

PENGARUH PENAMBAHAN HCL DAN ALUM SEBAGAI PH ADJUSTER TERHADAP PROSES KOAGULASI DAN PARAMETER BIOLOGIS PADA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI KERTAS

Nurul Ajeng Susilo^{1*}, Finela Adha²

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Pulp dan Kertas, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sains Bandung

ABSTRAK

Pada PT. XYZ, Alum [$Al_2(SO_4)_3$] yang biasa digunakan sebagai koagulan, digunakan sekaligus sebagai pH adjuster dengan total konsumsi Alum mencapai 1000 ton/bulan. Untuk meminimalisir penggunaan Alum, dilakukan uji perbandingan dengan penambahan HCl sebagai *ph adjuster*. HCl adalah senyawa yang dapat mengklorinasi bahan-bahan hidrokarbon, dengan 1 mL HCl diperoleh nilai optimal untuk mencapai standar pH air limbah (7–8,5). Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh penambahan HCl dan Alum sebagai *ph adjuster* terhadap proses koagulasi dan kondisi biologis pada pengolahan air limbah. Metode yang digunakan yaitu koagulasi-flokulasi dengan alat jar dan sistem aerasi mini dengan zat pengurai mikroba. Didapatkan hasil bahwa dengan penambahan Alum memiliki nilai yang lebih baik dibanding HCl, dengan nilai *Color Removal* sebanyak 98,07% pada HCl dan 98,78% pada Alum, *TSS Removal* sebanyak 99,47% pada HCl dan 99,60% pada Alum, *COD Kimia Removal* sebanyak 90,81% pada HCl dan 91,56% pada Alum. Sedangkan pada parameter biologi diperoleh nilai *COD Biologi Removal* sebanyak 95,31% pada HCl dan 95,17% pada Alum, nilai *MLSS HCl* 2760 mg/l dan Alum 2660 mg/l, dan nilai *SVI HCl* 350 mg/l dan Alum 355 mg/l.

Kata Kunci : HCl, Alum, pH, *Color*, TSS, dan COD.

ABSTRACT

PT. XYZ uses the Alum [$Al_2(SO_4)_3$] that commonly used as a coagulant, also used as a pH adjuster with a total consumption of Alum at PT. XYZ amount 1000 tons/month. To minimize the addition of alum, a comparison test was carried out with the addition of HCl. HCl is a compound that can chlorinate hydrocarbon materials, with 1 mL of HCl obtained the optimal value to reach the standard pH of wastewater (7–8.5). This research was conducted to examine the effect of adding HCl and Alum as a pH adjuster on *COLOR* and *Biological Parameters* in the *Coagulation-Flocculation Process* in Wastewater Treatment. The method used is *coagulation-flocculation* with a jar test and a mini aeration system with microbial decomposition. The results obtained that the addition of Alum has a better value than HCl, with the value of *Color Removal HCl* 98.07% and Alum 98.78%, *TSS Removal HCl* 99.47% and Alum 99.60%, *Chemical COD Removal HCl* 90.81% and Alum 91.56%. While on the biological parameters, the value of *Biological COD Removal* was 95.31% in HCl and 95.17% in Alum, *MLSS values* for HCl 2760 mg/l and Alum 2660 mg/l, and *SVI values* for HCl 350 mg/l and Alum 355 mg/l.

Keywords: HCl, Alum, pH, *Color*, TSS, dan COD.

PENDAHULUAN

Persoalan serius yang merupakan titik berat permasalahan dalam industri pulp dan kertas adalah zat yang ditimbulkan dari sisa buangan hasil olahan kertas. Untuk mengatasi permasalahan berikut, diperlukan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang bertujuan untuk meminimalisir zat pencemar yang terkandung dalam limbah cair sehingga dapat memenuhi standar Baku Mutu (Purnama, 2021). Proses pengolahan air limbah terdapat 3 tahapan, yaitu proses kimia, fisika, dan biologi. Pada proses kimia terjadi proses Koagulasi, yang merupakan proses

pencampuran koagulan ke dalam air baku dengan kecepatan perputaran yang tinggi dan waktu yang singkat (Andriansyah, 2020). Sebelum memasuki proses Koagulasi dilakukan penambahan *ph adjuster* yang bertujuan agar nilai pH tetap terjaga pada nilai yang diinginkan dan proses koagulasi berjalan seperti yang di rencanakan (Maulana, 2010). Akan tetapi penggunaan Alum sebagai *ph adjuster* sekaligus koagulan ini memerlukan banyak dosis. Total konsumsi Alum pada PT. XYZ sebanyak 1000 ton/bulan.

