



Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal

e-ISSN: 2621-5586

Volume 4, Nomor 1, Bulan 2022

Doi: <http://dx.doi.org/10.36441/seoi.v4i1.1007>

EVALUASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DARI KEGIATAN LABORATORIUM (STUDI KASUS: LABORATORIUM PT.X, KOTA BANDUNG)

EVALUATION OF LABORATORY WASTEWATER TREATMENT (CASE STUDY: LABORATORY PT.X, BANDUNG CITY)

Eva Nurjanah¹, Fanny Novia^{1*}

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Kebangsaan Republik Indonesia, Kota Bandung

*E-mail Korespondensi: fannynovia6@gmail.com

Diterima: 20 Maret 2022

Disetujui: 29 Maret 2022

ABSTRACT

Laboratory generates waste such as wastewater from various activities in laboratory. This research aims to analyze wastewater characteristic before and after treatment and evaluate the efficiency of wastewater treatment in laboratory PT.X. Wastewater treatment in laboratory PT.X consist of equalization, neutralization, sedimentation and adsorption unit. Wastewater of laboratory PT.X has brown color, odourize and has high concentration of COD, ammonia and phenol. Average concentrations of wastewater before treatment were 2.63 for pH, 903 mg/L for COD, 67.73 mg/L for ammonia and 1.87 mg/L for phenol. Effluent concentration of wastewater in laboratory PT.X after treatment meets the standard of wastewater quality. The efficiency of wastewater treatment for each parameter were 62.75% for pH; 91.44% for COD, 96.31% for ammonia, and 87.58% for phenol.

Keywords: evaluation, laboratory, wastewater, wastewater treatment

ABSTRAK

Laboratorium pada umumnya menghasilkan limbah cair sebagai residu dari berbagai kegiatan yang ada di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik limbah cair dari laboratorium PT.X dan mengevaluasi hasil pengolahan limbah cair tersebut. Unit pengolahan yang digunakan untuk mengolah limbah cair di PT. X adalah unit ekualisasi, unit netralisasi, unit sedimentasi dan unit adsorpsi. Limbah cair yang dihasilkan dari laboratorium PT.X memiliki karakteristik berwarna coklat, berbau menyengat, pH rendah, dan memiliki kandungan COD, amonia dan fenol yang tinggi. Konsentrasi rata-rata kualitas limbah cair laboratorium sebelum diolah adalah 2,63 untuk parameter pH, 903 mg/L untuk parameter COD, 67,73 mg/L untuk parameter ammonia dan 1,87 mg/L untuk parameter fenol. Hasil pengolahan limbah cair laboratorium PT.X menunjukkan kualitas air yang sudah memenuhi baku mutu yang berlaku. Efisiensi pengolahan dari masing-masing parameter adalah 62,75% untuk parameter pH; 91,44% untuk parameter COD, 96,31% untuk parameter amonia, dan 87,58% untuk parameter fenol.

Kata kunci: evaluasi, laboratorium, air limbah, pengolahan air limbah

How to cite this article:

Nurjanah, Eva & Novia, Fanny (2020). Evaluasi Pengolahan Limbah Cair dari Kegiatan Laboratorium. *Sustainable Environmental and Optimizing Industry Journal*, 4(1), 100-109. Doi: <https://dx.doi.org/10.36441/seoi.v4i1.1007>

PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap sarana laboratorium saat ini tidak hanya digunakan oleh instansi pendidikan saja, namun juga oleh industri, baik yang menghasilkan produk ataupun jasa. Umumnya, laboratorium yang digunakan dalam industri adalah laboratorium pengujian. Data analisa yang diperoleh dari laboratorium tersebut menjadi salah satu acuan bagi para pemilik kepentingan dalam menentukan keputusan terhadap produk ataupun jasa yang dihasilkan oleh suatu industri (Hadi, 2007). Dalam proses kegiatan yang dilakukan di laboratorium, selain diperoleh data analisa yang dibutuhkan, kegiatan tersebut juga menghasilkan limbah yang tidak diinginkan.

