



DESAIN INSTALASI PENGOLAHAN LIMBAH LABORATORIUM TEKNIK KIMIA DI LINGKUNGAN INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

CHEMICAL ENGINEERING LABORATORY WASTE TREATMENT PLANT DESIGN IN THE INDONESIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

Eka Apriliasi^{1*}, Enjarlis², dan Titieandy Lie³

^(1,2,3) Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, Banten

Abstrak

Laboratorium teknologi lingkungan Teknik Kimia ITI yang merupakan fasilitas bagi mahasiswa Teknik Kimia dan teknologi pertanian dalam melakukan kegiatan praktikum kimia analitis dan penelitian kearah lingkungan. Kegiatan praktikum dan penelitian yang dilakukan di laboratorium Teknik kimia ini menggunakan zat-zat kimia yang sebagian besar bersifat bahan berbahaya dan beracun (B3). Tujuan perancangan bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) ini adalah sebagai usaha untuk mengurangi konsentrasi polutan air buangan ke badan air atau kandungan bahan pencemar dalam air yang dapat mencemari lingkungan kampus ITI. Teknologi biofilter dipilih karena keunggulannya dalam meremoval pencemar organik dengan tingkat efisiensi tinggi sampai dengan 95%. Hasil penelitian ini berupa desain IPAL Biofilter yang meliputi dimensi bangunan dan gambar teknik IPAL untuk mengolah air limbah yang dihasilkan oleh Laboratorium Teknik Kimia ITI, Tangerang Selatan.

Kata Kunci: teknologi lingkungan, kimia, biofilter, IPAL

Abstract

The ITI Chemical Engineering Environmental Technology Laboratory is a place for Chemical Engineering and Agricultural Technology students to carry out analytical chemistry practicum activities and environmental research. Practicum and research activities in the Chemical Engineering laboratory use chemicals that are mostly hazardous and toxic (B3). The purpose of designing the Wastewater Treatment Plant (WWTP) building is to reduce the concentration of polluted water discharged into water bodies, or the levels of contaminants in water that can contaminate the ITI campus environment. Biofilter technology was chosen because of its superiority in removing organic contaminants with a high efficiency of up to 95%. The results of this study are the WWTP biofilter design, including building dimensions and WWTP technical drawings for wastewater treatment, produced by the ITI Chemical Engineering Laboratory, South Tangerang.

Keywords: environmental technology, chemical, biofilter, WWTP

PENDAHULUAN

Institut Teknologi Indonesia (ITI) merupakan perguruan tinggi swasta yang terletak di kecamatan Setu Kota Tangerang Selatan. Selain menjadi bagian dari Kawasan Taman Tekno, wilayah ini juga merupakan salah satu Kawasan Taman Iptek Nasional (kawasan *National Science and Techno Park*) pertama dan terbesar di Indonesia, Institut Teknologi Indonesia juga digunakan sebagai bagian dari Kawasan Arboretum dan Kebun Percobaan. Kampus Institut Teknologi Indonesia sendiri memiliki 10 Program Sarjana dan 1 Program Profesi Insinyur, dan setiap jurusan juga dilengkapi dengan fasilitas laboratorium untuk menunjang kegiatan Pendidikan pembelajarannya.

Salah satunya adalah Institut Teknik Kimia dan Teknologi Lingkungan ITI. Ini adalah lembaga untuk

mahasiswa teknik kimia dan teknologi pertanian dengan kegiatan langsung dalam kimia analitik dan penelitian lingkungan. Kegiatan praktikum dan penelitian di laboratorium teknik kimia meliputi penggunaan bahan kimia seperti: H₂SO₄, MnSO₄, Na₂S₂O₃, CH₃COOH, Benzen, Hexane, HgSO₄, K₂CR₂O₇, Al₂(SO₄)₃.13H₂O, KMnO₄, H₂C₂O₄, (NH₄)₂Fe (SO₄)₂, ferroin, NaOH, KI, Murexide. Sebagian besar bahan kimia yang digunakan dalam pratikum dan penelitian bersifat berbahaya dan beracun (B3). Sekalipun bahan kimia ini jarang digunakan dan penelitian hanya dilakukan oleh beberapa kelompok kecil, namun tidak ada proses untuk menangani limbah dari kegiatan laboratorium. Hal ini dikarenakan sumber daya yang masih terbatas. Oleh karena itu, jika bahan kimia tersebut tidak dikelola dengan baik, maka akan menghasilkan

(*)Corresponding author

Telp :
E-mail : aprilliasi064@gmail.com

<http://doi.org/xxx>

Received 17 Februari 2023; Accepted 06 Maret 2023; Available online 06 April 2023
E-ISSN: 2614-4344 P-ISSN: 2476-8928

limbah cair yang mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3). Sampai saat ini limbah tersebut belum diolah dan dibuang langsung ke lingkungan sehingga berpotensi mencemari lingkungan perairan sekitar kampus dan mengganggu kehidupan masyarakat sekitar, termasuk kegiatan di dalam kampus maupun lingkungan di luar area kampus seperti kegiatan pertanian, peternakan, produksi tahu, dan lain - lain. Oleh karena itu, diperlukan pengendalian pembuangan dan penanganan limbah cair dari laboratorium.