^{1*} Corresponding author : nurulajeng20@gmail.com

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

Untuk meminimalisir penggunaan Alum yang berlebihan tersebut, dilakukan uji perbandingan dengan penambahan HCl. Zidni (2016) pada penelitiannya mengatakan, HCl sebagai *ph adjuster* memperoleh proses yang murah karena hanya dengan 1 mL HCl diperoleh nilai optimal standar pH yakni 7–8,5, dengan kondisi awal sebelum penambahan *ph adjuster* sebesar 9,11 dan presentase penurunan pH mencapai 24%. Sedangkan Alum diperlukan 4 mL untuk mencapai standar pH, dengan kondisi awal sebelum penambahan *ph adjuster* sebesar 8,39 dan presentase penurunan pH mencapai 48% (Bancin, 2019).

Alum dengan kapasitas penggunaan yang tinggi mampu menghasilkan nilai parameter pengujian air limbah sesuai dengan standar yang telah ditentukan, namun dengan penggunaan HCl belum diketahui baik hasil maupun pengaruhnya.

Untuk mengetahui pengaruh penambahan HCl pada setiap parameter pengujian pengolahan air limbah, maka itu pada penelitian ini telah dilakukan uji perbandingan antara pengaruh penambahan HCl dan Alum sebagai *ph adjuster* terhadap proses koagulasi dan kondisi biologis pada pengolahan air limbah industri kertas dengan menguji nilai parameter PH, Color, TSS, DO, COD, MLSS, SV, dan SVI.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan HCl dan Alum sebagai *ph adjuster* pada variasi HCl 31% dan Alum 25%, dengan dosis penambahan yang berbeda pada setiap 4 hari sekali berturut-turut selama 12 hari.

Tabel 1. Dosis penambahan HCl dan Alum sebagai *ph adjuster*

Day	<i>ph Adjuster</i>	
	HCl 31%	Alum 25%
4 hari Ke-1	300 PPM	1100 PPM
4 hari Ke-2	600 PPM	2200 PPM
4 hari Ke-3	1200 PPM	4400 PPM
(pH Target 7-7,5)		

Koagulasi-Flokulasi

Tuangkan air limbah dari *buffer tank* ke 2 gelas beaker 1000 ml (HCl dan Alum). Adjust error pH keduanya menjadi 10-11 dengan menambahkan NaOH 50%. Setelah pH keduanya mencapai 10-11, tambahkan larutan HCl 31% ke gelas beaker HCl sampai pH larutan menjadi 7,0-7,5. Lakukan hal yang sama untuk Alum dengan menambahkan Larutan Alum 25%. Letakkan kedua gelas beaker pada alat jar, hidupkan alat pada putaran cepat 130-140 rpm, lalu Inject Alum 10%, Fixing Agent 5%, dan DCA 5%. Set Jar menjadi 30-40 rpm, lalu inject Anionic Polymer 400 PPM, tunggu sampai 6 menit. Matikan Jar dan diamkan sampel sampai 5 menit. Pisahkan filtrat jika sampel sudah mengendap.

Aerasi

Tuangkan *sludge* dari *Secondary tank* dan air limbah dari *aeration tank* (7:3) ke 3 gelas beaker 1000 ml. Pasang aerator, dan masukkan selang beserta pelampungnya ke dalam gelas beaker yang sudah terisi sampel. Diamkan selama 24 jam.

