

TA/TL/2024/1790

TUGAS AKHIR

**PENGAPLIKASIAN ECO-ENZYME UNTUK
MENURUNKAN KADAR NITRAT DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI YOGYAKARTA**

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



**VERDA CANTIKA PUTRI SURYA HAMIM
20513282**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2024**

TUGAS AKHIR
PENGAPLIKASIAN ECO-ENZYME UNTUK
MENURUNKAN KADAR NITRAT DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI YOGYAKARTA

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



VERDA CANTIKA PUTRI SURYA HAMIM
20513282

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.E.S., Ph.D.

NIK.025100406

Tanggal : 21 - 6 - 2024

Mengetahui,*

Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



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

NIK.045130401

Tanggal : 21 / 6 2024

HALAMAN PENGESAHAN*

**PENGAPLIKASIAN ECO-ENZYMEN UNTUK
MENURUNKAN KADAR NITRAT DALAM PENGOLAHAN
AIR LIMBAH INDUSTRI TAHU DI YOGYAKARTA**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

**Hari : JUMAT
Tanggal : 21 JUNI 2024**

Disusun Oleh:

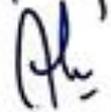
**VERDA CANTIKA PUTRI SURYA HAMIM
20513282**

Tim Penguji :

Penguji 1 Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

()

Penguji 2 Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D.

()

Penguji 3 Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 22 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Verda Cantika Putri Surya Hamim

NIM: 20513282

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Januari 2024 ini ialah **Pengaplikasian *Eco-enzyme* Untuk Menurunkan Kadar Nitrat Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Yogyakarta**. Laporan ini diajukan kepada Universitas Islam Indonesia (UII) Yogyakarta sebagai persyaratan memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) di Jurusan Teknik Lingkungan.

Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan berkat bimbingan, dukungan, motivasi, nasehat dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini, terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Ir. Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, ilmu, motivasi, arahan dan saran dalam penulisan laporan tugas akhir.
2. Ibu Any Juliani, S.T., M.Sc. (Res.Eng.), Ph.D. dan Ibu Puji Lestari, S.Si.,M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran yang bermanfaat dalam penulisan laporan agar lebih sempurna.
3. Para laboran yang telah mendampingi penulis selama penelitian di laboratorium berlangsung.
4. Seluruh Dosen, Staff dan Keluarga Besar Program Studi Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah memberikan ilmu pengetahuan, membantu dan memberi nasihat selama penulis menimba ilmu.
5. Kepada Kedua orangtua penulis, Mama dan Papa yang selalu mendoakan, memberikan semangat, dukungan, kasih sayang dan motivasi untuk penulis. Serta Adik penulis. Rindu Kasih, Melfin Haura, Shabrina dan Ocha yang selalu memberikan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Rekan seperjuangan Teknik Lingkungan 2020 Adfira, Intan Nuraeni, Febrianti, Nida, Fachra, Isnaini dan Intan Dewi yang telah menemani, mendengarkan keluh kesah, membantu dan memberikan dukungan kepada penulis.
7. Semua pihak yang telah membantu penulis hingga Tugas Akhir ini terselesaikan.

Dalam laporan Tugas Akhir ini penulis masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, segala kritik dan saran yang membangun demi kemajuan bagi penulis dan para pembaca. Semoga Tugas Akhir ini bisa bermanfaat dan dapat menjadi referensi penelitian ilmiah selanjutnya.

Yogyakarta, 22 Juni 2024

Verda Cantika Putri Surya Hamim

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

VERDA CANTIKA PUTRI SURYA HAMIM. Pengaplikasian *Eco-enzyme* Untuk Menurunkan Kadar Nitrat Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Yogyakarta . Dibimbing oleh Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.

Air limbah industri tahu ada berbagai kandungan bahan organik yang sangat tinggi. Pada kandungannya terdapat parameter nitrat yang dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menguji dosis *eco-enzyme* dari kulit buah nanas dan kulit buah jeruk yang paling efisien dalam penurunan kadar pencemar air limbah industri tahu untuk parameter nitrat dan menentukan hari yang efisien dalam pencampuran *eco-enzyme* untuk mengurangi kadar pencemar parameter nitrat di air limbah industri tahu. *Eco-enzyme* merupakan cairan ekstrak yang diperoleh dari hasil fermentasi sisa sayuran dan buah dengan tambahan gula. Dalam menguji parameter kualitas air limbah, akan dilakukan pengambilan sampel air limbah. Pada SNI 6989.79:2011 tentang Cara Uji Nitrat (NO₃-N) dengan Spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadmium. Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari – Februari 2024, dengan hasil penelitian konsentrasi Nitrat yang diperoleh 15 mg/L dan penambahan *eco-enzyme* 9%, 17% dan 23% untuk dosis konsentrasi yang turun pada konsentrasi 23%. Pada hari ke 5 penurunan konsentrasi Nitrat sebesar 0 mg/L atau 100%. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Limbah Nitrat sebesar 20 mg/L, Sehingga konsentrasi nitrat pada air limbah industri tahu masih dibawah batas standar baku mutu yang ada.

Kata Kunci : Air Limbah, *Eco-enzyme*, Industri Tahu, Nitrat, Spektrofotometer

ABSTRACT

VERDA CANTIKA PUTRI SURYA HAMIM. Application of Eco-enzyme for to Reducing Nitrate Levels in Processing Wastewater Tofu Industry in Yogyakarta. Supervised by Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES.,Ph.D.

Industrial wastewater has a very high content of organic matter. It contains nitrate parameters which can pollute the environment if not processed. This research was carried out with the aim of testing the most efficient dose of eco-enzyme from pineapple peel and orange peel in reducing levels of tofu industrial wastewater pollution for nitrate parameters and determining the efficient day for mixing eco-enzyme to reduce levels of nitrate parameter pollution in industrial wastewater tofu. Eco-enzyme is a liquid extract obtained from the fermentation of vegetable and fruit waste with added sugar. In testing wastewater quality parameters, wastewater samples will be taken. In SNI 6989.79:2011 concerning How to Test Nitrate (NO₃-N) with a UV-visible Spectrophotometer using cadmium reduction. This research was carried out in January - February 2024, with the research results that the Nitrate concentration was 15 mg/L and the addition of 9%, 17% and 23% eco-enzyme for a concentration dose that decreased to a concentration of 23%. On day 5, the Nitrate concentration decreased by 0 mg/L or 100%. In accordance with the Government Regulation of the Republic of Indonesia Number 22 of 2021 concerning the Implementation of Environmental Protection and Management, the Nitrate Waste Water Quality Standard is 20 mg/L, so that the nitrate concentration in tofu industry waste water is still below the existing quality standard limit.

Keywords : Eco-enzyme, Nitrate, Spectrophotometer, Tofu Industry, Waste Water

DAFTAR ISI

ABSTRAK	18
ABSTRACT	19
DAFTAR ISI	21
DAFTAR TABEL	24
DAFTAR GAMBAR.....	26
DAFTAR LAMPIRAN	28
BAB I	30
PENDAHULUAN	30
1.1 Latar Belakang	30
1.2 Perumusan Masalah	31
1.3 Tujuan Penelitian	32
1.4 Manfaat Penelitian	32
1.5 Ruang Lingkup	32
BAB II.....	34
TINJAUAN PUSTAKA	34
2.1 Air Limbah Industri	34
2.2 Parameter Kualitas Air Limbah.....	35
2.3 Eco-enzyme	35
2.4 Baku Mutu Air Limbah Industri.....	37
2.5 Penelitian Terdahulu.....	37
BAB III.....	40
METODE PENELITIAN	40
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	40
3.2 Alat dan Bahan	40
3.3 Metode Penelitian	41
3.4 Prosedur Analisis Data	46
BAB IV.....	49
4.1 Kualitas Air Limbah Tahu.....	49
4.2 Pengamatan Karakteristik <i>Eco-Enzyme</i>	52
4.3 Hasil Pengujian serta Analisis Parameter Fisika dan Kimia	58

BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1 Simpulan	76
5.2 Saran	76
DAFTAR PUSTAKA.....	78
LAMPIRAN	87

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	38
Tabel 3. 1 Variasi Dosis Eco-enzyme pada Air Limbah.....	43
Tabel 4. 1 Identitas Sample	49
Tabel 4. 2 Konsentrasi pH Selama 15 Hari	61
Tabel 4. 3 Konsentrasi Nitrat selama 15 hari	64

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Eco enzyme pada Air Limbah Industri	41
Gambar 4. 1 Proses Produksi Industri Tahu	50
Gambar 4. 2 Proses Pembuatan Tahu	51
Gambar 4. 3 Pengambilan Sampel	51
Gambar 4. 4 Gas yang Terbentuk Selama Fermentasi	53
Gambar 4. 5 eco-enzyme pada minggu 1- 4	55
Gambar 4. 6 eco-enzyme pada minggu ke 5	55
Gambar 4. 7 eco-enzyme pada minggu ke 6 - 11	56
Gambar 4. 8 Pengambilan eco-enzyme	57
Gambar 4. 9 Warna Sampel Pengujian.....	59
Gambar 4. 10 Konsentrasi pH Selama 15 Hari	61
Gambar 4. 11 Pengujian pH	62
Gambar 4. 12 Konsentrasi Nitrat selama 15 hari.....	65
Gambar 4. 13 Pengujian parameter Nitrat di hari 0-11	68
Gambar 4. 14 Pengujian parameter nitrat di hari ke 13	68
Gambar 4. 15 Setelah penambahan pewarna untuk dilakukan pembacaan absorpsi.....	68

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kurva Kalibrasi.....	87
Lampiran 2 Perhitungan	89
Lampiran 3 Pembuatan Eco-enzyme.....	105
Lampiran 4 Pengambilan Sampel.....	106
Lampiran 5 Pengujian Nitrat	107

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah industri tahu ada berbagai kandungan bahan organik yang sangat tinggi. Secara umum air limbah tahu memiliki kadar BOD, COD, N, P dan K yang tinggi. Pencemaran air oleh nitrat bersumber dari suatu bahan yang bersifat korosif pada industri (Emilia, 2019). Nitrat sendiri merupakan suatu ion anorganik alami yang berasal dari siklus nitrogen (Amanati, 2016). Dimana senyawa nitrat lebih mudah untuk diserap oleh tanaman air dibandingkan senyawa lainnya. Nitrat tersedia dalam jumlah banyak yang berasal dari oksidasi nitrit (Priyadi, 2016). Limbah cair tahu umumnya mengandung nitrat sebesar 3,5-4,0 mg/L. Dengan kandungan organik yang tinggi jika tidak ditangani akan mengakibatkan dampak negatif di perairan (Nur, 2020). Salah satu dampak yang dihasilkan yaitu terjadinya eutrofikasi yang mengakibatkan suatu tumbuhnya alga yang tidak terkontrol (*algae blooming*) (Siswoyo & Hermana, 2017).

Senyawa nitrat merupakan polutan yang berada di sistem perairan, oleh karena itu dilakukan pengolahan untuk menurunkan senyawa nitrat. Sehingga hasil olahan air limbah yang keluar ke sistem perairan dapat memenuhi baku mutu (Marsidi & Herlambang, 2022). Kualitas air di air limbah yang mengandung nitrat akan bersifat toksik dengan berakibat eutrofikasi yang merangsang suatu pertumbuhan fitoplankton dengan cepat (Atmanisa, 2020). Nitrat yang ada di air limbah dapat menurunkan kadar oksigen terlarut dan menimbulkan bau busuk. Hal itu menjadikan tantangan karena sumber nitrat yang sudah dibuang menuju sungai sukar untuk dilacak, dikarenakan nitrat dapat mempercepat tumbuhnya plankton (Anjarwani, 2016). Tingginya suatu kadar nitrat akan mempengaruhi suatu kehidupan organisme dalam suatu perairan (Sepriani, 2016).

Peran *eco-enzyme* sebagai sumber nutrient untuk mengurangi nitrat (Yoswaty, 2021). Penurunan kadar nitrat terjadi karena kandungan enzim amilase,

protease dan lipase yang terdapat di kulit buah selama fermentasi yang bertindak sebagai katalis untuk mempercepat penguraian bahan organik yang ada di air limbah. (Widyastuti, 2022). *Eco-enzyme* dalam penelitian ini berasal dari hasil suatu fermentasi yang terdiri dari limbah organik seperti sisa buah nanas dan jeruk yang dicampur dengan gula dan air. Dengan masing-masing perbandingan gula, limbah buah, dan air yakni 1:3:10. Buah nanas banyak mengandung vitamin E, vitamin C, vitamin B12 dan kaya akan mineral.(Deepak, 2019)

Pentingnya penelitian ini dilakukan karena penurunan suatu nitrat sangat penting dilakukan di air limbah. Penelitian ini digunakan untuk menurunkan kandungan nitrat karena bersifat toksik (Nur, 2020). Air limbah industri tahu yang memiliki kadar nitrat yang sangat tinggi yang dapat menjadikan salah satu sumber pencemar bagi lingkungan jika tidak dikelola dengan baik (Siswoyo & Hermana, 2017). Suatu kualitas air yang memiliki kandungan nitrat yang cukup tinggi dapat bersifat toksik, karena nitrat dapat membentuk suatu proses yaitu organisme yang mengikat nitrogen dan bakteri yang menggunakan amoniak (Atmanisa, 2020).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapakah dosis *eco-enzyme* dari kulit buah nanas dan kulit buah jeruk yang paling efisien dalam penurunan air limbah industri untuk parameter Nitrat?
2. Pada hari ke berapa pencampuran *eco-enzyme* paling efisien dalam menurunkan parameter nitrat di air limbah industri tahu ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Menguji dosis *eco-enzyme* dari kulit buah nanas dan kulit buah jeruk yang paling efisien dalam penurunan kadar pencemar air limbah industri tahu untuk parameter Nitrat.
2. Menentukan hari yang efisien dalam pencampuran *eco-enzyme* untuk mengurangi kadar pencemar parameter nitrat di air limbah industri tahu.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan tujuan penelitian diatas, maka manfaat dalam penelitian ini adalah:

1. Dapat membantu bagi perkembangan ilmu teknologi dan pengetahuan mengenai pengolahan air limbah dan rekayasa teknologi.
2. Dapat membantu menurunkan kadar nitrat di air limbah industri tahu.
3. Dapat mengurangi dampak lingkungan yang disebabkan oleh air limbah dengan menggunakan *eco-enzyme*

1.5 Ruang Lingkup

Batasan dan Ruang lingkup dari penelitian ini adalah :

1. Air Limbah Industri Tahu. Jenis limbah yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah industri tahu sumedang yang mengandung Nitrat.
2. Sampah Organik. Jenis sampah organik yang digunakan dalam pembuatan *eco-enzyme* adalah nanas dan jeruk dengan masing-masing berat yang sama.
3. Fermentasi. Proses fermentasi digunakan dalam pembuatan *eco-enzyme* maupun saat pengaplikasian *eco-enzyme* terhadap sampel air limbah industri.

4. Analisis Sampel.

Dilakukan 2 analisis sampel yakni sebagai berikut.

a. Analisis Sampel Air Limbah Industri Tahu

Melakukan analisis terhadap sampel uji yang telah diaplikasikan *eco-enzyme* selama 15 hari yang dilakukan secara berkala yakni pada hari ke 0,3,5,7,9,11,13 dan 15.

b. Analisis Sampel *Eco-enzyme*.

Melakukan analisis terhadap sampel *eco-enzyme* yang telah dilakukan proses fermentasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Industri

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.19 Tahun 2021 Pasal 1 Ayat 2 tentang tata cara pengelolaan limbah non bahan berbahaya dan beracun, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Limbah merupakan hasil dari aktivitas manusia berupa bahan buangan ataupun bahan sisa yang tidak digunakan lagi. Sedangkan dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.5 Tahun 2014 Pasal 1 ayat 29 tentang baku mutu air limbah, air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair.