Mengingat banyaknya dampak langsung dan tidak langsung yang dapat ditimbulkan dari penggunaan laboratorium teknik kimia, maka diperlukan metode pengolahan air limbah yang tepat untuk meminimalkan bahan pencemar dalam air limbah ke badan air yang dapat menimbulkan pencemaran pada air yang mungkin tercemar. lingkungan hidup. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan oleh Balai Penelitian Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia. Setelah itu, kami membangun gedung instalasi pengolahan limbah (IPAL) sebagai rencana pengolahan yang cocok untuk laboratorium teknik kimia Institut Teknologi Indonesia.

TINJAUAN PUSTAKA

Air Limbah

Masalah pencemaran air di Indonesia sangat terbuka. Sumber pencemaran adalah limbah rumah tangga dan rumah tangga, serta sampah. Selain itu, ketidaksadaran masyarakat membuang tanah/kotoran dan sampah langsung ke sungai menyebabkan proses pencemaran sungai-sungai yang ada.

Pengertian air limbah adalah air yang telah digunakan oleh manusia untuk berbagai kegiatan. Air limbah dapat berasal dari pekerjaan rumah tangga, kantor, toko, peralatan listrik, tempat usaha dan tempat lainnya. Atau limbah mengacu pada air limbah yang tidak digunakan oleh berbagai aktivitas manusia dalam penggunaan air bersih.

Proses Penghilangan Air Limbah

Penerapan masing-masing metode tergantung pada kualitas air di daerah tersebut dan kondisi fasilitas yang tersedia. Klasifikasi metode pengolahan untuk menghilangkan kontaminan dalam air limbah. Proses pengolahan air limbah dapat dibagi menjadi *primary treatment*, *secondary treatment* dan *advanced treatment* sesuai dengan tindakannya. Pengolahan primer adalah proses pra-perlakuan untuk menghilangkan limbah, koloid, netralisasi, dll, dan umumnya menggunakan metode fisik atau kimia. Pengolahan sekunder adalah proses untuk menghilangkan pencemaran organik, umumnya

dilakukan secara biologis. Perlakuan aditif adalah proses yang digunakan untuk menghasilkan air olahan dengan kualitas lebih tinggi dari yang dibutuhkan. Proses ini dapat berupa fisik, biologi, kimia atau kombinasi dari ketiganya.

Limbah Cair Di Laboratorium Teknik Kimia

Limbah laboratorium merupakan jenis limbah yang banyak mengandung senyawa organik dan anorganik. Limbah adalah aditif yang benar-benar digunakan. Limbah cair laboratorium dari Jurusan Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia dihasilkan secara praktik dan disimpan karena tidak dikumpulkan dan diolah dalam wadah. Karena zat tersebut berada dalam limbah untuk waktu yang lama, ketika dilepaskan langsung ke lingkungan, itu merusak lingkungan dengan merusak tanah, menyebabkan kehidupan air dan air tanah dan menyebabkan mempengaruhi kesehatan manusia. Oleh karena itu, dalam penelitian ini kami bermaksud untuk mendirikan laboratorium teknik kimia untuk pengolahan air limbah.

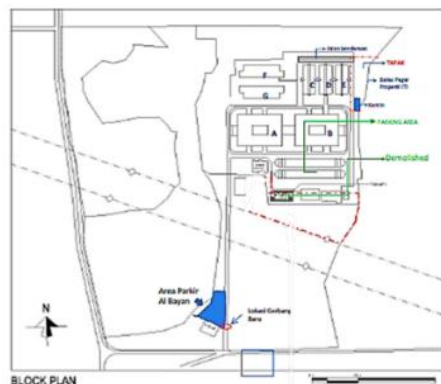
Limbah cair laboratorium dapat digolongkan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Air limbah ini sebagian besar mengandung logam berat. Secara umum diketahui bahwa logam berat merupakan zat yang berbahaya bagi permukaan bumi. Banyak logam berat seperti timbal (Pb), kadmium (Cd), besi (Fe), merkuri (Hg), arsenik (As) dan aluminium (Al) tidak memiliki aktivitas biologis pada manusia. Elemen logam ini termasuk dalam sistem. Logam-logam tersebut sangat berbahaya dan toksik (beracun) bagi makhluk hidup, walaupun dalam jumlah kecil (Darmano, 1995). Limbah laboratorium sintetik digunakan dalam penelitian ini.

