

## Pemanfaatan Coal Fly Ash Sebagai Zeolit Sintetis Untuk Menurunkan Nilai COD Pada Air Limbah

Bambang Irawan<sup>1\*</sup>, Rudianto<sup>2</sup>

1). Program Studi Teknik Industri, Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Jambi

2). Seksi Research and Development, PT. Lontar Papyrus Pulp & Paper Industry

\*Corresponding author, e-mail: [birawanlb@yahoo.co.id](mailto:birawanlb@yahoo.co.id)

### ABSTRACT

*The use of coal as fuel in industrial processes produces waste commonly known as coal fly ash (CFA). In this study, CFA was used as a medium with hydrothermal alkali treatment as synthetic zeolite (NaP CFA) to reduce the COD value in the bleaching process wastewater. The effect of using NaPCFA in this treatment has an effect on the increase in pH and conductivity. The greater the consumption of NaPCFA, the higher the pH value of the wastewater. A 1% increase in NaPCFA consumption affects the average pH value increase of 0.91%. The greater the NaPCFA consumption, the higher the conductivity value in wastewater. The increase in NaPCFA consumption by 1% resulted in an increase in the average conductivity value of 36.30%. Meanwhile, the COD value at the consumption of 2% NaPCFA showed the highest COD reduction percentage of 25.18%. What needs to be done in future research is to modify the synthetic zeolite manufacturing model.*

*Keywords: Coal Fly Ash, Synthetic Zeolite, Conductivity, COD*

### ABSTRAK

Penggunaan batubara sebagai bahan bakar pada proses industry menghasilkan limbah yang lazim disebut dengan coal fly ash (CFA). Dalam penelitian ini CFA dipergunakan sebagai media dengan perlakuan alkali hydrothermal sebagai zeolite sintetis (NaP CFA) untuk menurunkan nilai COD pada air limbah proses bleaching. Pengaruh penggunaan NaPCFA dalam treatment ini berpengaruh terhadap kenaikan pH dan konduktivitas. Semakin besar konsumsi NaPCFA maka semakin tinggi nilai pH pada air limbah. Kenaikan 1% konsumsi NaPCFA berpengaruh terhadap kenaikan nilai pH rata-rata sebesar 0,91%.. Semakin besar konsumsi NaPCFA maka semakin tinggi nilai konduktivitas pada air limbah. Kenaikan konsumsi NaPCFA sebesar 1% mengakibatkan kenaikan nilai conductivity rata-rata sebesar 36,30%. Sedangkan nilai COD pada konsumsi NaPCFA 2% menunjukkan persentase penurunan COD yang tertinggi sebesar 25,18%. Hal yang perlu dilakukan pada penelitian selanjutnya adalah memodifikasi model pembuatan zeolite sintetis.

Kata kunci : Coal Fly Ash, Zeolit sintetis, Konduktivitas, COD

### PENDAHULUAN

Batubara merupakan bahan bakar terbesar kedua dalam penggunaan energi global, dan menyumbang 27% dari konsumsi energi global [1]. Penggunaan material batu bara sebagai bahan bakar pada operasional boiler mempunyai dampak timbulnya limbah batu bara yang lebih dikenal dengan coal fly ash [2][3]. Abu terbang merupakan limbah yang dihasilkan sekitar 80% dari pembakaran batubara [4]. Abu terbang yang dihasilkan dari pembangkit listrik sekarang ini menjadi masalah karena volumenya cukup besar mencapai 2 milyar ton

pada tahun [5]. Keberadaan coal fly ash dapat dimanfaatkan sebagai zeolite sintetis [6], yang berfungsi untuk penurunan nilai COD pada air limbah. Abu terbang batu bara memiliki komponen utama Silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dan besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), sisanya adalah karbon, kalsium, magnesium, dan belerang tetapi komposisi ini dapat berubah sesuai karakteristik batubara dan pembangkit listrik yang dipergunakan [5][7][8].