Limbah cair industri merupakan sisa hasil proses produksi pada suatu industri dalam bentuk cair. Limbah cair industri skalanya lebih besar dibandingkan skala dari limbah domestik atau rumah tangga dan mempunyai dampak yang lebih besar pada lingkungan. Limbah cair memiliki perlu mempunyai batasan dengan baku mutu. Baku mutu tersebut memiliki parameter-parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air limbah (Novitasari, 2018).

Air limbah industri tahu merupakan air limbah yang berasal dari tahu dengan banyaknya masalah yang muncul dalam pengelolaan limbah tahu. Dalam industri yang berskala seperti rumah tangga, tidak tersedia anggaran yang cukup dalam mengolah air limbah tahu. Dengan berbagai keterbatasan dan kendala yang dihadapi limbah industri tahu masih banyak yang belum terkelola dengan penggunaan kembali (Siswoyo & Hermana, 2017). Pada instalasi pengolahan tahu dapat menghasilkan limbah cair yang dapat menimbulkan pencemaran yang memiliki komponen organik dengan tinggi. Seperti pada protein dan asam amino yang dapat mengandung BOD, COD dan N (Anwar, 2020).

2.2 Parameter Kualitas Air Limbah

2.2.1 Nitrat (NO_3^-)

Senyawa nitrat merupakan senyawa nitrogen yang stabil. Pada senyawa ini bersifat anorganik yang alami, dengan menggunakan aktivitas mikroba pada air dan tanah. Pada parameter ini dapat menguraikan air yang mengandung nitrogen organik menjadi ammonia. Kontaminan nitrat pada air limbah bisa disebabkan karena limbah industri yaitu terdapat pada limbah tahu (Manampiring, 2019). Nitrat adalah bentuk nitrogen utama yang ada di perairan alami. Nitrat ini berasal dari ammonium yang masuk ke dalam badan sungai terutama limbah industri. Semakin berkurang kadar nitrat, maka semakin jauh dari titik pembuangan dengan aktifitas mikroorganisme yang ada di air (Mustofa, 2015).

Kadar Nitrat yang berasal dalam biodegradasi bahan organik menjadi ammonia yang dioksidasi menjadi nitrat. Dengan kandungan nitrat yang bisa rendah maupun tinggi pada suatu kondisi tertentu, hal tersebut bisa disebabkan adanya beberapa faktor (Gemilang, 2017). Dengan suatu bentuk nitrogen yang digunakan pada perairan alami, senyawa tersebut sangat penting (Hamuna, 2018).

2.3 Eco-enzyme

Eco-enzyme ini dikenalkan oleh Dr. Rosukon Poompanvong yang melakukan penelitian mengenai *eco-enzyme* selama 30 tahun. Dengan hal tersebut beliau membuat gagasan bahwa mengolah enzim dari sampah organik sebagai pembersih organik. Mengolah enzim ini hasil dari fermentasi limbah dapur organik seperti kulit buah-buahan, gula dari air (Prasetio, 2021). Produk yang dihasilkan ini merupakan produk ramah lingkungan yang digunakan dengan mudah. Gula sebagai sumber karbon dan sampah organik sayur dan buah. Sampah organik ini yang sudah tidak bisa digunakan lagi, seperti batok kelapa, kulit buah, buah busuk, biji-bijian dan ampas (Setyaka & Virtuous, 2020).

Eco-enzyme merupakan cairan ekstrak yang diperoleh dari hasil fermentasi sisa sayuran dan buah dengan tambahan gula. Prinsip dalam pembuatan *eco-*

enzyme mirip dengan proses pembuatan kompos hanya saja ada media untuk pertumbuhan yaitu air dengan ukuran perbandingan air (10): sampah organik (3): gula merah (1) dengan waktu fermentasi selama 3 bulan (Deepak, 2019). Awal mula penggunaan *eco-enzyme* hanya diperuntukkan kepada lahan pertanian. Namun, seiring dengan berkembangnya penelitian *eco-enzyme* dapat digunakan untuk keperluan lainnya seperti menghilangkan aroma tidak sedap dari peternakan, membuat ikan sehat, mencuci buah, membersihkan rumah, membersihkan badan, sebagai obat kumur, dan lain-lain (Nurfajriah, 2021).

Karakteristik bahan *eco-enzyme* yang dapat digunakan yaitu air yang dapat digunakan yaitu air sumur, air buangan AC, air galon, air PAM, dan segala jenis air. Untuk kulit sayuran yang bisa digunakan dengan ciri-ciri yaitu belum dimasak, direbus maupun ditumis, busuk, berulat dan berjamur (Suprayogi & Asra, 2022). Sedangkan untuk kulit buah dapat digunakan dengan ciri-ciri yaitu kulit buah tidak keras, tidak kering dan tidak banyak getah. Dengan begitu dapat mengganggu proses fermentasi yang dapat berubah menjadi pembusukan dan tidak bisa dilakukan fermentasi dengan baik. Jenis buah yang tidak bisa digunakan yaitu durian, sawo, manggis, salak, nangka dan kelengkeng (Pebriani & Wulan, 2022). Sedangkan untuk gula yang dapat digunakan yaitu gula aren, gula kelapa, gula lontar, molase cair dan molase kering. Pada pemilihan gula, tidak dianjurkan menggunakan gula pasir karena memiliki kandungan zat kimia, dapat menghasilkan volume *eco-enzyme* yang sedikit, memiliki kadar alkohol yang berbeda. Dimana gula merah mengandung sukrosa kurang lebih 84% dibanding gula pasir yang hanya 20%, sehingga gula merah akan mampu menyediakan energi yang lebih tinggi dari gula pasir (Pebriani & Wulan, 2022). Sedangkan molase digunakan sebagai sumber karbon (Rijal & Surati, 2021).

Eco-enzyme bisa digunakan untuk berbagai kegunaan, karena ramah lingkungan. Ditunjukkan dari suatu fermentasi dan pembusukan sampah organik yang berasal dari kulit buah. Dalam *eco-enzyme* ada beberapa kandungan yang berasal dari kulit nanas dan kulit jeruk setelah dilakukan proses fermentasi, dari analisis ditemukan bahwa ada kandungan *flavonoid* (jenis antioksidan yang banyak terkandung dalam suatu tanaman), *alkaloid* (*activator* yang dapat

menghancurkan bakteri dan virus) (Maisarah, 2023) dan saponin (mempunyai efek sebagai antimikroba dan menghambat jamur) (Mien, 2015). Pada senyawa tersebut digunakan untuk penghambat suatu pertumbuhan bakteri pathogen. Selain itu, *eco-enzyme* mengandung alkohol dan asam asetat yang berfungsi sebagai desinfektan (Larasati, 2020). Kemampuan *eco-enzyme* yang mengandung asam asetat dan asam laktat yang dapat menghambat suatu pertumbuhan bakteri shigella yang mampu mengurangi kadar nitrat (Yoswaty, 2021)

2.4 Baku Mutu Air Limbah Industri

Pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Baku Mutu Air Limbah Nitrat sebesar 20 mg/L.

2.5 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai penurunan Nitrat menggunakan *eco enzyme* yang sudah dilakukan sebelumnya pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

	Peneliti	Judul	Hasil
1	(Widyastuti, 2022)	Eco Enzyme Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan, Nitrogen dan Fosfat pada Air Limbah Laundry	Bertujuan untuk menurunkan kadar surfaktan, nitrogen dan fosfat yang ada di ari limbah Laundry dengan <i>eco enzyme</i> . Hasil Penelitian menunjukan bahwa sampel air limbah Laundry ditambah dengan <i>eco enzyme</i> dapat menurunkan kadar Nitrat selama 15 hari pengujian.
2	(Wikaningrum & Anggraina, 2023)	<i>The eco enzyme application to reduce nitrate in wastewater as the sustainability alternative solution in garbage and wastewater problems</i>	Bertujuan untuk mengetahui apakah <i>eco enzyme</i> dapat digunakan untuk mengurangi konsentrasi nitrat dalam air limbah. Penelitian yaitu dapat menurunkan nitrat dengan konsentrasi 10% 15%, 20% dengan efisiensi sebesar 35,7%-49,4% dengan 7 jam penurunan. Hal tersebut dapat pengurangan dengan penerapan <i>eco enzyme</i> menjadikan alternatif.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium UII dengan pengambilan sampel di Pabrik Tahu Sumedang, Pager Jurang, Kepuharjo, Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan selama 5 bulan yaitu 3 bulan (Oktober 2023 – Desember 2023) untuk pembuatan ecoenzyme, persiapan bahan dan alat, dan mengumpulkan kajian literatur. Kemudian, 2 bulan berikutnya (Januari 2023 - Februari 2023) dilakukan untuk uji laboratorium, pencatatan data, pengamatan, pengolahan data, analisis data, serta penyusunan laporan hasil uji penelitian. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

a) Alat

1. Spektrofotometer visible
2. pH meter
3. Labu ukur 50 mL; 100 mL dan 1000 mL;
4. Pipet volumetric 0,5 mL; 1 mL; 2 mL; 4 mL; 8 mL dan 10 mL
5. Gelas ukur 50 mL; 100 mL dan 200 mL;
6. Gelas piala 100 mL; 250 mL; 500 mL dan 1000 mL;
7. Oven
8. Desikator
9. Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg

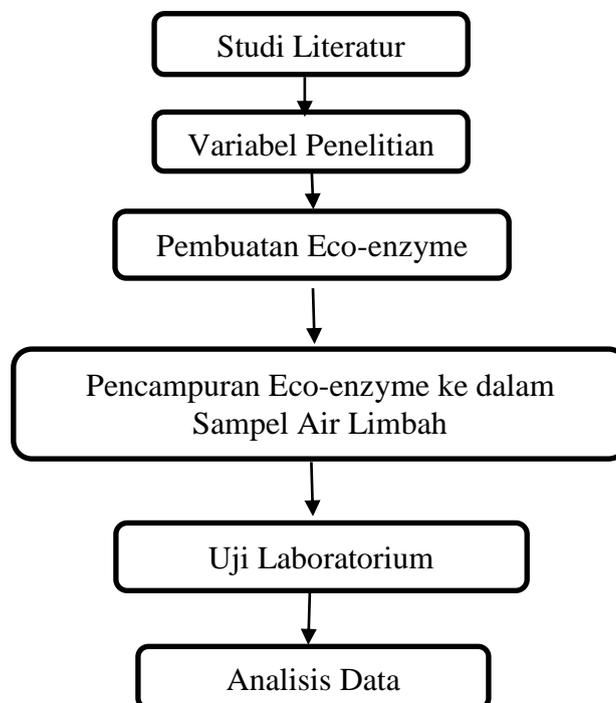
10. Botol semprot

b) Bahan

1. Air bebas mineral
2. Serbuk kalium nitrat (KNO_3)
3. Asam klorida (HCl) 6N
4. Larutan tembaga sulfat (CuSO_4) 2%
5. Larutan pekat ammonium klorida-etilendiamin tetra asetat ($\text{NH}_4\text{Cl} - \text{EDTA}$)
6. Larutan ($\text{NH}_4\text{Cl} - \text{EDTA}$)

3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan dalam pengujian ini disajikan dalam bentuk kuantitatif, dimana analisis data yang akan dilaksanakan menjelaskan adanya pengaruh *eco-enzyme* yang menjadi objek penelitian pada Industri Tahu. Adapun langkah-langkah dalam menganalisis data yang tertera pada Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Eco enzyme pada Air Limbah Industri

3.3.1 Studi Literatur

Dilakukan dengan mencari sumber literatur berupa referensi yang terkait dengan suatu kegiatan yang akan ada dalam pelengkap untuk pembandingan suatu data yang akan digunakan.

3.3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini yaitu variabel bebas. Pada variabel bebas merupakan dosis dan waktu paling efisien yang digunakan dalam penelitian untuk parameter Nitrat dalam air limbah. Hal ini dikarenakan hasil akhir dalam penurunan parameter dipengaruhi oleh dosis dan waktu.

3.3.3 Pembuatan Eco-enzyme

Bahan yang digunakan dalam pembuatan *eco-enzyme* ialah nanas dan jeruk yang telah difermentasikan dalam botol uji yang tertutup rapat. Waktu fermentasi yang dibutuhkan dalam penelitian fermentasi anaerobik adalah 3 bulan. Dengan perbandingan bahan yang digunakan yakni air (10): bahan organik (3): gula merah (1). Dengan menggunakan air 12 liter : bahan organik (kulit jeruk 1,8 kg : kulit nanas 1,8 kg) : gula merah 1,2 kg. Semua bahan yang telah dimasukkan ke dalam wadah uji diaduk hingga rata dan ditutup rapat.

Pada penyimpanan *eco-enzyme* dilakukan ditempat yang jauh dari sinar matahari langsung dan memiliki sirkulasi udara yang baik. Pada bulan pertama di minggu pertama dilakukan pembukaan tutup toples setiap hari untuk melepaskan gas yang terbentuk. Setelahnya, setiap 2 hari sekali dilakukan pembukaan tutup toples hingga di bulan ketiga berguna untuk mengeluarkan gas yang dihasilkan, dilakukan dengan pembukaan tutup botol sekitar 15 menit. Setelah 3 bulan proses fermentasi dihasilkan cairan kecokelatan dan ampas fermentasi. Larutan tersebut yang disebut sebagai *eco-enzyme* (Yuliono, 2022). *Eco-enzyme* yang dikatakan baik digunakan apabila *eco-enzyme* dihasilkan warna larutan cokelat, aroma asam segar dengan $\text{pH} < 4$ (Nururrahmani, 2023).

Dengan penelitian bahwa *eco-enzyme* bersifat asam dengan pH antara 3-4. Rendahnya pH yang dihasilkan oleh *eco-enzyme* dikarenakan kandungan asam organik yang tinggi, dengan semakin tingginya kandungan asam organik maka semakin rendah pH yang dihasilkan. *Eco-enzyme* ini memiliki kandungan asam asetat dan asam laktat yang dihasilkan selama 3 bulan fermentasi, meskipun begitu konsentrasi asam yang dihasilkan *eco-enzyme* tidak setinggi asam cuka

(Nururrahmani, 2023)

3.3.4 Pencampuran Eco-enzyme ke dalam Sampel Air Limbah Tahu

Eco-enzyme yang sudah terbentuk apabila dihasilkan warna larutan coklat, aroma asam segar dengan $\text{pH} < 4$ (Nururrahmani, 2023). Setelahnya, dilakukan pengambilan larutan *eco-enzyme* dengan cara penyaringan dengan memanfaatkan air dan tidak memerlukan ampasnya. Lalu disimpan di wadah tertutup. Selanjutnya, dilakukan pencampuran *eco-enzyme* ke air limbah industri (1 sampel) untuk dilakukan pengujian laboratorium mengenai kandungan nitrat. Dengan dilakukan analisis kualitas air limbah terhadap parameter Nitrat. Analisis dilakukan dengan menyiapkan botol yang berisi sampel air limbah tahu sebanyak satu liter kemudian ditambahkan larutan *eco-enzyme* dengan variasi dosis konsentrasi 9%, 17% dan 23% dengan pengamatan perubahan konsentrasi Nitrat terhadap waktu. Pengujian ini dilakukan selama 2 kali pengulangan, sehingga data yang akan didapatkan merupakan nilai rata-rata yang diperoleh. Pengujian parameter Nitrat sesuai SNI 6989.79:2011. Dapat dilihat pemberian variasi dosis *eco-enzyme* pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Variasi Dosis Eco-enzyme pada Air Limbah

Kode	Air Limbah (mL)	<i>Eco-enzyme</i> (mL)
A	500	-
B1	500	50
B2	500	100
B3	500	150
C	900	-
E1	900	90
E2	900	180
E3	900	270

Keterangan :

A : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

C : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

3.3.5 Uji Laboratorium

Dalam menguji parameter kualitas air limbah, akan dilakukan pengambilan sampel air limbah. Baik sebelum dilakukan pengujian maupun sesudah pengujian. Pada SNI 6989.79:2011 tentang Cara Uji Nitrat (NO_3) dengan Spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadmium. Adapun metode pengujian yang diperlukan pada parameter nitrat sebagai berikut

a) Pengawetan Contoh Uji

Contoh uji tidak dapat segera diuji, sebelum pengukuran dilakukan pengawetan dan mencatat volume contoh uji.