Limbah laboratorium merupakan kombinasi dari berbagai zat kimia hasil analisa dalam laboratorium. Secara fisik, limbah laboratorium terdiri dari limbah cair, gas dan padat dengan persentase timbulan terbesar berupa limbah cair. Seperti dalam penelitian yang dilakukan oleh Ciptaningayu (2017), diketahui laju timbulan limbah cair laboratorium adalah 11 L/hari sedangkan laju timbulan limbah padat hanya 0,9 kg/hari. Limbah cair laboratorium umumnya bersifat sangat asam, mengandung satu atau lebih logam berat, padatan tersuspensi dan jumlah zat organik yang tinggi (Nurhayati et al, 2018). Meskipun jumlah limbah yang dihasilkan laboratorium jauh lebih kecil dibandingkan dengan jumlah limbah yang dihasilkan oleh industri, namun berbagai polutan yang terkandung didalamnya dapat berdampak buruk bagi lingkungan dan kehidupan jika tidak dilakukan pengolahan sebelumnya (Anggarini et al, 2014).

Pengolahan limbah cair laboratorium sangat bergantung terhadap karakteristik limbahnya. Berbagai metode pengolahan dapat digunakan untuk mengolah limbah cair laboratorium. Namun, salah satu metode pengolahan limbah laboratorium yang paling banyak dilakukan di Indonesia adalah dengan cara presipitasi dan adsorpsi, seperti yang dilakukan oleh Suprihatin & Indrasti (2011). Hal serupa juga dilakukan oleh Subamia et al (2017), dalam penelitiannya digunakan metode adsorpsi secara bersiklus. Sedangkan Nina et al, (2018) melakukan pengolahan limbah laboratorium menggunakan kombinasi proses kimia dan biologi menggunakan tanaman eceng gondok. Penelitian lainnya dilakukan oleh Raimon (2011) dimana air limbah laboratorium diolah secara terpadu dengan sistem kontinyu dengan alat pengolahan yang terdiri dari tangki ekualisasi, tangki flokulasi, tabung penyaringan, tanki penyimpanan sementara dan unit filtrasi kimia yang terdiri dari zeolit, karbon aktif dan resin.

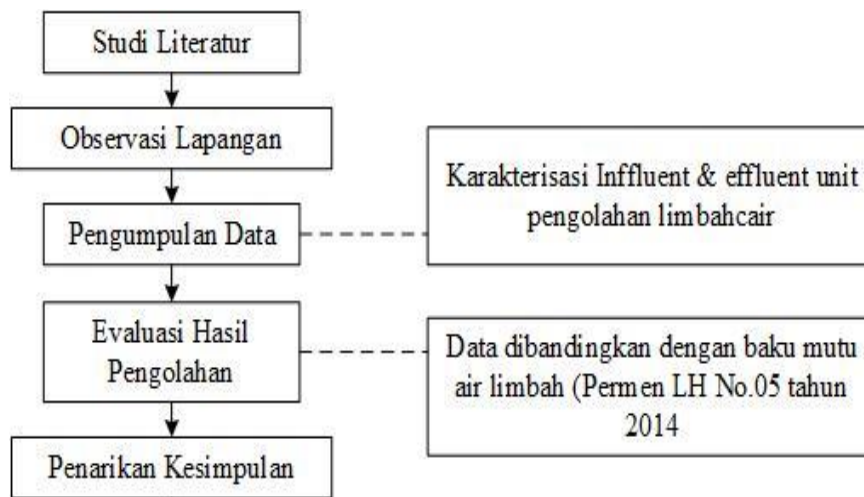
PT. X merupakan perusahaan swasta Indonesia yang mengkhususkan diri dalam 3 kegiatan bisnis utama, yakni *manufacture, technology development* dan *technical services*. Pada tahun 2015, PT.X melengkapi fasilitas penunjang perusahaannya dengan bangunan *workshop* yang berlokasi di Bandung, Jawa Barat. *Workshop* ini berfungsi sebagai tempat kegiatan konstruksi, penelitian dan pengembangan di bidang pengolahan air dan air limbah, serta tempat untuk menjalankan kegiatan pilot plan. Untuk menunjang keberlangsungan riset hingga operasi perusahaan, PT.X memiliki fasilitas yang lengkap. Dari mulai Laboratorium kimia dan biologi, *pilot plant, Equipment, Workshop*, hingga *activated carbon plant*. Fasilitas ini tentunya sangat menunjang kegiatan perusahaan untuk melakukan inovasi dan pengembangan di bidang teknologi proses.