Coal fly ash dimodifikasi dengan perlakuan hydrothermal dengan menggunakan variasi konsentrasi larutan NaOH dan temperature [5][9]. Penggunaan NaOH dalam sintesis zeolit berfungsi sebagai aktivator selama

proses peleburan [4]. Reaksi yang terjadi saat peleburan yaitu [4]



Kualitas zeolit sangat bergantung pada konsentrasi larutan basa (NaOH) sehingga mempengaruhi temperatur pada proses sintesis zeolit [10]. Coal fly ash yang sudah mengalami treatment dapat menyerap ion logam dan limbah zat warna pada limbah cair [11]. Fly ash umumnya terdiri dari Si dan Al sebagai unsur utama (dalam bentuk aluminosilikat), dengan sedikit Fe, Na, K, Ca, P, ti dan S [12]. Salah satu pendekatannya adalah konversi fly ash menjadi zeolit yang memiliki aplikasi luas dalam pertukaran ion, sebagai filter molekuler, katalis, dan adsorben [13]. Pembentukan material baru ini ternyata menaikkan derajat kristalinitas dari 36,86% menjadi 97,17%. Hasil uji pendahuluan menunjukkan bahwa kapasitas tukar kation (KTK) abu terbang dan zeolit sintesis adalah 31,36 mg/100g dan 439,70 mg/100, sedangkan daya serap terhadap iodin untuk abu terbang dan zeolit sintesis berturut-turut 1,88 dan 1,84 mg/g serta kadar air abu terbang dan zeolit sintesis berturut-turut adalah 0,13% dan 1,16%. [5]. Parameter konsentrasi NaOH sangat memberikan dampak penyerapan yang maksimal jika dibandingkan dengan parameter temperature dan waktu treatment [13].

## METODE

### Material

Dalam penelitian ini digunakan bahan abu limbah batubara (Coal Fly Ash) dari sisa pembakaran pada proses Boiler pada PT. Lontar Papyrus Pulp and Paper Industry, Jambi. Bahan kimia NaOH yang dipergunakan adalah NaOH lab grade merk Merck.

### Peralatan

Dalam penelitian ini menggunakan peralatan untuk treatment pada coal fly ash yaitu Furnace "thermolite", sedangkan untuk perlakuan pada air limbah dipergunakan alat jar tes.

Spesifikasi alat Furnace :

- Nama alat : Furnace Thermolite
- Electricity : 120V 50/60Hz, 2230w

- Temperatur range : 600°C – 1200°C
- Manufacturer Name - THERMO SCI HEAT STIR MIX  
Manufacturer Code - FD1535M



Gambar 1. Alat furnace thermolite

Spesifikasi alat Jar Tes:

- Power : AC 230 V
- Power : 50 Hz
- Stirring Control Variable
- Timer Control Variable
- Posisi Flocculation Jar Tester : 6 tempat



