

# JURNAL TEKNOLOGI DAN MANAJEMEN PENGELOLAAN LABORATORIUM



Published by  
**UNIVERSITAS ANDALAS**

## UJI EFEKTIFITAS MODEL DAN MEKANISME KERJA ALAT INSTALASI PENGOLAHAN AIR LIMBAH (IPAL) LABORATORIUM MENGUNAKAN ARANG AKTIF DAN KOAGULAN $Al_2(SO_4)_3$ (ALUMINIUM SULFAT)

Sunarti<sup>1</sup>, Kiki Teguh Gempur Pro Sutejo<sup>1</sup>

Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, 77115

Email: [nurulhafizah\\_sandi@yahoo.com](mailto:nurulhafizah_sandi@yahoo.com)

### abstrak

Limbah laboratorium adalah limbah domestik yang banyak dihasilkan dari berbagai kegiatan di Laboratorium. Di Laboratorium Kualitas Air, limbah merupakan hasil kegiatan praktikum, penelitian maupun pengujian sampel dari perusahaan. Hal tersebut dilakukan secara terus menerus dikumpulkan dalam suatu wadah dan belum dilakukan pengolahan secara optimal sebelum dibuang ke lingkungan. Hal ini tentu membahayakan keselamatan lingkungan. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pembuatan alat IPAL yang optimal melakukan pengolahan limbah. Peneliti melakukan perbandingan model alat, serta alur dan mekanisme kerja alat IPAL tersebut untuk menemukan prototype yang paling efektif digunakan dalam skala laboratorium. Dalam penelitian ini dilihat perbedaan hasil pengolahan limbah dari dua tipe desain IPAL yaitu desain IPAL leher angsa tinggi dan desain IPAL leher angsa rendah, dengan variasi posisi penempatan koagulan dan arang aktif, serta lamanya waktu kontak. Pengujian ini bersifat kualitatif, berfokus pada nilai paling optimal dari setiap pengujian. Efektifitas perbaikan nilai parameter terjadi optimal pada desain IPAL leher angsa tinggi yaitu nilai *pH* limbah awal 4,75 menjadi 7,84, nilai *COD* 608 mg/L menjadi 16 mg/L, nilai *NH<sub>3</sub>* dari nilai 0,15 mg/L menjadi 0,33 mg/L serta nilai *Fe* dari 7,6 mg/L menjadi 0,1 mg/L sesuai dengan baku mutu.

**Kata kunci :** IPAL, Arang Aktif, Koagulan, Limbah Cair

### abstract

Laboratory waste is domestic waste that is mostly produced from various activities in the laboratory. In the Water Quality Laboratory, waste is the result of practicum activities, research, and sample testing from companies. This is done continuously by collected in a container and has not been processed optimally before being discharged into the environment. This of course endangers environmental safety. Therefore, research was carried out on the manufacture of a WWTP that is optimal for treating waste. Researchers compared the tool model, as well as the workflow and mechanism of the WWTP tool to find the most effective prototype used on a laboratory scale. In this study, we saw the differences in the results of wastewater treatment from two types of WWTP designs, namely the high goose neck WWTP design and the low gooseneck WWTP design, with variations in the position of the coagulant and activated charcoal placement, as well as the length of contact time. This test is qualitative, focusing on the most optimal value of each test. The effectiveness of improving parameter values occurs optimally in the high goose neck WWTP design, namely the initial effluent *pH* value of 4.75 to 7.84, *COD* value of 608 mg/L to 16 mg/L, *NH<sub>3</sub>* value from 0.15 mg/L to 0,33 mg/L and the value of *Fe* from 7.6 mg/L to 0.1 mg/L according to the quality standard.

**Keywords:** IPAL, Activated Charcoal, Coagulant, Liquid Waste

## I. PENDAHULUAN

Berbagai kegiatan riset ilmiah, eksperimen, pengujian ataupun pelatihan ilmiah telah dilakukan di Laboratorium uji kualitas air. Kegiatan tersebut mulai dari persiapan sampai dengan kegiatan pengujian. Alur kegiatan pengujian di laboratorium membutuhkan bahan-bahan kimia utama dan pendukung. Jenis bahan kimia utama yang umum digunakan antara lain bahan kimia bersifat asam,

basa, serta bahan kimia organik dan anorganik (Raimon, 2011). Keseluruhan bahan kimia yang telah terpakai tersebut pada akhirnya akan menjadi bahan tidak terpakai yang berbahaya, atau lebih dikenal sebagai limbah.

Limbah cair di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan merupakan hasil kegiatan praktikum, penelitian maupun pengujian sampel dari perusahaan. Karena kegiatan praktikum dan

pengujian berjalan secara berkelanjutan, sehingga pada beberapa wadah penampungan limbah terisi sampai penuh dengan karakteristik limbah berwarna agak kehitaman, keruh dengan pH 4.75, COD 608 mg/L,  $\text{NH}_3$  0.15 mg/L, dan Fe 7.55 mg/L. Dari karakteristik limbah tersebut bila tidak segera diatasi, maka berpotensi menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu pengelola laboratorium harus mencari solusi penanggulangan limbah cair laboratorium dengan metode sederhana, murah dan cepat.