Limbah Cair Laboratorium Teknik Kimia adalah limbah kimia yang dihasilkan dari praktikum dan penelitian mahasiswa di Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia. Kolaborasi dan penelitian ini merupakan kegiatan rutin dan merupakan mata kuliah pascasarjana bagi mahasiswa, khususnya di bidang teknik kimia. Kegiatan praktikum ini terdiri dari 6 latihan manual yang harus diikuti mahasiswa sebagai pengalaman praktik. Beberapa bahan yang digunakan dalam pekerjaan manual adalah bahan berbahaya dan beracun (B3).

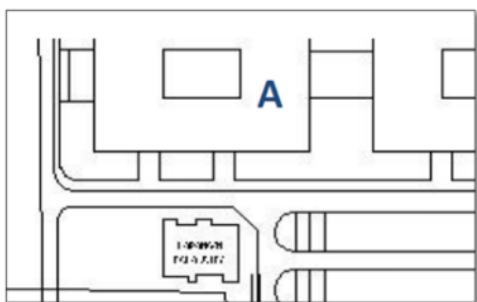
Kegiatan ini berlangsung seminggu dua kali dan setiap semester meningkatkan jumlah sampah yang diterima. Jika bahan kimia yang belum dihilangkan dengan cara kerja manual tidak dibuang dan dibuang ke lingkungan, bahan kimia tersebut akan mencemari air di sekitarnya dan menyebabkan pencemaran lingkungan.

METODE

Lokasi penelitian perencanaan IPAL Biofilter adalah di Laboratorium Teknik Kimia, Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan, Banten. (Gambar 1 dan Gambar 2)



Gambar 1. Denah Lokasi Penelitian
Sumber: Penulis, 2022



Gambar 2. Detail Denah Lokasi
Sumber: Penulis, 2022

Penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Informasi tambahan yang meliputi:

1. Profil poliklinik
2. Pembangunan poliklinik
3. Jasa pelayanan

Sedangkan kegiatan pengumpulan data primer mencakup sebagai berikut:

- Lokasi pembuangan air limbah
- Kualitas air limbah (fisik dan kimia dan biologi)
- Debit air limbah

Tahapan yang dilakukan dalam perencanaan desain IPAL pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

- 1) Perhitungan Debit Air Limbah
Saat merencanakan pembangunan instalasi pengolahan ini, peneliti menggunakan perhitungan jumlah rata-rata harian air limbah yang dihasilkan, yaitu sebesar 90% dari rata-rata penggunaan air bersih harian.
- 2) Desain IPAL Biofilter

Desain utama instalasi pengolahan biofilter yang diusulkan adalah sebagai berikut:

- a. Bak perataan / bak pengumpul terbuat dari batako, berbentuk persegi panjang dengan Bar Screen berupa kawat stainless steel.
- b. Tangki sedimentasi / Tangki pengendapan awal terbuat dari batu bata dan ditutup dengan lubang inspeksi, tangki persegi panjang, air limbah dimasukkan melalui pipa saluran masuk dengan *downspout*, pemeliharaan dengan pembuangan manual. Kriteria perencanaan menurut standart JWWA dalam Said (2006) adalah:
 - Waktu tinggal (*Retention time*) rata – rata = 3-5 jam
 - Beban permukaan (*surface loading*) = 20-50 m³/m²/hari.
- c. Reaktor biofiltrasi anaerobik, reaktor ini dipasang secara seri dengan reaktor biofiltrasi aerobik, dengan dinding bata persegi panjang tertutup, media filter yang digunakan adalah batu apung dan pecahan kerikil/batu sungai dengan diameter 2-3 cm, cairan/air limbah mengalir ke hilir dan atas. Kriteria perencanaan menurut standar JWWA dalam Said (2006) adalah:
 - Waktu tinggal total rata – rata = 6-8 jam
 - Tinggi ruang lumpur = 0,4 m
 - Tinggi media pembiakan mikroba = 0,9-1,5 m
 - Tinggi air di atas bed media = 0,2 m
 - Beban BOD per volume media = 0,4 – 4,7kg BOD/m³/hari Beban BOD per satuan permukaan media (*La*) = 5-30 g BOD/m²/hari.
- d. Konsumsi oksigen
Konsumsi oksigen reaktor biofiltrasi aerobik sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan. Aerasi dilakukan dengan cara meniupkan udara dari blower melalui *diffuser* pipa berlubang yang dipasang di dalam air dengan membuka dan menutup secara otomatis. Jika aliran udara dihentikan maka *diffuser* akan otomatis menutup (Siregar, 2005).
- e. Bak Pengendap Akhir
Tangki penyelesaian akhir terbuat dari batu bata dan ditutup dengan lubang inspeksi, badan persegi panjang dengan pipa masuk dan keluar gravitasi. Bak ini berfungsi sebagai pengendapan akhir dan air yang dialirkan ke bak klorinasi jika diperlukan. Kriteria perencanaan menurut standar