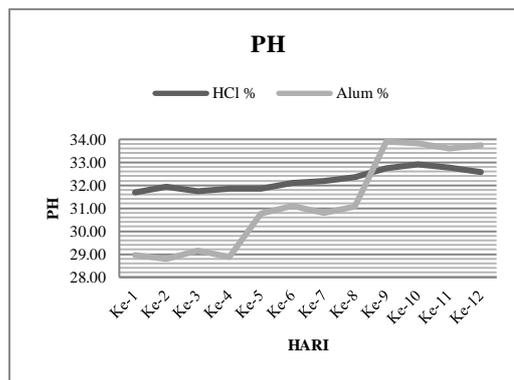
Analisis Distribusi Normal

Setelah dilakukan penelitian dan pengumpulan data, maka dilakukan pengolahan dan analisis data tersebut. Uji distribusi normal merupakan uji pengukuran untuk mengetahui kumpulan data memiliki distribusi normal sehingga dapat diolah sebagai statistik parametrik. Pada penelitian ini digunakan uji distribusi normal pada setiap parameter pengujian untuk menguji apakah setiap data memiliki nilai P-Value melebihi $\alpha = 0,05$, untuk dinyatakan terdistribusi normal (Oktaviani, 2014).

Pada penelitian ini, masing-masing data parameter pengujian telah terdistribusi normal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penurunan pH pada Penambahan HCl dan Alum



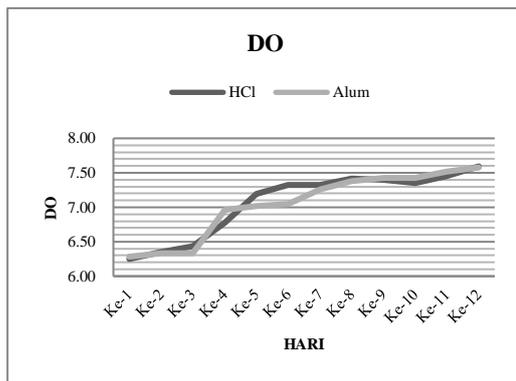
Gambar 1. Pengaruh Penambahan Dosis HCl dan Alum Terhadap Penurunan pH

Berdasarkan reaksi asam basa, HCl dan NaOH jika direaksikan dapat menghasilkan pH 7 atau netral dalam kondisi yang setimbang. Oleh karena itu dengan penambahan HCl yang merupakan asam kuat, dapat menurunkan pH mencapai standar yaitu 7-8,5 (Zidni, 2016), sesuai dengan target pH pada penelitian ini. Reaksi yang terjadi pada saat Penurunan pH adalah : $HCl(aq) + NaOH(aq) \Rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$. HCl dan NaOH terionisasi sempurna dalam air menjadi ion $H^+ Cl^-$ dan $Na^+ OH^-$. Dengan demikian terjadi reaksi ion antara asam kuat dan basa kuat, Ion Na^+ bereaksi dengan ion Cl^- membentuk NaCl dan ion H^+ sebagai komponen utama yang akan menurunkan pH bereaksi dengan ion OH^- membentuk H_2O . Sehingga dengan penambahan HCl dapat memperoleh kondisi larutan pada saat titik setimbang pH (Zidni, 2016). Begitu pun penurunan pH dengan penambahan Alum, semakin banyak dosis Alum yang ditambahkan maka pH akan semakin turun (Fitri, 2017). Begitu juga sebaliknya, semakin sedikit dosis Alum yang

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

ditambahkan maka semakin rendah pula penurunan pH. Hal ini dikarenakan Alum ($Al_2(SO_4)_3$) yang merupakan garam kapur tidak memiliki ion H^+ yang dapat menurunkan pH secara langsung. Alum bila dilarutkan dalam air akan menghasilkan senyawa Asam Sulfat (H_2SO_4), senyawa inihial yang akan menurunkan pH pada air dengan ion H^+ yang terdapat di dalamnya. Reaksi yang terjadi adalah : $Al_2(SO_4)_3 + H_2O \rightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$ (Tandiarrang et al., 2016).