1. Wadah : Botol plastik (*polyethylene*) atau botol gelas
2. Pengawetan dan lama :
 - Untuk pengujian nitrat, tambahkan H_2SO_4 sampai pH lebih kecil dari 2, lama penyimpanan 28 hari.
3. Kondisi penyimpanan : $4^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$

b) Persiapan Pengujian

1. Pembuatan larutan induk nitrat 100 mg NO_3 N/L
 - Keringkan serbuk kalium nitrat (KNO_3) dalam oven pada suhu 105 C selama 24 jam, kemudian dinginkan dalam desikator
 - Timbang 0,722 g kalium nitrat (KNO_3), kemudian larutkan dengan 100 mL air bebas mineral di dalam lanu ukur 1000 mL
 - Tepatkan sampai tanda tera
 - Awetkan dengan menambahkan 2 mL CHCl_3/L
2. Pembuatan larutan baku nitrat 10 mg NO_3 N/L
 - Pipet 100 mL larutan induk nitrat kedalam labu ukur 1000 mL
 - Tambahkan air bebas mineral sampai tepat tanda tera
 - Awetkan dengan menambahkan 2 mL CHCl_3/L
3. Pembuatan larutan kerja nitrat NO_3

Deret larutan kerja dengan 1 blanko dan minimal 3 kadar yang berbeda dalam labu ukur 100 mL secara proporsional dan berada pada rentang pengukuran. Larutan kerja siap untuk digunakan.

4. Pembuatan dan uji efisiensi kolom reduksi
 - Masukkan *glass wool* kebawah kolom reduksi, lalu air bebas mineral
 - Cuci kolom dengan 200 mL larutan NH_4Cl – EDTA encer

- Kecepatan alir pada 7-10 mL/menit
- Lakukan uji efisiensi kolom dengan melewatkan sedikitnya 100 mL larutan campuran 1: standar 1,0 mg NO₃ dan larutan NH₄Cl – EDTA
- Menghitung efisiensi kolom reduksi dengan melewatkan satu kadar larutan kerja NO₃. Efisiensi kolom dibawah 75% aktifkan kembali butir Cd-Cu.

$$\text{Efisiensi} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan :

A adalah kadar nitrat yang dihasilkan dari larutan standar nitrat yang direduksi

B adalah kadar nitrat yang dihasilkan dari larutan standar nitrit

5. Pembuatan kurva kalibrasi

- Optimalkan alat uji spektrofotometer sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian kadar nitrat.
- Kedalam masing-masing 25 mL larutan kerja tambahkan 75 mL larutan NH₄Cl – EDTA pekat lalu kocok.
- Lewatkan larutan diatas kedalam kolom reduksi, atur kecepatan 7-10 mL/menit
- Buang 25 mL tampungan pertama
- Tamping dalam labu
- Ukur 50 mL larutan yang sudah direduksi dan masukan kedalam *Erlenmeyer* 50 mL
- Tambahkan 2 mL larutan pewarna dan kocok
- Baca sborsbansinya salam kisaran waktu 10 menit sampai 2 jam setelah penambahan larutan pewarna
- Buat kurva kalibrasi dengan mengukur absorbansinya pada panjang gelombang 543 nm dan tentukan persamaan garis lurusnya.
- Koefisien korelasi regresi linier lebih kecil 0,995 dan periksa kondisi alat dengan ulangi langkah pembuatan kurva kalibrasi hingga nilai $r > 0,995$.

c) Cara Uji

1. Atur pH contoh uji antara 7-9 dengan menambahkan HCl atau NaOH
2. Siapkan 25 mL contoh uji kedalam labu ukur 100 mL

3. Tambahkan 75 mL larutan NH₄Cl-EDTA pekat kemudian kocok
4. Lewatkan larutan tersebut melalui kolom reduksi dengan laju alir 7-10 mL/menit
5. Buang 25 mL tampungan pertama
6. Tampungan eluat berikutnya dengan *erlenmeyer*
7. Tambahkan secara kuantitatif 2 mL larutan pewarna, kemudian dikocok
8. Ukur serapannya dalam waktu antara 10 menit sampai 2 jam setelah penambahan larutan pewarna pada panjang gelombang 543 nm.
9. Tentukan kadar nitrat total dari kurva kalibrasi.
10. Penentuan metode spektrofotometer dengan kisaran kadar 0,1 mg/L – 2,0 mg/L.

3.4 Prosedur Analisis Data

Analisis data ini menggunakan metode statistik deskriptif. Hal ini dikarenakan pengujian ini dilakukan untuk melihat perbandingan dosis optimum yang dimasukkan ke dalam air limbah dalam bentuk grafik. Sehingga dapat dilihat manakah dosis yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah secara tepat.

Perhitungan efisiensi penyisihan parameter nitrat melalui *eco-enzyme* pada limbah industri. Analisis kemampuan *eco-enzyme* yang terbuat dari kulit jeruk dan nanas untuk menghilangkan parameter air limbah nitrat dapat menggunakan persamaan sebagai berikut.

Perhitungan

$$\text{Kadar Nitrat (mg NO}_3\text{ - N/L)} = A-B$$

Keterangan :

A adalah kadar NO₃ dari kolom reduksi

B adalah kadar NO₃ tanpa melewati kolom reduksi

Efisiensi pengolahan

$$\text{Eff} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

Keterangan :

Eff = Nilai efisiensi (%)

Ci = Konsentrasi influen (mg/L)

Ce = Konsentrasi effluent (mg/L)

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kualitas Air Limbah Tahu

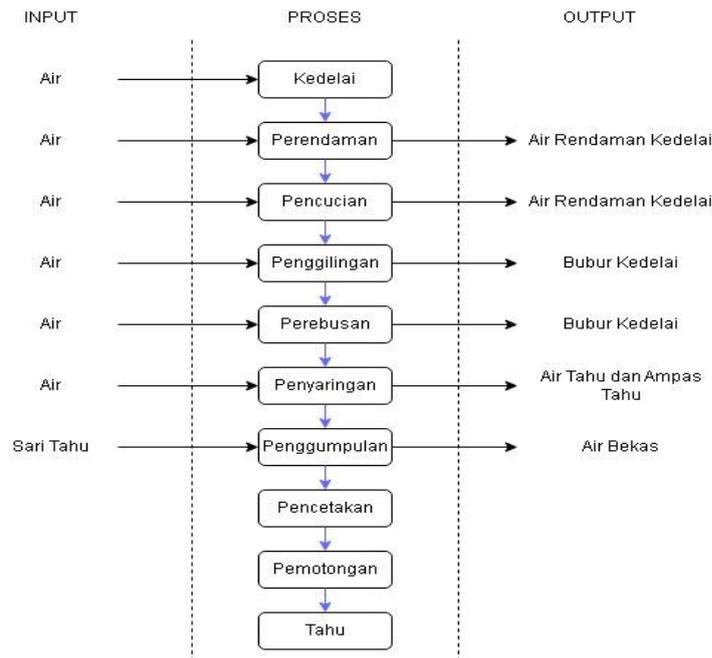
Pada penelitian ini dilakukan pengambilan sampel yang bertujuan untuk mengetahui kualitas air limbah pabrik tahu Sumedang yang dilakukan dengan melakukan pengukuran kualitas air pada parameter kimia yaitu Nitrat. Air limbah yang dijadikan sampel pengujian belum adanya pengolahan lanjut. Identitas mengenai sampel dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Identitas Sample

Lokasi	Tanggal Pengambilan	pH	Nitrat (mg/L)	Titik	Waktu	Koordinat
Pabrik Tahu Sumedang	15 Januari 2024	6	15	Inlet	12:53:00	Lat -7.63037° Long 110.44596°

Sumber : Data Primer, 2024

Proses produksi industri tahu sumedang ini dilakukan beberapa tahap yang dapat menghasilkan air limbah yang berasal dari proses perendaman, pencucian, penyaringan dan pengumpulan. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Proses Produksi Industri Tahu

Pada proses awal dilakukan perendaman kedelai dengan menggunakan air bersih, yang menghasilkan air bekas rendaman. Proses ini bertujuan untuk melunakan suatu kedelai supaya saat digunakan jumlah dan rasa tahu yang bagus. Selanjutnya dilakukan pencucian kedelai dengan menghasilkan air cucian. Proses ini bertujuan untuk membersihkan dan menghilangkan suatu kotoran yang ada di kedelai, pencucian ini juga menggunakan air bersih yang mengalir. Proses perendaman dan pencucian ini menghasilkan air sisa yang dapat mengandung bahan organik dan padatan tersuspensi yang menimbulkan suatu bau busuk (Nurwini, 2017).

Lalu dilakukan penggilingan dengan menggunakan air panas dalam perbandingan air dengan kedelai (1:1), pada saat penggilingan menghasilkan suatu sari kedelai yang siap untuk dilakukan perebusan kedelai yang menghasilkan bubur kedelai yang timbul dari proses penyaringan sari kedelai. Selanjutnya dilakukan penyaringan dan pengumpulan yang menghasilkan air bekas tahu. Proses ini menggunakan penambahan koagulan dengan asam cuka untuk mengumpulkan suatu sari kedelai hingga membentuk *crud* (bentuk tahu). Setelah

proses tersebut, dilakukan pencetakan bubuk kedelai menggunakan alat kayu berbentuk persegi yang digunakan untuk mencetak menjadi bentuk tahu. Lalu dipotong sesuai bentuk tahu pada umumnya (Sjafruddin, 2022). Dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Proses Pembuatan Tahu

Ciri-ciri limbah cair tahu adalah memiliki temperature yang tinggi, hal tersebut dikarenakan proses pembuatan tahu dalam kondisi yang panas saat proses pengumpulan dan penyaringan. Limbah cair ini berwarna kuning muda dan suspense ampas tahu berwarna putih. Dalam segi bau yang dihasilkan yaitu bau busuk karena berasal dari pemecahan suatu protein yang mengandung sulfur dan dulfat tinggi oleh suatu mikroba alam. Padatan yang terlarut tersebut menyebabkan air menjadi keruh dengan kandungan zat organik atau zat tersuspensi (Ratnani, 2011). Pada pengambilan sampel di pabrik tahu Sumedang dapat dilihat di Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pengambilan Sampel

Pada air limbah pabrik tahu Sumedang menghasilkan pengujian pertama yang ada di H0 sebesar 15 mg/L, dalam penelitian sebelumnya (Vidyawati, 2019), menguji kualitas limbah industri tahu dengan menghasilkan 15,91 mg/L. Hal tersebut juga dilakukan di pengambilan inlet pengolahan air limbah industri tahu. Pada penelitian tersebut kadar parameter Nitrat yang ada di limbah industri tahu dibawah baku mutu yaitu < 20 mg/L.

Air limbah industri tahu ini memiliki kandungan yaitu protein, karbohidrat dan lemak, yang akan mengalami perombakan oleh mikroorganisme pengurai. Bahan organik ini diubah menjadi glukosa, asam lemak, asam amino dan gliserol. Asam amino ini dihasilkan karena berbagai protein yang dirombak menjadi nitrogen amonia dan senyawa karboksil lalu dioksidasi menuju nitrit. Sisa oksigen yang tersedia akan dioksidasi menuju ke nitrat. Kandungan Nitrat yang ada di air limbah tahu ini tinggi walaupun tidak melebihi baku mutu, namun dapat menyebabkan lingkungan tidak baik (Irmato, 2019). Dengan penurunan daya dukung lingkungan yang menyebabkan suatu kematian organisme air yang disebabkan karena alga blooming dalam perhambatan pertumbuhan suatu tanaman air yang akan menimbulkan bau yang sangat busuk (Nugraha, 2014). Maka dengan adanya pengolahan sederhana menggunakan *eco-enzyme* yang ramah lingkungan dapat mengurangi kadar nitrat yang ada..

4.2 Pengamatan Karakteristik *Eco-Enzyme*

Pada penelitian menggunakan *eco-enzyme* yang berasal dari limbah kulit jeruk dan kulit nanas. Fermentasi yang dilakukan selama 3 bulan. Dalam minggu pertama wadah dipantau dengan dibuka secara berkala selama 5-10 menit untuk mengeluarkan gas yang terperangkap di dalam wadah. Pada pengamatan minggu pertama dapat dilihat di Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Gas yang Terbentuk Selama Fermentasi

Karakteristik *eco-enzyme* memiliki kandungan yang sangat tinggi zat organik, hal tersebut digunakan untuk pengolahan terdesentralisasi yang ada di air limbah dalam mengolah effluent untuk mempertahankan nilai pH yang ada di badan air (Nazim, 2018). *Eco-enzyme* bersifat asam karena memiliki kandungan asam asetat dan asam sitrat yang tinggi, hal tersebut dapat mempengaruhi suatu pH yang bersifat asam. Suatu asam disebabkan karena dari faktor fermentasi yang dilakukan proses karbohidrat (buah-buahan) diubah menjadi asam volatile organik yang larut (Sutrisno, 2023). *Eco-enzyme* memiliki kandungan asam asetat yang dapat membunuh suatu kuman, bakteri hingga virus.

Dengan memiliki warna yang coklat gelap, memiliki rasa asam manis yang kuat dari aroma yang dihasilkan sedangkan untuk tekstur berupa cair dan ampas. Untuk cairan sedikit kental yang dapat digunakan untuk menurunkan parameter yang ada di air limbah dan untuk ampas terbuat dari kulit buah menjadi melembek yang berguna untuk pupuk organik (Nurwiyoto, 2024). Pada *eco-enzyme* menghasilkan Nitrat, namun sebagai sumber nutrient untuk membunuh bakteri (Meika, 2022).

Fungsi *eco-enzyme* digunakan untuk mempercepat suatu degradasi yang menggunakan waktu yang singkat, dalam proses *eco-enzyme* dilakukan pembusukan, penyusunan ulang dan mengubah suatu katalis. Hal tersebut digunakan untuk pengolahan air limbah dengan biaya yang terjangkau dan cepat dalam suatu proses degradasi suatu zat organik (Selvakumar, 2018). *Eco-enzyme*

yang dihasilkan dari enzim akan menghidrolisis suatu ikatan rantai karbon pada molekul yang menyebabkan karbohidrat kompleks maupun sederhana untuk lebih mudah larut dalam 5 hari perlakuan (Sutrisno, 2023).

Eco-enzyme mengandung alkohol dan asam asetat. Eco-enzyme merupakan hasil dari aktivitas enzim yang terkandung di dalam bakteri atau fungi. Pada proses fermentasi dihasilkan gas CO_3 . Gas CO_3 dapat membantu proses pembersihan udara di atmosfer akibat global warming (Suprayogi & Asra, 2022). Selama proses fermentasi, karbohidrat yang ada diubah menjadi asam volatile dan asam organik yang menyebabkan pH menjadi asam. Pada kulit buah memiliki kandungan enzim yang memupai fungsi untuk mengurangi atau menghambat pathogen, mengekstrak enzim ekstraseluler ke dalam suatu air limbah yang dicampurkan selama fermentasi. Dalam proses fermentasi glukosa dirombak untuk menghasilkan asam piruvat. Asam piruvat dalam kondisi anaerob akan mengalami penguraian oleh piruvat dekarboksilase menjadi etanol dan karbondioksida, yang mana menghasilkan bakteri acetobacter akan berubah alkohol menjadi asetaldehid dan air yang selanjutnya akan diubah menjadi asam asetat (Septiani & Najmi, 2021). Eco-enzyme mengandung asam laktat yang berasal dari fermentasi buah-buahan ,sayuran dan makanan.

