

Pengaruh Variasi Dosis *Poly Aluminium Chloride* dan Kapur Tohor terhadap Karakteristik Fisikokimia Air Gambut melalui Metode Koagulasi-Flokulasi

Nasywa Khalisah Pieter, Aussie Amalia*, R. Mohammad Alghaf Dienullah,
Aulia Ulfah Farahdiba

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 6 Agustus 2026

Disetujui: 14 Agustus 2026

Abstract

Peat water is characterized by low pH and high organic matter content, requiring treatment before it can be used as a water source. This study aims to analyze the effect of varying doses of polyaluminum chloride (PAC) and quicklime on the physicochemical characteristics of peat water using the coagulation-flocculation method. The study was conducted using the jar test method with PAC dosages of 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L, and 120 mg/L, as well as quicklime dosages of 3 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL, 9 mL, 10 mL, and 15 mL. The parameters analyzed included pH, total dissolved solids (TDS), conductivity, and salinity. The data were analyzed descriptively, while pH was analyzed using one-way ANOVA. The results showed that increasing the lime dosage tended to raise the pH, whereas increasing the PAC dosage affected the pH through hydrolysis. TDS and conductivity values increased after the coagulation-flocculation process, while salinity remained relatively unchanged. Variations in PAC and quicklime dosages had a significant effect on pH ($p < 0.05$). Based on an evaluation of all parameters, a combination of 120 mg/L PAC and 15 mL quicklime was determined to be the optimal dosage because it resulted in a pH of 6.94, a TDS of 170 ppm, a conductivity of 426 $\mu\text{S}/\text{cm}$, and a salinity of 0 ppt.

Keywords: *peat water, coagulation-flocculation, quicklime, poly aluminium chloride, physicochemical characteristics*

Abstrak

Air gambut memiliki karakteristik berupa pH rendah dan kandungan bahan organik yang tinggi sehingga memerlukan pengolahan sebelum dimanfaatkan sebagai sumber air. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh variasi dosis *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dan kapur tohor terhadap karakteristik fisikokimia air gambut melalui metode koagulasi-flokulasi. Penelitian dilakukan menggunakan metode *jar test* dengan variasi dosis PAC sebesar 20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L, dan 120 mg/L, serta dosis kapur tohor sebesar 3 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL, 9 mL, 10 mL, dan 15 mL. Parameter yang dianalisis meliputi pH, *total dissolved solids* (TDS), konduktivitas, dan salinitas. Data dianalisis secara deskriptif, sedangkan pH dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis kapur cenderung meningkatkan pH, sedangkan peningkatan dosis PAC memengaruhi pH melalui proses hidrolisis. Nilai TDS dan konduktivitas meningkat setelah proses koagulasi-flokulasi, sementara salinitas relatif tidak berubah. Variasi dosis PAC dan kapur tohor berpengaruh signifikan terhadap pH ($p < 0,05$). Berdasarkan evaluasi seluruh parameter, kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL ditetapkan sebagai dosis optimum karena menghasilkan pH sebesar 6,94, TDS sebesar 170 ppm, konduktivitas sebesar 426 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan salinitas sebesar 0 ppt.

Kata Kunci: *air gambut, koagulasi-flokulasi, kapur tohor, poly aluminium chloride, karakteristik fisikokimia*

1. Pendahuluan

Lahan gambut memiliki tingkat kelembapan yang tinggi dan berfungsi penting sebagai kawasan resapan serta penyimpanan air. Air yang tersimpan di dalam lahan gambut berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber air utama bagi masyarakat sekitar. Air gambut terbentuk melalui proses penguraian bahan organik wilayah rawa, sehingga memiliki karakteristik khas berupa warna cokelat gelap hingga kehitaman, nilai pH yang cenderung rendah, serta kandungan bahan organik terlarut yang tinggi, terutama senyawa asam humat dan asam fulvat [1]. Kandungan bahan organik tersebut berkontribusi terhadap tingginya warna, bau, dan potensi pembentukan produk samping berbahaya apabila air gambut langsung didesinfeksi

tanpa pengolahan yang memadai [2]. Kondisi ini menjadikan air gambut sebagai sumber air yang sulit diolah dengan proses konvensional sederhana.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk menurunkan kekeruhan dan kandungan bahan organik pada air gambut adalah proses koagulasi-flokulasi [3]. Koagulasi berfungsi untuk mendestabilisasi partikel koloid dan molekul organik bermuatan negatif melalui penambahan koagulan, sehingga gaya tolak-menolak antar partikel dapat dikurangi [4]. Setelah proses koagulasi, partikel-partikel halus menjadi lebih mudah beragregasi dan membentuk mikroflok, yang merupakan tahapan awal penghilangan kontaminan dalam pengolahan air permukaan dengan kandungan organik tinggi [3]. Proses flokulasi dilakukan sebagai lanjutan dari koagulasi dengan pengadukan lambat untuk memperbesar ukuran flok melalui tumbukan antar partikel yang telah terdestabilisasi. Flok yang terbentuk diharapkan memiliki ukuran dan kekuatan yang cukup untuk dipisahkan melalui sedimentasi atau filtrasi. Pada pengolahan air gambut, flokulasi memiliki peranan penting karena banyak senyawa organik berada dalam bentuk partikel halus yang memerlukan kondisi hidrodinamika yang tepat agar proses agregasi berlangsung secara efektif [3].