Gambar 2. Alat Jar Tes

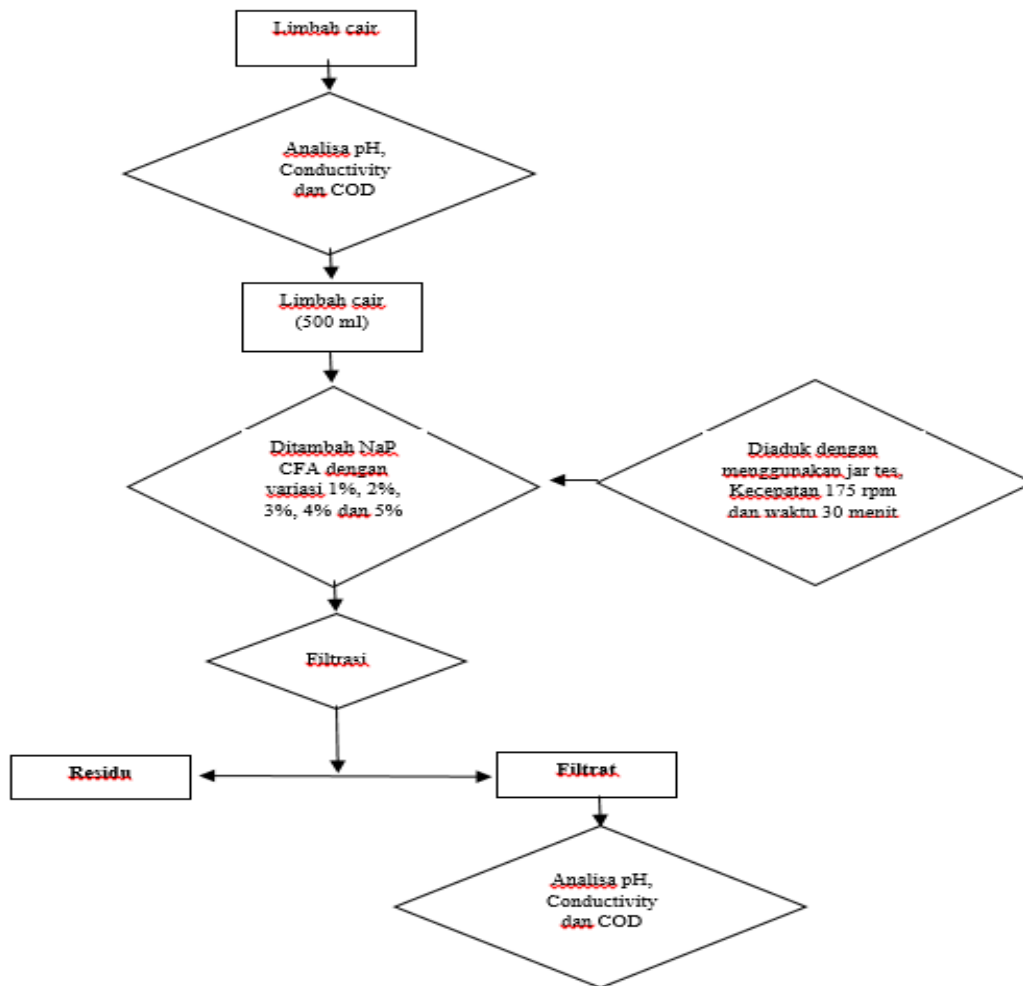
### Metode Penelitian

Pembuatan zeolite sintesis ini didasarkan atas proses Alkali hydrothermal terhadap coal fly ash (CFA) dengan variasi konsentrasi NaOH.. Bahan utam CFA discreen terlebih dulu dan lewat pada ukuran 100 mesh.

Proses aktivasi dengan menggunakan proses alkali hydrothermal. Komposisi bahan kimia yang digunakan adalah NaOH 12% dengan variasi konsumsi 1%, dimulai dengan blank dan 1% sampai dengan 5%. Temperatur

pada tahap awal yang dipergunakan dalam pembuatan zeolite sintetis adalah 130°C dengan waktu 24 jam. Sedangkan pada proses ke 2 temperatur yang digunakan adalah 400°C dengan waktu 2 jam.

**1. Diagram alir Trial penurunan COD pada air limbah proses bleaching pulp**



Gambar 3. Alur kerja penggunaan Zeolitesintetis (NaP CFA) pada air limbah proses bleaching

Analisa parameter yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain, parameter COD menggunakan metode SNI -06-6989.2-2004 [14], parameter pH dianalisa dengan menggunakan metode SNI. 6989-11-2019 [15] . dan Conductivity dengan menggunakan metode SNI 06. 6989.1-2004[16].

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Parameter analisa dalam penelitian ini antara lain pH, conductivity dan COD. Nilai dari parameter tersebut dapat menggambarkan pengaruh zeolite sintetis (NaP CFA) dalam proses perubahan kualitas limbah cair pada proses bleaching. Dari hasil analisa didapatkan data seperti dalam tabel 1.