Pengolahan limbah cair laboratorium merupakan bentuk komitmen perusahaan PT.X untuk mengolah limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan laboratorium yang dilakukan oleh perusahaan tersebut. Unit pengolahan utama yang digunakan adalah proses ekualisasi, netralisasi, sedimentasi dan adsorpsi. Tujuan dari penelitian adalah untuk menghitung kebutuhan dosis bahan kimia yang digunakan pada proses netralisasi, serta menganalisa

kualitas limbah cair laboratorium PT.X sebelum dan sesudah pengolahan. Diharapkan dengan adanya penelitian ini, dapat memberikan gambaran pada PT.X terkait efektivitas pengolahan limbah cair laboratorium serta untuk evaluasi dan perbaikan dari proses pengolahan di waktu yang akan datang.

METODE

Tahapan dalam penelitian ini secara garis besar terdiri dari kegiatan observasi lapangan, pengujian kualitas limbah cair laboratorium sebelum dan sesudah pengolahan, penentuan dosis bahan kimia yang digunakan serta evaluasi hasil pengolahan dengan baku mutu yang berlaku. Diagram alir penelitian ini secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian kualitas limbah cair terdiri dari parameter warna, bau, pH, COD, amonia dan fenol. Masing-masing parameter diuji dengan menggunakan metode analisis yang sesuai. Metode analisis yang digunakan untuk masing-masing parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Metode analisis pengujian kualitas limbah cair laboratorium

| Parameter | Satuan | Metode Analisis |
|-----------|--------|------------------------------|
| Warna | Pt-Co | NCASI Standard Method 253 |
| Bau | - | Uji Organoleptik |
| pH | - | SNI 6989.11-2019 |
| COD | mg/L | USEPA Standard Method 5220 D |
| Amonia | mg/L | USEPA Standard Method 350.2 |
| Fenol | mg/L | USEPA Standard Method 420.1 |

Evaluasi pengolahan limbah cair laboratorium dilakukan dengan membandingkan hasil kualitas limbah cari setelah pengolahan dengan baku mutu. Kualitas baku mutu air limbah laboratorium mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. Dalam peraturan tersebut, air

limbah laboratorium termasuk dalam golongan I air limbah usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah. Parameter untuk baku mutu limbah cair laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Baku mutu air limbah usaha dan/atau kegiatan yang belum memiliki baku mutu air limbah

| Parameter | Satuan | Standar Baku Mutu (Kadar maksimum) |
|------------------|--------|------------------------------------|
| pH | - | 6,0 - 9,0 |
| Fenol | mg/L | 0,5 |
| Ammonia-Nitrogen | mg/L | 5 |
| COD | mg/L | 100 |

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No.05 Tahun 2014

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Cair Laboratorium PT.X Sebelum Pengolahan

Uji kualitas limbah cair meliputi parameter fisika yang terdiri dari warna dan bau serta parameter kimia yaitu pH, COD, amonia dan fenol. Untuk parameter warna pengujian dilakukan menggunakan alat *colorimeter* HACH DR900. Untuk parameter bau, pengujian dilakukan menggunakan indera penciuman. Selanjutnya, untuk pengujian pH digunakan alat pH-meter, sedangkan untuk pengujian COD, amonia dan fenol digunakan alat *colorimeter* HACH DR900. Dalam pengolahan limbah cair laboratorium PT.X dikenal istilah “*batch*”. Kata “*batch*” disini merujuk pada periode pengolahan limbah cair laboratorium. Selama periode penelitian yaitu dari tanggal 09 November-30 Desember 2020, terdapat 3 *batch* pengolahan.

Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik limbah cair dari laboratorium PT.X secara umum memiliki bau yang menyengat dan berwarna coklat. Kemudian limbah cair ini juga memiliki pH yang sangat asam dan mengandung COD, amonia dan fenol yang tinggi. Karakteristik limbah cair laboratorium PT.X pada masing-masing *batch* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik limbah cair laboratorium PT.X sebelum pengolahan

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | Periode Limbah | | |
|-----------|--------|----------------|------------------|------------------|----------------|
| | | | <i>Batch 1</i> | <i>Batch 2</i> | <i>Batch 3</i> |
| Warna | Pt-Co | Tidak berwarna | 4520 (Coklat) | 4380 (Coklat) | 3160 (Coklat) |
| Bau | - | Tidak berbau | Berbau Menyengat | Berbau Menyengat | Tidak Berbau |
| pH | - | 6,5-8,5 | 1,02 | 0,97 | 5,89 |
| COD | mg/L | 100 | 1136 | 1097 | 476 |
| Amonia | mg/L | 5 | 80,1 | 95,2 | 27,9 |
| Fenol | mg/L | 0,5 | 1,5 | 1,7 | 2,4 |

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Tahapan Pengolahan Limbah Cair Laboratorium PT.X

a. Ekuialisasi

Limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan Laboratorium ditampung terlebih dahulu dalam jeriken penampung limbah. Jeriken yang digunakan untuk menampung limbah di PT. Airtopindo Nuansa kimia adalah jeriken dengan volume efektif 30L. Setelah jeriken terisi penuh, limbah kemudian dimasukkan ke dalam bak ekuialisasi dengan volume maksimal 110L. Kegiatan tersebut dilakukan secara terus menerus hingga volume limbah cair memenuhi tanki ekuialisasi. Limbah baru bisa diolah setelah volume limbah memenuhi tanki ekuialisasi.

b. Presipitasi

Pada proses pengolahan limbah cair laboratorium PT. Airtopindo Nuansa Kimia, pH air limbah sengaja dinaikkan hingga mencapai pH 12. Hal tersebut bertujuan untuk menghilangkan kandungan logam terlarut dalam air limbah dengan mengubahnya menjadi endapan logam hidroksida. Pada proses ini diperlukan data dosis kebutuhan basa agar dapat menaikkan pH limbah menjadi 12. Untuk mengetahui dosis kebutuhan penambahan basa yang diperlukan, dilakukan uji jarrest menggunakan larutan NaOH 6N. Untuk meminimalisir penggunaan unit pengolah, maka penambahan larutan NaOH 6N dilakukan dalam tanki ekuialisasi sambil diaduk. Setelah pH air limbah tercapai, air limbah dibiarkan minimal 2 jam untuk menyempurnakan proses pengendapan.

c. Netralisasi

Dari tanki sedimentasi, air limbah kemudian dialirkan menuju bak netralisasi. Debit keluaran dari tanki sedimentasi dibuat sekecil mungkin sehingga padatan logam yang mungkin terbawa masuk dapat mengendap dan tidak masuk ke dalam bak netralisasi. Selain itu, alasan debit keluaran dari tanki sedimentasi dibuat sekecil mungkin adalah agar proses pengolahan selanjutnya dapat bekerja dengan optimum. Limbah cair dengan pH 12 perlu dinetralkan agar proses oksidasi dapat berlangsung optimum. Untuk menurunkan pH air limbah, ditambahkan larutan asam sulfat (H_2SO_4) 6N. Jumlah larutan asam sulfat yang dikeluarkan diatur sedemikian rupa sehingga nilai derajat keasaman limbah cair berkisar antara 6,5 sampai 7,5. nilai derajat keasaman limbah pada tanki ini dipantau menggunakan alat pH meter. Tanki juga dilengkapi dengan aerator yang berfungsi untuk menghomogenkan larutan sekaligus mempercepat proses netralisasi air limbah.