Pada minggu ke 1 - 4 (Oktober) terjadi perubahan warna menjadi kuning pekat dengan ampas buah masih mengambang. Pada minggu ini sudah terjadi gas yang keluar, namun bau yang dihasilkan memiliki khas *eco-enzyme* (bau segar). Dapat dilihat pada Gambar 4.5.





Gambar 4. 5 eco-enzyme pada minggu 1- 4

Pada minggu ke 5 (November) terjadi perubahan warna menjadi lebih coklat pekat, dengan ampas buah sudah mulai mengendap. Bau yang dihasilkan asam lebih menyengat, namun khas *eco-enzyme*. Dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 eco-enzyme pada minggu ke 5

Pada minggu ke 6 – 11 (November-Desember) terjadi perubahan warna menjadi coklat pekat, dengan ampas kulit buah mengendap. Bau asam khas *eco-enzyme* menjadi sangat kuat. Dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 eco-enzyme pada minggu ke 6 - 11

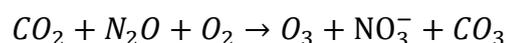
Pada penelitian ini dilakukan dengan memberikan konsentrasi ke air limbah dalam bentuk 9%, 17% dan 23% dengan rentang waktu pengujian hari ke 0 hingga hari 15. pH yang dihasilkan *eco-enzyme* yaitu sekitar 4. Menurut (Rochyani, 2020) pH *eco-enzyme* cenderung asam karena bahan pembuatan *eco-enzyme* dengan menggunakan molase bersifat asam. Hasil penelitian sebelumnya *eco-enzyme* bersifat asam dengan pH 3-4. Dalam *eco-enzyme* mengandung asam asetat yang merupakan senyawa organik dengan kandungan asam karboksilat yang menyebabkan penurunan kandungan nitrat, asam asetat ini dihasilkan melalui metabolisme yang secara alami terdapat dikulit buah selama fermentasi pada suatu kondisi anaerob (Larasti, 2020). Menurut (Pradnyandari, 2019) selama proses fermentasi yang dilakukan dengan hasil sukrosa yang akan mengubah alkohol dan berlanjut menjadi asam asetat. Pengambilan *eco-enzyme* setelah 3 bulan dilakukan fermentasi dapat dilihat di Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 Pengambilan eco-enzyme

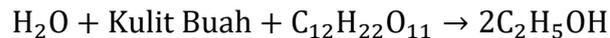
pH yang dihasilkan oleh *eco-enzyme* bersifat asam dengan menunjukkan kategori dibawah 4, dengan memenuhi standar baik dalam pembuatan *eco-enzyme* (Putra & Suyas, 2022). Menurut (Rasit, 2019) bahwa semakin besar asam organik yang terkandung di dalam *eco-enzyme*, maka pH yang dihasilkan pada *eco-enzyme* semakin rendah. Karena kategori asam berasal dari indikator keasaman asam organik. Sedangkan menurut (Nugrahani, 2021) asam asetat didapat dari proses fermentasi buah yang memiliki karbohidrat tinggi. Menurut (Muninggar, 2020) ekoenzim memiliki kandungan gugus karboksilat dengan proses esterifikasi sehingga menghasilkan asam asetat. Oleh karena itu, ekoenzim memiliki pH yang rendah dikarenakan adanya kandungan asam asetat yang tinggi (Etienne, 2013). Pada penelitian sebelumnya, (Rochyani, 2020) pengukuran pH yang ada di *eco-enzyme* bersifat asam yaitu 3,15 dan 3,29. Pada kandungan Nitrat yang berada di *eco-enzyme* yaitu 0,024 mg/L. Pada penelitian sebelumnya, (Dwi, 2023) mengukur kualitas air limbah dengan *eco-enzyme* melihat kadar Nitrat yaitu sebesar 1,62 mg/L.

Proses mekanisme *eco-enzyme* dalam fermentasi pembuatan terjadi reaksi kimia yang berlangsung yaitu:

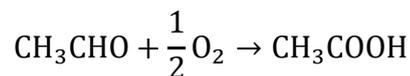
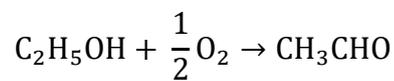


Proses reaksi tersebut yaitu karbondioksida (CO_2), air (N_2O) dan oksigen (O_2) menjadi ozon (O_3), nitrat (NO_3^-) dan karbon trioksida (CO_3). Fungsi dari eco

enzyme ini antara lain menguraikan, menyusun, mengubah dan mengkatalis (Suprayogi & Asra, 2022). Digunakan sebagai pemurnian udara atau menghilangkan bau udara dan air beracun terlarut. Pada proses fermentasi eco enzyme, terbentuk kandungan konsentrat desinfektan karena adanya alkohol atau senyawa kimia yang bersifat asam. Campuran reaksi kimia yaitu :



Proses reaksi tersebut yaitu air (H_2O), kulit buah dan gula merah ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) dapat menghasilkan alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) (Sihite, 2024). Pada proses ini dilakukan reaksi yaitu pengubahan alkohol menjadi asam asetat :



Proses reaksi tersebut yaitu alkohol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) dan oksigen (O_2) menjadi asetaldehid (CH_3CHO), lalu asetaldehid (CH_3CHO) dan oksigen (O_2) menjadi asam asetat (CH_3COOH). Proses ini yang dapat mempengaruhi suatu nitrat karena kandungan asam asetat (CH_3COOH) pada eco-enzyme dapat membunuh kuman, virus dan bakteri. Sehingga dapat mengurangi berbagai parameter pencemar yang mencemari lingkungan termasuk nitrat (Widiani & Nivitasari, 2023).

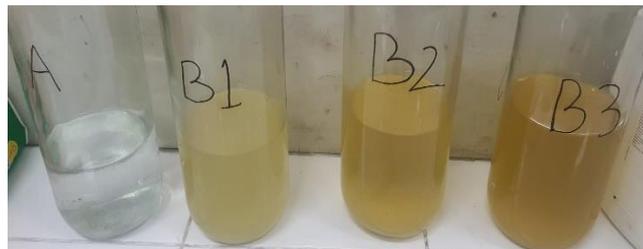
4.3 Hasil Pengujian serta Analisis Parameter Fisika dan Kimia

Pada pengujian ini digunakan parameter kimia untuk mengetahui kualitas air limbah Pabrik Tahu Sumedang dengan menggunakan bau, warna, derajat keasamaan (pH) dan Nitrat (NO_3^-) sebagai parameter pengujiannya.

4.3.1 Bau dan Warna

Pada pengujian Nitrat dilakukan dari ke 0 hingga hari ke 15, kondisi fisik yang terlihat untuk sampel air limbah tanpa ada penambahan *eco-enzyme* terlihat semakin hari adanya ampas dari air limbah namun tidak mengendap. Untuk sampel air limbah dengan penambahan *eco-enzyme* 17% dan 23% tidak adanya

perubahan dari awal, namun untuk konsentrasi 9% terdapat perubahan pada hari ke 13, dengan munculnya ampas yang mengambang. Hal tersebut menyebabkan peningkatan parameter Nitrat yang terjadi di konsentrasi 9%. Untuk bau yang ada di sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* semakin hari semakin bau busuk. Untuk sampel penambahan *eco-enzyme* 9%, 17% dan 23% bau yang timbul bau asam atau aroma bahan organik dan segar khas *eco-enzyme*. Warna yang terlihat dalam sampel tanpa *eco-enzyme* dengan bening, namun untuk sampel yang ada penambahan *eco-enzyme* konsentrasi 9% berwarna kuning bening, untuk konsentrasi 17% dan 23% berwarna kuning namun lebih keruh dibanding konsentrasi 9%. Untuk warna setelah percampuran air limbah dan *eco-enzyme*, semakin *eco-enzyme* lebih banyak. Maka warna yang diberikan menjadi kuning pekat. Dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4. 9 Warna Sampel Pengujian

Bau yang ditimbulkan berasal dari sumber dengan pertumbuhan suatu algae dan suatu kontaminan di air limbah oleh bahan organik yang mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme air, dengan sifatnya yang cenderung asam maka akan melepaskan suatu zat yang dapat menguap dan mengakibatkan bau busuk (Hastuti, 2019). Bau dari sampel A dan C menghasilkan bau busuk yang berasal dari proses perendaman dan pencucian yang menghasilkan air sisa yang dapat mengandung bahan organik dan padatan tersuspensi (Nurwini, 2017). Sedangkan bau sampel B1-E3 menghasilkan bau segar khas *eco-enzyme* yang bersifat asam. disebabkan karena dari faktor fermentasi yang dilakukan proses karbohidrat (buah-buahan) diubah menjadi asam volatile organik yang larut (Sutrisno, 2023). Bau yang segar khas *eco-enzyme* ini berasal dari fermentasi

suatu bakteri asam laktat yang ditemukan kandungan bahan organik yang tinggi berasal dari buah-buahan (Rukmini, 2023).

Warna yang dihasilkan kuning yang dihasilkan penambahan *eco-enzyme* dikarenakan penambahan *eco-enzyme* yang berwarna sebelumnya warna kuning dan ada penambahan aktivitas yang membuat jumlah polutan yang ada di air. Warna pada sampel A dan C memiliki kejernihan, karena ada suatu proses pengenceran yang dilakukan pada air limbah tahu menjadi 100x pengenceran. Warna awal air limbah tahu berwarna putih susu dan memiliki busa, setelah dilakukan pengenceran menjadi bening. Sedangkan untuk warna B dan E memiliki warna kuning menuju coklat. Hal tersebut dikarenakan adanya percampuran *eco-enzyme* dan air limbah tahu, dimana *eco-enzyme* memiliki warna kuning menuju coklat. Warna berasal dari kekeruhan dari limbah dengan penanda adanya mikroorganisme dalam jumlah besar (Sucipto, 2019). Dibandingkan dengan peneliti terdahulu (Salma, 2022) pada warna *eco-enzyme* yang didapatkan cenderung coklat karena pemakaian kulit buah pepaya yang mengandung flavonoid.

4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah kondisi asam dan basa yang ada diperairan dimana dapat dimanfaatkan untuk indeks kualitas lingkungan (Rosdyantoto, 2022). Pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah Industri Tahu untuk nilai pH yaitu 6-9. Untuk nilai pH pada air limbah Pabrik Tahu Sumedang dapat dilihat pada Tabel 4.2. dan Gambar 4.10.

Tabel 4. 2 Konsentrasi pH Selama 15 Hari

Hari	pH								Baku Mutu
	A	B1	B2	B3	C	E1	E2	E3	
0	6	4	4	3	6	4	4	3	6-9
3	6	4	4	3	6	4	4	3	
5	6	4	3	3	6	4	3	3	
7	6	4	3	3	6	4	3	3	
9	6	4	3	3	6	4	3	3	
11	7	3	3	3	7	3	3	3	
13	7	3	3	3	7	3	3	3	
15	7	3	3	3	7	3	3	3	

Keterangan :

A : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

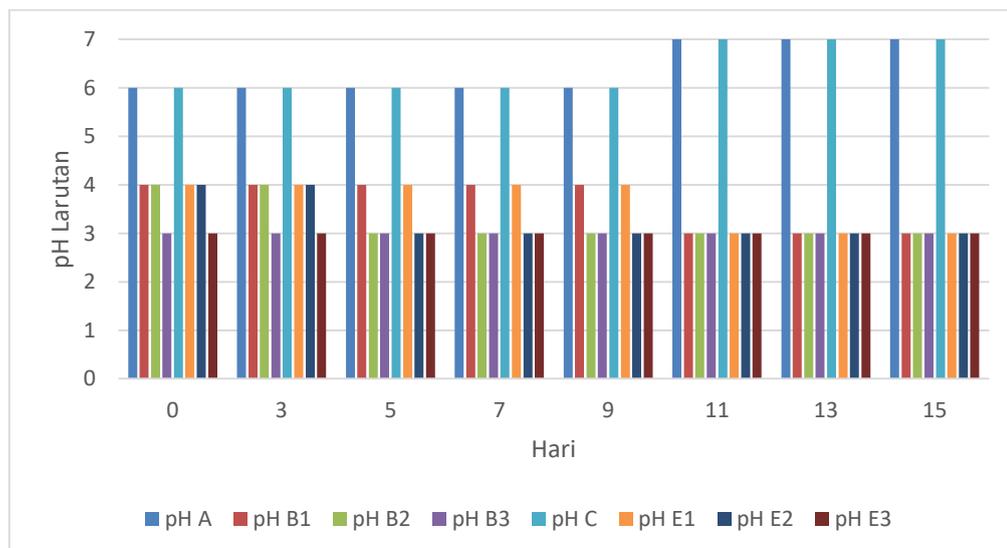
B3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

C : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

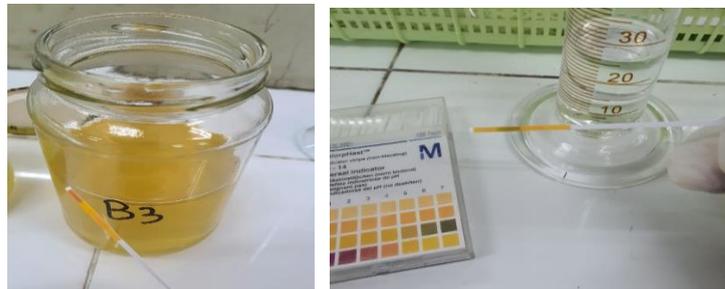
E2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)



Gambar 4. 10 Konsentrasi pH Selama 15 Hari

Dari hasil data yang telah diambil mengenai pH air limbah di pabrik tahu Sumedang (A dan C) memiliki nilai sekitar 6-7 pada hari ke 0 hingga hari ke 15 dengan rata-rata nilai pH 6,38. Untuk pH penambahan konsentrasi *eco-enzyme* memiliki nilai pH sekitar 3-4 pada hari ke 0 hingga hari ke 15 kadar konsentrasi pH pada 9% (B1 dan E1) memiliki nilai pH 3,57, untuk konsentrasi pH pada 17% (B2 dan E2) memiliki nilai pH 3,14 dan untuk konsentrasi pH pada 23% (B3 dan E3) memiliki nilai pH 3. Untuk nilai pH pada (A dan C) memenuhi baku mutu, sedangkan untuk nilai pH (B1,B2,B3 dan E1,E2,E3) tidak memenuhi baku mutu yang dapat mencemari lingkungan. Dalam pengukuran pH ini dilakukan dengan Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 Pengujian pH

Nilai pH pada (A dan C) memenuhi baku mutu yang semakin hari menjadi netral. Menurut (Mita, 2016) bahwa nilai pH naik disebabkan karena beberapa faktor seperti adanya suatu aktivitas biologi yang memicu suatu kenaikan pH. Aktivitas biologi ini dikarenakan proses penguraian bahan organik terhadap nutrient yang diberikan kedalam sumber mikroorganismenya. Pada nilai pH yang tinggi dikarenakan adanya proses biodegradasi suatu air yang dilakukan mikroorganismenya (Putri M, 2021). pH yang tinggi akan mengakibatkan proses nitrifikasi. pH naik yang terjadi pada sampel A dan C karena tidak adanya penambahan koagulan, jadi tidak ada proses hidrolisa dalam air (Rusdi, 2014). Dan juga karena adanya aktivitas bakteri yang dapat mengkonversi suatu asam organik menjadi senyawa amoniak dan karbon dioksida (Ratna, 2017)

Sedangkan untuk nilai pH asam (B1,B2,B3 dan E1,E2,E3) tidak memenuhi baku mutu (terlalu asam) yang dapat mencemari lingkungan

disebabkan karena adanya asam asetat dari sebuah pembuatan *eco-enzyme*. Asam asetat ini merupakan senyawa organik yang dapat mengandung suatu asam karboksilat yang tidak berwarna dan memiliki bau yang menyengat. Pada saat fermentasi aroma asam yang dihasilkan ini secara alami didapatkan melalui sisa kulit buah. Menurut (Pradnyandari, 2019) selama proses fermentasi akan menghasilkan sukrosa yang akan mengubah ke alkohol dan berlanjut menjadi asam asetat, hal tersebut mampu menurunkan kadar pH menjadi asam karena mengandung asam organik yang sangat tinggi. Menurut (Etienne, 2013) bahwa penambahan *eco-enzyme* dapat memiliki pH yang rendah karena memiliki kandungan asam organik dari asam sitrat dan asam asetat yang sangat tinggi. Menurut (Rasit, 2019) bahwa semakin besar asam organik yang terkandung di dalam *eco-enzyme*, maka pH yang dihasilkan pada *eco-enzyme* semakin rendah. Selama proses fermentasi, karbohidrat diubah menjadi asam volatil dan asam organik yang ada dalam limbah juga larut dalam larutan fermentasi karena pH asam alami dari enzim limbah. Dalam pH yang membuat asam disebabkan oleh kandungan bahan organik dari molase (mengandung gula dan asam organik) dan sisa kulit buah (Gaspersz & Fitrihidajati, 2022). Menurut (Rani, 2020) bahwa pengenceran *eco-enzyme* dapat mempengaruhi kenaikan pada pH yang menuju netral. Nilai pH yang dihasilkan asam berasal dari penggunaan larutan asam yang keberadaannya digunakan untuk mengumpalkan sari kedelai hingga menjadikan bentuk tahu (Kesuma, 2013). Pada penelitian sebelumnya menurut (Salma, 2022) bahwa nilai pH setelah ditambahkan *eco-enzyme* yaitu 5 yang memiliki sifat asam. Sedangkan pH yang berasal dari air limbah tahu lebih optimum yaitu pH 8.

