Sungai Brantas Kota Malang. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 18(2), 354–366. <https://doi.org/10.14710/jil.18.2.354-366>

Mairizki, F. (2018). Analisa Kualitas Air Minum Isi Ulang Di Sekitar Kampus Universitas Islam Riau. *Jurnal Katalisator*, 2(1), 9. <https://doi.org/10.22216/jk.v2i1.1585>

Mansouri, Z., Moghaddas, N. H., & Dahrazma, B. (2018). Wastewater treatment plant site selection using AHP and GIS: a case study in Falavarjan, Esfahan. In *JGeope* (Vol. 3, Nomor 2).

Mardhia, D., & Abdullah, V. (2018). Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, 18(2), 182–189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v18i2.860>

Marlina, N., Hudori, H., & Hafidh, R. (2017). Pengaruh Kekasaran Saluran Dan Suhu Air Sungai Pada Parameter Kualitas Air Cod, Tss Di Sungai Winongo Menggunakan Software Qual2Kw. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 9(2), 122–133. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art6>

Maulana, M. R., & Marsono, B. D. (2021). Penerapan Teknologi Membran untuk Mengolah Limbah Cair Industri Tahu (Studi Kasus: UKM Sari Bumi, Kabupaten Sumedang). *Jurnal Teknik ITS*, 10(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v10i2.63453>

Mugani, R., Aba, R. P., Hejjaj, A., Khalloufi, F. El, Ouazzani, N., Almeida, C. M.

- R., Carvalho, P. N., Vasconcelos, V., Campos, A., Mandi, L., & Oudra, B. (2022). Multi-Soil-Layering Technology: A New Approach to Remove *Microcystis aeruginosa* and Microcystins from Water. *Water (Switzerland)*, *14*(5), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w14050686>
- Nabila, Z. D., & Isroah, I. (2019). Pengaruh Kewajiban Moral Dan Lingkungan Sosial Terhadap Kepatuhan Wajib Pajak Orang Pribadi Pengusaha. *Nominal: Barometer Riset Akuntansi dan Manajemen*, *8*(1), 47–58. <https://doi.org/10.21831/nominal.v8i1.24498>
- Novilyansa, E. (2020). *Definisi dan baku mutu*. *05*(01), 27–34.
- Nur, A., & Khoironi, A. (2021). *Evaluasi Efektivitas Metode dan Media Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Tahu*. *19*(3), 565–575. <https://doi.org/10.14710/jil.19.3.565-575>
- Nurmalika, L. M., & Apriyani, R. K. (2021). Identifikasi Bakteri Coliform Pada Air Rendaman Tahu yang Dijual Di Pasar Induk Kota Bandung. *PREPOTIF : Jurnal Kesehatan Masyarakat*, *5*(2), 1118–1125. <https://doi.org/10.31004/prepotif.v5i2.2040>
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, *9*(1), 53–65. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.312>
- Pangestu, W. P., Sadida, H., & Vitasari, D. (2021). Pengaruh Kadar BOD, COD, pH dan TSS Pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Metode Media Filter Adsorben Alam dan Elektrokoagulasi. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan*, *6*(2), 74–80. <https://doi.org/10.33084/mitl.v6i2.2376>
- Patty, S. I. (2018). Oksigen terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Selat Lembeh, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, *6*(1), 54–60.
- Pramyani, I. A. P. C., & 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.
<https://doi.org/10.33992/jkl.v10i2.1281>
- Ramadani, R., Samsunar, S., & Utami, M. (2021). Analisis Suhu, Derajat Keasaman (pH), Chemical Oxygen Demand (COD), dan Biological Oxygen Demand (BOD) Dalam Air Limbah Domestik di Dinas Lingkungan Hidup Sukoharjo. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 6(1), 12–22.
<https://doi.org/10.20885/ijcr.vol6.iss1.art2>
- Ratnawati, R., & Ulfah, S. L. (2020). Pengolahan Air Limbah Domestik menggunakan Biosand Filter. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 6(2), 92–97.
- Rohman, allif silfiyana, Nurbaiti, U., & Fianti. (2021). Analisis Kenyamanan Suhu Ruang. *Jurnal Enviro Scientea*, 17(2), 21–29.
- Roy, S. M., Tanveer, M., Gupta, D., Pareek, C. M., & 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. <https://doi.org/10.2166/ws.2021.199>
- Said, N. I. (2018). Metoda Penghilangan Logam Berat (As, Cd, Cr, Ag, Cu, Pb, Ni dan Zn) Di Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Air Indonesia*, 6(2), 136–148.
<https://doi.org/10.29122/jai.v6i2.2464>
- Saputri, A., Johnny, & Rahayu, D. (2014). Analisis Sebaran Oksigen Terlarut Pada Sungai Raya. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 2(1), 1–10.
<https://doi.org/10.26418/jtllb.v2i1.4618>
- Savira, F., & Suharsono, Y. (2013). Bahaya Limbah Cair Tahu Bagi Lingkungan. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 01(01), 1689–1699.
- 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.
- Shah, S. M. H., Yusof, K. W., Mustafa, Z., & Mustafa, A. (2014). Concentration

of Total Suspended Solids (TSS) Influenced by the Simulated Rainfall Event on Highway Embankment. *International Journal of Engineering and Technology*, 6(6), 493–496. <https://doi.org/10.7763/ijet.2014.v6.747>

Shaskia, N., & Yunita, I. (2021). Persepsi Masyarakat terhadap Dampak Limbah Tahu di Sekitar Sungai. *Tameh: Journal of Civil Engineering*, 10(2), 59–68. <https://doi.org/10.37598/tameh.v10i2.153>

Sianita, D., Nurchayati, I. S., Prasetyo, N. A., & Fidiastuti, H. R. (2015). Kajian pengaruh kecepatan aerasi dan waktu inkubasi terhadap kemampuan konsorsia bakteri indigen dalam mendegradasi limbah cair kulit di industri penyamakan kulit kota malang. *Saintifika*, 4(1), 1–7.

Sinurat, M., Hasibuan, R., & Hasibuan, N. (2017). Pemanfaatan eceng gondok untuk menurunkan kandungan biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), pH, bau dan warna limbah cair tahu. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 9(3), 356–361. <https://doi.org/10.24114/jpkim.v9i3.8909>

Sofiah, S., & Apriani, Y. (2020). Pengaturan Kecepatan Motor Ac Sebagai Aerator Untuk Budidaya Tambak Udang Dengan Menggunakan Solar Cell. *Jurnal Ampere*, 4(1), 209. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2825>

Sofiana, M., Kadarsah, A., & Sofarini, D. (2022). Kualitas Air Terdampak Limbah Sebagai Indikator Pembangunan Berkelanjutan Di Sub Das Martapura Kabupaten Banjar. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 8(1), 18–31. <https://doi.org/10.20527/jukung.v8i1.12966>

Sudaryati, N. L. G., Kasa, I. W., & Suyasa, I. W. B. (2014). Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar Sebagai Bahan Lumpur Aktif dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu. *Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Udayana, November*.

Suhairin, S., Muanah, M., & Dewi, E. S. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Di Lombok Tengah Ntb. *SELAPARANG Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(1), 374.

<https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i1.3144>

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.