Kami sangat berharap ada metode yang praktis, ekonomis dan cepat serta berkelanjutan yang dapat diterapkan sehingga permasalahan limbah di laboratorium dapat teratasi dengan baik. Peralatan dan metode yang murah, sebenarnya tidak berhubungan langsung dengan biaya yang sangat rendah, namun berhubungan langsung dengan fungsi dan daya tahan alat di dalam melaksanakan fungsinya. Sesuatu alat dikatakan mahal, bila rentan mengalami kerusakan dan tidak maksimal di dalam proses kerjanya. Sedangkan metode dan peralatan di katakan sederhana bila mudah dibuat dan mudah dioperasikan. Jadi ada dua manfaat di sini, yakni secara ekonomis tercapai sehingga tidak ada lagi anggapan bahwa mengolah limbah sama artinya dengan membuang uang. Dan, manfaat kedua juga bisa menjaga kelestarian lingkungan,” kata Nita yang kini tercatat sebagai dosen FMIPA Unesa. (Musahadah, 2014). Kami berharap dapat merancang alat IPAL yang efektif menyelesaikan masalah limbah cair laboratorium.

Beberapa langkah operasi pengolahan air limbah dapat berpengaruh besar terhadap kualitas effluent. Operasi pengendapan utama terjadi pada circular clarifier, sehingga didapatkan endapan limbah bertambah dengan semakin dalamnya kolam endapan. Berikutnya adalah formasi penempatan arang aktif dengan koagulan, apakah penempatan arang aktif mendahului koagulan atau sebaliknya akan memberi pengaruh terhadap kualitas hasil olahan IPAL.

Berdasarkan uraian itu telah dilakukan penelitian uji efektifitas model dan mekanisme kerja alat Instalasi Pengolahan Air Limbah laboratorium menggunakan arang aktif dan koagulan (*Aluminium Phospat*) di laboratorium kualitas air Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan, dan didapatkan desain serta alur kerja Instalasi Pengolahan Air Limbah cair laboratorium yang tepat dan dapat mempercepat proses pengolahan limbah secara optimal.

## II. METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

#### a. Alat

Alat yang digunakan yaitu

1. Spektrofotometer Visible T60V
2. Timbangan analitik Mettler Toledo tipe AL204, skala 0-210 gr
3. COD Reaktor Hach Company
4. pH meter Lutron tipe pH-208
5. Tiga buah gelas ukur vol. 100 ml
6. Buret 250 ml
7. Beaker glass 100 ml,
8. pipet tetes
9. Pipet ukur, 10 ml, 5 ml dan 2 ml

#### B. Bahan

Bahan yang digunakan yaitu

1. Limbah cair laboratorium Kualitas Air FPIK UBT
2. Arang aktif
3. Koagulan, *Amonium Klorida* ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )
4. *Larutan Fenol* ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ )
5. *Natrium Nitroprusida* ( $\text{C}_5\text{FeN}_6\text{Na}_2\text{O}$ ) 0,5 %
6. *Larutan Alkalin Sulfat* ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$ )
7. *Natrium Hipoklorit* ( $\text{NaClO}$ ) 5%
8. *Kristal  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$*
9. Larutan Baku Kalium dikromat ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ) 0,1 N
10. Larutan pereaksi *asam sulfat* ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  + *Silver sulfate* ( $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ))
11. Indikator ferroin
12. Larutan standart *ferro Amonium Sulfat* (FAS)

#### Cara Kerja

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

##### 1. Desain dan Merakit Alat

Membuat desain Instalasi Pengolahan Air Limbah laboratorium Kualitas Air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan. Adapun desain alat ini terdiri dari corong, tabung inlet dan tabung outlet. Antara kedua tabung dihubungkan pipa penghubung yang berbentuk leher angsa, tujuannya adalah agar lekukan pipa dapat menjadi rintangan pergerakan koloid, dan bersama gaya gravitasi mempengaruhi pengendapan koloid sehingga dapat mempercepat pemisahan bahan pencemar dengan air. Untuk melihat efektivitas kerja IPAL, maka dibuat desain IPAL leher angsa tinggi dan IPAL leher angsa rendah. Perbandingan kemampuan penyerapan arang aktif dan koagulan pada desain IPAL leher angsa tinggi dan Leher angsa rendah terhadap bahan pencemar seperti pH, COD,  $\text{NH}_3$  dan Fe diukur

dengan membandingkan nilai awal bahan limbah cair dengan bahan cairan yang keluar dari pipa outlet. Proses Adsorpsi oleh arang aktif terhadap bahan pencemar dilakukan dengan memberikan perlakuan pengadukan dengan aerator agar limbah cair yang merupakan bahan campuran bisa merata, sekaligus memperkaya kandungan udara pada limbah cair. Adsorpsi dan koagulasi dilakukan perlakuan dengan lamanya waktu kontak. Waktu kontak dimulai dari 1, 2, 3, 4, dan 5 jam, tujuannya memberikan kesempatan kepada arang aktif maupun koagulan *aluminium sulfat* dapat bekerja maksimal pada waktu yang sesuai, yaitu proses adsorpsi dan koagulasi sampai batas optimal sehingga bahan tersebut dilepaskan kembali ke bahan cairan. Kemudian merakit IPAL dan simulasi

### **2. Pengambilan Sampel**

Menyiapkan sampel limbah cair pada wadah penampungan yang akan diolah menggunakan IPAL leher Angsa Tinggi dan IPAL Leher Angsa Rendah yang telah dirakit.

### **3. Pengolahan Limbah**

- a. meletakkan arang aktif dan koagulan sesuai dengan desain yang telah dirancang.
- b. Pengumpulan bahan limbah cair pada wadah penampungan drum 100 Liter
- c. Pengujian awal parameter *pH*, *COD*, *NH<sub>3</sub>* dan *Fe*.
- d. Kemudian limbah cair dimasukkan kedalam corong inlet sebanyak 7 liter, dидiamkan selama 30 menit sambil diaerasi.
- e. Selanjutnya kran corong dibuka dan limbah mengalir masuk ke tabung inlet yang berisi koagulan dan/atau arang aktif.
- f. Setiap 1 jam kran tabung inlet di buka, limbah mengalir melalui pipa leher angsa menuju tabung outlet yang berisi arang aktif dan/atau koagulan.
- g. Pada bagian ujung tabung outlet juga terdapat kran dan wadah untuk menyimpan hasil olahan limbah. untuk setiap kali pengolahan (1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam) akan selalu dilakukan pengujian parameter *pH*, *COD*, *NH<sub>3</sub>* dan *Fe*.