4.3.3 Nitrat (NO_3^-)

Nitrat merupakan senyawa nitrogen yang tidak bersifat toksik terhadap organisme akuatik yang dapat digunakan sebagai indikator kesuburan dan kualitas suatu perairan tanpa berlebihan (Putri, 2021). Menurut (Adawiah, 2021) bahwa nitrat dapat terbentuk ketika proses suatu nitrifikasi dengan proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat. Hal tersebut dikarenakan kondisi suatu aerob yang berjalan optimal pada pH 7. Berikut konsentrasi Nitrat yang ada di air

limbah Pabrik Tahu Sumedang pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.12.

Tabel 4. 3 Konsentrasi Nitrat selama 15 hari

Hari	NIRAT (mg/L)							Baku Mutu
	A& C	B1& E1	Efisiensi Removal (B1 & E1)	B2& E2	Efisiensi Removal (B2 & E2)	B3& E3	Efisiensi Removal (B3 & E3)	
0	15	8	45%	8	46%	6	60%	20
3	19	7	64%	5	72%	5	76%	20
5	21	6	72%	2	93%	<0,0 40	100%	20
7	23	5	81%	<0,0 40	100%	<0,0 40	100%	20
9	25	2	94%	<0,0 40	100%	<0,0 40	100%	20
11	29	<0,04 0	100%	<0,0 40	100%	<0,0 40	100%	20
13	30	2	95%	<0,0 40	100%	<0,0 40	100%	20
15	34	<0,04 0	100%	<0,0 40	100%	<0,0 40	100%	20

Pada nilai Nitrat dengan hasil 0 memiliki arti bahwa < LoD (0,040 mg/L) dan < LoQ (0,133 mg/L).

Keterangan :

A : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

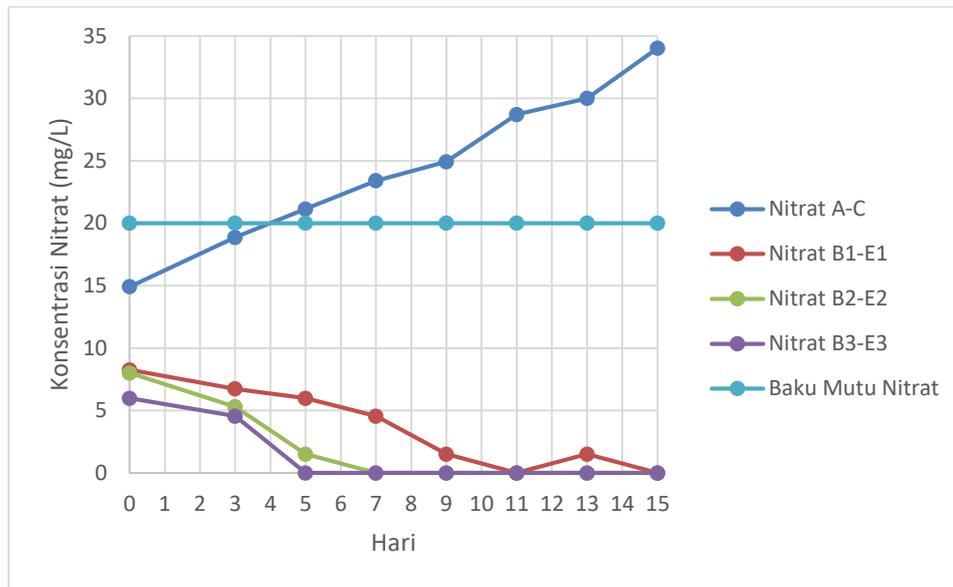
B3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

C : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)



Gambar 4. 12 Konsentrasi Nitrat selama 15 hari

Keterangan :

A : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

C : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E1 : Sampel air limbah + 9 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E2 : Sampel air limbah + 17 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E3 : Sampel air limbah + 23 % *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

Perhitungan konsentrasi Nitrat:

- **Perhitungan Kadar Nitrat (NO₃-N)**

A-B

Keterangan :

A = Kadar NO₃ dari kolom reduksi

B = Kadar NO₃ tanpa melewati kolom reduksi

- **A-C**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= 18,9 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\ &= 18,9 \text{ mg/L} \\ &= 19 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- **B1-E1**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= 6,74 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\ &= 6,74 \text{ mg/L} \\ &= 7 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- **B2-E2**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= 5,98 \text{ mg/L} - 0,68 \text{ mg/L} \\ &= 5,30 \text{ mg/L} \\ &= 5 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- **B3-E3**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= 5,23 \text{ mg/L} - 0,68 \text{ mg/L} \\ &= 4,55 \text{ mg/L} \\ &= 5 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

- **Efisiensi Removal**

$$\text{Eff} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

- **B1-E1**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= \frac{19-7}{19} \times 100\% \\ &= 64\%\end{aligned}$$

- **B2-E2**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= \frac{19-5}{19} \times 100\% \\ &= 72\%\end{aligned}$$

- **B3-E3**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= \frac{19-5}{19} \times 100\% \\ &= 76\%\end{aligned}$$

Data yang dihasilkan memperoleh nilai 0, memiliki arti bahwa hasil perhitungan Nitrat yang diperoleh $< \text{LoD}$ (0,040 mg/L) dan $< \text{LoQ}$ (0,133 mg/L). Pada (B1 dan E1) di hari ke 11 dan 15 menghasilkan kadar Nitrat $< 0,040$ mg/L. Untuk (B2 dan E2) dihari ke 7 hingga ke 15 menghasilkan kadar Nitrat $< 0,040$ mg/L, sedangkan (B3 dan E3) di hari ke 5 hingga ke 15 menghasilkan kadar Nitrat $< 0,040$ mg/L.

Dari data pengukuran senyawa nitrat yang dilakukan pengujian air limbah di Pabrik Tahu Sumedang (A dan C) memiliki kadar Nitrat sekitar 15-34 mg/L. Dari hari ke 0 hingga hari ke 15 terjadi kenaikan. Senyawa nitrat yang dilakukan pengujian dengan penambahan dosis *eco-enzyme* kedalam air limbah sebesar 9% (B1 dan E1) memiliki kadar Nitrat sekitar ($< 0,040$)-8 mg/L. Dari hari ke 0 hingga hari ke 11 terjadi penurunan kadar Nitrat, namun saat hari ke 13 terjadi kenaikan kadar Nitrat lalu menurun lagi di hari ke 15. Dari hasil pengujian terdapat penurunan tertinggi ada di hari ke 11 dan 15 dengan nilai ($< 0,040$) mg/L dengan persentase removal 100% sedangkan untuk penurunan terendah ada di hari 0 dengan nilai 8 mg/L dengan persentase removal 45%. Senyawa nitrat yang dilakukan pengujian penambahan dosis *eco-enzyme* kedalam air limbah sebesar 17% (B2 dan E2) memiliki kadar Nitrat sekitar ($< 0,040$)-8 mg/L. Dari hari ke 0 hingga hari ke 15 terjadi penurunan kadar Nitrat. Dari hasil pengujian terdapat penurunan dari hari ke 7-15 dengan nilai ($< 0,040$) mg/L dengan persentase removal 100% sedangkan untuk penurunan terendah ada di hari 0 dengan nilai 8 mg/L dengan persentase removal 45%. Senyawa nitrat yang dilakukan pengujian penambahan dosis *eco-enzyme* kedalam air limbah sebesar 23% (B3 dan E3) memiliki kadar Nitrat sekitar ($< 0,040$)-6 mg/L. Dari hari ke 0 hingga hari ke 15 terjadi penurunan kadar Nitrat. Dari hasil pengujian terdapat penurunan di hari ke 5-15 dengan nilai ($< 0,040$) mg/L dengan persentase removal 100% sedangkan untuk penurunan terendah ada di hari 0 dengan nilai 6 mg/L dengan persentase removal 60%. Dari hasil pengujian penambahan *eco-enzyme* 9%, 17% dan 23% terdapat penurunan tertinggi ada di hari ke 5 dengan nilai ($< 0,040$) mg/L untuk kadar konsentrasi penambahan *eco-enzyme* sebesar 23% dalam waktu yang efisien untuk semua konsentrasi *eco-enzyme*, karena terjadi penurunan yang

sangat pesat dan tidak ada kenaikan kadar Nitrat sedangkan untuk penurunan terendah ada di hari 3 karena penurunan belum 100%. Parameter Nitrat dosis penambahan *eco-enzyme* yang paling efisien yaitu konsentrasi ke 23%, karena terjadi penurunan dari hari ke 5-15 yang sangat pesat dengan kadar Nitrat (<0,040) mg/L. Pada pengujian terlihat pada Gambar 4.13. Sedangkan untuk pengujian yang mengalami kenaikan terdapat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 13 Pengujian parameter Nitrat di hari 0-11



Gambar 4. 14 Pengujian parameter nitrat di hari ke 13



Gambar 4. 15 Setelah penambahan pewarna untuk dilakukan pembacaan absorpsi

Keterangan :

A : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B1 : Sampel air limbah + 9% *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B2 : Sampel air limbah + 17% *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

B3 : Sampel air limbah + 23% *eco-enzyme* (Masuk Kolom)

C : Sampel air limbah tanpa *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E1 : Sampel air limbah + 9% *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

E2 : Sampel air limbah + 17% *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

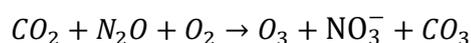
E3 : Sampel air limbah + 23% *eco-enzyme* (Tidak Masuk Kolom)

Sumber air limbah industri tahu yang memiliki kadar Nitrat berasal dari suatu proses perendaman kedelai, pencucian kedelai, penyaringan ampas tahu dan pengumpulan air bekas penyaringan. Dalam 1 kg bahan baku dari kedelai membutuhkan 45 liter air dengan hasil limbah cair sekitar 43,5 L, limbah tersebut mengandung bahan organik protein 40%-60%, karbohidrat 25%-50% dan lemak 10% yang akan mencemari lingkungan dengan adanya kandungan Nitrat (Wardana, 2014). Pembuatan tahu yang menggunakan penambahan bahan untuk penggumpalan berupa asam seperti asam cuka (CH_3COOH), larutan bibit tahu (larutan perasa tahu yang diendapkan satu malam) dan ($\text{CaSO}_4\text{NH}_2\text{O}$). Pada penambahan bahan tersebut yang dapat membuat pertumbuhan kadar Nitrat dengan kandungan bahan organik, jika langsung dibuang menuju perairan akan menurunkan daya dukung lingkungan yang ada di perairan (Sayow, 2020).

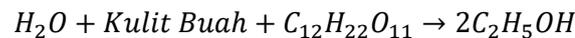
Pada hari ke 13 untuk sampel air dengan penambahan *eco-enzyme* terjadi peningkatan, hal tersebut dikarena ada ampas tahu yang mengambang di sampel. Menurut (Salma, 2022) bahwa kenaikan konsentrasi nitrat disebabkan proses fermentasi yang ada di *eco-enzyme* dengan kandungan organik terurai sehingga menghasilkan ammonia dan asam lemak yang menguap. Terjadinya suatu proses adanya penguraian ammonia menjadi nitrat yang tidak berjalan karena adanya akumulasi nitrit sebagai kerja Nitrobacter yang terganggu, maka nitrat tidak dapat terurai dengan sempurna (Mado, 2023). Meningkatnya kandungan nitrat karena adanya proses masuknya zat hara yang menyebabkan tumbuhnya alga yang

menimbulkan *eutrofikasi* (Zulfia, 2018). Adanya penurunan kadar asam asetat yang ada didalam sampel dan menyebabkan pembentukan protein (Damayanti, 2023).

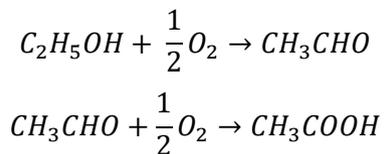
Percampuran *eco-enzyme* kedalam air limbah Pabrik Tahu dapat menurunkan kadar Nitrat, hal tersebut dikarenakan adanya Nitrat yang direduksi menjadi Nitrit menuju ke amonia oleh beberapa jumlah bakteri yang berasal dari *eco-enzyme*. Bakteri ini berasal dari kandungan enzim emilase, lipase dan tripsin yang digunakan sebagai biokatalisator untuk dapat menurunkan jumlah konsentrasi polutan nitrat (Wulandar, 2024). Menurut (Salma, 2022) bahwa penurunan konsentrasi nitrat dikarenakan bahan organik mengalami penurunan sehingga mikroba mengalami penurunan pertumbuhan. Menurut (Fadlurrahman & Aznury, 2022) bahwa *eco-enzyme* dapat memurnikan air dengan mentralisat pH dan mereduksi dengan proses nitrifikasi yang mengoksidasi ammonia menjadi nitrit, kemudian menjadi nitrat. Dalam *eco-enzyme* mengandung asam asetat yang merupakan senyawa organik dengan kandungan asam karboksilat yang menyebabkan penurunan kandungan nitrat, asam asetat ini dihasilkan melalui metabolisme yang secara alami terdapat dikulit buah selama fermentasi pada suatu kondisi anaerob (Larasti, 2020). Penurunan nitrat terjadi dengan reaksi biokimia karena fermentasi dari *eco-enzyme* yang memiliki kandungan enzim amilase, protease dan lipase yang terdapat di kulit buah selama fermentasi yang bertindak sebagai katalis untuk mempercepat penguraian bahan organik yang ada di air limbah. (Widyastuti, 2022). *Eco-enzyme* memiliki mikroorganisme baik yaitu *Lactobasillus*, *Asotobacter* *Xylinum*, Jamur Ragi/Khamir dan Bakteri Asam Laktat yang terjadi selama fermentasi *eco-enzyme* (Arun & Sivachanmugam, 2015). Mikroorganisme ini membutuhkan nutrisi untuk pertumbuhan yang cepat (Widiani & Nivitasari, 2023). Dimana pertumbuhan yang cepat dengan mengambil dari sampel limbah yang mengandung nitrat. Bahwasanya, nitrat merupakan suatu nutrient yang bagus untuk tanaman di perairan. Maka dengan mikroorganisme tersebut memakan sebuah nutrient pada nitrat, akan terjadi pengurangan kadar nitrat (Sahil & Kerker, 2020). Ekoenzim teridentifikasi mereduksi nilai nitrat. roses fermentasi pembuatan *eco enzyme* terjadi reaksi kimia yang berlangsung yaitu:



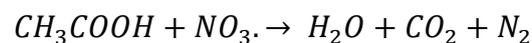
Proses reaksi tersebut yaitu karbondioksida (CO_2), air (H_2O) dan oksigen (O_2) menjadi ozon (O_3), nitrat (NO_3^-) dan karbon trioksida (CO_3). Fungsi dari eco enzyme ini antara lain menguraikan, menyusun, mengubah dan mengkatalis (Suprayogi & Asra, 2022). Digunakan sebagai pemurnian udara atau menghilangkan bau udara dan air beracun terlarut. Pada proses fermentasi eco enzyme, terbentuk kandungan konsentrasi desinfektan karena adanya alkohol atau senyawa kimia yang bersifat asam. Campuran reaksi kimia yaitu :



Proses reaksi tersebut yaitu air (H_2O), kulit buah dan gula merah ($C_{12}H_{22}O_{11}$) dapat menghasilkan alkohol (C_2H_5OH) (Sihite, 2024). Pada proses ini dilakukan reaksi yaitu pengubahan alkohol menjadi asam asetat :

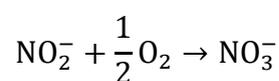


Proses reaksi tersebut yaitu alkohol (C_2H_5OH) dan oksigen (O_2) menjadi asetaldehid (CH_3CHO), lalu asetaldehid (CH_3CHO) dan oksigen (O_2) menjadi asam asetat (CH_3COOH). Proses ini yang dapat mempengaruhi suatu nitrat karena kandungan asam asetat (CH_3COOH) pada eco-enzyme dapat membunuh pathogen (mikroorganisme yang merugikan). Sehingga dapat mengurangi berbagai parameter pencemar yang mencemari lingkungan termasuk nitrat (Widiani & Nivitasari, 2023).