Sulistia, S., & Septisya, A. C. (2020). Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 12(1), 41–57.
<https://doi.org/10.29122/jrl.v12i1.3658>

Utami, L. I., Wihandhita, W., Marsela, S., & Wahyusi, K. N. (2017). Pengolahan Limbah Cair Minyak Bumi Secara Biologi Aerob Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 11(2), 37–41.

Verawati, N., Aida, N., & Aufa, R. (2019). Analisa Cemaran Bakteri Coliform dan Salmonella sp. pada Tahu di Kecamatan Delta Pawan Analysis of Coliform and Salmonella sp from Tofu at Kecamatan Delta Pawan. 6(1), 61–71.

Vitricia, Dwiratna.W, C., & Setyobudiarso, H. (2022). Efektivitas Metode Bubble Aerator dalam Menurunkan Kadar BOD dan COD Air Limbah RPS Laundry Kota Malang. *Jurnal Enviro 2022 Prodi Teknik Lingkungan - ITN Malang*.

Warman, I. (2018). Uji Kualitas Air Muara Sungai Lais Untuk Perikanan Di Bengkulu Utara. *Jurnal Agroqua Vol. 13*, 13(2).

Wibisono, A., Rofik, M., & Purwanto, E. (2019). Penerapan Analisis Regresi Linier Berganda dalam Penyelesaian Skripsi Mahasiswa. *Jurnal ABDINUS : Jurnal Pengabdian Nusantara*, 3(1), 30.
<https://doi.org/10.29407/ja.v3i1.13512>

Yadaturrahmah, I. I., & Hendrasarie, N. (2021). Pengaruh Penambahan Impeller Pada Fase Aerobik Terhadap Efisiensi Kinerja Sequencing Batch Reactor Pada Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Envirotek*, 13(1), 7–13.

<https://doi.org/10.33005/envirotek.v13i1.102>

Yuniarti, D. P., Komala, R., & Aziz, S. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik. *Teknik Lingkungan*, 4(2), 7–16.

Zaenap, Syuhriantin, & Andini, A. S. (2021). Tingkat Pencemaran Air Sungai Oloh Bawi Abian Tubuh Kota Mataram Yang Disebabkan Limbah Perusahaan Tahu Menggunakan Metode ALT (Angka Lempeng Total). *Program Studi Biologi, Fakultas MIPA Universitas Islam Al-Azhar*, 3(3), 916–916. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6247-8_14548

Zulti, F., & Sugiarti. (2015). Fluktuasi pH, Oksigen Terlarut dan Nutrien di Danau Towuti. *Jurnal Pusat Penelitian Limnologi – LIPI*.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1.		Pengambilan limbah cair tahu pada Pabrik Tahu Mandiri yang berlokasi di Punge
2.		Limbah cair tahu yang diambil dalam jerigen dengan volume sampel 30 liter.
3.		Penuangan limbah cair tahu ke dalam reaktor yang berisi <i>bubble aerator</i> .

4.		<p>Penyaringan padatan atau ampas tahu dengan menggunakan saringan kopi yang berbahan kain.</p>
5.		<p>Bak perlakuan sebelum dilakukan proses aerasi</p>
6.		<p>Bak kontrol tanpa perlakuan aerasi</p>

7.		Proses pengambilan sampel limbah cair tahu dengan melalui kran
8.		Proses pengolahan aerasi
9.		Busa yang dihasilkan dari proses aerasi

10.		Pengujian parameter pH dan suhu
11.		Pengujian parameter DO
12.		Pengujian parameter COD

13.		Pengujian parameter TSS
14.		Pengujian parameter BOD
15.		Sampel limbah cair tahu, P1 adalah botol limbah cair bak perlakuan dan P2 adalah botol limbah cair bak kontrol

Lampiran 2. Hasil Perhitungan

A. Sampel Air PDAM

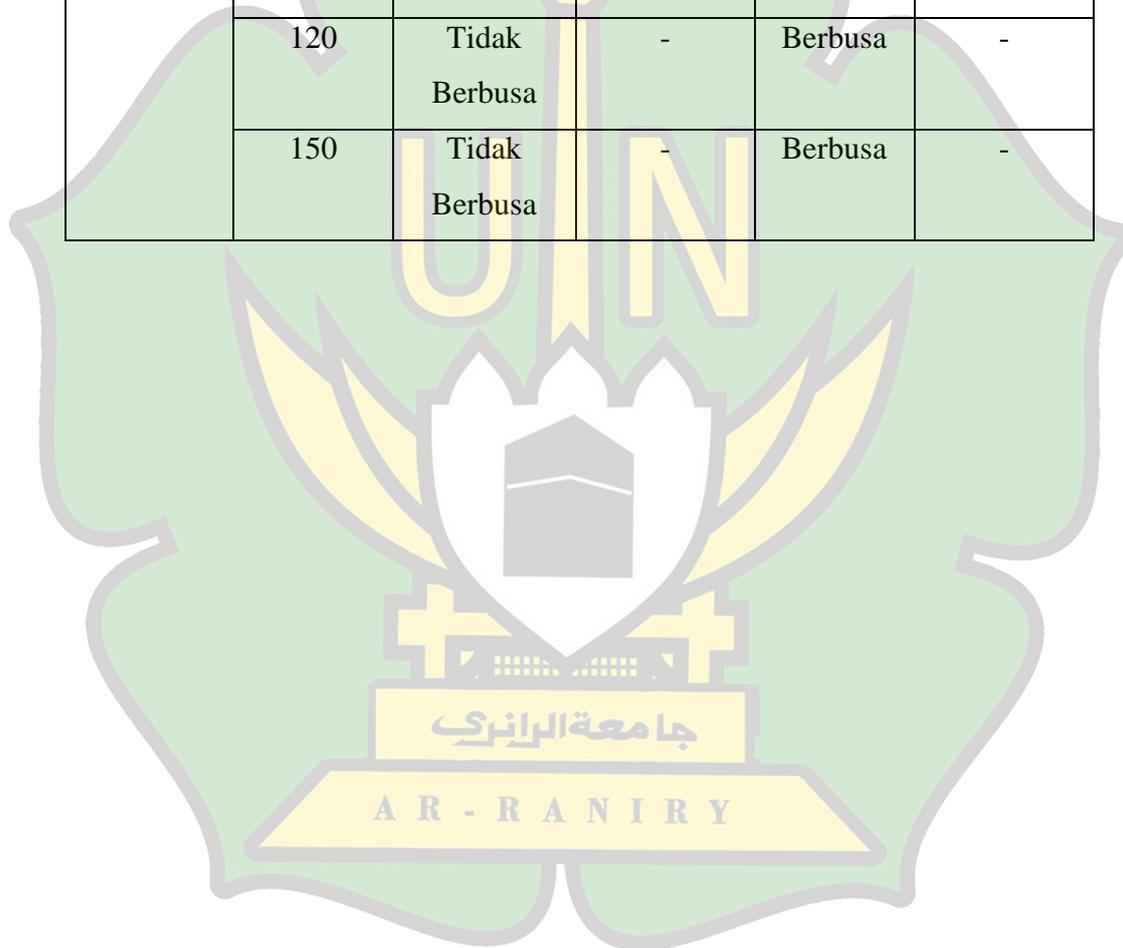
Parameter	Waktu Kontak (Menit)	Hasil Pengukuran Pengolahan (mg/L)	Efektivitas Pengolahan (%)
DO	Awal	4,9	0%
	30	7,8	59,18%
	60	8,0	63,27%
	90	8,1	65,31%
	120	8,2	67,35%
	150	8,1	65,31%
pH	Awal	7,8	
	30	8,1	
	60	8,3	
	90	8,4	
	120	8,5	
	150	8,6	