Pada metode koagulasi-flokulasi, bahan tambahan berupa koagulan dan bahan kimia penetral diperlukan untuk pengolahan air, khususnya air gambut sebagai penjernih air dan pengatur pH. Salah satu koagulan yang umum digunakan dan banyak ditemukan di pasaran adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). PAC merupakan koagulan artifisial yang efektif digunakan dalam peningkatan kualitas air gambut. Koagulan ini memiliki kecepatan pengendapan tinggi dengan keberadaan gugus aktif aluminat pada PAC memungkinkan proses pengikatan partikel koloid berlangsung secara efektif sehingga menghasilkan laju pengendapan yang tinggi. Selain itu, PAC diketahui memiliki kinerja yang baik pada rentang pH yang relatif luas [5]. Namun, pada air gambut yang seringkali mempunyai karakteristik pH rendah, penyesuaian pH tetap diperlukan guna menciptakan kondisi koagulasi yang optimum. Oleh karena itu, kapur tohor (CaO) sering digunakan sebagai bahan penambah alkalinitas untuk meningkatkan pH sehingga efektivitas koagulasi menggunakan PAC dapat ditingkatkan. Cara kerjanya adalah dengan menambahkan kapur untuk mereaksikan alkali bikarbonat serta mengatur pH air sehingga menyebabkan pengendapan. Proses pengendapan ini akan berjalan secara efektif apabila pH air antara 6-8 [6].

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan PAC maupun kapur tohor dapat meningkatkan kualitas air gambut melalui proses koagulasi-flokulasi. Akan tetapi, hasil pengolahan sangat dipengaruhi oleh variasi dosis bahan kimia yang digunakan serta karakteristik air baku. Oleh karena itu evaluasi terhadap perubahan karakteristik fisikokimia air akibat variasi dosis PAC dan kapur tohor masih diperlukan untuk memperoleh informasi mengenai respons air gambut terhadap penambahan kedua bahan tersebut. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis PAC dan kapur tohor terhadap karakteristik fisikokimia air gambut melalui proses koagulasi-flokulasi. Karakteristik fisikokimia yang diamati meliputi suhu, pH, *total dissolved solids* (TDS), konduktivitas dan salinitas setelah proses pengolahan.

2. Metode Penelitian

Karakteristik Air Gambut

Air gambut yang digunakan dalam penelitian ini ialah air gambut yang berasal dari Kalimantan Barat. Karakteristik awal air gambut yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**. Karakteristik tersebut menunjukkan kondisi awal sampel sebelum dilakukan penambahan bahan kimia.

Tabel 1. Karakteristik Awal Air Gambut

Parameter	Nilai	Satuan
Suhu	27,6	°C
pH	3,6	-
TDS	38	ppm
Konduktivitas	95,7	µS/cm
Salinitas	0	ppt

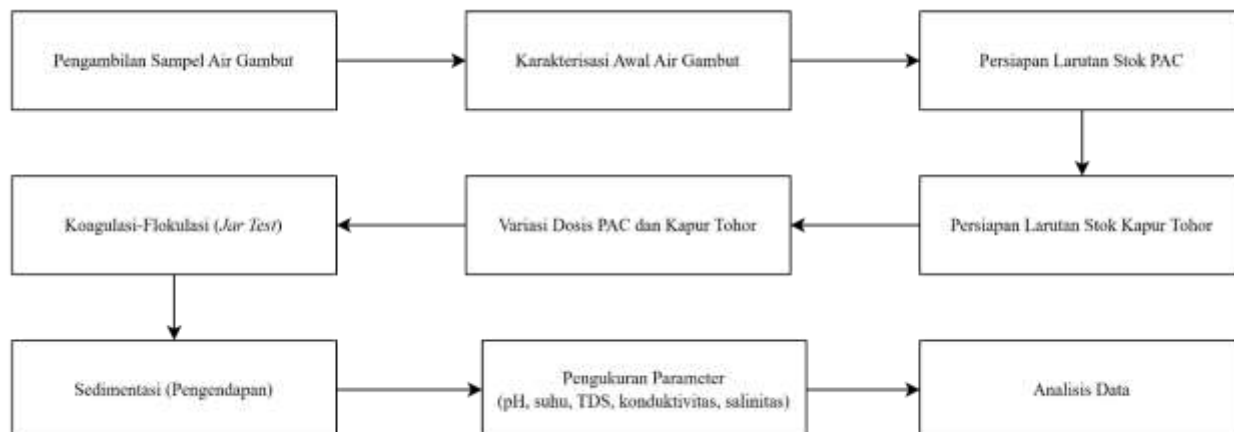
Sumber: Data Penelitian (2026)

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian berikut terdiri dari *jar test*, neraca analitik, pH meter, TDS meter, serta peralatan gelas standar laboratorium. Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi air gambut sebagai air sampel, koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), bubuk kapur tohor (CaO) sebagai alkali penunjang koagulasi, dan akuades.