Tabel.1. Data analisa hasil treatment NaPCFA pada air limbah

Parameter	Satuan	Sampel tanpa treatment	Hasil Treatment					
			Konsumsi NaPCFA (%)					
			Blank	1	2	3	4	5
pH	-	4,46	4.42	12.45	12.64	12.83	12.86	12.91
Conductivity	$\mu\text{S/cm}$	4286	4270	12820	21040	29400	36000	42800
COD	ppm	1094,50	976,4	874,1	818,9	834,7	944,9	1000,1
Penurunan COD	%	-	10,79	20,14	25,18	23,74	13,67	8,62

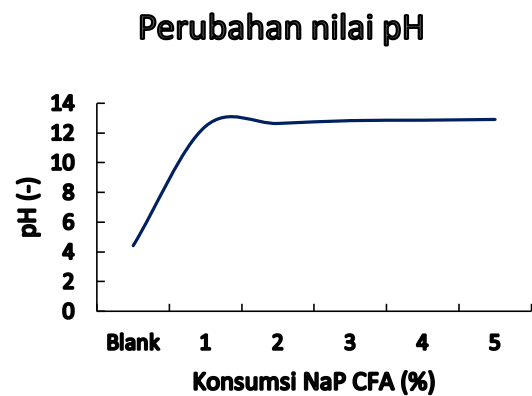
Dari tabel 1, dapat dilihat bahwa beberapa parameter analisa sangat dipengaruhi oleh treatment zeolite sintetis (NaP CFA). Nilai pH pada limbah cair secara umum mengalami kenaikan berdasarkan kenaikan konsumsi zeolite sintetis (NaP CFA). Kenaikan secara signifikan terjadi pada treatment blank dengan treatment menggunakan NaP CFA. Setiap kenaikan konsumsi NaP CFA 1% dapat menyebabkan kenaikan nilai pH rata rata sebesar 0,12. Pada parameter conductivity mempunyai kecenderungan bahwa semakin meningkat konsumsi NaP CFA maka nilai conductivity mengalami kenaikan. Setiap kenaikan konsumsi NaP CFA 1%, maka akan terjadi kenaikan nilai conductivity sebesar  $7495 \mu\text{S/cm}$ . Pada parameter COD menunjukkan kecenderungan penurunan pada konsumsi 2% dengan penurunan persentase nilai COD sebesar 25,18%. Sedangkan pada konsumsi yang lebih tinggi menunjukkan penurunan persentase penurunan nilai COD.

## Perubahan parameter analisa

### a. Perubahan nilai pH

Perubahan nilai pH pada penelitian ini menunjukkan bahwa pemakaian zeolite sintetis (NaP CFA) dapat menyebabkan kenaikan nilai pH (cairan bersifat basa) [11]. Suatu senyawa yang bersifat basa dalam air jika ada ion  $\text{OH}^-$ . pH larutan menyatakan konsentrasi ion  $\text{H}^+$  dalam larutan [17]. Kenaikan nilai pH pada treatment zeolite sintetis (NaP CFA) sebagai pengaruh penggunaan material NaOH pada proses hydrothermal. Nilai pH pada treatment NaP CFA menunjukkan bahwa pada “blank” dengan pemakaian NaP CFA mengalami kenaikan nilai pH yang signifikan yaitu sebesar 181,67%. Selanjutnya pada konsumsi 1% sampai dengan 5% tidak menunjukkan perbedaan kenaikan yang signifikan. Kenaikan 1% konsumsi NaPCFA berpengaruh

terhadap kenaikan nilai pH rata-rata sebesar 0,91%.