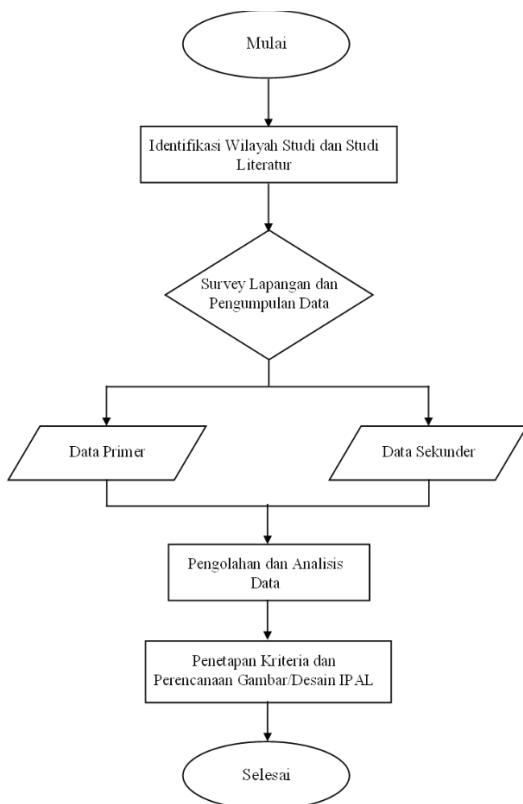
JWWA dalam Said, (2006) adalah:

- Waktu tinggal (*Retention time*) rata – rata = 2-5 jam
- Beban Permukaan (*Surface Loading*) = 20-50 m³/m²/hari

f. Klorinator (Bak pembubuh Kaporit)

Klorinasi dilengkapi dengan metering *pumps/infusion chlorinators* dimana konsentrasi klorin yang diukur mengalir ke limbah dari instalasi pengolahan melalui saluran fleksibel yang dilengkapi dengan pengatur aliran/katup (Said, 2006).

- 3) Analisis data dilakukan secara deskriptif dan kuantitatif dengan menghitung desain saluran pembuangan utama instalasi pengolahan sesuai dengan desain dan desain saluran pembuangan. Draft rencana kemudian disusun dalam bentuk gambar konstruksi untuk instalasi pengolahan limbah bio-filter.
- 4) *Flowchart* ini dibuat sebagai gambaran awal dari tahap perencanaan untuk memudahkan penyelidikan. Hal ini kemudian dirancang untuk membantu pembaca memahami desain yang akan dilakukan sebagai panduan pertama untuk mempelajari aspek-aspek desain sehingga tujuan desain tercapai dan merancang untuk meminimalkan kesalahan berisiko. (Gambar 3)

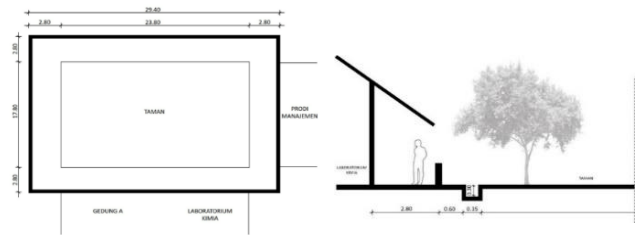


Gambar 3. Diagram Alir Penelitian
Sumber: Penulis, 2022

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan Lahan dan Fasilitas

Luas rencana pembangunan instalasi pengolahan air limbah Institut Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia adalah 423 m².



Gambar 4. Detail Lokasi Lahan Rencana Pembangunan IPAL
Sumber: Penulis, 2022

Perencanaan Teknis IPAL

Kapasitas Desain

Unit ini dirancang untuk mengolah 20 m³/hari air limbah yang masuk. Ini sesuai dengan total kapasitas limbah uji teknik kimia sekitar 20.000 liter per hari. Efisiensi pengolahan adalah 90-95%, sesuai dengan pengolahan sistem gabungan anaerobik-aerobik.

Perkiraan kapasitas produksi adalah:

- Kapasitas instalasi pengolahan : ± 20 m³/hari = 0,83 m³/jam = 13,83 liter/menit
- Masukan COD maksimum : 500 mg/l
- Masukan BOD maksimum : 300 mg/l
- Konsentrasi SS : 300 mg/l
- Efisiensi Pengolahan : 90%
- BOD Keluar : 30 mg/l
- SS Keluar : 30 mg/l

Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah

Pemisah Lemak/Minyak

Bak pemisah lemak yang diusulkan adalah tipe gravitasi sederhana. Pemandian terdiri dari beberapa ruangan dengan layar bar di pintu masuk.