Kadar Oksigen Terlarut pada Penambahan HCl dan Alum

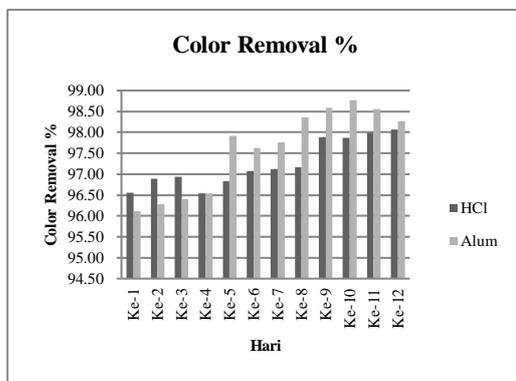


Gambar 2. Pengaruh Penambahan Dosis HCl dan Alum Terhadap Penurunan pH

Penambahan HCl dan Alum tidak memiliki pengaruh yang signifikan. HCl dan Alum, keduanya memiliki alur grafik yang tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan pada proses aerasi kadar oksigen terlarut sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroba.

pH dan DO merupakan parameter penentu keberhasilan pada penelitian ini, dengan penurunan pH dapat diketahui pengaruh penambahan HCl dan Alum terhadap parameter pengujian pada proses kimia. Begitupun dengan DO, dengan pengujian DO dapat mengetahui kadar oksigen terlarut dan dampak yang ditimbulkan pada kondisi biologis kolam aerasi.

Pengaruh Penurunan pH Terhadap Color Removal



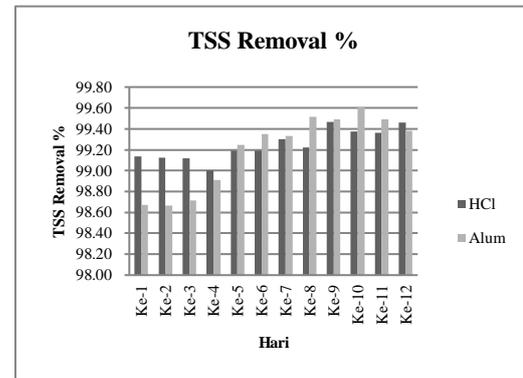
Gambar 3. Grafik Perbandingan Color Removal HCl dan Alum

Color Removal merupakan, parameter pengujian yang menunjukkan indikasi kadar warna pada air limbah. Semakin tinggi nilai Color Removal, menunjukkan bahwa kadar warna air limbah semakin rendah. Kadar warna air yang rendah menunjukkan kualitas air yang baik sesuai ketentuan standar baku mutu air limbah.

Alum menunjukkan Color Removal yang lebih tinggi dibanding HCl, ini disebabkan karena Alum yang pada umumnya merupakan koagulan dapat mengikat partikel-partikel tersuspensi pada air limbah, sehingga semakin bertambahnya dosis koagulan, maka semakin sedikit pula molekul zat warna yang terkandung pada air limbah (Ayni, 2021).

Pengaruh Penurunan pH Terhadap TSS Removal

TSS adalah jumlah total padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral. Semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka semakin banyak pula partikel koloid dalam air membentuk flok sehingga nilai penurunan TSS menjadi meningkat (Prabowo, 2019)



Gambar 4. Grafik Perbandingan TSS Removal HCl dan Alum

Alum menunjukkan TSS Removal yang lebih tinggi dibanding HCl, sama seperti pada Color Removal, Alum yang pada umumnya merupakan koagulan dapat mengikat partikel-partikel tersuspensi pada air limbah, sehingga Semakin banyak koagulan yang ditambahkan maka semakin banyak pula partikel koloid dalam air membentuk flok sehingga nilai penurunan TSS menjadi meningkat (Prabowo, 2019).