d. Oksidasi

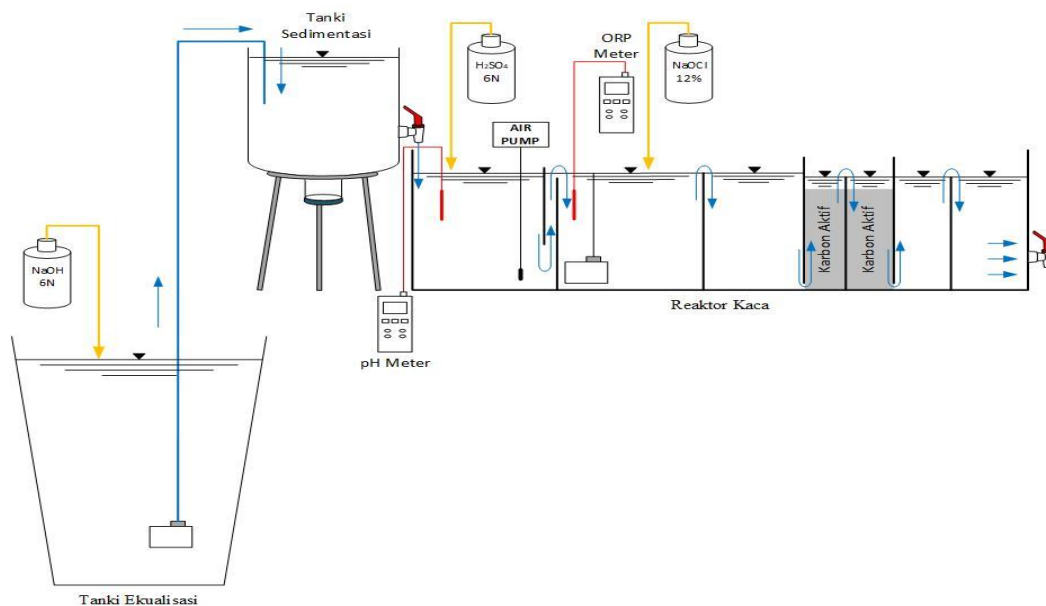
Limbah dari bak netralisasi selanjutnya masuk ke dalam bak oksidasi. Dalam bak oksidasi ini ditambahkan larutan NaOCl 12%. Penambahan larutan NaOCl 12% diatur sehingga nilai ORP air limbah di atas 400. Pemantauan nilai ORP dilakukan menggunakan alat ORP meter.

e. Adsorpsi

Limbah cair selanjutnya memasuki bak adsorpsi karbon aktif. Penggunaan karbon aktif dalam pengolahan limbah ini karena strukturnya yang dipenuhi oleh rongga dengan luas permukaan yang cukup besar. Kondisi tersebut menyebabkan karbon aktif dapat menyerap partikel – partikel kecil dalam limbah cair yang tidak dapat tersingkirkan oleh

pengolahan sebelumnya. Dari proses ini diharapkan karbon aktif dapat mengurangi kandungan fenol dalam limbah cair laboratorium.

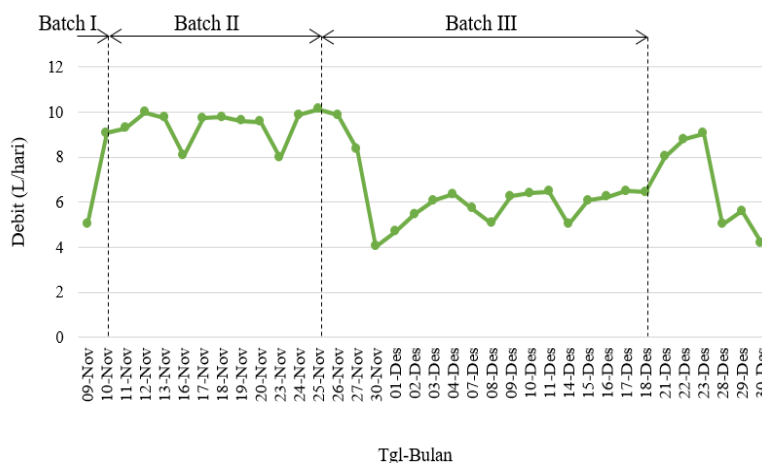
Skema proses pengolahan limbah cair laboratorium PT. X dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Skema pengolahan limbah cair laboratorium PT.X