### **4. Pengumpulan Data dan Analisis Data**

#### **a. Pengumpulan Data**

Pengambilan data mulai dilakukan dengan mengukur parameter awal limbah berupa pH dengan mengacu pada pengujian pH metode SNI 6989.11:2019 diperoleh nilai pH 4,75, COD mengacu pada pengujian COD metode SNI 6989.2:2019 diperoleh nilai 608 mg/L, *NH<sub>3</sub>*

mengacu pada pengujian *NH<sub>3</sub>* metode SNI 06-6989.30-2005 diperoleh nilai 0,15 mg/L serta pengujian *Fe* menggunakan metode SNI 6889.4-2009. Tujuan utama dari penelitian ini adalah menemukan desain IPAL yang dapat mengolah limbah cair secara optimal, oleh karena itu selain kualitas hasil akhir olahan limbah, durasi waktu yang diperlukan sampai akhir pengolahan juga termasuk diperhitungkan sesuai dengan masing masing rancangan desain. Hasil penyaringan dan kualitas air yang dikeluarkan IPAL melalui pipa Outlet akan diukur dan dibandingkan dengan data hasil pengukuran sebelum perlakuan. Sedangkan durasi waktu yang terbaik adalah waktu pengolahan limbah yang paling singkat dengan hasil akhir tetap berada pada baku mutu lingkungan.

#### **b. Analisis Data**

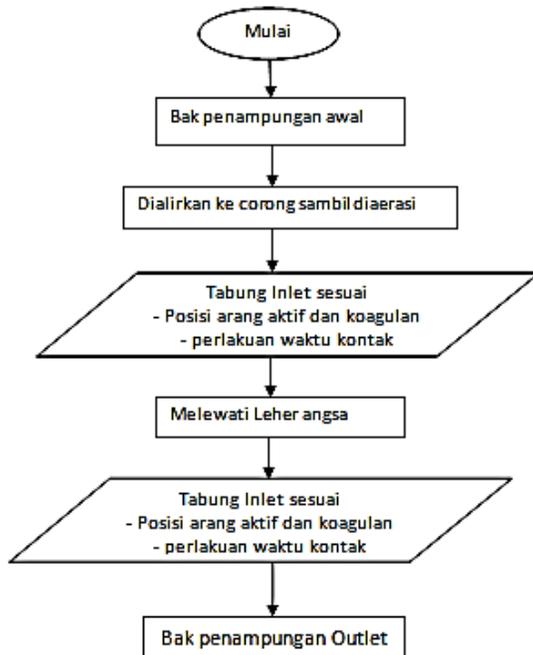
Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif komperatif, dimana kualitas limbah cair laboratorium meliputi parameter pH, COD, *NH<sub>3</sub>* dan *Fe* yang telah dilakukan pengolahan dibandingkan dengan data awal kualitas limbah cair laboratorium sebelum dilakukan pengolahan dan untuk mendapatkan nilai efektivitas pengurangan dampak limbah cair, serta menentukan kualitas hasil secara keseluruhan dengan membuat perbandingan dengan standar baku mutu lingkungan. Berbagai data yang telah terkumpul akan di analisis secara kualitatif, untuk menentukan kombinasi mana dari desain IPAL dan penempatan komposisi koagulan –arang yang paling terlihat menetralkan limbah cair

## **III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **3.1 Hasil**

#### **3.1.1 Prototipe Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Laboratorium**

Pada penelitian ini dibuat alat instalasi pengolahan air limbah yang menggunakan dua tabung penyaringan yaitu tabung Inlet dan tabung Outlet. Untuk menghubungkan kedua tabung penyaring tersebut digunakan pipa yang berbentuk leher angsa. Adapun salah satu fokus dari penelitian ini adalah menguji efektifitas pipa leher angsa di dalam menetralsir limbah cair. Oleh karena itu di dalam penelitian ini dibuat dua desain alat, yaitu, IPAL dengan pipa leher angsa yang tinggi dan IPAL dengan leher angsa yang rendah. Berikut adalah bagan alir / desain urutan proses pengolahan air limbah.



**Gambar 1.** Bagan Alir Proses Pengolahan Air Limbah

Kemudian melakukan pengamatan terhadap lamanya waktu yang diperlukan untuk menetralkan limbah cair. Selain itu pada proses pengolahan limbahnya dilakukan variasi posisi penempatan arang aktif dan koagulan *Aluminium Sulfat* ( $Al_2(SO_4)_3$ ), yaitu posisi Arang dan koagulan dipertukarkan pada tabung inlet dan tabung outlet. Adapun bentuk desain alat yang dibuat sebagai berikut:



A. Desain IPAL leher angsa tinggi



B. Desain IPAL leher angsa rendah

**Gambar 2.** Desain Alat Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)

### 3.1.2 Data Hasil Pengukuran

Berdasarkan data tabel 1-tabel 8 hasil pengukuran parameter limbah yang telah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah (IPAL), terlihat adanya perubahan antara alat instalasi pengolahan

limbah leher angsa tinggi dan alat instalasi pengolahan limbah leher angsa rendah. Hal ini juga terjadi pada variasi posisi penempatan arang aktif dan koagulan pada alat instalasi pengolahan limbah, dimana terjadi penurunan nilai kadar parameter limbah dari nilai parameter awal limbah sehingga dapat mengurangi dampak pencemaran terhadap lingkungan. Adapun perubahan nilai masing masing parameter sebagai berikut:

### 3.1.3 Pengukuran Parameter dengan Posisi Penempatan Koagulan dan Arang Aktif

#### 1. Parameter pH

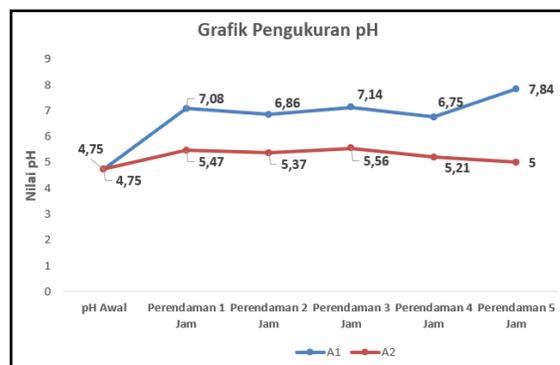
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter pH limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan Arang aktif pada tabung outlet.

**Tabel 1.** Data Parameter pH variasi posisi: Koagulan-Arang

Desain	pH					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	4,75	7,08	6,86	7,14	6,75	7,84
A2	4,75	5,47	5,37	5,56	5,21	5

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai pH limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 1 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 3 berikut ini yaitu dari pH awal 4,75 menjadi 7,84 pada A1 dan 5 pada A2.



**Gambar 3.** Grafik respon perbaikan nilai pH terhadap tipe IPAL dan Waktu Kontak dengan Posisi Koagulan-Arang.

Pada gambar 3 diatas menunjukkan grafik respon perubahan nilai *pH* pada desain IPAL leher angsa tinggi. Perubahan *pH* juga terjadi pada desain IPAL leher angsa rendah namun nilai *pH* nya masih menunjukkan nilai asam yang berada diluar baku mutu air limbah yang ditetapkan.

### 2. Parameter COD

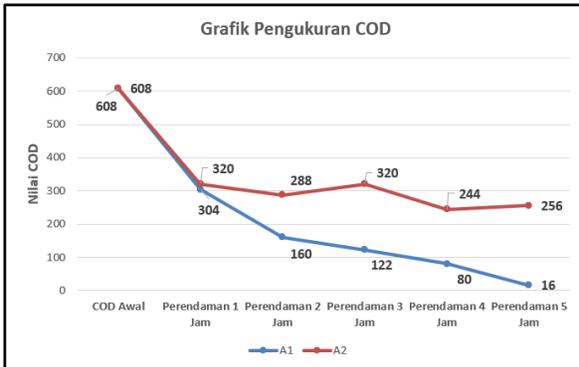
Berikut table 2. data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter COD limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan Arang aktif pada tabung outlet.

**Tabel 2.** Data Parameter COD variasi posisi: Koagulan-Arang

Desain	COD					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	608	304	160	122	80	16
A2	608	320	288	320	244	256

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa Rendah

Perbedaan nilai COD limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 3 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 4 berikut ini, yaitu dari nilai COD awal 608 mg/L turun menjadi 16 mg/L pada A1 dan 224 mg/L pada A2.



**Gambar 4.** Grafik respon perbaikan nilai COD terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan posisi Koagulan-Arang.

Pada gambar 4 grafik respon di atas terlihat perubahan nilai COD diperlihatkan pada desain IPAL leher angsa tinggi. Perubahan COD juga terjadi pada desain IPAL leher angsa rendah namun nilai COD nya masih menunjukkan nilai yang berada diluar baku mutu air limbah yang ditetapkan.

### 3. Parameter NH<sub>3</sub>

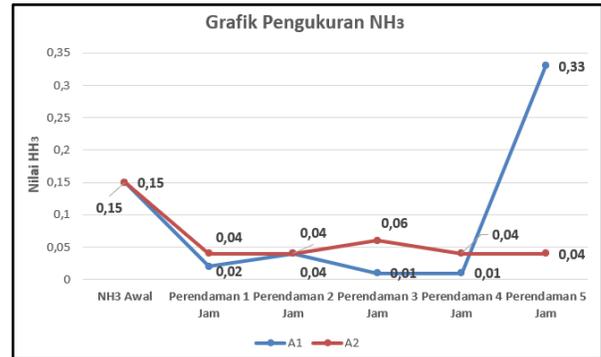
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter NH<sub>3</sub> limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan Arang aktif pada tabung outlet.

**Tabel 3.** Data Parameter NH<sub>3</sub> variasi posisi: Koagulan-Arang

Desain	NH <sub>3</sub>					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	0,15	0,02	0,04	0,01	0,01	0,33
A2	0,15	0,04	0,04	0,06	0,04	0,04

**Keterangan :** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa Rendah

Perbedaan nilai NH<sub>3</sub> limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 3 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 5 berikut ini, yaitu dari nilai NH<sub>3</sub> awal 0,15 mg/L menjadi 0,01 mg/L pada A1 dan 0,04 mg/L pada A2. Perbandingannya lebih jelasnya dapat dilihat grafik perubahan nilai NH<sub>3</sub> pada gambar 5 berikut ini.



**Gambar 5.** Grafik respon perbaikan nilai NH<sub>3</sub> terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan posisi Koagulan-Arang.

Pada gambar 5 diatas terlihat grafik respon perubahan nilai NH<sub>3</sub> diperlihatkan pada kedua desain

IPAL baik IPAL leher angsa tinggi maupun leher angsa rendah. Meskipun perubahan nilai  $NH_3$  sempat menunjukkan kenaikan namun nilai tersebut masih sesuai dengan baku mutu air limbah.