Rancangan Penelitian

Penelitian dirancang menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan *jar test*, mengacu pada prosedur SNI 6989.13-2019 tentang uji koagulasi-flokulasi skala laboratorium. Variabel bebas terdiri atas dosis PAC (20 mg/L, 40 mg/L, 60 mg/L, 80 mg/L, dan 120 mg/L) dan dosis kapur (3 mL, 5 mL, 6 mL, 7 mL, 8 mL, 9 mL, 10 mL, dan 15 mL), sehingga diperoleh kombinasi perlakuan yang disusun untuk setiap kombinasi dosis. Alur pelaksanaan penelitian secara keseluruhan disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian
Sumber: Data Penelitian (2026)

Persiapan Larutan Koagulan dan Pengatur pH

Larutan stok PAC dibuat dengan konsentrasi 1000 mg/L. PAC yang digunakan memiliki kadar bahan aktif sebesar 30%, sehingga massa bubuk PAC yang ditimbang disesuaikan dengan kadar tersebut. Massa bubuk PAC dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Massa\ PAC = \frac{massa\ bahan\ aktif\ yang\ diinginkan}{kadar\ PAC}$$

$$Massa\ PAC = \frac{1\ gram}{0,30} = 3,33\ gram$$

Di sisi lain, larutan stok kapur tohor dibuat dengan melarutkan 10 gram bubuk kapur tohor (CaO) ke dalam akuades hingga mencapai volume 1 L. Larutan kemudian diaduk hingga homogen sebelum digunakan sebagai bahan pengatur pH pada proses koagulasi-flokulasi.

Prosedur Jar Test

Sebanyak 500 mL sampel air gambut dimasukkan ke dalam masing-masing *beaker glass* ukuran 1000 mL. PAC dan kapur kemudian ditambahkan sesuai variasi dosis perlakuan, dan dilakukan pengadukan cepat (*rapid mixing*) pada kecepatan 120 rpm selama 1 menit untuk proses koagulasi, dilanjutkan dengan pengadukan lambat (*slow mixing*) pada kecepatan 45 rpm selama 15 menit untuk proses flokulasi. Setelah pengadukan, sampel diendapkan selama 30 menit, lalu supernatan diambil untuk dianalisis.

Parameter Uji

Karakteristik sampel air dianalisis melalui beberapa parameter fisik dan kimia, yaitu suhu, pH, TDS, konduktivitas, dan salinitas. Pengukuran suhu dan pH dilakukan menggunakan pH meter yang dilengkapi dengan sensor suhu terintegrasi, sehingga parameter suhu dapat diperoleh secara bersamaan selama proses pengukuran pH. Sementara itu, parameter TDS, konduktivitas, dan salinitas dianalisis menggunakan conductivity meter yang memiliki beberapa mode pengukuran berdasarkan kemampuan alat dalam mendeteksi konduktivitas listrik larutan dan mengonversinya menjadi nilai TDS serta salinitas. Metode dan alat yang digunakan pada karakteristik sampel disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Metode Pengujian Parameter

Parameter	Metode Pengujian
Suhu	SNI 06-6989.23-2005 – Cara Uji Suhu dengan Termometer
pH	SNI 06-6989.11-2004 – Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan pH Meter
TDS	SNI 06-6989.27-2005 – Cara Uji Padatan Terlarut Total (<i>Total Dissolved Solids</i>) Secara Konduktometri
Konduktivitas	APHA Standard Methods 2510 B – Conductivity (Laboratory Method)
Salinitas	APHA Standard Methods 2520 B – Salinity by Electrical Conductivity Method

Sumber: Data Penelitian (2026)

Metode Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi dosis PAC dan kapur tohor terhadap karakteristik fisikokimia air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi. Parameter yang dianalisis meliputi pH, TDS, konduktivitas, dan salinitas sebagai indikator perubahan kualitas air akibat penambahan koagulan. Analisis dilakukan dengan membandingkan nilai setiap parameter sebelum dan sesudah proses koagulasi-flokulasi pada masing-masing variasi dosis PAC dan kapur tohor. Perubahan nilai parameter dianalisis guna mengetahui kecenderungan pengaruh peningkatan dosis koagulan terhadap karakteristik air gambut.

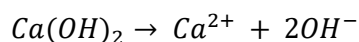
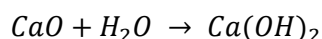
Data hasil pengukuran disajikan dalam bentuk tabel dan grafik hubungan antara variasi dosis PAC dan kapur tohor terhadap perubahan parameter fisikokimia air gambut. Penentuan kondisi optimum dilakukan berdasarkan perubahan parameter yang menunjukkan karakteristik air hasil pengolahan terbaik, terutama berdasarkan nilai pH yang mendukung keberhasilan proses koagulasi-flokulasi serta perubahan nilai TDS, konduktivitas, dan salinitas akibat proses pengikatan atau penambahan ion terlarut selama proses pengolahan.

Pengaruh variasi dosis PAC dan kapur tohor terhadap parameter fisikokimia air gambut dianalisis menggunakan uji normalitas, yang kemudian dilakukan uji statistik *Analysis of Variance* satu arah (*One-Way ANOVA*) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan karakteristik fisikokimia antarkombinasi perlakuan. Apabila hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$), maka dilanjutkan dengan uji lanjutan untuk mengetahui kelompok perlakuan yang memiliki perbedaan nyata.