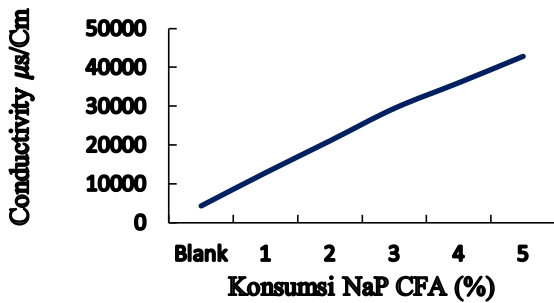


Gambar 4. Pengaruh Konsumsi NaP CFA terhadap perubahan nilai pH

### b. Perubahan nilai conductivity

Konduktivitas merupakan indikator adanya polutan dalam air [18]. Konduktivitas merupakan indikator daya hantar listrik dalam cairan. Konduktivitas tinggi sebagai akibat dari logam- logam terlarut.dalam cairan [19]. Pada penelitian ini terdapat perubahan pada parameter conductivity, dimana semakin tinggi konsumsi maka semakin tinggi nilai conductivity. Nilai conductivity ini sangat dipengaruhi oleh potensial listrik yang terdapat dalam larutan. Pola kenaikan nilai conductivity bias dilihat pada gambar 5. Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap kenaikan konsumsi NaPCFA sebesar 1% mengakibatkan kenaikan nilai conductivity rata-rata sebesar 36,30%. Dari data tersebut menunjukkan bahwa penambahan konsumsi NaP CFA semakin meningkatkan kandungan logam dalam cairan limbah dan meningkatkan kemampuan daya hantar listrik.

### Perubahan nilai conductivity

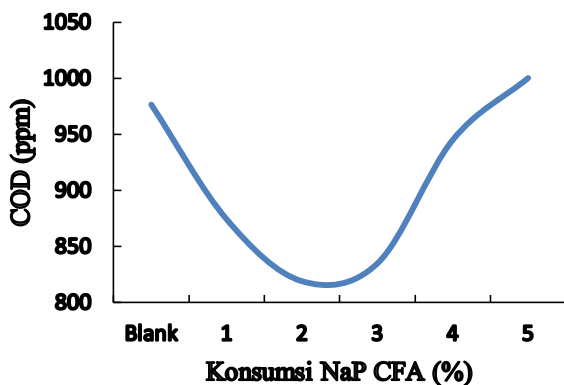


Gambar 5. Pengaruh Konsumsi NaP CFA terhadap perubahan nilai conductivity

### c. Perubahan nilai COD

COD atau *Chemical Oxygen Demand* adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung dalam air [20]. Secara laboratory dapat didefinisikan bahwa COD adalah jumlah oksidan  $Cr_2O_7$  yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg  $O_2$  untuk tiap 1000 mL contoh uji [14]. Perubahan nilai COD disebabkan oleh adanya hidroksil radikal ( $OH^\cdot$ ). Semakin banyak radikal bebas yang terbentuk, baik hidroksil ( $OH^\cdot$ ) maupun sulfat ( $SO_4^{2+}$ ) radikal maka jumlah molekul senyawa organik yang bereaksi akan semakin banyak dan laju reaksi degradasi akan meningkat [21]. Perubahan nilai COD dapat dilihat pada gambar 6.

### Perubahan nilai COD

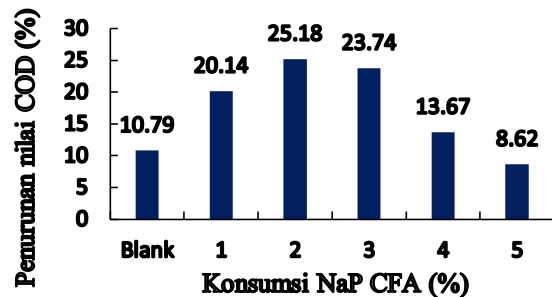


Gambar 6. Pengaruh konsumsi NaP CFA terhadap perubahan nilai COD

Pada gambar 6 menunjukkan bahwa pola perubahan nilai COD tidak mengikuti pola hubungan

linear. Pola perubahan nilai COD diawali dari konsumsi 1% sampai dengan 2% mengalami penurunan dari nilai awal COD. Pada konsumsi 3% sampai dengan 5% nilai COD mengalami kenaikan. Pada konsumsi NaPCFA sebesar 2% mempunyai persentase penurunan nilai COD tertinggi yaitu sebesar 25,18%. Persentase penurunan COD sebagai efek penggunaan NaPCFA dapat dilihat pada gambar 7.