Pada reaksi ini yaitu asam asetat (CH_3COOH) dan nitrat (NO_3^-) menjadi air (H_2O), karbondioksida (CO_2) dan Gas nitrogen (N_2). Gas nitrogen yang dihasilkan akan dilepas menuju atmosfer, sehingga dapat menjaga ketersediaan senyawa nitrogen yang ada di atmosfer.

Reduksi ini terjadi dari proses nitrifikasi yang mengoksidasi ammonia (NH_3) atau ammonium (NH_4^+) menjadi nitrit, lalu menjadi nitrat (Hamonangan & Yuniarto, 2022). Dengan tahapan oksidasi ion nitrit menjadi ion nitrat (NO_3^-) oleh bakteri nitrobacter dalam reaksi :





Proses yang terjadi yaitu nitrit (NO_2^-) ditambah oksigen (O_2) menjadi nitrat (NO_3^-). Selanjutnya bisa menggunakan ammonia (NH_4^+) ditambah oksigen (O_2) akan menjadi nitrat (NO_3^-), hydrogen positif (H^+) dan air (H_2O).

Pada proses nitrifikasi merupakan reaksi oksidasi dalam proses pembentukan suatu nitrat dari ammonia. Proses ini melibatkan beberapa bakteri pengoksidasi ammonia yang bersifat heterotrofik. Mikroorganisme yang termasuk bakteri heterotrofik yaitu fungi (*Aspergillus*) dan Bakteri (*Algacigenes*, *Arthrobacter* spp dan *Actinomycetes*). Bakteri tersebut menggunakan senyawa organik seperti pada asam asetat, piruvat dan oksaloasetat sebagai sumber karbon yang ada (Hastuti, 2011). Dimana jika nitrat yang berada di perairan dengan kandungan yang berlebih. Maka harus membutuhkan O_2 yang cukup besar, namun terjadi penurunan oksigen di dalam perairan tersebut (Marsidi & Herlambang, 2002) Hal tersebut terjadi karena kondisi eutrofikasi saat kelebihan nutrient yang berasal dari kandungan nitrat.

Pada proses denitrifikasi adalah proses diubahnya nitrat (NO_3^-) menjadi gas nitrogen yang lepas ke atmosfer. Proses ini merupakan proses pendegradasi senyawa nitrogen dalam kondisi tidak ada oksigen atau anaerob (Hastuti, 2011). Yang terjadi pada reaksi berikut :



Proses yang terjadi yaitu nitrat (NO_3^-), electron negative (e^-) dan hydrogen positif (H^+) menjadi gas nitrogen (N_2) dan air (H_2O). Gas nitrogen (N_2) yang dihasilkan akan dilepas menuju atmosfer, sehingga dapat menjaga ketersediaan senyawa nitrogen yang ada di atmosfer dan perairan.

Kadar nitrat yang berasal dari air limbah industri tahu harus diturunkan karena dapat menyebabkan eutrofikasi sehingga mencemari lingkungan. Konsentrasi nitrat yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton (tumbuhan air dengan ukuran mikro yang hidup melayang di air) yang berlebih, sehingga dapat menyebabkan alga yang berbahaya berkembang biak dalam jumlah besar (blooming) (James & Martin, 1997). Fitoplankton ini memerlukan cahaya matahari dan nutrisi yang cukup untuk tumbuh, namun jika terdapat

kelebihan nutrisi maka akan berkembang biak menjadi cepat. Dan mengakibatkan kondisi perairan berubah menjadi kehijauan, keruh, dan berbau tidak sedap. Fitoplankton yang baik untuk perairan sekitar >15.000 ind/L (Aminah & Nuraini, 2020). Perairan yang telah tercemar ini tentunya dapat membuat berbagai ekosistem makhluk hidup di dalamnya mati karena kurangnya oksigen. Peningkatan populasi fitoplankton dapat menjadikan ledakan yang diikuti fitoplankton beracun (Gurning & Nuraini, 2020).

Eutrofikasi kultural adalah eutrofikasi yang dipengaruhi oleh limbah penduduk, limbah pertanian, limbah industri dan sebagainya. Eutrofikasi karena ulah manusia ini bisa berlangsung lebih cepat dibandingkan eutrofikasi alamiah yang bisa memakan waktu hingga ribuan tahun (Irmato, 2019). Konsentrasi nitrat yang tinggi dapat mempengaruhi pertumbuhan fitoplankton karena fitoplankton dapat memakan penggunaan NO_3 rata-rata $42,13$ mg/l/ m_2 /hari (James & Martin, 1997). Dampak Eutrofikasi yaitu melimpahnya Nutrisi di perairan dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton, bakteri dan jamur yang dapat meningkatkan timbulnya senyawa kimia seperti, amonia, nitrit, nitrat dan sulfida yang bisa berbahaya untuk perairan. Dapat memusnahkan ekosistem yang ada di dalam air, hal ini karena peningkatan nutrisi di perairan membuat tumbuhan air dan fitoplankton berkembang secara pesat. Dan dapat menurunkan kualitas Air dengan zat organik yang tumbuh di perairan telah tercemar karena proses eutrofikasi akan membentuk senyawa kimia kompleks yang menyebabkan kualitas air menurun (Rustadi, 2009).

Membandingkan pada penelitian sebelumnya dilakukan oleh (Suganda, 2014) bahwa parameter nitrat yang ada di industri tahu berada di daerah Lamper Krajan RT.02/RW.02, Kel. Lamper Lor, Semarang Selatan, Semarang. sebesar $65,89$ mg/L. Menurut (Fauzi, 2006), bahwa parameter nitrat yang ada di industri tahu sebesar 16 mg/L. Pada (Widyastuti, 2022), bahwa parameter nitrat yang ada di limbah laundry sebesar 10 mg/L. Dengan penurunan menggunakan eco-enzyme yaitu sebesar $1,42$ mg/L. Pada (Fitria & Qoryah, 2024), bahwa parameter nitrat yang ada di industri tahu Yogyakarta sebesar 65 mg/L. Dan menurut (Sepriani, 2016), bahwa parameter nitrat yang ada di industri tahu manado sebesar 23 mg/L.

Dimana penelitian ini memiliki kadar nitrat yang ada di Industri Tahu Sumedang lebih kecil yaitu 15 mg/L. Dimana Pada penelitian ini tidak menyebabkan eutrofikasi pada perairan, karena nilai parameter nitrat yang dihasilkan aman untuk dibuang menuju air permukaan. Dalam pengolahan air limbah dengan *eco-enzyme* ini dapat menurunkan kandungan nitrat, yang jauh lebih aman untuk dibuang menuju perairan dengan minimnya nilai parameter nitrat. Penurunan kadar nitrat hingga 0 (<0,040 mg/L) yang aman berada di air permukaan setelah dibuang. Membandingkan dengan penelitian terdahulu dilakukan oleh (Widyastuti, 2022) *eco-enzyme* untuk penurunan kadar Nitrat pada air limbah Laundry dengan penurunan sebanyak 1,42 mg/L dengan konsentrasi 25%. Pada (Utami, 2023) pengaruh *eco-enzyme* terhadap pengolahan air limbah domestik (hotel) dengan penurunan nitrat hingga sebesar 0 mg/L dalam efisiensi removal 87% saat pengujian selama 7 hari.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Konsentrasi nitrat pada air limbah pabrik tahu Sumedang memenuhi baku mutu pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup pada Kelas 3 yaitu 20 mg/L, sedangkan kadar parameter Nitrat yang terukur sebesar 15 mg/L. Dengan adanya penambahan koagulan *eco-enzyme* yang dapat menurunkan kadar Nitrat yang ada di air limbah, dalam konsentrasi 9% , 17% dan 23% dalam jangka waktu 0 hingga 15 hari. Hal tersebut dilakukan, untuk mengurangi dampak eutrofikasi yang terjadi di perairan yang menimbulkan alga *blooming*. Dosis yang efisien penambahan *eco-enzyme* terdapat pada konsentrasi 23% dengan waktu yang tinggi dalam penurunan konsentrasi Nitrat terdapat pada hari ke 5 untuk menurunkan parameter Nitrat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dari data di lapangan dan saat melakukan pengujian berjalan dengan baik. Pada pengujian *eco-enzyme* menjadi salah satu solusi yang ada di lingkungan terutama pada sampah organik yang dilakukan oleh setiap rumah tangga dengan mengurangi pencemaran lingkungan. Hal tersebut dilakukan untuk mengolah air limbah dengan pengurangan Nitrat yang ada di air limbah industri. Dengan adanya pengujian lain, penambahan konsentrasi setiap *eco-enzyme* dan melakukan pengujian per hari atau per jam untuk melihat penurunan Nitrat yang lebih baik. Pada pH yang dihasilkan sangat asam karena dipengaruhi oleh kulit buah, maka saat proses pencampuran *eco-enzyme* dengan air limbah harus dilakukan penentralan hingga pH hingga 6-8.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Adawiah, S. e. (2021). Analisis Kesuburan Perairan di Daerah Keramba Jaring Apung Berdasarkan Kandungan Unsur Hara (Nitrat dan Fosfat) di Waduk Ir. H. Djuanda Jatiluhur Purwakarta. *Jurnal Kimia*, 96-105.
- Amanati, L. (2016). Uji Nitrat Pada Produk Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) Yang Beredar Dipasaran. *Jurnal Teknologi Proses dan Inovasi Industri*, 59-64.
- Aminah, S., & Nuraini, R. (2020). Komposisi dan Kelimpahan Fitoplanton di Perairan Pandansari, Desa Kaliwlingi, Kabupate Brebes, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*.
- Anjarwani, D. (2016). Penurunan TSS, Amoniak dan Nitrat Pada Limbah Domestik Dengan Menggunakan Reaktor Anaerobik Roughing Filter Aliran Horizontal. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 43.
- Anwar, A. (2020). Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu Dengan Menggunakan Biofilter. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 7.
- Arun, C., & Sivachanmugam, P. (2015). Solubilization of Waste Activated Sludge Using a Gerbage Enzyme Produced From Different Pre-consumer Organik Wasste. 63.
- Atmanisa, A. (2020). Analisis Kualitas Air Pada Kawasan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma Cottoni* di Kabupaten Jeneponto. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 11,19.
- Damayanti, R. (2023). Pengaruh Berbagai Konsentrasi eco-enzyme dan Pinching Terhadap Pertumbuhan dan Pembuangan Tanaman Pacar Air. *Jurnal Produksi Tanaman*.
- Deepak, V. S. (2019). Use of Garbage Enzyme. *International Journal of Scientific Resarch and Review*.
- Dwi, U. (2023). Pengaruh Eco-enzyme Terhadap Pengolahan Air Limbah Domestik (hotel). *Jurnal Kimia*, 41.
- Emilia, I. (2019). Analisa Kandungan Nitrat dan Nitrit Dalam Air Minum Isi Ulang Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *Jurnal Indobiosains*, 38-44.

- Etienne, H. e. (2013). Development of Cofee Somatic and Zygotic Embryos yo plan Differs in the Morphological, histochemical and hydration Aspect. *Journal Physiology*, 1-14.
- Fadlurrahman, & Aznury, M. (2022). Variasi Fungsi Penerapan Eco-enzyme dari Limbah Organik. *Jurnal Selulosa*, 67.
- Fauzi, M. (2006). Tingkat Penyerapan Nitrat dan Fosfat Dari Limbah Cair Pabrik Tahu Dengan Menggunakan Tanaman Kangkung Air (IPOMEA AQUATICA) Pada Sistem CONSTRUCTED WETLANDS. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 34.
- Fitria, F., & Qoryah, R. (2024). Pengolahan Limbah Industri Tahu dengan Tanaman Kenaf (Hibiscus Cannabinus L) Untuk Menurunkan Kadar Nitrat. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 568.
- Gaspersz, & Fitrihidajati. (2022). Pemanfaatan Ekoenzim Berbahan Limbah Kulit Jeruk dan Kulit Nanas sebagai Agen Remediasi LAS Detergen. *Jurnal Biologi*, 50-51.
- Gemilang, W. A. (2017). Status Indeks Pencemaran Perairan Kawasan Mangrove Berdasarkan Penilaian Fisika-Kimia Di Pesisir Kecamatan Brebes Jawa Tengah. *EnviroScienteeae*. 171-180.
- Gurning, L., & Nuraini, R. (2020). Kelimpahan Fitoplanton Penyebab Harmful Alga Bloom di Perairan Desa Bedono Demak. *Kournal of Marine Research*, 252.
- Hamonangan, M., & Yuniarto, A. (2022). Kajian Penyisihan Amonia Dalam Pengolahan Air Minum Konvensional . *Jurnal Teknik ITS*, 35-41.
- Hamuna, B. (2018). Konsentrasi Amoniak, Nitrat dan Fosfat di Perairan Distrik Depapre, Kabupaten Jayapura. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Hastuti, L. (2019). Pengujian Fisik Bau dan Rasa. *Jurnal Kimia*, 41-42.
- Hastuti, Y. (2011). Nitrifikasi dan Denitrifikasi di Tambak. *Jurnal Akuakultur Indonesia*, 94-95.
- Irmato. (2019). Penurunan Kadar Amonia, Nitrit dan Nitrat Limbah Cair Industri Tahu Menggunakan Arang Aktif dari Ampas Kopi. *Jurnal Kimia*, 105.