B. Sampel Limbah Cair Tahu

Parameter	Waktu Kontak (Menit)	Hasil Pengukuran Pengolahan (mg/L)	Efektivitas Pengolahan (%)	Hasil Bak Kontrol	Efektivitas Pengolahan (%)
pH	Awal	3,9	-	3,9	-
	30	4,0	-	4,0	-
	60	4,2	-	4,0	-
	90	4,1	-	3,9	-
	120	3,9	-	3,7	-
	150	3,9	-	3,6	-

DO	Awal	3,9	0%	3,9	0%
	30	4,3	10,25%	3,9	0%
	60	5,1	30,76%	4,0	2,56%
	90	5,7	46,15%	4,0	2,56%
	120	6,4	64,10%	4,2	7,69%
	150	6,8	74,35%	4,4	12,82%
Suhu	Awal	27,2	0%	27,2	0%
	30	27,5	1,10%	28,3	4,04%
	60	28,3	4,04%	27,9	2,57%
	90	30,1	10,66%	28,1	3,30%
	120	32,0	17,64%	26,7	1,57%
	150	32,6	19,85%	27,0	0,73%
TSS	Awal	507	0%	507	0%
	30	115	77,31%	381	24,85%
	60	111	78,10%	347	31,55%
	90	89	82,44%	334	34,12%
	120	63	87,57%	264	47,92%
	150	58	88,56%	135	73,37%
COD	Awal	1.738	0%	1.738	0%
	30	1.079	39,91%	1.364	21,51%
	60	1.012	41,77%	1.290	25,77%
	90	997	42,63%	1.282	26,23%
	120	859	50,57%	1.217	29,97%
	150	815	53,10%	1.205	30,66%
Bau	Awal	Bau	-	Bau	-
	30	Bau	-	Bau	-
	60	Bau	-	Bau	-
	90	Tidak Terlalu Bau	-	Bau	-
	120	Tidak Bau	-	Bau	-

	150	Tidak Bau	-	Bau	-
Berbusa	Awal	Berbusa	-	Berbusa	-
	30	Berbusa	-	Berbusa	-
	60	Tidak Terlalu Berbusa	-	Berbusa	-
	90	Tidak Berbusa	-	Berbusa	-
	120	Tidak Berbusa	-	Berbusa	-
	150	Tidak Berbusa	-	Berbusa	-



Lampiran 3. Hasil analisis data melalui SPSS

A. Uji Linieritas

a. Waktu Kontak Aerasi Air PDAM

1. DO

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * DO Air PDAM	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

DO Air PDAM	Mean	N	Std. Deviation
4.9	.00	1	.
7.8	30.00	1	.
8.0	90.00	1	.
8.1	210.00	2	84.853
8.2	210.00	1	.
Total	125.00	6	104.642

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu Kontak * DO Air PDAM	Between Groups	(Combined)	47550.000	4	11887.500	1.651	.520
		Linearity	23354.895	1	23354.895	3.244	.323
		Deviation from Linearity	24195.105	3	8065.035	1.120	.586
Within Groups			7200.000	1	7200.000		
Total			54750.000	5			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Waktu Kontak * DO Air PDAM	.653	.427	.932	.868

2. pH

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * pH Air PDAM	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

pH Air PDAM	Mean	N	Std. Deviation
7.8	.00	1	.
8.1	30.00	1	.
8.3	90.00	1	.
8.4	150.00	1	.
8.5	210.00	1	.
8.6	270.00	1	.
Total	125.00	6	104.642

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * pH Air PDAM cannot be computed.

b. Waktu Kontak Aerasi pada Bak Perlakuan

1. pH

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Bak Perlakuan pH * Waktu Kontak	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	3.900	1	.
30	4.000	1	.
60	4.200	1	.
90	4.100	1	.
120	3.900	1	.
150	3.900	1	.
Total	4.000	6	.1265

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Bak Perlakuan pH * Waktu Kontak cannot be computed.

2. DO

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * Bak Perlakuan DO	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
3.9	.00	1	.
4.3	30.00	1	.
5.1	60.00	1	.
5.7	90.00	1	.
6.4	120.00	1	.
6.8	150.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * Bak Perlakuan DO cannot be computed.

3. Suhu

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * Bak Perlakuan Suhu	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
Bak Perlakuan Suhu			
27.2	.00	1	.
27.5	30.00	1	.
28.3	60.00	1	.
30.1	90.00	1	.
32.0	120.00	1	.
32.6	150.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * Bak Perlakuan Suhu cannot be computed.

4. TSS

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * Bak Perlakuan TSS	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
Bak Perlakuan TSS			
58	150.00	1	.
63	120.00	1	.
89	90.00	1	.
111	60.00	1	.
115	30.00	1	.
507	.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * Bak Perlakuan TSS cannot be computed.

5. COD

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Bak Perlakuan COD * Waktu Kontak	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