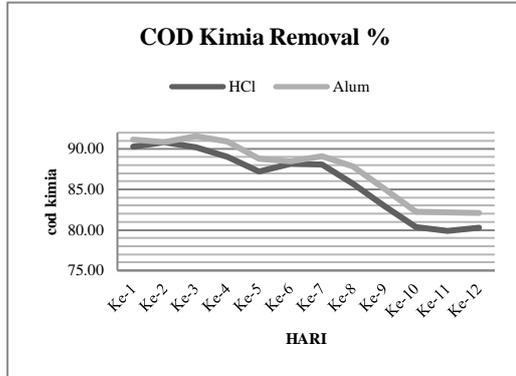
Pengaruh Penurunan pH Terhadap COD Kimia Removal

Pengukuran oksigen equivalent dari bahan organik maupun anorganik dalam sampel air yang mampu dioksidasi oleh oksidator yang kuat. Konsentrasi COD yang diamati dalam air permukaan sekitar ± 20 mg/l. Air limbah industri biasanya mempunyai nilai COD sekitar 100–60.000 mg/l. (Balai PSDA, Jawa Tengah). Semakin tinggi nilai COD berarti semakin sedikit kandungan oksigen yang terdapat pada air limbah. Sehingga zat polutan yang terkandung dalam air limbah tidak tereduksi dengan baik.

COD Kimia Removal dengan penambahan Alum, memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan penambahan HCl. Hal ini dikarenakan, Alum yang pada umumnya merupakan koagulan dapat mengikat

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

partikel-partikel tersuspensi pada air limbah, sehingga semakin bertambahnya dosis koagulan, maka semakin sedikit pula molekul zat warna yang terkandung pada air limbah (Ayni, 2021). Maka itu COD hanya perlu mereduksi sebagian polutan.

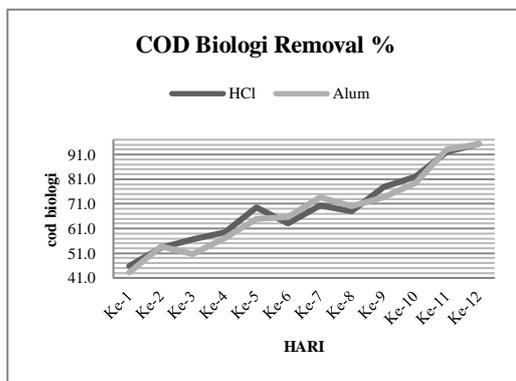


Gambar 5. Grafik Perbandingan COD Kimia Removal HCl dan Alum

Penurunan pada grafik tersebut disebabkan karena jumlah penurunan pH yang tinggi menandakan terjadinya reaksi netralisasi berlebih, dan menghasilkan banyak kandungan garam dalam air, sehingga COD perlu mereduksi kandungan garam dalam air tersebut. Septianingsih (2019) pada penelitiannya mengatakan, salah satu faktor yang mempengaruhi COD yaitu kandungan garam dalam air.

Pengaruh Penurunan pH dan Kadar Oksigen Terhadap COD Biologi Removal

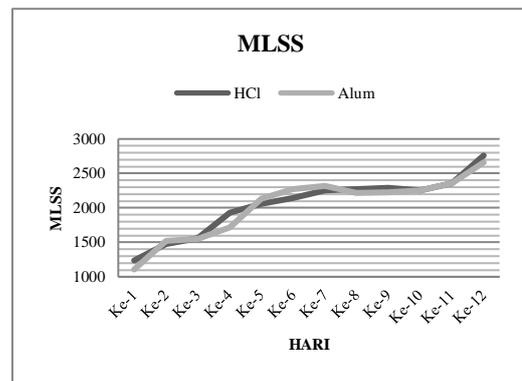
Pada penambahan HCl dan Alum tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap COD Biologi Removal. HCl dan Alum, keduanya memiliki alur grafik yang tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan pada proses aerasi kadar oksigen terlarutlah yang merupakan perenanan penting untuk keberlangsungan kehidupan mikroba dalam air. Semakin tinggi kandungan DO dalam air limbah maka akan menunjukkan semakin baik kualitas air limbah, karena kadar oksigen terlarut yang banyak, dapat menyebabkan peningkatan perkembangbiakan bakteri sehingga beban polutan terurai dengan baik (Daroini, 2020).