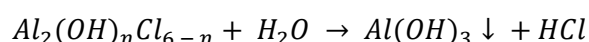
3. Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Variasi Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap pH Air Gambut

Perubahan nilai pH air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi pada berbagai dosis PAC dan kapur tohor disajikan pada Gambar 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian variasi dosis PAC dan kapur tohor berpengaruh terhadap perubahan nilai pH air gambut. Secara umum, penambahan kapur tohor cenderung meningkatkan nilai pH, sedangkan penambahan PAC memengaruhi pH melalui proses hidrolisis yang menghasilkan ion hidrogen (H^+). Hal ini sejalan dengan penelitian Al Jobair et al. (2026) bahwa kapur atau kalsium hidroksida ($Ca(OH)_2$) berperan sebagai *coagulant aid* dengan meningkatkan pH dan alkalinitas melalui pelepasan ion hidroksida (OH^-), sehingga mendukung pembentukan flok hidroksida logam yang tidak larut [7], [8] :

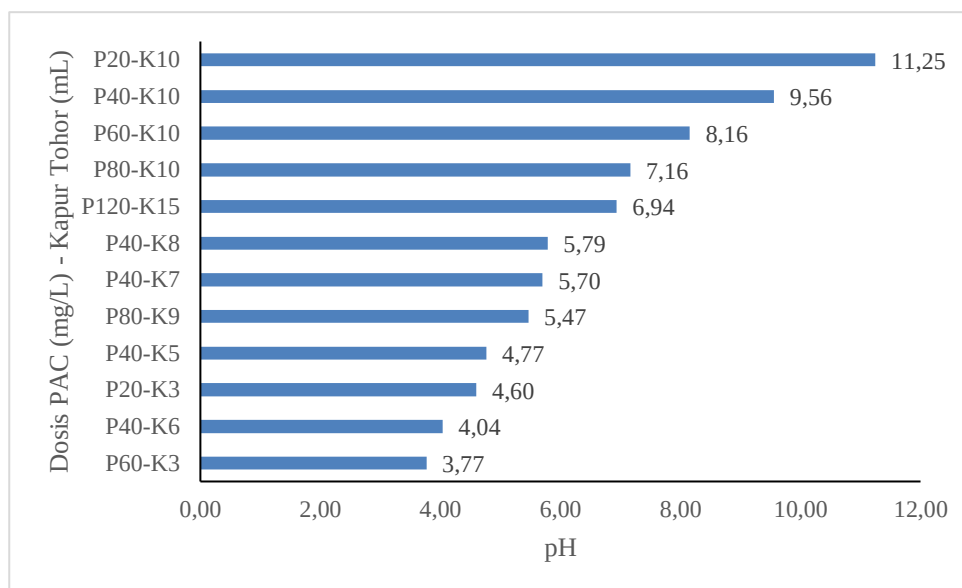


Selain itu, penelitian tersebut juga menjelaskan bahwa spesies hidroksida aluminium polimerik yang terbentuk dari PAC memiliki densitas muatan kationik yang tinggi sehingga mampu mendestabilisasi partikel koloid dan bahan organik bermuatan negatif. Oleh karena itu, nilai pH akhir pada penelitian ini dipengaruhi oleh keseimbangan antara peningkatan alkalinitas akibat penambahan kapur tohor dan reaksi hidrolisis PAC selama proses koagulasi [8] :



Berdasarkan **Gambar 2**, air gambut yang memiliki pH awal sebesar 3,60 mengalami peningkatan pH setelah diberi perlakuan. Pada kombinasi dosis rendah, yaitu P20-K3, nilai pH meningkat menjadi 4,60, sedangkan kombinasi P60-K3 menghasilkan pH yang lebih rendah yaitu 3,77. Hal ini menunjukkan bahwa

pada dosis kapur yang sama (3 mL), kenaikan dosis PAC dari 20 mg/L menjadi 60 mg/L menyebabkan pH menurun akibat semakin besarnya reaksi hidrolisis PAC yang menghasilkan ion H^+ .



Gambar 2: Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap pH Air Gambut

Sumber: Data Penelitian (2026)

Pada dosis PAC 40 mg/L, peningkatan dosis kapur dari yang awalnya 5 mL hingga 10 mL menghasilkan kenaikan nilai pH dari 4,77 menjadi 9,56. Kondisi ini memperlihatkan bahwa penambahan kapur tohor meningkatkan alkalinitas melalui pembentukan ion hidroksida (OH^-) yang mampu menetralkan ion hidrogen (H^+) di dalam air. Peningkatan pH tersebut sejalan dengan mekanisme kerja kapur sebagai *coagulant aid*, yaitu meningkatkan pH dan alkalinitas sehingga mendukung pembentukan flok hidroksida logam selama proses koagulasi.

Pada dosis kapur 10 mL, peningkatan dosis PAC dari 20 mg/L menjadi 80 mg/L menyebabkan pH menurun secara bertahap dari 11,25 menjadi 7,16. Fenomena ini menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis PAC, semakin besar proses hidrolisis yang terjadi sehingga sebagian alkalinitas yang diberikan oleh kapur dikonsumsi selama pembentukan spesies hidroksida aluminium. Meskipun demikian, nilai pH pada kombinasi tersebut masih berada pada rentang yang lebih tinggi dibandingkan dengan nilai pH awal air gambut sebelum pengolahan.