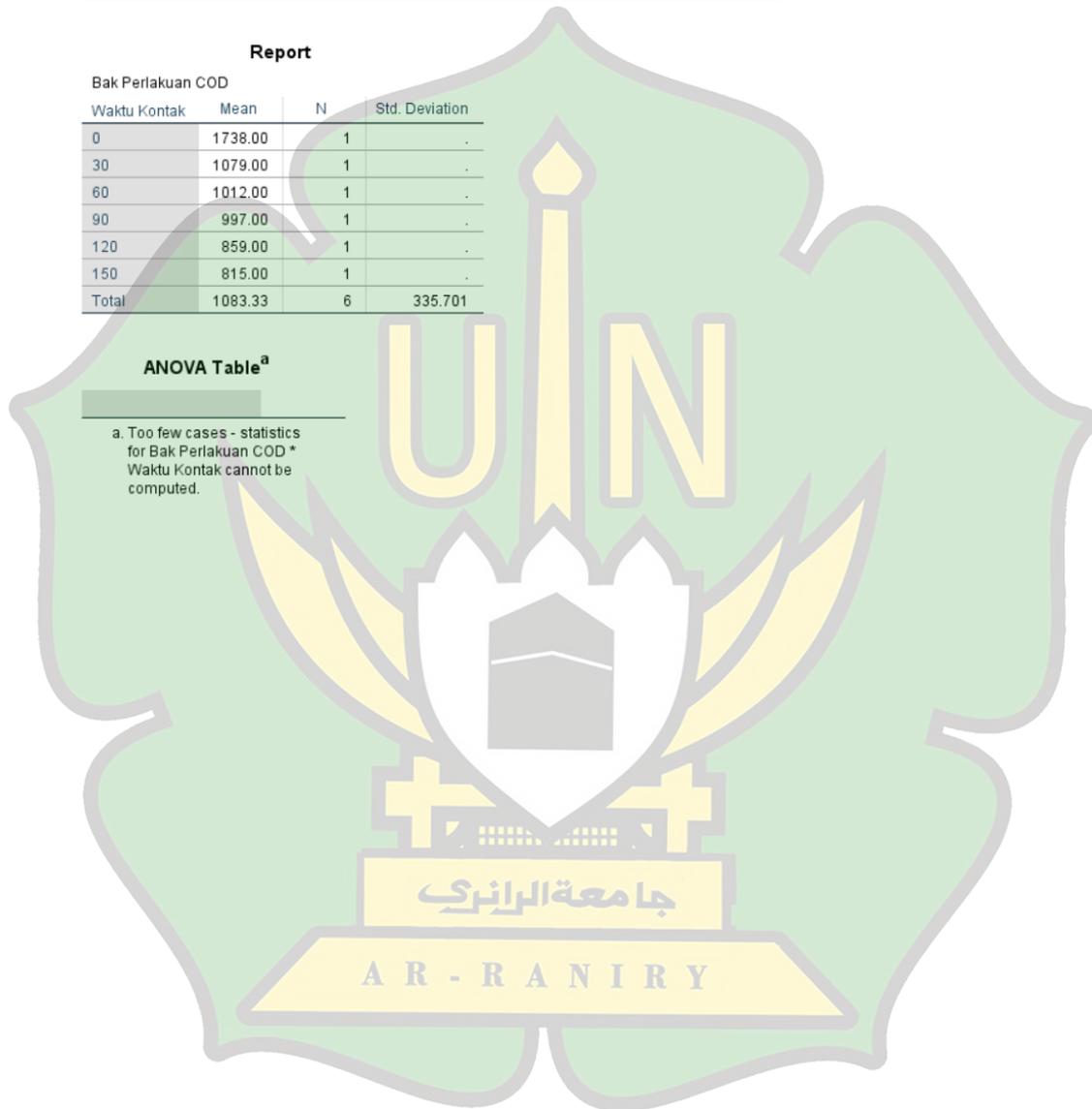
Report

Bak Perlakuan COD

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	1738.00	1	.
30	1079.00	1	.
60	1012.00	1	.
90	997.00	1	.
120	859.00	1	.
150	815.00	1	.
Total	1083.33	6	335.701

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Bak Perlakuan COD * Waktu Kontak cannot be computed.



c. Waktu Kontak Aerasi pada Bak Kontrol

1. pH

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * Bak Perlakuan	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
Bak Perlakuan			
3.6	150.00	1	.
3.7	120.00	1	.
3.9	45.00	2	63.640
4.0	45.00	2	21.213
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu Kontak * Bak Perlakuan	Between Groups	(Combined)	11250.000	3	3750.000	1.667	.396
		Linearity	10416.667	1	10416.667	4.630	.164
		Deviation from Linearity	833.333	2	416.667	.185	.844
	Within Groups		4500.000	2	2250.000		
Total			15750.000	5			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Waktu Kontak * Bak Perlakuan	-.813	.661	.845	.714

2. DO

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Waktu Kontak * Bak Kontrol DO	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
Bak Kontrol DO			
3.9	15.00	2	21.213
4.0	75.00	2	21.213
4.2	120.00	1	.
4.4	150.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table

			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Waktu Kontak * Bak Kontrol DO	Between Groups	(Combined)	14850.000	3	4950.000	11.000	.084
		Linearity	13453.448	1	13453.448	29.897	.032
		Deviation from Linearity	1396.552	2	698.276	1.552	.392
	Within Groups		900.000	2	450.000		
Total			15750.000	5			

Measures of Association

	R	R Squared	Eta	Eta Squared
Waktu Kontak * Bak Kontrol DO	.924	.854	.971	.943

3. Suhu

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
	Waktu Kontak * Bak Kontrol Suhu	6	100.0%	0	0.0%	6

Report

Waktu Kontak

Bak Kontrol Suhu	Mean	N	Std. Deviation
26.7	120.00	1	.
27.0	150.00	1	.
27.2	.00	1	.
27.9	60.00	1	.
28.1	90.00	1	.
28.3	30.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * Bak Kontrol Suhu cannot be computed.

4. TSS

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
	Waktu Kontak * Bak Kontrol TSS	6	100.0%	0	0.0%	6

Report

Waktu Kontak

Bak Kontrol TSS	Mean	N	Std. Deviation
135	150.00	1	.
264	120.00	1	.
334	90.00	1	.
347	60.00	1	.
381	30.00	1	.
507	.00	1	.
Total	75.00	6	56.125

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Waktu Kontak * Bak Kontrol TSS cannot be computed.

5. COD

Case Processing Summary

	Included		Cases Excluded		Total	
	N	Percent	N	Percent	N	Percent
Bak Kontrol COD * Waktu Kontak	6	100.0%	0	0.0%	6	100.0%

Report

Bak Kontrol COD

Waktu Kontak	Mean	N	Std. Deviation
0	1738.00	1	.
30	1364.00	1	.
60	1290.00	1	.
90	1282.00	1	.
120	1217.00	1	.
150	1205.00	1	.
Total	1349.33	6	198.834

ANOVA Table^a

a. Too few cases - statistics for Bak Kontrol COD * Waktu Kontak cannot be computed.

➤ Keterangan:

- Jika nilai **Sig. Deviation From Linearity** > 0,05, maka **Linier**.
- Jika nilai **Sig. Deviation From Linearity** < 0,05, maka **Tidak Linier**.

جامعة الرانري

AR - RANIRY

B. Uji Normalitas

a. Waktu Kontak Aerasi Air PDAM

1. DO

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.97613720
Most Extreme Differences	Absolute	.166
	Positive	.142
	Negative	-.166
Test Statistic		.166
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

2. pH

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.09691120
Most Extreme Differences	Absolute	.200
	Positive	.130
	Negative	-.200
Test Statistic		.200
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

b. Waktu Kontak Aerasi pada Bak Perlakuan

1. pH

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.12467100
Most Extreme Differences	Absolute	.221
	Positive	.221
	Negative	-.151
Test Statistic		.221
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

2. DO

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.10104219
Most Extreme Differences	Absolute	.274
	Positive	.160
	Negative	-.274
Test Statistic		.274
Asymp. Sig. (2-tailed)		.178 ^c

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.

3. Suhu

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.45496349
Most Extreme Differences	Absolute	.208
	Positive	.201
	Negative	-.208
Test Statistic		.208
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

4. TSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	76.73761022
Most Extreme Differences	Absolute	.174
	Positive	.174
	Negative	-.131
Test Statistic		.174
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