#### 4. Parameter Fe

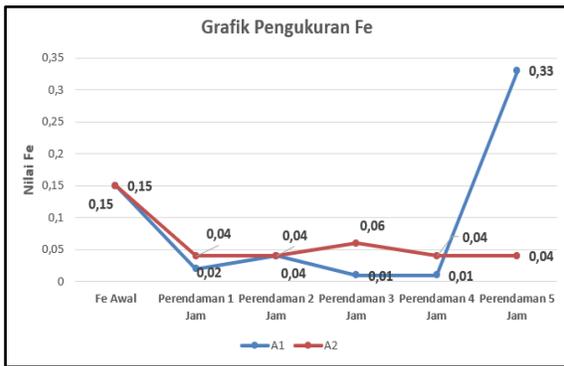
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter  $Fe$  limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan Arang aktif pada tabung outlet.

**Tabel 4.** Data Parameter  $Fe$  variasi posisi: Koagulan-Arang

Desain	Fe					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	0.15	0.02	0.04	0.01	0.01	0.33
A2	0.15	0.04	0.04	0.06	0.04	0.04

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai  $Fe$  limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 4 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 5 berikut ini, yaitu menurun menjadi 0,01  $mg/L$  pada A2.



**Gambar 6.** Grafik respon perbaikan nilai  $Fe$  dalam 5 Jam dengan Posisi Koogulan-Arang.

Pada gambar 6 di atas menunjukkan grafik respon perbaikan nilai  $Fe$  dimana terlihat pada IPAL leher angsa tinggi paling optimal terlihat pada waktu perendaman 3 Jam, yaitu 0,01  $mg/L$ . capaian ini sangat sesuai dengan baku mutu.

### 3.1.4 Pengukuran Parameter dengan Penempatan Arang Aktif dan Koagulan

Setelah mengganti posisi penempatan Koagulan di tabung inlet dan Arang aktif di tabung outlet menjadi Arang aktif di tabung inlet dan Koagulan di tabung outlet, maka dilakukan pengukuran parameter sebagaimana sebelumnya dengan nilai hasil pengukuran sebagai berikut:

#### 1. Parameter pH

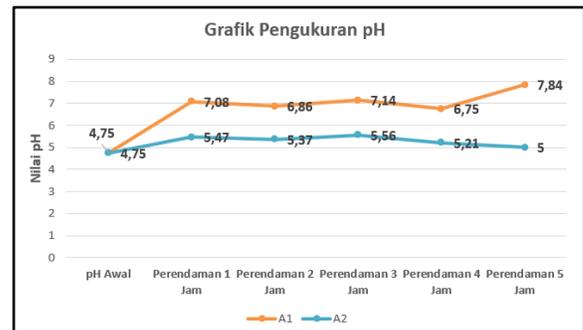
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter  $pH$  limbah setelah dilakukan perlakuan menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan Arang aktif pada tabung inlet dan koagulan pada tabung outlet.

**Tabel 5.** Data Parameter  $pH$  variasi posisi: Arang-Koagulan

Desain	pH					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	4.75	7.08	6.86	7.14	6.75	7.84
A2	4,75	5.47	5.37	5.56	5.21	5

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai  $pH$  limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 5 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 5 berikut ini nilai awal 4,75 setelah 1 jam sudah mengalami perubahan dan pada saat 5 jam nilainya menjadi 4,29 pada A1 dan 3,50 pada A2.



**Gambar 7.** Grafik respon nilai  $pH$  terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan Posisi Arang-Koagulan.

Pada gambar 7 di atas menunjukkan grafik respon perubahan nilai  $pH$  yang diperlihatkan pada kedua desain IPAL yaitu IPAL leher angsa tinggi dan

IPAL leher angsa rendah. Nilai perubahan  $pH$  untuk kedua desain alat memberikan hasil yang tidak sesuai dengan standar baku mutu. Terutama pada desain leher angsa rendah.

## 2. Parameter COD

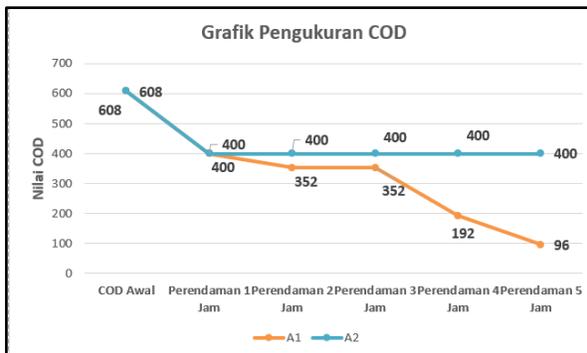
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter COD limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan Arang aktif pada tabung inlet dan koagulan pada tabung outlet.

**Tabel 6.** Data Parameter COD variasi posisi: Arang-Koagulan

Desain	COD					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	608	400	352	352	192	96
A2	608	400	400	400	400	400

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai COD limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 6 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 5 berikut ini yaitu nilai awal 608 mg/L setelah 1 jam sudah mengalami perubahan dan pada saat 5 jam nilainya menjadi 96 mg/L pada A1 dan 400 mg/L pada A2.



**Gambar 8.** Grafik respon nilai COD terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan Posisi Arang-Koagulan.

Pada gambar 8 di atas menunjukkan grafik respon perubahan nilai COD diperlihatkan pada desain IPAL leher angsa tinggi. Perubahan COD juga terjadi pada desain IPAL leher angsa rendah namun nilai COD nya masih menunjukkan nilai yang berada diluar baku mutu air limbah yang ditetapkan.