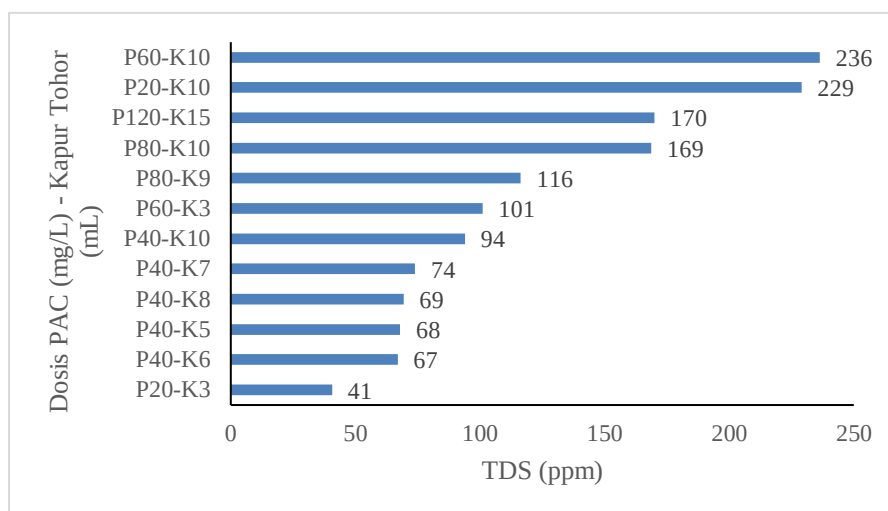
Kombinasi P120-K15 menghasilkan nilai pH sebesar 6,94 yang merupakan nilai paling mendekati pH netral. Nilai tersebut menunjukkan bahwa dalam rentang dosis yang diteliti, peningkatan dosis kapur hingga 15 mL mampu mengimbangi pengaruh hidrolisis PAC dosis 120 mg/L sehingga diperoleh kondisi pH yang lebih sesuai untuk proses pengolahan air. Berdasarkan hasil tersebut, kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL dipilih sebagai dosis optimum karena menghasilkan pH yang mendekati kondisi netral.

Pengaruh Variasi Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap TDS Air Gambut

Perubahan nilai TDS air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi pada berbagai kombinasi dosis PAC dan kapur tohor disajikan pada **Gambar 3**. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dosis PAC dan kapur tohor memengaruhi konsentrasi padatan terlarut dalam air gambut. Dalam penelitian ini, nilai TDS setelah perlakuan cenderung meningkat dibandingkan dengan TDS awal sebesar 38 ppm, dengan kenaikan nilai bergantung pada kombinasi dosis yang digunakan. Peningkatan TDS setelah penambahan koagulan merupakan fenomena yang umum terjadi akibat masuknya ion-ion terlarut dari bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengolahan air [9].

Berdasarkan **Gambar 3**, kombinasi P20-K3 menghasilkan nilai TDS sebesar 40,67 ppm, meningkat sekitar 7% dibandingkan dengan sampel awal. Pada perlakuan dengan dosis PAC yang lebih tinggi, seperti P60-K3, nilai TDS meningkat menjadi 100 ppm. Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa penambahan PAC dan kapur tohor tidak hanya berfungsi mendestabilisasi partikel koloid, tetapi juga menambah konsentrasi ion-ion terlarut di dalam air, seperti ion aluminium, mineral, dan klorida yang berasal dari proses hidrolisis PAC serta disosiasi kapur. Spesies aluminium polimerik dari PAC terbentuk

selama hidrolisis dan berperan dalam mekanisme netralisasi muatan, sedangkan kapur meningkatkan alkalinitas melalui pelepasan ion hidroksida sehingga mendukung pembentukan flok hidroksida logam[8].



Gambar 3: Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap TDS Air Gambut
Sumber: Data Penelitian (2026)