### Persentase penurunan COD



Gambar 7. Pengaruh konsumsi NaP CFA terhadap persentase perubahan nilai COD

## 6. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan zeolit NaP CFA dengan penerapan pada limbah cair proses bleaching. Beberapa parameter yang dianalisa dalam penelitian ini setelah treatment mengalami perubahan nilai.

1. Pemakaian NaP CFA mempunyai pengaruh peningkatan nilai pH pada konsumsi 1% sampai dengan 5%. Pola kenaikan pH ini disebabkan karena adanya kandungan gugus  $OH^-$ , sebagai efek dari proses alkali hydrothermal pada tahap pembuatan zeolite sintesis (NaP CFA).
2. Pengaruh penggunaan NaP CFA pada treatment limbah cair proses bleaching berpengaruh terhadap kenaikan nilai konduktivitas. Semakin tinggi konsumsi NaPCFA maka semakin tinggi nilai konduktivitas. Kenaikan nilai konduktivitas disebabkan adanya kandungan ion logam pada proses treatment.
3. Zeolit NaP CFA yang diaktifkan pada suhu  $130^\circ C$  dengan waktu pemeraman selama 24 jam, dapat menurunkan kadar COD sebesar 25,18% pada dosis optimum 2%. Penurunan kandungan COD disebabkan



material zeolit NaP CFA dapat menyerap jumlah bahan kimia anorganik dan organik dalam limbah cair