Debit Limbah Cair Laboratorium PT.X

Debit limbah cair yang dihasilkan laboratorium dalam kondisi biasa, dimana kegiatan analisa dalam laboratorium hanya untuk monitoring kegiatan proyek yang sedang berlangsung saja umumnya relatif kecil. Namun, apabila dalam laboratorium sedang dilaksanakan kegiatan riset, maka debit limbah cair laboratorium dapat meningkat tergantung riset yang sedang dilaksanakan. Hal tersebut didasari oleh volume efektif tanki ekualisasi yang berjumlah 110 L. Karenanya, pengolahan limbah dilakukan apabila jumlah akumulasi limbah cair yang dihasilkan telah mendekati volume efektif tanki ekualisasi tersebut. Debit harian limbah cair laboratorium PT.X dari 09 November-30 Desember 2020 dapat dilihat pada Gambar 3.

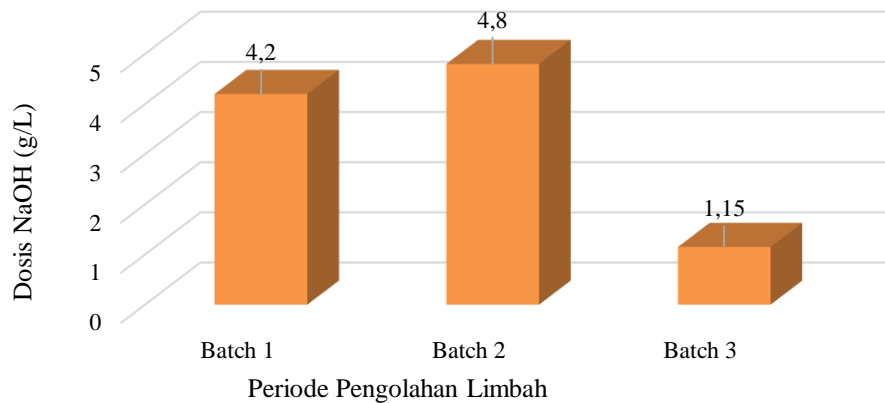


Gambar 3. Debit limbah cair laboratorium periode 09 Nov-30 Des 2020

Sumber: Hasil Analisis, 2021

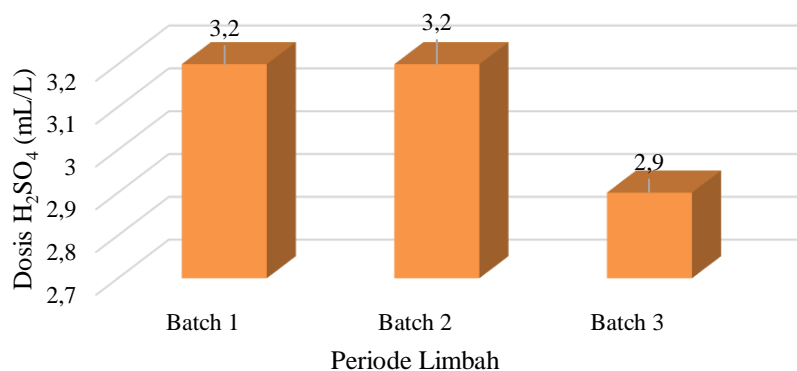
Penentuan Dosis Larutan NaOH 6N, H₂SO₄ 6N dan NaOCl 12%

Dalam proses pengolahan limbah cair laboratorium PT.Aimtopindo Nuansa Kimia, digunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 6 N. Konsentrasi 6 N ini diperkirakan secara teoritis menggunakan reaksi asam-basa. Perhitungan didasarkan pada karakteristik limbah cair laboratorium yang umumnya bersifat asam (pH = ±1) terhadap pH larutan akhir yang diharapkan (pH = ±12). Dosis penambahan larutan NaOH ditentukan melalui uji jartest. Dosis penambahan larutan NaOH 6N terhadap limbah cair laboratorium PT.X untuk periode 09 November-30 Desember 2020 disajikan melalui grafik pada Gambar 4.