- James, R., & Martin. (1997). A Sediment Resuspension and Water Quality Model of Lake Okeechobee. *Journal American Water Res*, 680.
- Kesuma, D. (2013). Pengaruh Limbah Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai di Kabupaten Klaten. *Jurnal Bumi Indonesia*, 119.
- Larasati. (2020). Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Jurnal Seminar Nasional Edusaintek FMIPA*, 278-283.
- Larasti. (2020). Uji Organoleptik Produk Eco-Enzyme dari Limbah Kulit Buah (Studi Kasus di Kota Semarang). *Jurnal Seminar Nasional Edusaintek FMIPA*, 278-283.
- Mado, A. (2023). Pengaruh Eco-Enzyme Terhadap Kualitas Air Pada Sistem Budidaya Akuaponik Ikan Nila *Oreochromis Niloticus* dan Tanaman Sawi *Brassica Juncea*. *Jurnal Lingkungan*, 68.
- Maisarah, M. (2023). Karakteristik dan Fungsi Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi pada Tumbuhan. *Jurnal Biologi*, 232.
- Manampiring, A. (2019). Studi Kandungan Nitrat (NO₃) Pada Sumber Air Minum Masyarakat Kelurahan Rurukan Kecamatan Tomohon Timur Kota Tomohon. *Jurnal Kedokteran*.
- Marsidi, R., & Herlambang, A. (2002). Proses Nitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Amoniak Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 198-199.
- Marsidi, R., & Herlambang, A. (2022). Amoniak Konsentrasi Tinggi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 196.
- Meika, H. (2022). Pembuatan dan Analisis eco-enzyme dengan Memanfaatkan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 45.
- Mien, D. (2015). Penetapan Kadar Saponin Pada Ekstrak Daun Lidah Mertua Secara Gravimetri. *Jurnal Farmasi Politeknik Kesehatan Kemenkes Manado*, 65.
- Mita, T. e. (2016). Sebaran Nitrat (NO₃) dan Fosfat (PO₄) di Perairan Karangsong Kabupaten Indramayu Buletin Oseanografi Marina. *Jurnal DISPOTEK*, 16.

- Muninggar, V. (2020). Perbandingan Uji Organoleptik Pada Delapan Variabel Produk Eco enzyme . *Jurnal Nasional*, 32.
- Mustofa, A. (2015). Kandungan Nitrat dan Pospat Sebagai Faktor Tingkat Kesuburan Perairan Pantai. *Jurnal DISPROTEK*, Vol 6 No 1.
- Nazim. (2018). Treatment of Synthetic Greywater Using 5 % and 10 % Garbage Enzyme Solution. *Journal Enviromental*, 111-117.
- Novitasari, D. (2018). Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Limbah Cair Industri Berbasis Mikrokontroler Dengan Antarmuka Website. *Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan*, 44.
- Nugraha, A. (2014). Uji Kinerja Membran Nanofiltrasi Zeolit Untuk Menapis Nitrat dan Amonium Air Limbah Produksi Tahu. *Jurnal Lingkungan*, 107.
- Nugrahani. (2021). Identifikasi Kadar Asam Asetat Pada Eco enzyme . *Jurnal Lingkungan*, 45.
- Nur, A. (2020). Penyisihan Senyawa Organik Pada Air Limbah Tahu Menggunakan Proses Elektrokoagulasi Pasangan Elektroda Aluminium. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 63-64.
- Nurfajriah, M. F. (2021). Pelatihan Pembuatan Eco-enzyme Sebagai Usaha Pengolahan Sampah Organik Pada Level Rumah Tangga. *Jurnal Ikhraith-Abdimas*. 3(4), 194-197.
- Nururrahmani, A. e. (2023). Ekoenzim dari Berbagai Jenis Kulit Jeruk. *Jurnal Biologi*, 33.
- Nurwini, A. (2017). Pengolahan Air Limbah Tahu Menggunakan Bioreaktor Anaerob-Aerob Bermedia Karbon Aktif Dengan Variasi Waktu Tunggal. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Nurwiyoto. (2024). Sosialisasi Pembuatan eco-enzyme kepada Masyarakat Kampung Tengah Padang Kota Bengkulu dan Penanaman Bibit Buah di Halaman Rumah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 39-40.
- Pebriani, T., & Wulan, A. (2022). Pemanfaatan Kulit Buah Sebagai Bahan Baku Eco-Enzyme di Dusun Demungun. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*.

- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.19 Tahun 2021
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.5 Tahun 2014 Pasal 1 ayat 29 tentang baku mutu air limbah
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Pradnyandari, I. e. (2019). Gambaran Pengetahuan Sikap dan Perilaku tentang Hygiene Terhadap Fermentasi Eco Enzyme. *Jurnal Kesehatan*.
- Prasetio, e. (2021). Manfaat Eco Enzyme Pada Lingkungan Hidup Serta Workshop Pembuatan Eco Enzyme. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 21-29.
- Pribadi, e. (2016). Pengaruh Luas Penutupan Kiambang (*Salvinia Molesta*) Terhadap Penurunan COD, Amonia, dan Nitrat Pada Limbah Cair Domestik (Grey Water) Dengan Sisten Kontinyu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6.
- Putra, & Suyas. (2022). Eco enzyme Dalam Air Limbah Industri. *Jurnal Ilmiah*, 30.
- Putri M, e. a. (2021). Pengaruh pH Terhadap Evesiensi Air Limbah Grey Water Dengan Media Honeycomb. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 3.
- Putri, D. (2021). Distribusi Nitrat di Perairan Padelengan Sebagai Bahan Baku Garam Yang Berkualitas . *Jurnal Trunojoyo*, 4.
- Rani, A. (2020). Treatment of Urban Municipal Landfill Leachate Utilizin Garbage Enzyme. *Journal Bioresource Technology*, 297.
- Rasit. (2019). Production and Characterization of Eco Enzyme Produccated From Tomato and Orange Wastes and Its Influence On The Aquaculture. *Jurnal Technology Environment*.
- Ratna, D. (2017). Pengaruh Kadar Air Terhadap Proses Pengomposan Sampah Organik Dengan Metode Takakura. *Jurnal Teknik Mesin*, 126.
- Ratnani, R. D. (2011). Kecepatan Penyerapan Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Lumpur Aktif . *Jurnal Teknik Kimia*, 20.
- Rijal, M., & Surati. (2021). Eco-Enzyme dari Limbah Tanaman Maluku. *Jurnal LP2M IAIN*.

- Rochyani. (2020). Analisis Hasil Konversi eco-enzyme Menggunakan Nanas dan Pepay. *Jurnal Redoks*, 30.
- Rosdyantoto, F. H. (2022). Tugas Akhir Pemetaan Kadar Nitrat Pada Air Permukaan (Waduk UII). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 36.
- Rukmini, P. (2023). Eco-enzyme Dari Fermentasi Sampah Organik (Sampah Buah dan Rimpang) . *Jurnal Kimia*, 28.
- Rusdi. (2014). Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pengendapan Biji Kelor Terhadap pH, Kekeruhan dan Warna Air Waduk Krenceng. *Jurnal Teknik Kimia*, 48.
- Rustadi. (2009). Eutrofikasi Nitrogen dan Fosfat Serta Pengendalian Dengan Perikanan di Waduk Sermo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*.
- Sahil, S., & Kerker, S. (2020). Application of Eco-enzyme For Domestic Waste Water Treatment.
- Salma, N. F. (2022). Pengaruh Penambahan Bakteri *Acetobacter Xylinum* Terhadap Kualitas Produk Eco-enzyme . *Jurnal Sains dan Teknologi*, 848-849.
- Sayow, F. (2020). Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu dan Tempe Rahayu di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa. *Jurnal Agri-SosioEkonomi*, 246-248.
- Selvakumar, S. (2018). Multi-hydrolytic biocatalyst from organic solid waste and its application in municipal waste activated sludge pre-treatment. *Journal Environmental*, 117.
- Sepriani. (2016). Pengaruh Limbah Cair di Industri Tahu Terhadap Kualitas Air Sungai PAAL 4 Kecamatan Tikala Kota Manado. *Jurnal Kimia*, 31.
- Septiani, U., & Najmi. (2021). Eco-enzyme Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna di Yayasan Khazanah Kebajikan. Prosiding Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM UMJ. *Jurnal UMJ*, 207.
- Setyaka, & Virtuous. (2020). Eco Enzyme Nusantara : Setahun Gerakan Merawat Bumi dan Rumah Tangga di Indonesia.

- Sihite, I. (2024). Eco-Enzyme dengan Kulit Buah dan Sayuran Beserta Manfaatnya Untuk Kehidupan Manusia.
- Sikku, E. (2023). Penggunaan eco-enzyme Dengan Dosis Berbeda Pada Teknologi Akuaponik Sederhana Untuk Optimalisasi Pertumbuhan Ikan Nila. *Jurnal Petanian*.
- Siswoyo, E., & Hermana, J. (2017). Pengaruh Air Limbah Industri Tahu Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman Bayam Cabut (*Amaranthus Tricolor*). *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 105-113.
- Sjafruddin, R. (2022). Estimasi Limbah Industri Tahu dan Kajian Penerapan Sistem Produksi Bersih. *Jurnal Ilmiah Mandala Education (JIME)*, 1231-1233.
- SNI 6989.79:2011 tentang Cara Uji Nitrat (NO₃) dengan Spektrofotometer UV-visibel secara reduksi kadmium
- Sucipto, C. D. (2019). Kesehatan Lingkungan. *Gosyen Publishing*.
- Suganda, R. (2014). Penurunan Konsentrasi Amonia, Nitrat, Nitrit dan COD dalam Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Biofilm-Kolom (Pond) Media Pipa PVC Sarang Tawon dan Tempurung Kelapa Disertai Penambahan Ecotru. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Suprayogi, D., & Asra, R. (2022). Analisis Produk Eco-enzyme Dari Kulit Buah Nanas dan Jeruk Berastagi. *Biologi*, 7.
- Sutrisno, S. (2023). Eco enzyme untuk pengolahan air limbah tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 54-56.
- Utami. (2023). Pengaruh Eco-enzyme Terhadap Pengolahan Air Limbah Domestik (Hotel). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 14.
- Vidyawati, D. S. (2019). Pengaruh Fitoremediasi Eceng Gondok (*Eichornia Crassipes*) Melalui Pengenceran Terhadap Kualitas Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Biologi*, 41.
- Wardana, W. (2014). Penurunan Konsentrasi Amonia, Fosfat, Nitrat, Nitrit dan COD Dalam Limbah Cair Tahu Dengan Menggunakan Biofilm-Kolom (POND) Media Pipa PVC Sarang Tawon dan Tempurung Kelapa. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 1.

- Widiani, N., & Nivitasari, A. (2023). Produksi dan Karakterisasi Eco-Enzyme dari Limbah Organik Dapur. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 111.
- Widyastuti, S. e. (2022). Eco Enzyme Untuk Menurunkan Kadar Surfaktan, Nitrogen dan Fosfat pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Wikaningrum, T., & Anggraina. (2023). The Eco Enzyme Application to Reduce Nitrate in Wastewater as the Sustainability Alternative Solution in Gaebage and Wastewater Problems. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Wulandar, R. (2024). Pengaruh Eco-enzyme Berbagai Limbah Kulit Buah Terhadap penurunan Konsentrasi Surfaktan Pada Air Limbah Laundry. *Jurnal Biologi*, 94-95.
- Wulandari, R. (2023). Efektivitas Eco Enzyme Kulit Buah-Buahan Untuk Pertumbuhan Sayur Selada Merah (*Lactuca Sativa* Var *Crispa* L). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2.
- Yoswaty, e. (2021). Pemanfaatan Eco-enzyme Ramah Lingkungan Bersama Kelompok Pencinta Alam Bahari (PAB) Kelurahan Pangkalan Sesai Kota Dumai. *Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 126.
- Yuliono, A. e. (2022). Pelatihan dan Sosialisasi Fermentasi Limbah Kulit Buah Nanas Menjadi Eco-enzyme Sebagai Implementasi dari Slogan Reuse, Reduce dan Recycle. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 560-561.
- Zulfia, N. (2018). Status Trofik Perairan Rawa Pening Ditinjau Dari Kandungan Unsur Hara (NO₃ dan PO₄) Serta Klorofil. *Jurnal Perikanan*, 195.

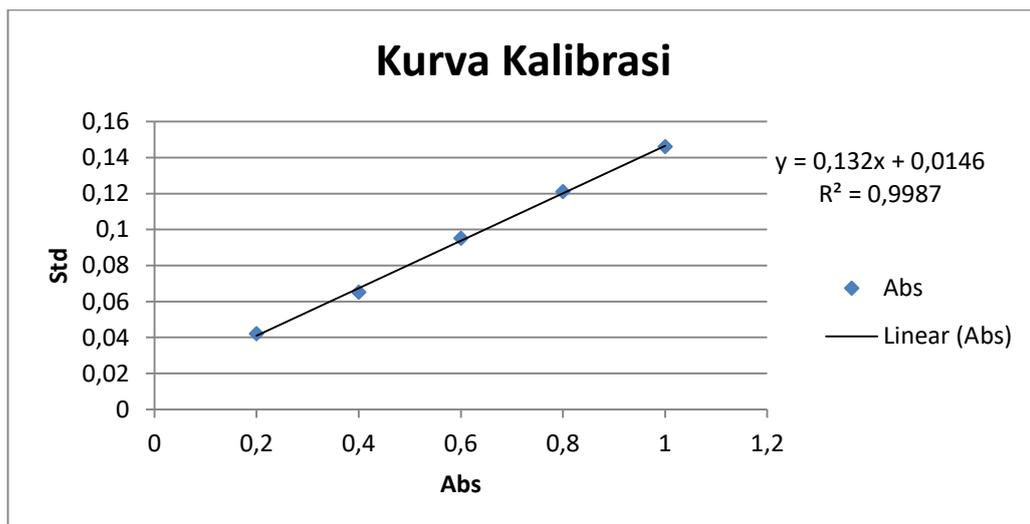
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

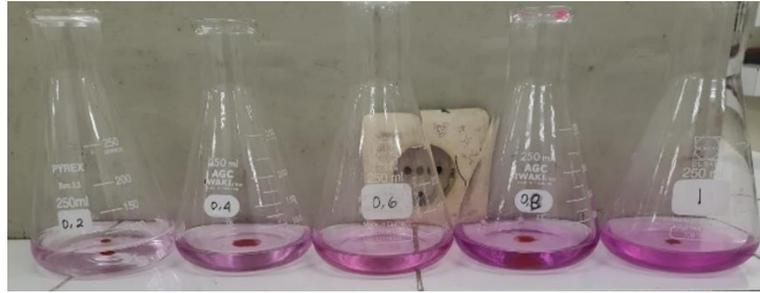
LAMPIRAN

Lampiran 1 Kurva Kalibrasi

std	Abs
0,2	0,042
0,4	0,065
0,6	0,095
0,8	0,121
1	0,146
Slope	0,132
intersep	0,0146
STEYX	0,002
LoD	0,040
LoQ	0,133

Pembuatan Kurva Kalibrasi





Larutan standart

Lampiran 2 Perhitungan

➤ Efisiensi Kolom

$$\text{Efisiensi} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}\text{Efisiensi} &= \frac{0,76}{1} \times 100\% \\ &= 76\%\end{aligned}$$

➤ Konsentrasi

Rumus regresi linier $y = bx + a$

$$x = \left(\frac{y - a}{b} \right) \times \text{pengenceran}$$

$$\frac{\text{Abs} - \text{Intersep}}{\text{Slope}} \times Fp$$

- Hari ke 0

$$\begin{aligned}A &= \frac{0,023 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 6,36 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_D &= \frac{0,024 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 7,12 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B1 &= \frac{0,026 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 8,64 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B1_D &= \frac{0,025 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 7,88 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B2 &= \frac{0,025 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 7,88 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B2_D &= \frac{0,024 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 7,12 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}B3 &= \frac{0,023 - 0,0146}{0,132} \times 100 \\ &= 6,36 \text{ mg/L}\end{aligned}$$

$$B3_D = \frac{0,022 - 0,0146}{0,132} \times 100$$

$$\begin{aligned}
&= 5,61 \text{ mg/L} \\
C &= \frac{0,001-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
C_D &= \frac{0,002-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E1 &= \frac{0,010-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E1_D &= \frac{0,009-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E2 &= \frac{0,011-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E2_D &= \frac{0,010-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E3 &= \frac{0,013-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E3_D &= \frac{0,012-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