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didukung beberapa pihak antara lain pimpinan PT. Lontar papyrus pulp and Paper Industry (LPPPI), Kepala seksi research and Development (RnD), PT. LPPPI, seluruh staf akademik Sekolah Tinggi Teknologi Nasional (STITEKNAS) Jambi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] X. Ren *et al.*, "Synthesis of zeolites from coal fly ash for the removal of harmful gaseous pollutants: A review," *Aerosol Air Qual. Res.*, vol. 20, no. 5, pp. 1127–1144, 2020.
- [2] A. Sugiyono, "Seminar Teknologi Pulp dan Kertas," in *Energy Utilization in Pulp and Paper Industries: Technological and Environmental View Abstract*, 2009, no. November, pp. 978–979.
- [3] B. S. Purwasasmita and A. W. , Agung Kurnia, "Sintesis material nanopori zeolit (zsm-5) dari coal fly ash," *J. Zeolit Indones.*, vol. 9, no. 1, pp. 40–45, 2010.
- [4] N. Andarini, Z. Lutfia, and T. Haryati, "Sintesis Zeolit A dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara Variasi Synthesis of Zeolite A From Coal Fly Ash with Variation of Si/Al Molar Ratio," *J. ILMU DASAR*, vol. 19, no. 2, pp. 105–110, 2018.
- [5] A. Zakaria, W. Djasmasari, and Y. Purwamargapratala, "Karakterisasi Zeolit Sintetis dari Abu Terbang Batu Bara Menggunakan Difraksi Sinar - X," in *Prosiding Seminar Nasional Hamburan Neutron dan Sinar-X ke 8*, 2011, pp. 41–44.
- [6] Upita Septiani, "Synthesis of Zeolite from Coal Fly Ash by Seawater Hydrothermal Process at High Temperature," in *International Conference on Basic Sciences and Its Application 2018*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 1–23.
- [7] Sunarti and Nazudin, "SINTESIS ZEOLIT A DARI ABU DASAR BATUBARA (COAL BOTTOM ASH) DENGAN METODE PELEBURAN DAN HIDROTERMAL Sunarti1\*," *MJoCE*, vol. 11, no. 1, pp. 8–16, 2021.
- [8] N. Moreno, X. Querol, F. Plana, J. M. Andres, M. Janssen, and H. Nugteren, "Pure zeolite synthesis from silica extracted from coal fly ashes," *J. Chem. Technol. Biotechnol.*, vol. 77, no. 3, pp. 274–279, 2002.
- [9] N. M. Musyoka, L. F. Petrik, and E. Hums, "Ultrasonic assisted synthesis of zeolite A from coal fly ash using mine waters ( acid mine drainage and circumneutral mine water ) as a substitute for ultra pure water," *Imwa*, pp. 423–428, 2011.
- [10] W. Chansiriwat, D. Tanangteerapong, and K. Wantala, "Synthesis of zeolite from coal fly ash by hydrothermal method without adding alumina and silica sources: Effect of aging temperature and time," *Sains Malaysiana*, vol. 45, no. 11, pp. 1723–1731, 2016.
- [11] S. Sumarli, I. Yulianti, M. Masturi, and R. Munawaroh, "Pengaruh Variasi Massa Zeolit Pada Pengolahan Air Limbah Pabrik Pakan Ternak Melalui Media Filtrasi," in *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2016*, 2016, vol. V, p. SNF2016-ERE-43-SNF2016-ERE-46.
- [12] N. L. Thepparat Klamrassamee, Prasert Pavasant, "Synthesis of Zeolite from Caol Fly Ash: Its Application as Water Sorbent," *Eng. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 37–44, 2010.
- [13] K. Ojha, N. C. Pradhan, and A. N. Samanta, "Zeolite from fly ash: Synthesis and characterization," *Bull. Mater. Sci.*, vol. 27, no. 6, pp. 555–564, 2004.
- [14] Badan Standardisasi Nasional, "Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (KOK) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri," in *SNI Standar Nasional Indonesia*, B. S. N. Indonesia, Ed. Jakarta: Indonesia, Badan Standardisasi Nasional, 2004, pp. 1–15.
- [15] S. N. Indonesia and Nasional, "Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan pH meter," in *SNI*, Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Ed. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 2019, pp. 1–7.

- [16] Badan Standardisasi Nasional, “SNI 06-6989.1-2004 Air dan air limbah – Bagian 1: Cara uji daya hantar listrik (DHL),” *Standar Nasional Indonesia*. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, pp. 1–4, 2004.
- [17] H. Taunamang and P. E. Goliath, “Konduktivitas Fluida-Cairan Di Manifestasi Panas Bumi Bukit Kasih Kanonang Sulawesi Utara ,” *JPSE (Journal Phys. Sci. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 29–38, 2017.
- [18] A. Hindayani and N. Hamim, “Akurasi dan Presisi Metode Sekunder Pengukuran Konduktivitas Menggunakan Sel Jones Tipe E untuk Pemantauan Kualitas Air Minum,” *IJCA (Indonesian J. Chem. Anal.*, vol. 5, no. 1, pp. 41–51, 2022.
- [19] S. Notodarmojo, D. Mayasanthi, and T. Zulkarnain, “Pengolahan Limbah Cair Emulsi Minyak dengan Proses Membran Ultrafiltrasi Dua-tahap Aliran Cross-flow,” *ITB J. Sci.*, vol. 36, no. 1, pp. 45–62, 2004.
- [20] Wa Atima, “BOD DAN COD SEBAGAI PARAMETER PENCEMARAN AIR DAN BAKU MUTU AIR LIMBAH,” *J. Biol. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 1, pp. 83–94, 2015.
- [21] E. Trisnawati, E. Saputra, and Chairul, “Pengolahan Limbah Cair Industri Pulp dan Kertas Dengan Metode SR- AOP ( Sulfate Radical - Advanced OxidationProcess ) Menggunakan Katalis Nanomaterial Cobalt Framework ( Co @ NC ),” *Jom FTEKNIK*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2019.