## 3. Parameter $NH_3$

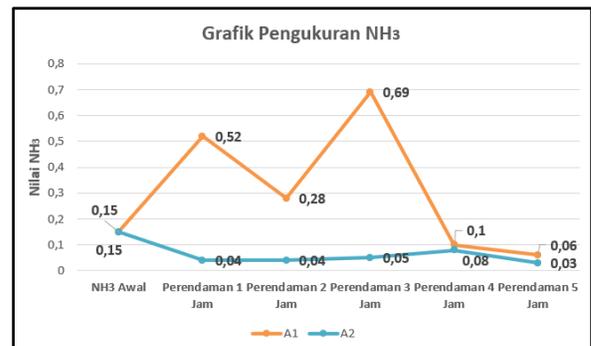
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter  $NH_3$  limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan Arang aktif pada tabung inlet dan koagulan pada tabung outlet.

**Tabel 7.** Data Parameter  $NH_3$  variasi posisi: Arang-Koagulan

Desain	$NH_3$					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	0.15	0.52	0.28	0.69	0.10	0.06
A2	0.15	0.04	0.04	0.05	0.08	0.03

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai  $NH_3$  limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 6 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 9 berikut ini yaitu terjadi peningkatan saat 1 jam 0,52 mg/L namun kemudian turun kembali hingga saat 5 jam menjadi 0,06 mg/L. Demikian juga hasil pengolahan limbah pada IPAL leher angsa rendah nilai  $NH_3$  menjadi 0,03 mg/L.



**Gambar 9.** Grafik respon nilai COD terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan Posisi Arang-Koagulan.

Pada gambar 9 di atas menunjukkan grafik respon nilai  $NH_3$  pada desain IPAL leher angsa tinggi terjadi perubahan kadar nilai  $NH_3$ . Sedangkan pada desain IPAL leher angsa rendah menunjukkan perbaikan nilai  $NH_3$ . Namun demikian nilai  $NH_3$  yang dihasilkan dari kedua desain IPAL tersebut masih sesuai dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan.

#### 4. Parameter Fe

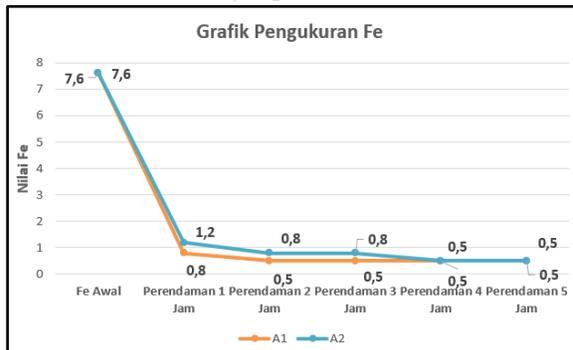
Berikut data perbandingan parameter awal limbah sebelum perlakuan dengan nilai parameter *Fe* limbah setelah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah laboratorium dengan posisi penempatan Arang aktif pada tabung inlet dan koagulan pada tabung outlet.

**Tabel 8.** Data Parameter *Fe* variasi posisi: Arang-Koagulan

Desain	Fe					
	Awal	1 Jam	2 Jam	3 Jam	4 Jam	5 Jam
A1	7.6	0.8	0.5	0.5	0.5	0.5
A2	7.6	1.2	0.8	0.8	0.5	0.5

**Keterangan:** A1 = IPAL Leher Angsa Tinggi  
A2 = IPAL Leher Angsa rendah

Perbedaan nilai *Fe* limbah mulai dari perendaman 1 jam sampai 5 jam yang terlihat pada table 6 akan lebih jelas terlihat sebagai perubahan nilai pada grafik gambar 9 berikut ini, yaitu nilai awal limbah dari 7,55 mg/L menjadi 0,33 mg/L pada limbah hasil olahan A1 dan 0,04 mg/L pada limbah hasil olahan A2.



**Gambar 10.** Grafik respon nilai Fe terhadap tipe IPAL dan waktu kontak dengan Posisi Arang-Koagulan.

Pada gambar 10 di atas menggambarkan grafik respon perbaikan nilai *Fe* dimana diperlihatkan pada ke dua desain IPAL yaitu IPAL leher angsa tinggi dan IPAL leher angsa rendah. Dimana nilai yang dihasilkan sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

#### 3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian awal, diketahui bahwa limbah cair dari laboratorium uji kualitas air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan sangat berbahaya karena mengandung logam berat dan bahan berbahaya lainnya dengan nilai

melampaui baku mutu lingkungan berdasarkan Permen LH No. 5 Tahun 2014. Namun dengan pengolahan limbah menggunakan alat Instalasi Pengolahan Limbah Cair yang telah didesain secara khusus, maka telah di peroleh beberapa nilai perbaikan yang sangat memuaskan. Hal ini sebagaimana yang terlihat dari hasil pengumpulan data mulai dari tabel 1 sampai tabel 8 yang menyajikan nilai parameter uji *pH*, *COD*, *NH<sub>3</sub>* dan *Fe*. bahwa capaian hasil yang diperoleh sangat bervariasi, dan sangat dipengaruhi dengan desain alat IPAL, waktu kontak serta posisi penempatan Koagulan dan Arang Aktif atau sebaliknya.