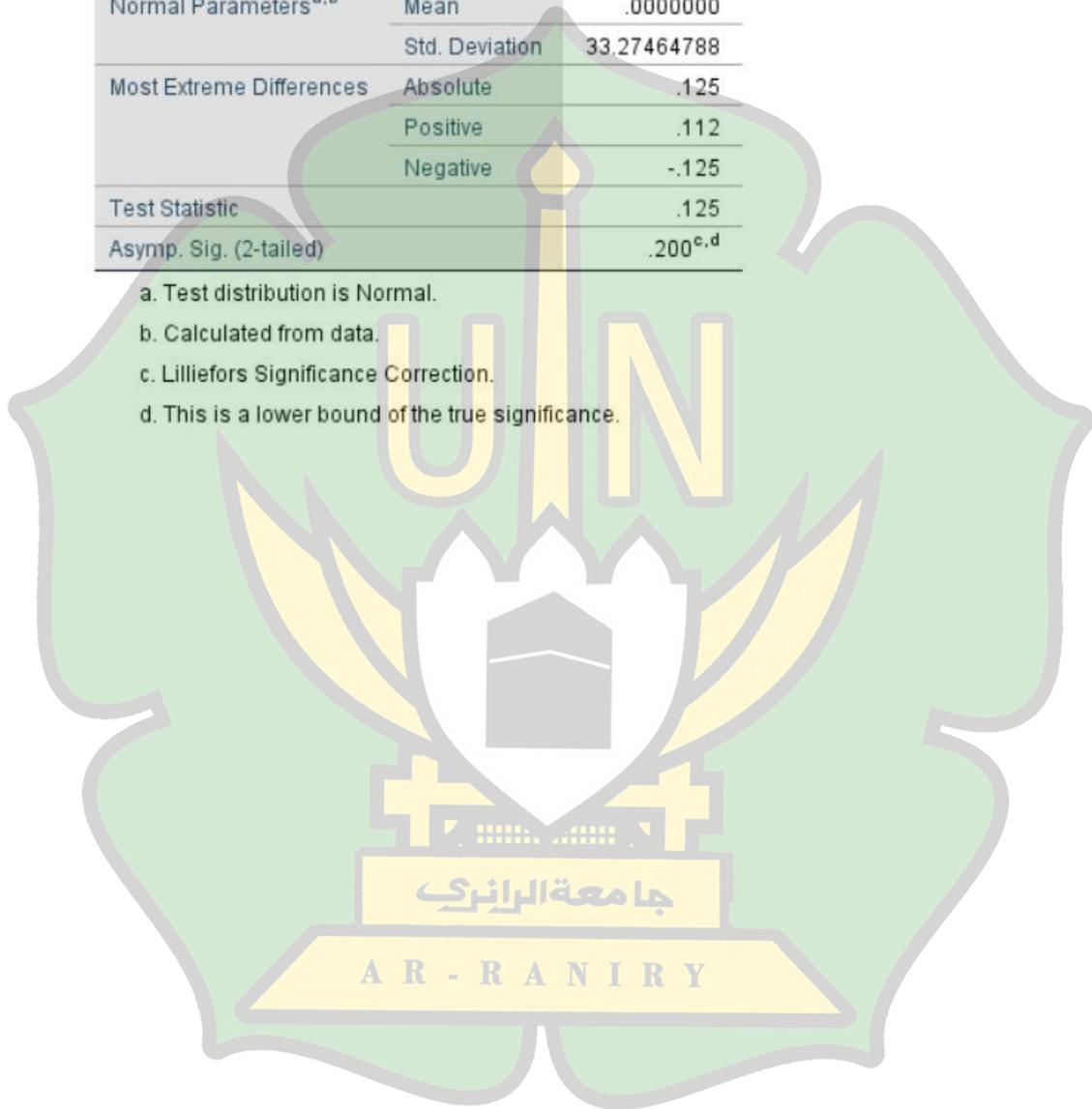
- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

5. COD

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	33.27464788
Most Extreme Differences	Absolute	.125
	Positive	.112
	Negative	-.125
Test Statistic		.125
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.



c. Waktu Kontak Aerasi pada Bak Kontrol

1. pH

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.09561829
Most Extreme Differences	Absolute	.173
	Positive	.173
	Negative	-.173
Test Statistic		.173
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

2. DO

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.34913592
Most Extreme Differences	Absolute	.238
	Positive	.238
	Negative	-.117
Test Statistic		.238
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

3. Suhu

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.40091676
Most Extreme Differences	Absolute	.263
	Positive	.217
	Negative	-.263
Test Statistic		.263
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

4. TSS

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	.7653135806
Most Extreme Differences	Absolute	.222
	Positive	.222
	Negative	-.165
Test Statistic		.222
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
- b. Calculated from data.
- c. Lilliefors Significance Correction.
- d. This is a lower bound of the true significance.

5. COD

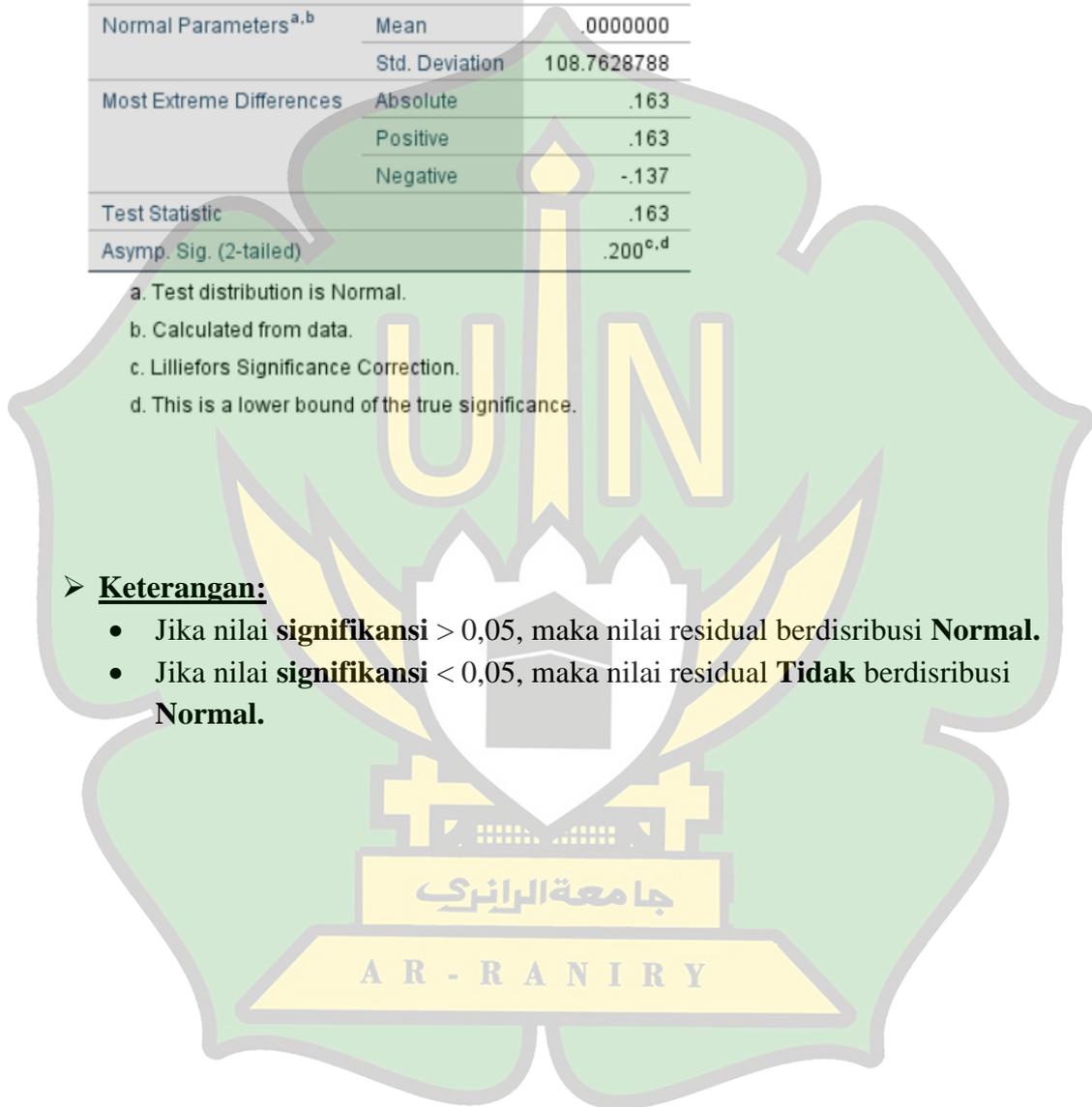
One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Unstandardized Residual
N		6
Normal Parameters ^{a,b}	Mean	.0000000
	Std. Deviation	108.7628788
Most Extreme Differences	Absolute	.163
	Positive	.163
	Negative	-.137
Test Statistic		.163
Asymp. Sig. (2-tailed)		.200 ^{c,d}

- a. Test distribution is Normal.
 b. Calculated from data.
 c. Lilliefors Significance Correction.
 d. This is a lower bound of the true significance.