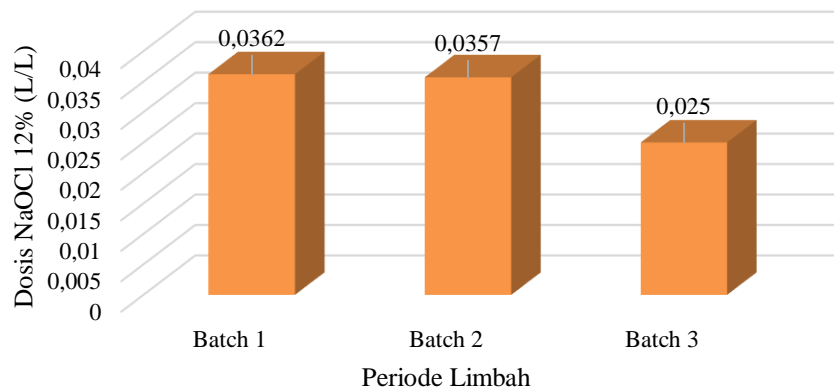
Gambar 4. Grafik dosis NaOH 6N per batch periode 09 Nov-30 Des 2020
Sumber: Hasil Analisis, 2021

Output dari tanki sedimentasi memiliki nilai derajat keasaman (pH) yang tinggi. Dikarenakan proses selanjutnya merupakan tahap oksidasi, maka limbah harus dikondisikan terlebih dahulu pada pH optimum larutan oksidator (NaOCl 12%). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Amen (2012), diketahui bahwa pH optimum larutan NaOCl 12% adalah pada pH mendekati netral. Sehingga pada proses pengolahan limbah cair, pH limbah yang semula tinggi perlu dinetralkan menggunakan asam. Maka, dalam tanki netralisasi limbah perlu ditambahkan larutan H₂SO₄ 6N. Dosis penambahan larutan H₂SO₄ 6N terhadap limbah cair laboratorium PT.X pada periode 09 November-30 Desember 2020 dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik dosis H₂SO₄ 6N per batch periode 09 Nov-30 Des 2020
Sumber: Hasil Analisis, 2021

Penambahan larutan NaOCl 12% disesuaikan dengan nilai ORP limbah dalam tanki oksidasi. Nilai ORP dijaga pada kisaran 500 sampai 600. Untuk mengetahui debit larutan NaOCl 12% mula-mula dilakukan uji jarrest agar diketahui dosis kebutuhan larutan NaOCl 12% terhadap limbah cair dari tanki netralisasi. Dosis penambahan larutan NaOCl 12% terhadap limbah cair laboratorium PT.X pada periode 09 November-30 Desember 2020 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Grafik dosis NaOCl 12% per batch periode 09 Nov-30 Des 2020

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Karakteristik Limbah Cair Laboratorium PT.X Setelah Pengolahan

Hasil pengujian karakteristik limbah cair laboratorium PT.X menunjukkan nilai konsentrasi yang memenuhi baku mutu yang berlaku. Nilai pH efluen menunjukkan nilai pH yang masih berada dalam rentang normal. Rata-rata konsentrasi parameter setelah pengolahan adalah 7,03 untuk parameter pH; 76,17 mg/L untuk parameter COD, 3,06 mg/L untuk parameter amonia dan 0,21 mg/L untuk parameter fenol. Efisiensi pengolahan dari masing-masing parameter adalah 62,75% untuk parameter pH; 91,44% untuk parameter COD, 96,31% untuk parameter amonia, dan 87,58% untuk parameter fenol. Konsentrasi limbah cair laboratorium PT.X setelah pengolahan pada masing-masing *batch* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik limbah cair laboratorium PT.X setelah pengolahan