Gambar 6. Grafik Perbandingan COD Biologi Removal HCl dan Alum

Pengaruh Penurunan pH dan Kadar Oksigen Terhadap MLSS

MLSS merupakan jumlah total padatan tersuspensi yang berupa material organik dan mineral termasuk mikroorganisme yang terkandung didalamnya. Pada pengolahan air limbah, umumnya memiliki nilai MLSS < 3500 mg/l. Semakin rendah nilai MLSS maka semakin sedikit total padatan yang tersuspensi pada bak aerasi (Said, 2019)..

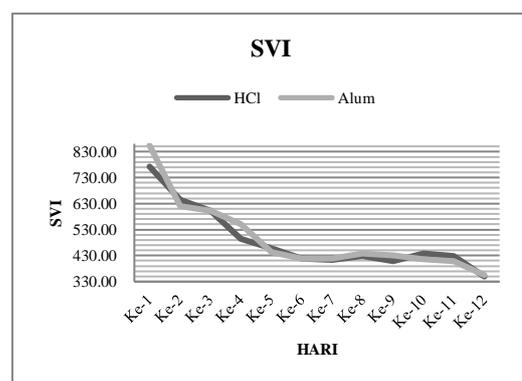


Gambar 7. Grafik Perbandingan MLSS HCl dan Alum

Penambahan HCl dan Alum tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap MLSS. HCl dan Alum, keduanya memiliki alur grafik yang tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan pada proses aerasi kadar oksigen terlarutlah yang merupakan perenanan penting untuk keberlangsungan kehidupan mikroba dalam air. Kadar oksigen terlarut dapat menentukan jumlah mikroorganisme yang terkandung dalam bak aerasi. Mikroorganisme memanfaatkan oksigen untuk berkembang biak, jika kandungan oksigen terlarut sedikit maka mikroorganisme tidak dapat berkembang biak dengan baik, dan zat polutan tidak dapat tereduksi dengan baik.

Pengaruh Penurunan pH dan Kadar Oksigen Terhadap SVI

Menurut Said (2019), *Sludge Volume Index* merupakan pengukuran yang menunjukkan laju pengendapan lumpur secara konvensional (Forster dan Johnston, 1987). Semakin tinggi SVI, maka semakin lambat sludge mengendap. Jika sludge mengendap terlalu lambat dapat menyebabkan hilangnya padatan tersuspensi. (Raditias, 2019)



Gambar 9. Grafik Perbandingan SVI HCl dan Alum

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

Penambahan HCl dan Alum tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap SVI. HCl dan Alum, keduanya memiliki alur grafik yang tidak jauh berbeda, hal ini dikarenakan pada proses aerasi kadar oksigen terlarutlah yang merupakan peranan penting untuk keberlangsungan kehidupan mikroba dalam air.

Total Konsumsi dan Perhitungan Cost

Total konsumsi *pH adjuster* sekaligus koagulan pada PT. XYZ mencapai 1000 ton/bulan, jika dibandingkan dengan hasil uji perbandingan pada penelitian ini, bisa dilihat pada **Tabel 2.** yang menunjukkan bahwa dengan penambahan HCl memperoleh total konsumsi pemakaian jika ditambah dengan koagulan pada masing-masing variabel mencapai berturut-turut (1,85, 3,45, 6,62) ton/bulan. Sedangkan pada penambahan Alum memperoleh total konsumsi pemakaian jika ditambah dengan koagulan pada masing-masing variabel mencapai berturut-turut (6,09, 11,92, 23,58) ton/bulan.

Tabel 2. Total Konsumsi dan Perhitungan Cost

Sampel	Konsumsi Chemical		Total Konsumsi (T/Bulan)	Cost/Bulan (USD)		
	pH Adjuster (Kg/Hari)	Koagulan (Kg/Hari)		pH Adjuster	pH Adjuster dan Koagulan	
Existing	997350	265	1000	498675	500000	
HCl	300 PPM	1590	265	1855	492,9	625,4
	600 PPM	3180	265	3445	985,8	1118,3
	1200 PPM	6360	265	6625	1971,6	2104,1
Alum	1100 PPM	5830	265	6095	2915	3047,5
	2200 PPM	11660	265	11925	5830	5962,5
	4400 PPM	23320	265	23585	11660	11792,5