➤ **Keterangan:**

- Jika nilai **signifikansi** > 0,05, maka nilai residual berdistribusi **Normal**.
- Jika nilai **signifikansi** < 0,05, maka nilai residual **Tidak** berdistribusi **Normal**.



C. Uji Reliabilitas

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	6	100.0
	Excluded ^a	0	.0
	Total	6	100.0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.762	12

Item-Total Statistics

	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
pH Perlakuan	3004.067	654200.435	-.173	.768
pH Kontrol	3004.217	654045.766	.449	.768
DO Perlakuan	3002.700	655716.744	-.835	.769
DO Kontrol	3004.000	654381.392	-.680	.768
Suhu Perlakuan	2978.450	656979.851	-.750	.769
Suhu Kontrol	2980.533	654120.163	.042	.768
TSS Perlakuan	2850.900	409683.360	.969	.650
TSS Kontrol	2680.067	491633.407	.848	.692
COD Perlakuan	1924.733	224237.287	.998	.684
COD Kontrol	1658.733	373339.567	.993	.635
DO Air PDAM	3000.550	656185.867	-.968	.769
pH Air PDAM	2999.783	654613.078	-.946	.768

➤ Keterangan:

- Jika nilai **signifikansi** > 0,6 maka nilai **Reliabel**.
- Jika nilai **signifikansi** < 0,6 maka nilai **Tidak Reliabel**.

D. Uji Validitas

Correlations

		Waktu Kontak	pH Perlakuan	pH Kontrol	DO Perlakuan	DO Kontrol	Suhu Perlakuan	Suhu Kontrol
Waktu Kontak	Pearson Correlation	1	-.227	-.855*	.995**	.943**	.987**	-.521
	Sig. (2-tailed)		.666	.030	.000	.005	.000	.289
	N	6	6	6	6	6	6	6
pH Perlakuan	Pearson Correlation	-.227	1	.674	-.165	-.402	-.348	.726
	Sig. (2-tailed)	.666		.142	.754	.429	.499	.102
	N	6	6	6	6	6	6	6
pH Kontrol	Pearson Correlation	-.855*	.674	1	-.816*	-.928**	-.900*	.820*
	Sig. (2-tailed)	.030	.142		.048	.007	.014	.046
	N	6	6	6	6	6	6	6
DO Perlakuan	Pearson Correlation	.995**	-.165	-.816*	1	.915*	.981**	-.497
	Sig. (2-tailed)	.000	.754	.048		.010	.001	.316
	N	6	6	6	6	6	6	6
DO Kontrol	Pearson Correlation	.943**	-.402	-.928**	.915*	1	.932**	-.659
	Sig. (2-tailed)	.005	.429	.007	.010		.007	.154
	N	6	6	6	6	6	6	6
Suhu Perlakuan	Pearson Correlation	.987**	-.348	-.900*	.981**	.932**	1	-.608
	Sig. (2-tailed)	.000	.499	.014	.001	.007		.200
	N	6	6	6	6	6	6	6
Suhu Kontrol	Pearson Correlation	-.521	.726	.820*	-.497	-.659	-.608	1
	Sig. (2-tailed)	.289	.102	.046	.316	.154	.200	
	N	6	6	6	6	6	6	6

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

TSS Perlakuan	TSS Kontrol	COD Perlakuan	COD Kontrol	DO Air PDAM	pH Air PDAM
- .687	-.947**	-.792	-.786	.653	.944**
.132	.004	.061	.064	.160	.005
6	6	6	6	6	6
-.290	.156	-.184	-.237	.356	.054
.578	.768	.727	.651	.489	.919
6	6	6	6	6	6
.280	.766	.427	.400	-.222	-.645
.591	.076	.398	.432	.673	.167
6	6	6	6	6	6
-.723	-.936**	-.821*	-.820*	.695	.962**
.105	.006	.045	.046	.125	.002
6	6	6	6	6	6
-.525	-.930**	-.658	-.637	.476	.822*
.285	.007	.155	.174	.340	.045
6	6	6	6	6	6
-.623	-.903*	-.734	-.725	.585	.900*
.187	.014	.097	.103	.223	.015
6	6	6	6	6	6
-.129	.365	.030	.014	.170	-.269
.807	.477	.954	.979	.747	.607
6	6	6	6	6	6

جامعة الرانري

AR - RANIRY

TSS Perlakuan	Pearson Correlation	-.687	-.290	.280	-.723	-.525	-.623	-.129
	Sig. (2-tailed)	.132	.578	.591	.105	.285	.187	.807
	N	6	6	6	6	6	6	6
TSS Kontrol	Pearson Correlation	-.947**	.156	.766	-.936**	-.930**	-.903*	.365
	Sig. (2-tailed)	.004	.768	.076	.006	.007	.014	.477
	N	6	6	6	6	6	6	6
COD Perlakuan	Pearson Correlation	-.792	-.184	.427	-.821*	-.658	-.734	.030
	Sig. (2-tailed)	.061	.727	.398	.045	.155	.097	.954
	N	6	6	6	6	6	6	6
COD Kontrol	Pearson Correlation	-.786	-.237	.400	-.820*	-.637	-.725	.014
	Sig. (2-tailed)	.064	.651	.432	.046	.174	.103	.979
	N	6	6	6	6	6	6	6
DO Air PDAM	Pearson Correlation	.653	.356	-.222	.695	.476	.585	.170
	Sig. (2-tailed)	.160	.489	.673	.125	.340	.223	.747
	N	6	6	6	6	6	6	6
pH Air PDAM	Pearson Correlation	.944**	.054	-.645	.962**	.822*	.900*	-.269
	Sig. (2-tailed)	.005	.919	.167	.002	.045	.015	.607
	N	6	6	6	6	6	6	6