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | Periode Analisa | | | | | |
|-----------|--------|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | Batch 1 | | Batch 2 | | Batch 3 | |
| | | | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 |
| Warna | Pt-Co | Tidak berwarna | 72 (Tidak Berwarna) | 74 (Tidak Berwarna) | 75 (Tidak Berwarna) | 78 (Tidak Berwarna) | 80 (Tidak Berwarna) | 88 (Tidak Berwarna) |
| Bau | - | Tidak berbau | Tidak Berbau | Tidak Berbau | Tidak Berbau | Tidak Berbau | Tidak Berbau | Tidak Berbau |
| pH | - | 6,5-8,5 | 7.02 | 7.03 | 7.03 | 7.03 | 7.06 | 7.05 |
| COD | mg/L | 100 | 96 | 94 | 92 | 92 | 43 | 40 |

| Parameter | Satuan | Baku Mutu | Periode Analisa | | | | | |
|-----------|--------|-----------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | | Batch 1 | | Batch 2 | | Batch 3 | |
| | | | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 | Minggu Ke-1 | Minggu Ke-2 |
| Ammonia | mg/L | 5 | 4.24 | 4.28 | 4.68 | 4.7 | 0.26 | 0.20 |
| Fenol | mg/L | 0,5 | 0.28 | 0.28 | 0.26 | 0.28 | 0.08 | 0.05 |

Sumber: Hasil Analisis, 2021

KESIMPULAN

Proses pengolahan limbah cair laboratorium PT.X terdiri dari beberapa tahapan yaitu: ekualisasi, sedimentasi, netralisasi, oksidasi dan adsorpsi. Karakteristik limbah cair laboratorium PT.X sebelum pengolahan memiliki bau menyengat, pH larutan asam dan mengandung warna, COD, ammonia serta fenol yang tinggi. Adapun karakteristik limbah cair laboratorium setelah pengolahan adalah tidak berbau, tidak berwarna, pH larutan netral dan mengandung COD, ammonia serta fenol yang rendah. Hasil pengolahan limbah cair laboratorium PT.Aimtopindo Nuansa Kimia memiliki warna, bau, pH larutan, COD, ammonia serta fenol yang telah sesuai dengan baku mutu Lingkungan RI No. 05 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggarini, N. H., Stefanus, M., & Prihatiningsih. (2014). Pengelolaan Dan Karakterisasi Limbah B₃ Di Pair Berdasarkan Potensi Bahaya. *Beta Gamma*, 5(1), 41–49.
- [2] Amen, O. (2012). Efisiensi Penggunaan Ca(OCl)₂ Dan NaOCl Sebagai Desinfektan Pada Air Hasil Olahan PDAM Tirta Pakuan. *Skripsi*, 1-50.
- [3] Ciptaningayu, T. N. (2017). Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun (B₃) Laboratorium Di Kampus ITS. *Skripsi*, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Irma, K. N., Wahyuni, N., & Zahara, T. A. (2015). Adsorpsi Fenol Menggunakan Adsorben Karbon Aktif Dengan Metode Kolom. *JKK*, 4(1), 24–28.
- [5] Nurhayati, I., Sugito, & Pertiwi, A. (2018). Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Dengan Adsorpsi Dan *Pretreatment* Netralisasi Dan Koagulasi. *Jurnal Sains Dan Teknologi LInggungan*, 10(2), 125–138.
- [6] Raimon. (2011). Studi Pengolahan Air Limbah Laboratorium Secara Terpadu (Koagulasi, Filtrasi, Adsorpsi Dan Pertukaran Ion) Dengan Sistem *Batch*. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, Vol.22(2), 18–27.
- [7] Subamia, I. D. P., Sri, W., & Nyoman, W. N. (2017). Identifikasi, Karakterisasi, Dan Solusi Alternatif Pengelolaan Limbah Laboratorium Kimia. *Seminar Nasional Riset Inovatif*, 50–58.
- [8] Suprihatin, & Indrasti, N. S. (2011). Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Dengan Metode Presipitasi Dan Adsorpsi. Bogor: *MAKARA Of Science Series*, 14(1), 44–50.

- [9] Yohana, N., Arifin, & Destiarti, L. (2018). Pengolahan Limbah Laboratorium Lingkungan Fakultas Teknik Dengan Kombinasi Proses Kimia Dan Biologi. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 6(1), 1–10.