KESIMPULAN

Penurunan pH dengan penambahan HCl pada proses koagulasi menghasilkan kualitas air limbah yang telah memenuhi standar, namun penurunan pH dengan penambahan Alum memiliki nilai yang lebih baik dibanding HCl. Dengan nilai optimum *Color Removal* pada HCl 98,07% dan Alum 98,27%, *TSS Removal* pada HCl 99,47% dan Alum 99,60%, *COD Kimia Removal* pada HCl 90,81% dan Alum 91,56%, *COD Biologi Removal* pada HCl 95,31% dan Alum 95,17%, *MLSS* pada HCl sebesar 2760 mg/l dan Alum sebesar 2660 mg/l, dan *SVI* pada HCl sebesar 350 mg/l dan Alum sebesar 355 mg/l. Penambahan HCl dengan dosis berturut-turut (300, 600, 1200) PPM diperoleh konsumsi pemakaian (1,59, 3,18, 6,36) ton/bulan. Sedangkan pada penambahan Alum dengan dosis berturut-turut (1100, 2200, 4400) PPM diperoleh konsumsi pemakaian (5,83, 11,66, 23,32) ton/bulan. Untuk memperoleh kualitas air limbah yang sama dengan penambahan Alum, Penurunan pH dengan penambahan HCl memerlukan optimasi dosis koagulan. Pada penambahan dosis koagulan sebanyak 85 PPM diperoleh total konsumsi *ph*

adjuster sekaligus koagulan sebesar 6,8 ton/bulan, dengan biaya cost sebesar US \$ 2196,85

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian ini. Terima kasih kepada *APP Scholarship* sebagai pihak pemberi beasiswa dan Ibu Nurul Ajeng Susilo S.Si, M.T. sebagai Dosen Pembimbing yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, Nur, dan Lilis Setyowati. 2020. IDENTIFIKASI FUNGSI STATUS RESPIRASI PADA PEKERJA PABRIK AKIBAT DAMPAK DARI LIMBAH PABRIK KERTAS. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Andriansyah. 2020. POTENSI BAHAN KOAGULAN PAC (POLY ALUMINIUM CHLORIDE) UNTUK BEBERAPA SUNGAI DI WILAYAH YOGYAKARTA. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Bancin, Jasniar Br., dan Cut Nuzlia. 2019. PENGARUH PENAMBAHAN $Al_2(SO_4)_3$ DAN Na_2CO_3 TERHADAP TURBIDITAS DAN pH AIR BAKU PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR BERSIH. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- COD (Chemical Oxygen Demand). BALAI PSDA BODRI KUTO. <https://bpusdatarubk.jatengprov.go.id/index.php/informasisda/kualitas-air/93-das/kualitas-air/157-do-dissolved-oxygen>. PROVINSI JAWA TENGAH.
- Daroini, Tamamu Azizid, dan Apri Arisandi. 2020. ANALISIS BOD (BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND) DI PERAIRAN DESA PRANCAK KECAMATAN SEPULU. BANGKALAN.
- DO (Dissolved Oxygen). BALAI PSDA BODRI KUTO. <https://bpusdatarubk.jatengprov.go.id/index.php/informasi-sda/kualitas-air/93-das/kualitas-air/157-do-dissolved-oxygen>. PROVINSI JAWA TENGAH.
- DWI P.U, ARDHIAN. 2019. KEEFEKTIFAN WAKTU AERASI DALAM PENURUNAN KADAR *Fe* PADA AIR SUMUR GALI DENGAN BUBBLE AERATOR. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Environmental Protection Agency. 1988. Water Treatment Manual. Wexford, Irlandia.
- Environmental Protection Agency. 2002. "Water Treatment Manuals: Coagulation, Flocculation & Clarification". Wexford, Irlandia.