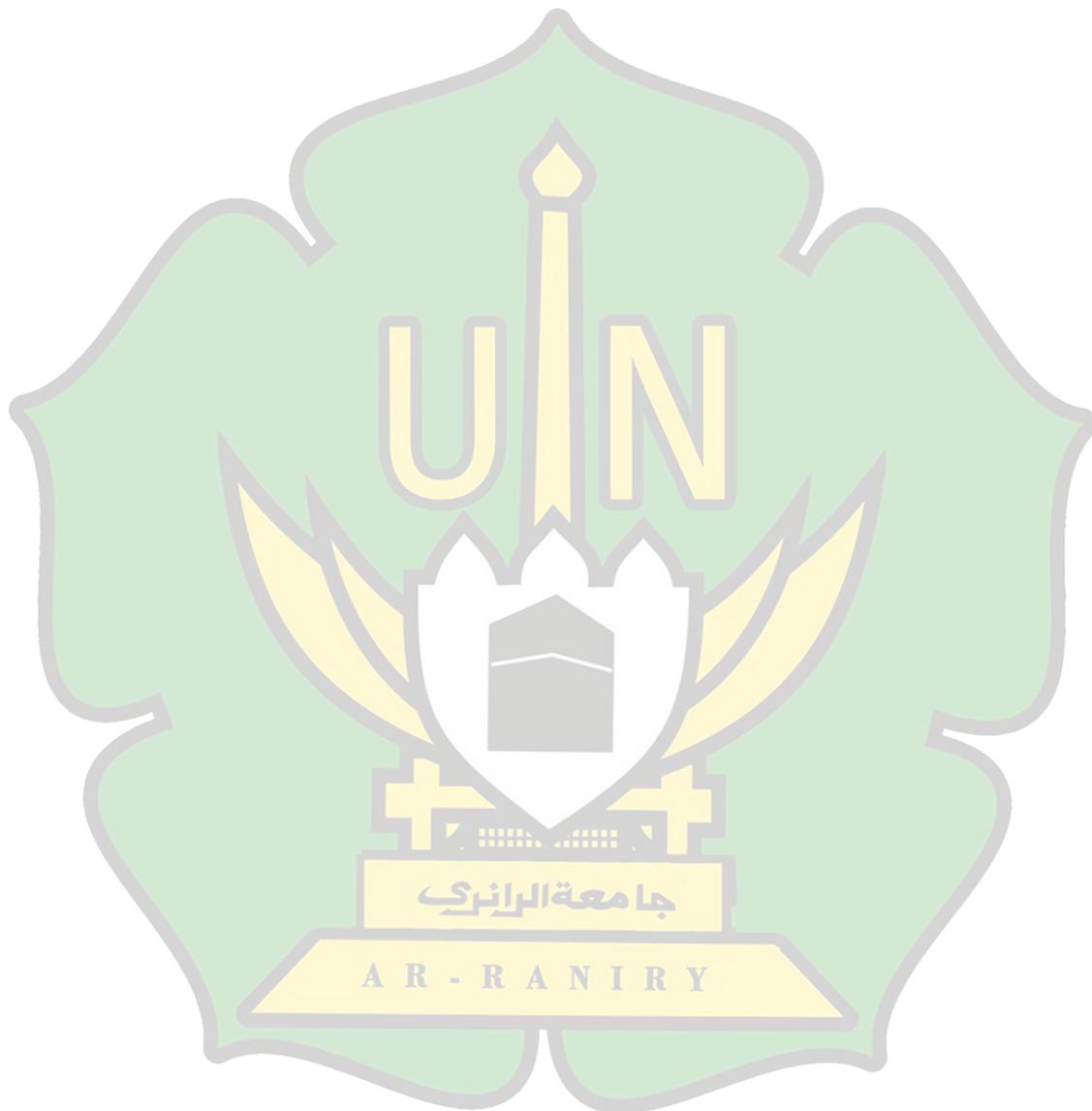
*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

1	.787	.985**	.985**	-.997**	-.876*
	.063	.000	.000	.000	.022
6	6	6	6	6	6
.787	1	.872*	.855*	-.748	-.940**
.063		.023	.030	.087	.005
6	6	6	6	6	6
.985**	.872*	1	.997**	-.975**	-.937**
.000	.023	.000	.001	.006	.006
6	6	6	6	6	6
.985**	.855*	.997**	1	-.980**	-.941**
.000	.030	.000	.001	.005	.005
6	6	6	6	6	6
-.997**	-.748	-.975**	-.980**	1	.860*
.000	.087	.001	.001		.028
6	6	6	6	6	6
-.876*	-.940**	-.937**	-.941**	.860*	1
.022	.005	.006	.005	.028	
6	6	6	6	6	6

➤ **Keterangan:**

- Jika nilai **signifikansi** $< 0,05$, maka nilainya **Valid**.
- Jika nilai **signifikansi** $> 0,05$, maka nilainya **Tidak Valid**.



E. Uji Regresi Linier

a. Waktu Kontak Aerasi Air PDAM

1. DO

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: DO Air PDAM

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.653 ^a	.427	.283	1,0914

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3.544	1	3.544	2.976	.160 ^b
	Residual	4.764	4	1.191		
	Total	8.308	5			

a. Dependent Variable: DO Air PDAM

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	6.511	.734		8.873	.001
	Waktu Kontak	.008	.005	.653	1.725	.160

a. Dependent Variable: DO Air PDAM

2. pH

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: pH Air PDAM

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.944 ^a	.890	.863	.1084

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.381	1	.381	32.486	.005 ^b
	Residual	.047	4	.012		
	Total	.428	5			

a. Dependent Variable: pH Air PDAM

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	7.953	.073		109.177	.000
	Waktu Kontak	.003	.000	.944	5.700	.005

a. Dependent Variable: pH Air PDAM

b. Waktu Kontak Aerasi pada Bak Perlakuan

1. pH

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan pH

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.169 ^a	.029	-.214	.1394

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.002	1	.002	.118	.749 ^b
	Residual	.078	4	.019		
	Total	.080	5			

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan pH

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.029	.101		39.934	.000
	Waktu Kontak	.000	.001	-.169	-.343	.749

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan pH

2. DO

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perilaku DO

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.996 ^a	.992	.990	.1130

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	6.542	1	6.542	512.642	.000 ^b
	Residual	.051	4	.013		
	Total	6.593	5			

a. Dependent Variable: Bak Perilaku DO

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.838	.082		46.943	.000
	Waktu Kontak	.020	.001	.996	22.642	.000

a. Dependent Variable: Bak Perilaku DO

3. Suhu

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perilaku Suhu

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.975 ^a	.951	.939	.5716

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	25.561	1	25.561	78.226	.001 ^b
	Residual	1.307	4	.327		
	Total	26.868	5			

a. Dependent Variable: Bak Perilaku Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	26.595	.414		64.284	.000
	Waktu Kontak	.040	.005	.975	8.845	.001

a. Dependent Variable: Bak Perilaku Suhu

4. TSS

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perilaku TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.749 ^a	.560	.451	128.229

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	83870.414	1	83870.414	5.101	.087 ^b
	Residual	65770.419	4	16442.605		
	Total	149640.833	5			

a. Dependent Variable: Bak Perilaku TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	330.238	92.805		3.558	.024
	Waktu Kontak	-2.308	1.022	-.749	-2.258	.087

a. Dependent Variable: Bak Perilaku TSS

5. COD

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.842 ^a	.709	.637	202.302

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	399772.857	1	399772.857	9.768	.035 ^b
	Residual	163704.476	4	40926.119		
	Total	563477.333	5			

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1461.190	146.415		9.980	.001
	Waktu Kontak	-5.038	1.612	-.842	-3.125	.035