Perencanaan dasar:

- Waktu Tinggal = ± 60 menit.
- Volume Reaktor yang Diperlukan
= (60/(60 x 24)) hari x 20 m³/hari
= 0,83 m³ ≈ 1 m³
- Maka dimensi bak pemisah lemak / minyak adalah:
 - Lebar = 1,0 m
 - Panjang = 1,0 m
 - Kedalaman Efektif = 1,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,2 m
 - Volume Aktual = 1,0 m³
- Cek Waktu Tinggal = 1,0 m³ / (20 m³/hari) = 0,05 hari

Reaktor Ekualisasi/Bak Sumur Pengumpul

Kriteria perencanaan:

- Waktu Tinggal = 4 jam = 120 menit.
- Volume Reaktor yang Diperlukan
= (4/24) hari x 20 m³/hari
= 3,33 m³
- Maka dimensi Bak Ekualisasi adalah:
 - Lebar = 1,5 m
 - Panjang = 1,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual/Efektif = 3,0 m³
 - Tebal dinding = 15 cm
 - Check

$$td \text{ (jam)} = \frac{\text{Volume efektif (m}^3\text{)}}{\text{debit (m}^3\text{/hari)}} \quad (1)$$

$$td \text{ (jam)} = \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3\text{/hari}}$$

$$= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

Pompa Umpan Air Limbah

- Debit Air Limbah = 20 m³/hari
= 13,89 liter/menit
- Tipe pompa = Pompa Celup
- Spesifikasi Pompa
 - Kapasitas = 0,1 – 0,22 m³/menit
 - Bahan = Stainless Steel
 - Total head = 8 – 11,5 m
 - Daya Listrik = 0,5 kW, 220 Volt
 - Diameter Outlet = 2"
 - Perlengkapan = Water moor

Reaktor Biofilter Anaerob-Aerob

a) Bak Pengendap Awal

- Debit Air Limbah = 20 m³/hari
= 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 300 mg/l
- Efisiensi = 25%
- BOD Keluar = 225 mg/l
- Waktu Tinggal = 4 jam
- Maka volume yang diperlukan = (4/24) hari x 20 m³/hari
= 3,33 m³
- Ditetapkan dimensi Pengendap awal adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 1,5 m
 - Panjang = 1,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m

- Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
- Volume Aktual/Efektif = 3,0 m³
- Tebal dinding = 15 cm

- Check

$$td \text{ (jam)} = \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3\text{/hari}}$$

$$= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)
= $\frac{\text{Debit (Q)}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} \quad (2)$

$$= \frac{20 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}}}{2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} = 6,67 \text{ m}^3\text{/m}^2\text{.hari}$$

- Waktu tinggal pada saat beban puncak = 2 jam (asumsi jumlah limbah 2 x jumlah rata-rata)
- Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata = 6,67 m³/m².hari
- Beban permukaan pada saat puncak = 13,34 m³/m².hari
- Beban permukaan = 10-20 m³/m².hari

b) Bak Biofilter Anaerob

- Debit Air Limbah = 20 m³/hari
= 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 225 mg/l
- BOD Keluar = 75 mg/l
- Kriteria Perencanaan:
 - Untuk pengolahan air dengan proses biofilter standar Beban BOD per volume media 0,4 – 4,7 kg BOD /m³. hari
 - Untuk Air Limbah Laboratorium Teknik Kimia, ditetapkan beban BOD yang digunakan = 2,5 kg BOD/m³.hari
- Beban BOD di dalam air limbah
= 20 m³/hari x 225 g/m³
= 4500 g/hari
= 4,5 kg/hari
- Volume media yang diperlukan
= (4,5 kg/hari) / (2,5 kg/m³.hari)
= 1,80 m³
- Volume Media = 40% dari total reaktor
- Volume reaktor = (100/40) x 1,80 m³ = 4,5m³
- Ditetapkan dimensi Biofilter Anaerob adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 1,5 m
 - Panjang = 1,5 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual/Efektif = 4,5 m³

- Cek Waktu Tinggal didalam reactor anaerob

$$= \frac{4,5 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 5,4 \text{ jam} \approx 5 \text{ jam}$$
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Tinggi bed media mikroba = 1,2 m
- Tinggi air diatas bed media = 0,5 m
- Volume total media = 1,8 m³
- Beban BOD per volume media =

$$\frac{4,5 \text{ kg BOD/hari}}{1,8 \text{ m}^3} = 2,5 \text{ kg. BOD/m}^3\text{hari}$$