Research Paper Vol 4, No 1, Tahun 2022

- Fitri, Nurul. 2017. SINTESIS KRISTAL TAWAS $[KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O]$ DARI LIMBAH KALENG BEKAS MINUMAN. UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR : FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI.
- Haryanti, Sri. 2019. *Pengembangan Almari Penyimpanan Terstandar Untuk Perawatan Mikroskop di Laboratorium Jurusan Kesehatan Lingkungan*. Poltekkes Kemenkes Yogyakarta.
- Huda, Saiful, dkk. KARAKTERISASI KARBON AKTIF DARI BAMBU ORI (BAMBUSA ARUNDINACEA) YANG DI AKTIVASI MENGGUNAKAN ASAM KLOORIDA (HCl). Universitas Wahid Hasyim.
- Indonesian Journal of Laboratory. 2021. Mikroskop Pencapaian.
- Maulana, Seftiyan Hadi. 2010. Perancangan Pengaturan pH dengan Chemical Dosing pada Koagulasi Instalasi Pengolahan Air. Politeknik Negeri Jakarta.
- Munif, A dkk. (2018). Pemanfaatan warna bunga sebagai indikator alami asam basa. Balai Diklat Surabaya. Kemenag RI.
- Nugroho, Fajar J. 2017. Pengolahan Air Limbah. Politeknik Negeri Semarang, Jurusan Teknik Sipil.
- Oktaviani, Eka Pratiwi. 2014. *KUALITAS DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN MINUMAN PROBIOTIK DENGAN VARIASI EKSTRAK BUAH NAGA MERAH (Hylotreceus polyrhizus)*. Jurnal Teknobiologi.
- Pemerintah Indonesia. 2014. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku mutu air limbah.
- Pemerintah Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Prabowo, Bambang Hari, Zahra Nursaidah, dan Febby Safitri. 2019. Pengaruh H₂O₂ dalam Metode Koagulasi Pengolahan Air Payau Menggunakan Koagulan PAC dan Aluminium Sulfat. Universitas Jenderal Achmad Yani.
- PT. Benefita Indonesia, 2015. Skema Proses Koagulasi-Flokulasi.
- Quantification of the oxygen uptake rate in a dissolved oxygen controlled oscillating jet-driven microbioreactor. 2016. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>
- Trisnawati, Eka, dkk. 2019. Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas Dengan Metode SRAOP (Sulfate Radical-Advanced Oxidation Process) Menggunakan Katalis Nanomaterial Cobalt Framework (Co@NC). Pekanbaru : Universitas Riau Kampus Binawidya..
- Rahayu, Imam. 2007. Praktis Belajar Kimia. Indonesia : PT Grafindo Media Pratama.
- Raditeas, Rizcar Maulana. 2019. "PERBEDAAN WAKTU OPERASIONAL AERATOR LUMPUR AKTIF TERHADAP KADAR BOD, DO, SVI LIMBAH CAIR INDUSTRI SUSU". JURNAL RISET KESEHATAN.
- Risdianto, D. 2007. Optimisasi Proses Koagulasi Flokulasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Jamu. Semarang: Tesis Teknik Kimia, Undip.
- Riyayanti, Endang. 2021. PENENTUAN SIFAT LARUTAN ASAM, BASA, DAN GARAM DENGAN INDIKATOR EKSTRAK DAUN TANAMAN HIAS. MTs Plus Raden Paku Trenggalek.
- Said, N. I. dan Wahyu Widayat. 2019. UJI KINERJA PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI NATA DE COCO DENGAN PROSES LUMPUR AKTIF. BPPT Tangerang Selatan.
- SEPTIANINGSIH, VERLLY. 2019. ANALISIS KANDUNGAN BOD DAN COD PADA WADUK BENAGA DI KELURAHAN LEMAPAKE SAMARINDA UTARA. UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH KALIMANTAN TIMUR.
- Sulhan, Muhammad Hadi. 2016. ANALISIS NILAI CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD) PADA BUANGAN LIMBAH CAIR PABRIK PENYAMAKAN KULIT DENGAN METODE SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. Jurnal Medika Cendikia.
- Zidni, Nizar, et al. 2016. Optimalisasi Penggunaan HCl dalam Pengolahan Air Limbah pada Penambangan Emas di Tambang Bawah Tanah PT Cibaliung Sumberdaya Kecamatan Cimanggu Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten . Tangerang.