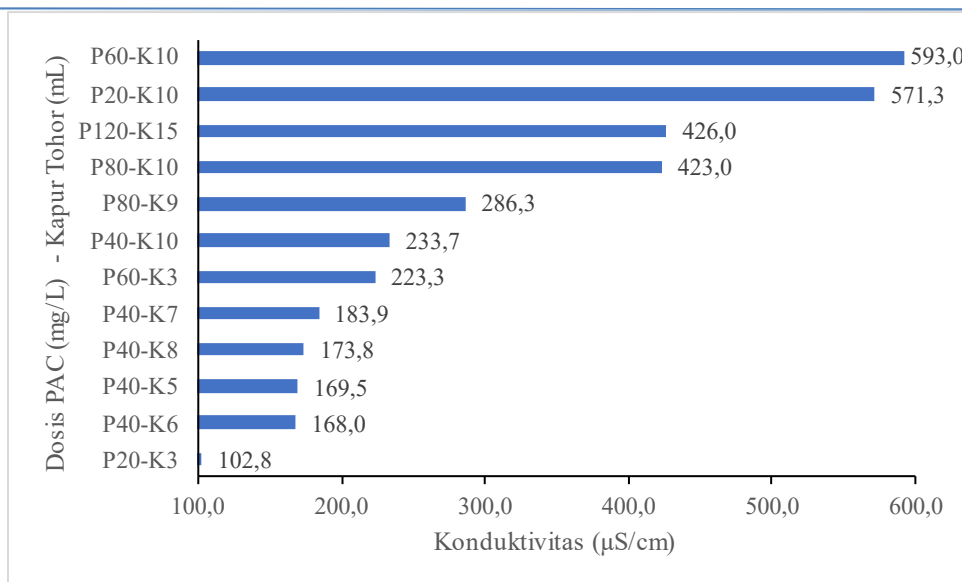
Pada dosis PAC 40 mg/L, peningkatan dosis kapur dari yang awalnya 5 mL hingga menjadi 8 mL menghasilkan nilai TDS yang relatif stabil, yaitu berkisar 67-74 ppm. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pada rentang dosis tersebut terjadi keseimbangan antara penambahan ion dari bahan kimia dengan proses pengikatan partikel terlarut ke dalam flok. Dengan demikian, penambahan kapur pada rentang tersebut belum menyebabkan peningkatan padatan terlarut yang berlebihan. Fenomena serupa juga dilaporkan pada penelitian koagulasi menggunakan PAC, di mana efektivitas proses sangat dipengaruhi oleh keseimbangan dosis koagulan dan kondisi pH selama pembentukan flok [10].

Pada dosis kapur konsisten 10 mL, nilai TDS tidak menunjukkan hubungan yang linier terhadap peningkatan dosis PAC. Kombinasi P20-K10 menghasilkan TDS sebesar 229 ppm, sedangkan P40-K10 justru menurun menjadi 94 ppm sebelum kembali meningkat pada kombinasi P60-K10 sebesar 236,33 ppm dan P80-K10 sebesar 168,67 ppm. Hasil ini mengindikasikan bahwa dosis PAC yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi tidak selalu menghasilkan kondisi koagulasi yang optimum. Efektivitas proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh kesesuaian dosis koagulan terhadap karakteristik air baku sehingga hubungan antara dosis koagulan dan TDS tidak selalu bersifat linier [10].

Kombinasi P120-K15 menghasilkan nilai TDS sebesar 170 ppm, lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi P20-k10 maupun P60-K10, meskipun dosis PAC yang digunakan lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan dosis kapur hingga 15 mL mampu menyediakan alkalinitas yang cukup sehingga pembentukan flok aluminium hidroksida berlangsung lebih efektif. Flok yang terbentuk dapat mengadsorpsi sebagian senyawa organik dan partikel halus sehingga konsentrasi padatan terlarut yang tersisa dalam air menjadi lebih rendah. Maka dari itu, peningkatan dosis PAC tidak selalu menyebabkan kenaikan nilai TDS apabila diimbangi dengan penambahan dosis kapur yang sesuai [8].

Pengaruh Variasi Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap Konduktivitas Air Gambut

Perubahan nilai konduktivitas air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi menggunakan berbagai kombinasi dosis PAC dan kapur tohor disajikan pada **Gambar 4**. Berdasarkan hasil penelitian, konduktivitas air gambut awal sebesar 95,70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ meningkat pada seluruh perlakuan dengan nilai berkisar antara 102,77-593,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penambahan PAC dan kapur tohor memengaruhi jumlah ion terlarut dalam air. Menurut APHA (2023), konduktivitas merupakan kemampuan larutan menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh konsentrasi dan mobilitas ion-ion terlarut [11].



Gambar 4: Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap Konduktivitas Air Gambut
Sumber: Data Penelitian (2026)

Pada kombinasi P20-K3, nilai konduktivitas meningkat menjadi 102,77 µS/cm, sedangkan pada P60-K3 meningkat menjadi 223,33 µS/cm. Selanjutnya, pada dosis PAC tetap 40 mg/L dengan variasi kapur 5-8 mL, konduktivitas berada pada kisaran 168,33-184,33 µS/cm, menunjukkan perubahan yang relatif kecil. Hal tersebut mengindikasikan bahwa pada rentang dosis tersebut proses koagulasi berlangsung relatif stabil sehingga peningkatan ion akibat penambahan bahan kimia masih dapat diimbangi oleh pembentukan flok selama proses koagulasi-flokulasi. Menurut Bratby (2016), efektivitas koagulasi sangat dipengaruhi oleh keseimbangan dosis koagulan dan kondisi kimia air sehingga respons setiap parameter tidak selalu berubah secara linier [12].