Desain alat IPAL yang digunakan di dalam penelitian ini ada dua bentuk yaitu pipa penghubung berbentuk leher angsa yang berukuran rendah dan pipa penghubung berbentuk leher angsa yang berukuran tinggi. bahwa ukuran pipa leher angsa tidak berpengaruh terhadap kecepatan pengolahan limbah cair. Sebaliknya ukuran tinggi leher angsa berpengaruh terhadap kualitas pengolahan limbah cair. Hal ini terjadi karena ditemukan sejumlah material bahan pencemar terjebak di bagian bawah pipa leher angsa yang tinggi. Material pencemar yang sudah terpisah dari bahan cairan mengendap berbentuk koloid dan flokulan, sehingga dengan adanya gaya gravitasi menyebabkan sebagian besar koloid tersebut tidak berhasil mencapai puncak pipa penghubung. Berbeda halnya dengan pipa leher angsa pendek, masih terdapat sejumlah koloid yang dapat mengalir melewati leher angsa masuk ke tabung outlet sampai keluar di wadah penampungan. Namun demikian hasil ini hanya dapat ditemukan pada perlakuan penempatan *aluminium sulfat* mendahului arang aktif.

IPAL model leher angsa sesungguhnya memanfaatkan peranan gaya gravitasi, dengan memanfaatkan peranan dari gaya gravitasi menyebabkan partikel suspensi dan koloid semakin mudah terpisah dari cairan karena barrier lengkungan pipa serta ketinggian pipa vertikal yang harus dilalui untuk mencapai tabung outlet. Resultan kuat medan gravitasi merupakan besaran vektor, sehingga suatu benda di pengaruhi oleh gaya gravitasi beberapa benda lain. Sehingga besarnya kuat medan gravitasi yang dialami benda tersebut merupakan resultan vektor kuat medan gravitasi yang bekerja pada benda itu (Said, 2015).

Dalam penelitian ini, proses pengolahan limbah cair menggunakan dua bahan tambahan, yaitu *aluminiumsulfat* sebagai koagulan dan Arang aktif sebagai *aseptor*. Kedua bahan ini memiliki sifat dan cara kerja yang berbeda di dalam melakukan penjernihan air. Koagulan sifatnya melakukan pengikatan antara partikel-partikel halus karena adanya perbedaan muatan permukaan antara sesama partikel. Ikatan tersebut disebut ikatan *vanderwalls*. Jadi ikatan

tersebut terbentuk karena tegangan permukaan antara partikel. Walaupun sifatnya lemah, namun ikatan ini tidak terbatas, sehingga sejumlah partikel yang berikatan dapat membentuk koloid. Selanjutnya sejumlah koloid dapat saja membentuk flokulan yang mempermudah terjadinya proses pengendapan dan sangat mudah terjebak dengan gaya gravitasi bumi. Sedangkan arang aktif adalah partikel yang memiliki sangat banyak pori, yakni dapat memiliki daya ikat 300 kali dari ukuran partikelnya. Dasar keterikatannya juga bersumber dari perbedaan muatan, dan partikel yang lain dapat berikatan hanya bila dapat mengisi ruang pori dari partikel arang. (Said, 2015)

Berdasarkan perbedaan cara kerja kedua bahan tambahan inilah yang menyebabkan, sehingga pada hasil penelitian ini apabila meletakkan koagulan (di tabung inlet) mendahului arang aktif (ditabung outlet) akan memberikan hasil yang optimal, dimana sebagian besar partikel pencemar telah terikat lebih dahulu oleh *aluminium sulfat*, sehingga arang aktif hanya membersihkan sebagian partikel pencemar yang terlepas dari ikatan atau belum sempat terikat. Sebaliknya bila arang aktif (ditabung inlet) yang mendahului koagulan (ditabung outlet), maka ikatan antara arang aktif dengan partikel pencemar terjadinya agak lambat dibandingkan dengan kecepatan aliran air. Selain itu bila ada arang aktif yang halus telah berikatan dengan partikel pencemar tetap memiliki keterbatasan biomassa, sehingga tidak terlalu mendapatkan gaya gravitasi bumi. Jadi di dalam proses ini banyak dari partikel pencemar yang belum sempat terikat, maupun yang sudah terikat masih dapat masuk ke pipa outlet. Bahkan hasil yang tidak diharapkan, bahwa penempatan koagulan di tabung outlet, dapat menyebabkan koagulan atau aluminium sulfat menjadi bahan pencemar baru di tabung outlet.

Dalam penelitian ini pengamatan dilakukan mulai dari pengujian parameter awal dari limbah sebelum dilakukan pengolahan menggunakan alat IPAL, kemudian 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam setelah perlakuan. Dari hasil pengolahan data yang dikumpulkan ditemukan adanya hubungan yang kuat dari waktu kontak. Bahwa untuk jam pertama dan kedua, kita ketahui bahwa proses partikel pencemar memerlukan beberapa waktu agar dapat terikat dengan baik, ternyata penjernihan limbah ini terjadi pada jam ke tiga dan optimal pada jam ke lima. Namun hal yang sebaliknya terjadi pada jam ke enam. Dimana nilai kualitas pengolahan limbah menurun kembali. Hal ini disebabkan bahwa ternyata ikatan vanderwals bersifat sementara, sehingga partikel yang terikat, dapat saja terlepas kembali bila telah mencapai titik jenuh. Oleh karena itu, proses pengolahan limbah cair dengan metode ini harus dapat dihentikan/diselesaikan setelah lima jam.

Berdasarkan data hasil pengukuran parameter limbah yang telah diolah menggunakan alat instalasi pengolahan air limbah (IPAL), terlihat adanya perbedaan yang sangat mencolok antara alat instalasi pengolahan limbah leher angsa tinggi dan alat instalasi pengolahan limbah leher angsa rendah. Hal ini juga terjadi pada variasi posisi penempatan koagulan dan arang aktif di dalam tabung IPAL, dimana berhasil terjadi penurunan nilai parameter limbah sehingga dapat sesuai dengan nilai baku mutu. Efektifitas perbaikan nilai parameter terjadi lebih optimal pada desain leher angsa tinggi, dimana terjadi perbaikan yang sangat kontras dibandingkan dengan desain leher angsa rendah. Kita melihat bahwa nilai *pH* dari limbah awal yaitu 4,75 menjadi 7,84, kadar *COD* 608 mg/L menjadi 16 mg/L, *Fe* dari nilai limbah awal 7,6 mg/L menjadi 0,1 mg/L, nilai *NH<sub>3</sub>* dari nilai 0,15 mg/L menjadi 0,33 mg/L namun masih sesuai dengan baku mutu *Permen LH No. 5 Tahun 2014*.