Standar high rate tricliling filter: 0,4 – 4,7 Kg BOD/m³.hari (Ebie Kunio, 1995)

c) Bak Biofilter Aerob

- Debit Air Limbah = 20 m³/hari = 13,89 liter/menit
- BOD Masuk = 75 mg/l
- BOD Keluar = 30 mg/l
- Efisiensi = 60%
- Beban BOD di dalam air limbah = 20 m³/hari x 75 g/m³ = 1500 g/hari = 1,5 kg/hari
- Jumlah BOD yang dihilangkan = (60/100) x 1,5 kg/hari = 0,9 kg/hari
- Volume media yang diperlukan = (0,9 kg/hari) / (1 kg/m³.hari) = 0,9 m³
- Volume Media = 50% dari total reactor
- Volume reactor = (100/50) x 0,9 m³ = 1,8 m³
- Ditetapkan dimensi Biofilter Anaerob adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 1,0 m
 - Panjang = 1,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual/Efektif = 2,0 m³
- Cek Waktu Tinggal didalam reactor anaerob

$$= \frac{1,8 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{hari}} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 2,16 \text{ jam} \approx 2 \text{ jam}$$
- Tinggi ruang lumpur = 0,5 m
- Tinggi bed media mikroba = 1,2 m
- Tinggi air diatas bed media = 0,5 m
- Volume total media = 0,9 m³
- Beban BOD per volume media =

$$\frac{1,5 \text{ kg BOD/hari}}{0,9 \text{ m}^3} = 1,67 \text{ kg. BOD/m}^3\text{hari}$$

Standar high rate tricliling filter: 0,4 – 4,7 Kg BOD/m³.hari (Ebie Kunio, 1995)

d) Kebutuhan Oksigen/Udara

- Kebutuhan oksigen di dalam reaktor biofilter aerob sebanding dengan jumlah BOD yang dihilangkan. Jadi, kebutuhan teoritis = jumlah BOD yang dihilangkan yaitu 1,5 Kg/hari.
- Faktor keamanan di tetapkan ± 2,0
 - Kebutuhan oksigen teoritis = 2 x 1,5 Kg/hari = 3,0 Kg/hari
 - Temperatur udara rata-rata = 28° C
 - Berat udara pada suhu 28° C = 1,1725 Kg/m³
 - Diasumsikan jumlah oksigen di dalam udara 23,2%

Sehingga, jumlah kebutuhan oksigen teoritis:

$$= \frac{3,0 \text{ kg/hari}}{1,1725 \text{ kg/m}^3 \times 0,232 \text{ g O}_2/\text{g Udara}}$$

$$= 11,02 \text{ m}^3/\text{hari}$$

- Efisiensi Difuser = 5 %
- Kebutuhan Udara Aktual = 11,02 m³/hari / 0,05 = 220,40 m³/hari = 0,15 m³/menit = 150 liter/menit
- Jika kapasitas blower adalah 100 liter/menit dan terdiri dari 2 unit, maka transfer total udara = 200 liter/menit.

e) Bak Pengendapan Akhir/Bak Sedimentasi Akhir

- Debit Air Limbah = 20 m³/hari = 13,89 liter/menit
- BOD Keluar = 30 mg/l
- Waktu Tinggal = 4 jam
- Maka volume yang diperlukan = (4/24) hari x 20 m³/hari = 3,33 m³
- Ditetapkan dimensi Pengendap awal adalah sebagai berikut:
 - Lebar = 1,5 m
 - Panjang = 1,0 m
 - Kedalaman Efektif = 2,0 m
 - Tinggi Ruang Bebas = 0,5 m
 - Volume Aktual/Efektif = 3,0 m³
 - Tebal dinding = 15 cm
- Check

$$\text{td (jam)} = \frac{3,0 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3/\text{hari}}$$

$$= 0,15 \text{ hari} \times 24 \text{ jam}$$

$$= 3,6 \text{ jam} \approx 4 \text{ jam}$$

jadi, waktu tinggal (td) di dalam bak = 4 jam, sesuai dengan kriteria.