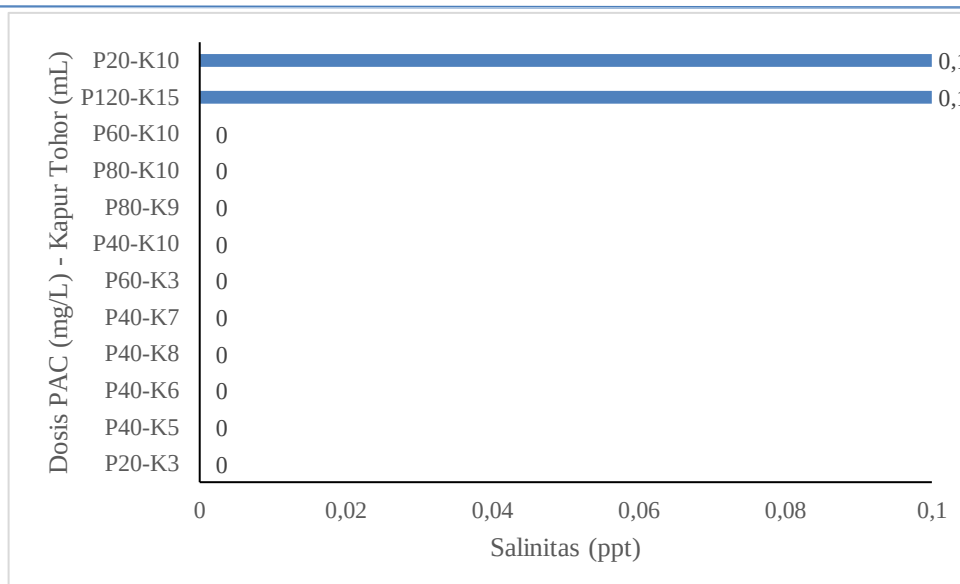
Pada dosis kapur tetap 10 mL, peningkatan dosis PAC menghasilkan pola yang tidak linier terhadap konduktivitas. Nilai konduktivitas berturut-turut sebesar 571,33 µS/cm (P20-K10), 233,67 µS/cm (P40-K10), 593,00 µS/cm (P60-K10), dan 423,00 µS/cm (P80-K10). Fenomena tersebut menunjukkan bahwa peningkatan dosis PAC tidak selalu diikuti oleh peningkatan konduktivitas. Hal ini diduga karena sebagian ion hasil hidrolisis PAC dan reaksi kapur telah terlibat dalam pembentukan flok aluminium hidroksida sehingga jumlah ion bebas yang tersisa di dalam larutan menjadi berbeda pada setiap kombinasi perlakuan.

Kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL menghasilkan nilai konduktivitas sebesar 426,00 µS/cm, lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P60-K10 meskipun dosis PAC yang digunakan lebih tinggi. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa peningkatan dosis kapur mampu menyediakan alkalinitas yang cukup untuk mendukung pembentukan flok secara lebih efektif sehingga sebagian ion maupun senyawa terlarut teradsorpsi dan terpisahkan melalui proses sedimentasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kapur berfungsi sebagai *coagulant aid* dengan meningkatkan alkalinitas sehingga mendukung pembentukan flok hidroksida logam yang lebih stabil [8].

Pengaruh Variasi Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap Salinitas Air Gambut

Perubahan nilai salinitas air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi menggunakan berbagai kombinasi dosis PAC dan kapur tohor disajikan pada **Gambar 5**. Berdasarkan hasil penelitian, salinitas air gambut awal sebesar 0 ppt dan sebagian besar perlakuan tetap menunjukkan nilai 0 ppt setelah proses pengolahan. Hanya pada kombinasi P60-K10 dan P80-K10 terjadi peningkatan menjadi 0,10 ppt.

Perubahan salinitas yang relatif kecil menunjukkan bahwa penambahan PAC dan kapur tohor pada penelitian ini tidak memberikan peningkatan kandungan garam terlarut secara signifikan. Hal tersebut disebabkan oleh proses koagulasi-flokulasi yang pada dasarnya bertujuan mendestabilisasi partikel koloid dan bahan organik melalui pembentukan flok, bukan mengubah konsentrasi garam terlarut secara langsung. Salinitas mempresentasikan kandungan garam utama di dalam air sehingga perubahan kecil pada konsentrasi ion tidak selalu menghasilkan perubahan salinitas yang terukur [13].



Gambar 5: Dosis PAC dan Kapur Tohor terhadap Salinitas Air Gambut
Sumber: Data Penelitian (2026)

Munculnya nilai salinitas sebesar 0,10 ppt pada kombinasi P60-K10 dan P80-K10 diduga berkaitan dengan meningkatnya jumlah ion hasil hidrolisis PAC dan disosiasi kapur yang masih berada di dalam larutan setelah proses koagulasi. Namun demikian, nilai tersebut masih tergolong sangat rendah dan menunjukkan bahwa air hasil pengolahan tetap termasuk kategori air tawar [13].

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa perubahan salinitas memiliki kecenderungan yang sejalan dengan perubahan nilai konduktivitas dan TDS. Hal ini disebabkan karena ketiga parameter tersebut bersamaan dipengaruhi oleh keberadaan ion-ion terlarut dalam air. Peningkatan jumlah ion akan meningkatkan kemampuan air menghantarkan arus listrik sehingga nilai konduktivitas meningkat, yang pada umumnya diikuti oleh peningkatan nilai TDS [14]. Akan tetapi, karena kandungan garam utama pada air gambut relatif rendah, perubahan konsentrasi ion akibat penambahan PAC dan kapur belum cukup besar untuk meningkatkan salinitas secara nyata.