#### **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

##### ***Kesimpulan***

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pengujian kerja dua desain IPAL yang dibuat, dapat disimpulkan bahwa alat instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dengan desain IPAL leher angsa tinggi lebih efektif dari pada desain IPAL leher angsa pendek, dengan posisi penempatan koagulan pada tabung inlet dan arang aktif pada tabung outlet. Sedangkan waktu kontak terbaik adalah 5 jam. Sehingga diyakini alat ini dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah cair di laboratorium kualitas air Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Borneo Tarakan.

##### ***Saran***

Disarankan ada penelitian lanjutan mengukur parameter yang belum diuji pada penelitian ini, sehingga dapat diketahui bahwa semua parameter yang dipersyaratkan untuk limbah dapat dibuang ke lingkungan sudah memenuhi syarat dan sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan.

##### ***Ucapan Terima Kasih***

Penulis ucapkan terimakasih kepada Bapak Direktur Sumber Daya Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dan Bapak Koordinator Kompetensi Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional, *Air dan Air Limbah – Bagian 11 : Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH meter*. SNI 6989.11:2019.
- Badan Standardisasi Nasional, *Air dan Air Limbah – Bagian 15 : Cara Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (Chemical Oxygen Demand/COD)*. SNI 6989.15:2019.
- Badan Standardisasi Nasional, *Air dan Air Limbah – Bagian 30 : Cara Uji Kadar Amonia dengan Spektrofotometer Fenat*. SNI 6989.30:2019.
- Badan Standardisasi Nasional, *Cara Uji Besi (Fe) Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. SNI 6989.4:2009.
- Dennis R. Heldman, 2020, *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering* (2003), p. 55. Di idalam [wikipedia.org/wiki/Instalasi \\_pengolahan\\_air limbah](https://www.wikipedia.org/wiki/Instalasi_pengolahan_air limbah)
- Erwan - *IPAL komunal dan Manfaatnya, SANIMAS IsDB Kabupaten Aceh Tamiang, 12 januari 2019*, <https://sidik.acehtamiangkab.go.id/index.php/artikel/10-ipal-komunal-dan-apa-manfaatnya>
- Harsanti, 2011, Arang Aktif Meningkatkan Kualitas Lingkungan, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian, Pati, Jawa Tengah, edisi Maret, No. 3400, 2011, <https://www.litbang.pertanian.go.id/download/99/file/Arang-Aktif-Meningkatkan-K.pdf>, diakses, 15 Maret 2021, 11,17 Wita
- Kristijarti, A.Prima, Ign Suharto, Marieanna, 2013, Penentuan Jenis Koagulan dan Dosis Optimum untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X *Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan*
- Lailani, <https://sumber.belajar.kemdikbud.go.id/repos/FileUpload/GravitasiNewton-SH/Topik-1.html>, dikutip, 20 Oktober 2021, 12.30 Wita
- Musahadah, 2014 : Ciptakan Metode Pengolahan Limbah yang Ekonomis dan Aman, Surya.co.id, <https://surabaya.tribunnews.com/2014/03/11/ciptakan-metode-pengolahan-limbah-yang-ekonomis-dan-aman?page=2>
- Nurhayati, Indah., Sugito., Ayu Pertiwi., 2018, Pengolahan limbah cair laboratorium dengan adsorpsi dan pretreatment netralisasi dan koagulasi., 10,125-138.
- Oktaviasari. S.A. dan Mashuri, M. 2016. Optimasi Parameter Proses Jar Test Menggunakan Metode Taguchi dengan Pendekatan PCR-TOPSIS. *Jurnal Sains dan Seni ITS. MIPA. ITS*.
- Raimon., 2011, Pengolahan air limbah laboratorium terpadu dengan system kontinyu., 22, 18-27. <http://ejournal.kemenperin.go.id/dpi/article/view/543>, diakses 12 Februari, 2021
- Risdianto,D. 2007. *Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi Untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu*. Thesis. Teknik Kimia.UNDIP.....sumber aneka kerja abadi <http://www.saka.co.id/news-detail/koagulasi-dan-flokulasi-dalam-pengolahan-limbah>
- Said H. Nuraini, Apa Pengertian dan Cara Kerja Gravitasi, <https://h.saidnuraeni.blogspot.co.id/2015/02/apa-pengertian-cara-kerja-14.html>, diunduh tanggal 10 April 2021, pukul 14.22 Wib.
- Setiawati, Tia Amina., Endah Wulandari., Komarudin., Euis Desniati., 2019, Sistem dokumentasi pengelolaan limbah cair beracun dan berbahaya (B3) di laboratorium jasa uji., 1,41-48.
- Siregar, *Koagulasi dan Flokulasi dalam Pengolahan Limbah*. <http://www.saka.co.id/news-detail/koagulasi-dan-flokulasi-dalam-pengolahan-limbah> diakses 2 Maret 2021, 10, 15 Wita
- Teheni, Muhammad Tasjiddin., 2018, Analisis logam berat Cd dan simbiannya dalam alga *Euchema cottoni* di perairan Kabupaten Bantaeng., 4, 55-88.

ISSN 2621-0878