- Beban Permukaan (*Surface Loading*)

$$\frac{20 \text{ m}^3/\text{hari}}{2,0 \text{ m} \times 1,5 \text{ m}} = 6,67 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{hari}$$
- Waktu tinggal pada saat beban puncak = 2 jam (asumsi jumlah limbah 2 x jumlah rata-rata)
- Beban permukaan (*surface loading*) rata-rata = 6,67 m³/m².hari

- Beban permukaan pada saat puncak = 13,34 m³/m².hari
- Beban permukaan = 10-20 m³/m².hari

Berdasarkan analisis perencanaan, diperoleh rincian instalasi pengolahan limbah seperti pada Tabel 1. Rincian dimensi instalasi pengolahan limbah Institut Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Rekap Dimensi IPAL Laboratorium Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia

No	Nama Bak	Vol Yg Diperlukan (m ³)	Dimensi Bak				Free Board (m)	Vol. Efektif (m ³)
			P (m)	L (m)	T (m)			
1	Bak Pre Treatment	1,0	1,0	1,0	2,0	0,2	1,0	
2	Bak Pemisah Lemak/Minyak	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	1,0	
3	Bak Equalisasi	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0	
4	Bak Pengendapan Awal	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0	
5	Bak Biofilter Anaerob	4,5	1,5	1,5	2,0	0,5	4,5	
6	Bak Biofilter Aerob							
	a. Ruang Aerasi	1,8	0,5	1,0	2,0	0,5	2,0	
	b. Ruang Bed Media		1,0	1,0	2,0	0,5		
7	Bak Pengendapan Akhir	3,3	1,0	1,5	2,0	0,5	3,0	
TOTAL			8,0					

Sumber: Hasil Analisa

KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan desain perencanaan IPAL Laboratorium Teknik Kimia di Institut Teknologi Indonesia, Tangerang Selatan Banten, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Kualitas air limbah yang dihasilkan Laboratorium Teknik Kimia Instalasi Pengolahan Air Limbah Institut Teknologi Indonesia setelah dilakukan pengujian dengan metode uji koagulasi-aglomerasi menggunakan koagulan PAC dapat dilihat pada Tabel 2. Data analisis limbah cair Institut Teknik Kimia dan Lingkungan – ITI.

Tabel 2. Data Hasil Analisis Limbah Cair Laboratorium Lingkungan Teknik Kimia-ITI.

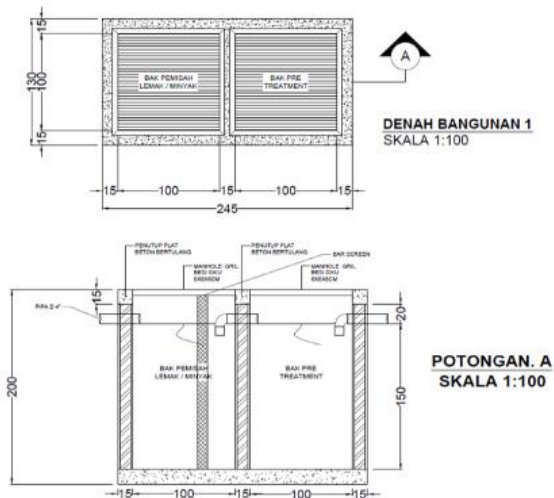
pH	Parameter	Konsentrasi Awal Limbah Sebelum Koagulasi	Dosis Koagulan		
			0, 25 gr	0.5gr	0.75gr
	COD	65.536 mg/L	81.92 mg/L	92.16 mg/L	131.07 mg/L
8	TSS	0.39 gr/ ml	0.74 gr/ ml	0.43 gr/ml	0.25 gr/ml
	Warna	Merah Bening	Kuning cerah	Kuning cerah	Kuning cerah
	pH	1	8	8	8

Sumber: Pengujian Lab Teknik Kimia ITI, 2020

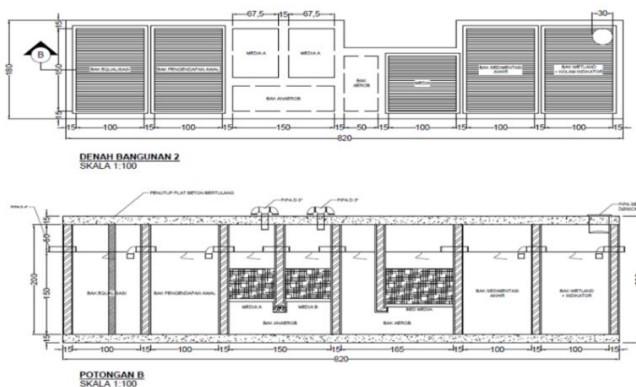
2. Rencana pembangunan IPAL Teknik Kimia Institut Teknologi Indonesia akan dibangun di atas lahan seluas 423 m² dengan total panjang 8 m dan lebar 1,5 m.
3. Gedung Teknik Kimia IPAL Institut Teknologi Indonesia dirancang untuk mampu mengolah air limbah 20 m³/hari, kurang lebih untuk total

kapasitas limbah laboratorium teknik kimia 20.000 liter/hari, dimana fasilitas tersebut terdiri dari tangki *pre-cleaning*, tangki pemisah minyak/lemak, tangki penyangga, tangki awal tangki pengendapan, biofilter anaerobik, tangki biofiltrasi aerobik, dan tangki pengendapan akhir.