- Hari ke 3

$$\begin{aligned}
A &= \frac{0,040-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 19,24 \text{ mg/L} \\
A_D &= \frac{0,039-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 18,48 \text{ mg/L} \\
B1 &= \frac{0,024-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 7,12 \text{ mg/L} \\
B1_D &= \frac{0,023-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 6,36 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$B2 = \frac{0,023-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 6,36 \text{ mg/L}$$

$$B2_D = \frac{0,022-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 5,61 \text{ mg/L}$$

$$B3 = \frac{0,022-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 5,61 \text{ mg/L}$$

$$B3_D = \frac{0,021-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 4,85 \text{ mg/L}$$

$$C = \frac{0,003-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$C_D = \frac{0,002-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E1 = \frac{0,011-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E1_D = \frac{0,010-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E2 = \frac{0,012-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E2_D = \frac{0,011-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E3 = \frac{0,016-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 1,06 \text{ mg/L}$$

$$E3_D = \frac{0,015-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0,30 \text{ mg/L}$$

- **Hari ke 5**

$$A = \frac{0,043-0,0146}{0,132} x 100$$

$$\begin{aligned}
&= 21,52 \text{ mg/L} \\
A_D &= \frac{0,042-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 20,76 \text{ mg/L} \\
B1 &= \frac{0,023-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 6,36 \text{ mg/L} \\
B1_D &= \frac{0,022-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 5,61 \text{ mg/L} \\
B2 &= \frac{0,019-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 3,33 \text{ mg/L} \\
B2_D &= \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,09 \text{ mg/L} \\
B3 &= \frac{0,016-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,06 \text{ mg/L} \\
B3_D &= \frac{0,015-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0,30 \text{ mg/L} \\
C &= \frac{0,005-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
C_D &= \frac{0,004-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E1 &= \frac{0,015-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0,30 \text{ mg/L} \\
E1_D &= \frac{0,014-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E2 &= \frac{0,017-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,82 \text{ mg/L} \\
E2_D &= \frac{0,018-0,0146}{0,132} \times 100
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 2,58 \text{ mg/L} \\
\text{E3} &= \frac{0,021-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,85 \text{ mg/L} \\
\text{E3_D} &= \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,09 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

- Hari ke 7

$$\begin{aligned}
\text{A} &= \frac{0,046-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 23,79 \text{ mg/L} \\
\text{A_D} &= \frac{0,045-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 23,03 \text{ mg/L} \\
\text{B1} &= \frac{0,021-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,85 \text{ mg/L} \\
\text{B1_D} &= \frac{0,022-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 5,61 \text{ mg/L} \\
\text{B2} &= \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,09 \text{ mg/L} \\
\text{B2_D} &= \frac{0,019-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 3,33 \text{ mg/L} \\
\text{B3} &= \frac{0,017-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,82 \text{ mg/L} \\
\text{B3_D} &= \frac{0,016-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,06 \text{ mg/L} \\
\text{C} &= \frac{0,008-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{C_D} &= \frac{0,007-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$E1 = \frac{0,015-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0,30 \text{ mg/L}$$

$$E1_D = \frac{0,016-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 1,06 \text{ mg/L}$$

$$E2 = \frac{0,020-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 4,09 \text{ mg/L}$$

$$E2_D = \frac{0,019-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 3,33 \text{ mg/L}$$

$$E3 = \frac{0,024-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 7,12 \text{ mg/L}$$

$$E3_D = \frac{0,023-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 6,36 \text{ mg/L}$$

- Hari ke 9

$$A = \frac{0,048-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 25,30 \text{ mg/L}$$

$$A_D = \frac{0,047-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 24,55 \text{ mg/L}$$

$$B1 = \frac{0,020-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 4,09 \text{ mg/L}$$

$$B1_D = \frac{0,019-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 3,33 \text{ mg/L}$$

$$B2 = \frac{0,019-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 3,33 \text{ mg/L}$$

$$B2_D = \frac{0,018-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 2,58 \text{ mg/L}$$

$$B3 = \frac{0,017-0,0146}{0,132} x 100$$

$$\begin{aligned}
&= 1,82 \text{ mg/L} \\
\text{B3_D} &= \frac{0,016-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,06 \text{ mg/L} \\
\text{C} &= \frac{0,009-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{C_D} &= \frac{0,010-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{E1} &= \frac{0,017-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,82 \text{ mg/L} \\
\text{E1_D} &= \frac{0,018-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 2,58 \text{ mg/L} \\
\text{E2} &= \frac{0,021-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,85 \text{ mg/L} \\
\text{E2_D} &= \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,09 \text{ mg/L} \\
\text{E3} &= \frac{0,024-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 7,12 \text{ mg/L} \\
\text{E3_D} &= \frac{0,023-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 6,36 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

- **Hari ke 11**

$$\begin{aligned}
\text{A} &= \frac{0,052-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 28,33 \text{ mg/L} \\
\text{A_D} &= \frac{0,053-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 29,09 \text{ mg/L} \\
\text{B1} &= \frac{0,019-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 3,33 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$B1_D = \frac{0,018-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 2,58 \text{ mg/L}$$

$$B2 = \frac{0,017-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 1,82 \text{ mg/L}$$

$$B2_D = \frac{0,016-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 1,06 \text{ mg/L}$$

$$B3 = \frac{0,016-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 1,06 \text{ mg/L}$$

$$B3_D = \frac{0,015-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0,30 \text{ mg/L}$$

$$C = \frac{0,013-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$C_D = \frac{0,014-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E1 = \frac{0,021-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 4,85 \text{ mg/L}$$

$$E1_D = \frac{0,020-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 4,09 \text{ mg/L}$$

$$E2 = \frac{0,025-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 7,88 \text{ mg/L}$$

$$E2_D = \frac{0,024-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 7,12 \text{ mg/L}$$

$$E3 = \frac{0,029-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 10,91 \text{ mg/L}$$

$$E3_D = \frac{0,028-0,0146}{0,132} x 100$$

$$= 10,15 \text{ mg/L}$$

- **Hari ke 13**

$$A = \frac{0,054-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 29,85 \text{ mg/L}$$

$$A_D = \frac{0,053-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 29,09 \text{ mg/L}$$

$$B1 = \frac{0,024-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 7,12 \text{ mg/L}$$

$$B1_D = \frac{0,025-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 7,88 \text{ mg/L}$$

$$B2 = \frac{0,021-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 4,85 \text{ mg/L}$$

$$B2_D = \frac{0,022-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 5,61 \text{ mg/L}$$

$$B3 = \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 4,09 \text{ mg/L}$$

$$B3_D = \frac{0,019-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 3,33 \text{ mg/L}$$

$$C = \frac{0,011-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$C_D = \frac{0,010-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 0 \text{ mg/L}$$

$$E1 = \frac{0,022-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 5,61 \text{ mg/L}$$

$$E1_D = \frac{0,023-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$= 6,36 \text{ mg/L}$$

$$E2 = \frac{0,028-0,0146}{0,132} \times 100$$

$$\begin{aligned}
&= 10,15 \text{ mg/L} \\
E2_D &= \frac{0,029-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 10,91 \text{ mg/L} \\
E3 &= \frac{0,032-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 13,18 \text{ mg/L} \\
E3_D &= \frac{0,031-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 12,42 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

- Hari ke 15

$$\begin{aligned}
A &= \frac{0,059-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 33,64 \text{ mg/L} \\
A_D &= \frac{0,060-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 34,39 \text{ mg/L} \\
B1 &= \frac{0,021-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,85 \text{ mg/L} \\
B1_D &= \frac{0,022-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 5,61 \text{ mg/L} \\
B2 &= \frac{0,020-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 4,09 \text{ mg/L} \\
B2_D &= \frac{0,019-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 3,33 \text{ mg/L} \\
B3 &= \frac{0,017-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,82 \text{ mg/L} \\
B3_D &= \frac{0,016-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 1,06 \text{ mg/L} \\
C &= \frac{0,010-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C_D &= \frac{0,011-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
E1 &= \frac{0,023-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 6,36 \text{ mg/L} \\
E1_D &= \frac{0,024-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 7,12 \text{ mg/L} \\
E2 &= \frac{0,029-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 10,91 \text{ mg/L} \\
E2_D &= \frac{0,028-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 10,15 \text{ mg/L} \\
E3 &= \frac{0,036-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 16,21 \text{ mg/L} \\
E3_D &= \frac{0,035-0,0146}{0,132} \times 100 \\
&= 15,45 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

➤ **Perhitungan Kadar Nitrat (NO₃-N)**

A-B

Keterangan :

A = Kadar NO₃ dari kolom reduksi

B = Kadar NO₃ tanpa melewati kolom reduksi

• **A-C**

Hari ke 0 = 14,9 mg/L – 0 mg/L

= 14,9 mg/L

= 15 mg/L

Hari ke 3 = 18,9 mg/L – 0 mg/L

= 18,9 mg/L

= 19 mg/L

Hari ke 5 = 21,1 mg/L – 0 mg/L

= 21,1 mg/L
 = 21 mg/L
 Hari ke 7 = 23,4 mg/L - 0 mg/L
 = 23,4 mg/L
 = 23 mg/L
 Hari ke 9 = 24,9 mg/L - 0 mg/L
 = 24,9 mg/L
 = 25 mg/L
 Hari ke 11 = 28,7 mg/L - 0 mg/L
 = 28,7 mg/L
 = 29 mg/L
 Hari ke 13 = 29,5 mg/L - 0 mg/L
 = 29,5 mg/L
 = 30 mg/L
 Hari ke 15 = 34 mg/L - 0 mg/L
 = 34 mg/L

• **B1-E1**

Hari ke 0 = 8,26 mg/L - 0 mg/L
 = 8,26 mg/L
 = 8 mg/L
 Hari ke 3 = 6,74 mg/L - 0 mg/L
 = 6,74 mg/L
 = 7 mg/L
 Hari ke 5 = 5,98 mg/L - 0 mg/L
 = 5,98 mg/L
 = 6 mg/L
 Hari ke 7 = 5,23 mg/L - 0,68 mg/L
 = 4,55 mg/L
 = 5 mg/L
 Hari ke 9 = 3,71 mg/L - 2,20 mg/L
 = 1,52 mg/L

= 2 mg/L
Hari ke 11 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L
Hari ke 13 = 7,5 mg/L - 6 mg/L
= 1,5 mg/L
= 2 mg/L
Hari ke 15 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L

• **B2-E2**

Hari ke 0 = 7,50 mg/L - 0 mg/L
= 7,50 mg/L
= 8 mg/L
Hari ke 3 = 5,98 mg/L - 0,68 mg/L
= 5,30 mg/L
= 5 mg/L
Hari ke 5 = 3,71 mg/L - 2,20 mg/L
= 1,52 mg/L
= 2 mg/L
Hari ke 7 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L
Hari ke 9 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L
Hari ke 11 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L
Hari ke 13 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L
Hari ke 15 = 0 mg/L - 0 mg/L
= 0 mg/L

• **B3-E3**

Hari ke 0 = 5,98 mg/L - 0 mg/L
= 5,98 mg/L

$$\begin{aligned}
&= 6 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 3} &= 5,23 \text{ mg/L} - 0,68 \text{ mg/L} \\
&= 4,55 \text{ mg/L} \\
&= 5 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 5} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 7} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 9} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 11} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 13} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L} \\
\text{Hari ke 15} &= 0 \text{ mg/L} - 0 \text{ mg/L} \\
&= 0 \text{ mg/L}
\end{aligned}$$

➤ **Efisiensi pengolahan**

$$\text{Eff} = \frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\%$$

Keterangan :

Eff = Nilai efisiensi (%)

C_i = Konsentrasi influen (mg/L)

C_e = Konsentrasi effluent (mg/L)

▪ **B1-E1**

$$\begin{aligned}
\text{Hari ke 0} &= \frac{15-8}{15} \times 100\% \\
&= 45\%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Hari ke 3} &= \frac{19-7}{19} \times 100\% \\
&= 64\%
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 5} &= \frac{21-6}{21} \times 100\% \\ &= 72\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 7} &= \frac{23-5}{23} \times 100\% \\ &= 81\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 9} &= \frac{25-2}{25} \times 100\% \\ &= 94\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 11} &= \frac{29-0}{29} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 13} &= \frac{30-2}{30} \times 100\% \\ &= 95\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 15} &= \frac{34-0}{34} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

▪ **B2-E2**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 0} &= \frac{15-8}{15} \times 100\% \\ &= 46\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= \frac{19-5}{19} \times 100\% \\ &= 72\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 5} &= \frac{21-2}{21} \times 100\% \\ &= 93\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 7} &= \frac{23-0}{23} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 9} &= \frac{25-0}{25} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 11} &= \frac{29-0}{29} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 13} &= \frac{30-0}{30} \times 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 15} &= \frac{34-0}{34} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

▪ **B3-E3**

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 0} &= \frac{15-6}{15} x 100\% \\ &= 60\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 3} &= \frac{19-5}{19} x 100\% \\ &= 76\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 5} &= \frac{21-0}{21} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 7} &= \frac{23-0}{23} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 9} &= \frac{25-0}{25} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 11} &= \frac{29-0}{29} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 13} &= \frac{30-0}{30} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hari ke 15} &= \frac{34-0}{34} x 100\% \\ &= 100\%\end{aligned}$$

Lampiran 3 Pembuatan *Eco-enzyme*



Penimbangan Bahan Untuk *Eco-enzyme*



Memasukan Kulit Buah dan gula cair ke dalam wadah



Pengadukan

Lampiran 4 Pengambilan Sampel



Tempat Pembuatan Tahu

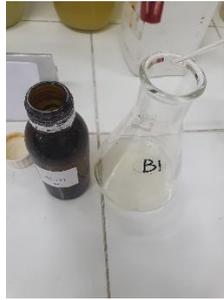


Tempat Limbah Tahu

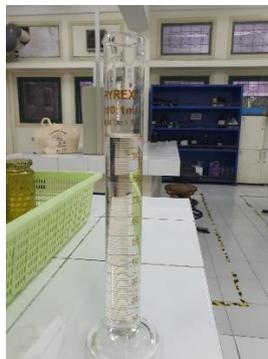


Pengambilan Air Limbah Tahu

Lampiran 5 Pengujian Nitrat



Pemberian NaOH untuk menetralkan pH



25 Larutan Sampel + 75 Larutan NH₄Cl-EDTA



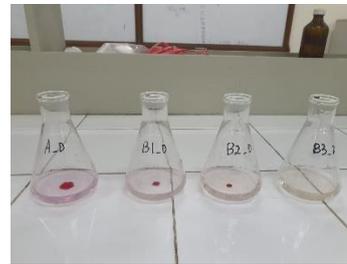
Pemasukan Larutan kedalam kolom



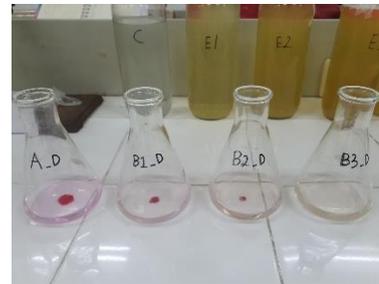
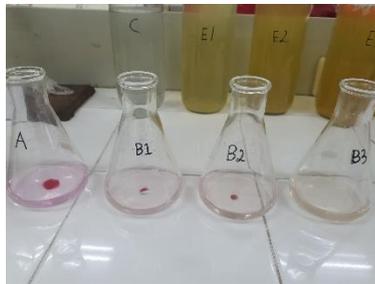
Hari ke 0



Hari ke 5



Hari ke 7



Hari ke 9



Hari ke 11



Hari ke 13



Hari ke 15



Pengujian dengan Spektrofotometri

“Halaman ini sengaja dikosongkan”