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan COD

c. Waktu Kontak Pendiaman pada Bak Kontrol

1. pH

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.813 ^a	.661	.577	.1069

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.089	1	.089	7.812	.049 ^b
	Residual	.046	4	.011		
	Total	.135	5			

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	4.029	.077		52.068	.000
	Waktu Kontak	-.002	.001	-.813	-2.795	.049

a. Dependent Variable: Bak Perlakuan

2. DO

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Kontrol DO

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.924 ^a	.854	.818	.0840

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.165	1	.165	23.432	.008 ^b
	Residual	.028	4	.007		
	Total	.193	5			

a. Dependent Variable: Bak Kontrol DO

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3.824	.061		62.934	.000
	Waktu Kontak	.003	.001	.924	4.841	.008

a. Dependent Variable: Bak Kontrol DO

3. Suhu

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Kontrol Suhu

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.458 ^a	.210	.012	.6491

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	.448	1	.448	1.063	.361 ^b
	Residual	1.685	4	.421		
	Total	2.133	5			

a. Dependent Variable: Bak Kontrol Suhu

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	27.933	.470		59.460	.000
	Waktu Kontak	-.005	.005	-.458	-1.031	.361

a. Dependent Variable: Bak Kontrol Suhu

4. TSS

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Kontrol TSS

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.960 ^a	.923	.903	38.511

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	70659.657	1	70659.657	47.644	.002 ^b
	Residual	5932.343	4	1483.086		
	Total	76592.000	5			

a. Dependent Variable: Bak Kontrol TSS

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	486.857	27.872		17.468	.000
	Waktu Kontak	-2.118	.307	-.960	-6.902	.002

a. Dependent Variable: Bak Kontrol TSS

5. COD

Variables Entered/Removed^a

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

a. Dependent Variable: Bak Kontrol COD

b. All requested variables entered.

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.837 ^a	.701	.626	121.601

a. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

ANOVA^a

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	138528.514	1	138528.514	9.368	.038 ^b
	Residual	59146.819	4	14786.705		
	Total	197675.333	5			

a. Dependent Variable: Bak Kontrol COD

b. Predictors: (Constant), Waktu Kontak

Coefficients^a

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		t	Sig.
		B	Std. Error	Beta			
1	(Constant)	1571.762	88.008			17.859	.000
	Waktu Kontak	-2.966	.969	-.837		-3.061	.038

a. Dependent Variable: Bak Kontrol COD

Perhitungan T_{hitung}

Nilai $A/2 = 0,05/2 = 0,025$

Derajat Kebebasan = $N - K = 5 - 2 = 3$

Nilai $0,025 : 3$, $T_{tabel} = 2,776$

Keterangan:

- N : waktu kontak perlakuan
- K : 2
- Jika $T_{hitung} >$ dari T_{tabel} , maka X berpengaruh terhadap Y
- Jika $T_{hitung} <$ dari T_{tabel} , maka X tidak berpengaruh terhadap Y

Lampiran 4. Distribusi Nilai T_{tabel}

d.f	t _{0.10}	t _{0.05}	t _{0.025}	t _{0.01}	t _{0.005}
1	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
31	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744
32	1.309	1.694	2.037	2.449	2.738
33	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733
34	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728
35	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724
36	1.306	1.688	2.028	2.434	2.719
37	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715
38	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712
39	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708
40	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
41	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701
42	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698
43	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695
44	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692
45	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690
46	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687
47	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685
48	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682
49	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680
50	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678
51	1.298	1.675	2.008	2.402	2.676
52	1.298	1.675	2.007	2.400	2.674
53	1.298	1.674	2.006	2.399	2.672
54	1.297	1.674	2.005	2.397	2.670
55	1.297	1.673	2.004	2.396	2.668
56	1.297	1.673	2.003	2.395	2.667
57	1.297	1.672	2.002	2.394	2.665
58	1.296	1.672	2.002	2.392	2.663
59	1.296	1.671	2.001	2.391	2.662
60	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
61	1.296	1.671	2.000	2.390	2.659
62	1.296	1.671	1.999	2.389	2.659
63	1.296	1.670	1.999	2.389	2.658
64	1.296	1.670	1.999	2.388	2.657
65	1.296	1.670	1.998	2.388	2.657
66	1.295	1.670	1.998	2.387	2.656
67	1.295	1.670	1.998	2.387	2.655
68	1.295	1.670	1.997	2.386	2.655
69	1.295	1.669	1.997	2.386	2.654
70	1.295	1.669	1.997	2.385	2.653
71	1.295	1.669	1.996	2.385	2.653
72	1.295	1.669	1.996	2.384	2.652
73	1.295	1.669	1.996	2.384	2.651
74	1.295	1.668	1.995	2.383	2.651
75	1.295	1.668	1.995	2.383	2.650
76	1.294	1.668	1.995	2.382	2.649
77	1.294	1.668	1.994	2.382	2.649
78	1.294	1.668	1.994	2.381	2.648
79	1.294	1.668	1.994	2.381	2.647
80	1.294	1.667	1.993	2.380	2.647
81	1.294	1.667	1.993	2.380	2.646
82	1.294	1.667	1.993	2.379	2.645
83	1.294	1.667	1.992	2.379	2.645
84	1.294	1.667	1.992	2.378	2.644
85	1.294	1.666	1.992	2.378	2.643
86	1.293	1.666	1.991	2.377	2.643
87	1.293	1.666	1.991	2.377	2.642
88	1.293	1.666	1.991	2.376	2.641
89	1.293	1.666	1.990	2.376	2.641
90	1.293	1.666	1.990	2.375	2.640
91	1.293	1.665	1.990	2.374	2.639
92	1.293	1.665	1.989	2.374	2.639
93	1.293	1.665	1.989	2.373	2.638
94	1.293	1.665	1.989	2.373	2.637
95	1.293	1.665	1.988	2.372	2.637
96	1.292	1.664	1.988	2.372	2.636
97	1.292	1.664	1.988	2.371	2.635
98	1.292	1.664	1.987	2.371	2.635
99	1.292	1.664	1.987	2.370	2.634
100	1.292	1.664	1.987	2.370	2.633
101	1.292	1.663	1.986	2.369	2.633
102	1.292	1.663	1.986	2.369	2.632
103	1.292	1.663	1.986	2.368	2.631
104	1.292	1.663	1.985	2.368	2.631
105	1.292	1.663	1.985	2.367	2.630
106	1.291	1.663	1.985	2.367	2.629
107	1.291	1.662	1.984	2.366	2.629
108	1.291	1.662	1.984	2.366	2.628
109	1.291	1.662	1.984	2.365	2.627
110	1.291	1.662	1.983	2.365	2.627
111	1.291	1.662	1.983	2.364	2.626
112	1.291	1.661	1.983	2.364	2.625
113	1.291	1.661	1.982	2.363	2.625
114	1.291	1.661	1.982	2.363	2.624
115	1.291	1.661	1.982	2.362	2.623
116	1.290	1.661	1.981	2.362	2.623
117	1.290	1.661	1.981	2.361	2.622
118	1.290	1.660	1.981	2.361	2.621
119	1.290	1.660	1.980	2.360	2.621
120	1.290	1.660	1.980	2.360	2.620

Dari "Table of Percentage Points of the t-Distribution." Biometrika, Vol. 32. (1941), p. 300. Reproduced by permission of the Biometrika Trustess