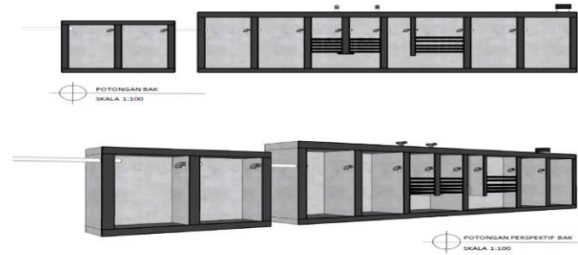
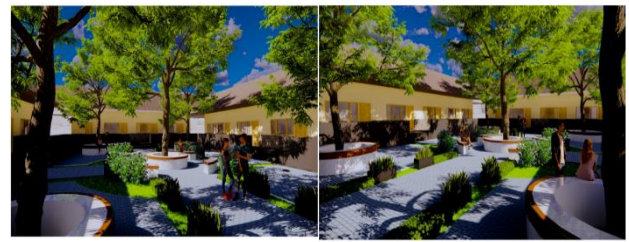
4. Desain dari perencanaan bangunan IPAL dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. Desain Rancangan Banguna IPAL (Pot A)
Sumber: Penulis, 2022



Gambar 6. Gambar Desain Rancangan Banguna IPAL (Pot B)
Sumber: Penulis, 2022



Gambar 7. Gambar Desain Landscape 3D Rancangan Banguna IPAL
Sumber: Penulis, 2022

REFERENCE

- Abel, P.D. 1989. "Water Pollution Biology", Ellis Horwood Limited, Chichester, West Sussex, England.
- Ahmadi, Fahmi Umar, 1995. Konsep Penanggulangan Air Limbah Rumah Sakit. Jakarta.
- Ansari & Yashwant. 2013. *Conceptual Design of Wastewater Treatment Plant for The Dera Bassi Industrial Estat, Punjab (India)*. Global Journals Inc. (USA). India.
- Bansal, KM. 1992. *Produced Water Treatment Technologies*. Conoco, Houston, Texas.
- Bitton Gabriel. 1984. *Wastewater Microbiology*, A John Wiley & Sons, INC, New York
- Cheremisinoff, Paul N. 1995. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Technology*, New York.
- Hammer, Mark J. & Jr, Mark J. Hammer. (2008). *Water and Wastewater Technology*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Hero, Neva. 2014. *Wastewater Treatment in Harbours*. Instituto Superior Tecnico. Lisbon.
- Marhadi. 2016. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Tahu Di Kecamatan Dendang Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi. Jambi.
- Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H.D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse (4th ed)*. Mc. Graw Hill. Singapore.

- Neethling, JB. 2001. *The Control of Activated Sludge Bulking by Chlorination. Dept of Civil Engineering, Univ of California, Berkeley, CA, USA.*
- Priyanka, Arina. 2012. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah Pertamina Maritime Training Center (Studi Perbandingan Dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah Gedung Pertamina Leraning Center). Universitas Indonesia. Depok.
- Rini, Nita. 2016. Kajian Pencemaran Air Sungai Deli Oleh Limbah Domestik Dan Industri Serta Strategi Pengendalian Pencemaran Air di Kota Medan. Tesis Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rosidi, Mohammad. 2017. Perancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pabrik Kertas Halus PT. X Sidoarjo. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Said, Nusa Idaman, 2002, Pengolahan Air Limbah Domestik Dengan Proses Lumpur Aktif yang diisi Dengan Media Bioball, Jurnal Air Indonesia Edisi Vol. BPPT, Jakarta.
- Samal, Swati. 2016. *Design of Sewage Treatment Plant. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE).* India.
- Satiti, Epifani. 2011. Identifikasi Dan Karakteristik Limbah Cair Serta Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Pasar Tradisional. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Sawyer, Clair & McCarty, Perry L. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*, 5th Edition. McGraw-Hill. Singapore.
- Sekman, et al. 2011. *Treatment Of Oily Wastewater from Port Waste Reception Facilities by Electrocoagulation.* Int. J. Environ. Res., 5(4): 1079-1086, Autumn 2011. Istanbul.
- Sugiharto. 1987. Dasar-Dasar Pengelolaan Air Limbah. UI Press. Jakarta.
- Wulandari, Dwica. 2012. Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air Limbah Kantor Pusat Pertamina. Skripsi Universitas Indonesia. Depok.
- Williams, TM. 1989. "The Nutrition of Thiotrix" the Nutrition of Thiotrix water research, 23,1, pp. 15-22.
- Yenti, Sefni. 2011. Evaluasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit (Studi Kasus: Rumah Sakit ST. Carolus Jakarta). Skripsi Universitas Indonesia. Depok.