Penentuan Dosis Optimum PAC dan Kapur Tohor

Penentuan dosis optimum dilakukan untuk memperoleh kombinasi dosis PAC dan kapur tohor yang menghasilkan kualitas air gambut terbaik berdasarkan parameter fisikokimia yang diamati, yaitu pH, TDS, konduktivitas, dan salinitas. Penentuan dosis optimum tidak hanya mempertimbangkan perbaikan satu parameter, tetapi mengevaluasi keseluruhan karakteristik air hasil pengolahan sehingga diperoleh kombinasi dosis yang paling efektif.

Tabel 3. Hasil Uji Parameter

Perlakuan	pH	TDS (ppm)	Konduktivitas ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Salinitas (ppt)
P20-K3	4,60	40,67	102,8	0
P60-K3	3,77	101,00	223,3	0
P40-K5	4,77	68,00	169,5	0
P40-K6	4,04	67,00	168,0	0
P40-K7	5,70	74,00	183,9	0
P40-K8	5,79	69,33	173,8	0
P80-K9	5,47	116,33	286,3	0
P20-K10	11,25	229,00	571,3	0
P40-K10	9,56	94,00	233,7	0
P60-K10	8,16	236,33	593,0	0,1
P80-K10	7,16	168,67	423,0	0,1
P120-K15	6,94	170,00	426,0	0

Sumber: Data Penelitian (2026)

Berdasarkan **Tabel 3**, kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL (P120-K15) menghasilkan pH yang mendekati netral (pH 7), sedangkan nilai TDS, konduktivitas, dan salinitas masih berada pada

kisaran yang lebih baik dibandingkan dengan sebagian besar kombinasi perlakuan lainnya. Nilai ini telah memenuhi rentang pH yang dipersyaratkan untuk air higiene dan sanitasi, yaitu 6,5-8,5 sebagaimana diatur dalam Permenkes No. 2 Tahun 2023 tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan [15]. Kondisi netral tersebut menunjukkan bahwa kombinasi dosis PAC dan kapur tohor pada rasio ini telah mencapai keseimbangan optimum antara sifat asam bawaan air gambut dan alkalinitas yang diberikan oleh kapur tohor, sehingga reaksi hidrolisis PAC dan netralisasi oleh kapur berlangsung secara proporsional [8].

Sejalan dengan kondisi pH yang mendekati netral tersebut, nilai TDS pada kombinasi P120-K15 tercatat sebesar 170 ppm, konduktivitas 426 $\mu\text{S}/\text{cm}$, dan salinitas sebesar 0 ppt. Nilai TDS ini masih berada di bawah ambang batas maksimum yang dipersyaratkan untuk air higiene dan sanitasi, yaitu $<300 \text{ mg/L}$ [15], sehingga air hasil olahan pada kombinasi ini secara fisikokimia masih tergolong layak untuk keperluan sanitasi. Meskipun dosis PAC yang digunakan merupakan dosis tertinggi dalam penelitian ini, ketiga parameter tersebut tidak menunjukkan lonjakan nilai yang signifikan, bahkan cenderung lebih rendah dibandingkan dengan beberapa kombinasi lain dengan dosis PAC yang jauh lebih kecil, seperti P60-K10 dengan konduktivitas 593 $\mu\text{S}/\text{cm}$, salinitas 0,1 ppt, TDS 236,33 ppm yang telah melampaui baku mutu 300 mg/L dan P20-K10 dengan nilai konduktivitas 571,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan TDS 229 ppm.

Kondisi ini mengindikasikan bahwa penambahan kapur tohor dalam jumlah yang lebih besar pada kombinasi P120-K15 mampu menyediakan alkalinitas yang memadai untuk mendukung pembentukan flok aluminium hidroksida secara lebih sempurna, sehingga sebagian besar ion hasil hidrolisis PAC maupun disosiasi kapur terikat ke dalam flok dan tidak tersisa sebagai ion bebas dalam larutan [8]. Dengan demikian, kombinasi P120-K15 dapat dikategorikan sebagai salah satu kombinasi perlakuan yang paling menjanjikan dalam penelitian ini untuk keperluan air higiene dan sanitasi, karena mampu menetralkan pH air gambut secara efektif sekaligus menjaga TDS tetap di bawah baku mutu, tanpa menimbulkan peningkatan konduktivitas dan salinitas yang berlebihan sebagaimana teramati pada sebagian besar kombinasi dosis PAC dan kapur tohor lainnya.

Untuk mengetahui pengaruh variasi dosis PAC dan kapur tohor terhadap karakteristik fisikokimia air gambut dilakukan analisis statistik pada setiap parameter. Analisis *One-Way ANOVA* pada parameter yang memenuhi asumsi analisis parametrik, sedangkan parameter yang tidak memenuhi asumsi normalitas dianalisis secara deskriptif.

Tabel 4. Hasil Analisis Statistik

Parameter	Analisis	Hasil
pH	<i>One-Way ANOVA</i>	Berpengaruh signifikan ($p < 0,001$)
TDS	Analisis deskriptif	Tidak memenuhi asumsi normalitas
Konduktivitas	Analisis deskriptif	Tidak memenuhi asumsi normalitas

Sumber: Data Penelitian (2026)

Sebelum dilakukan uji *One-Way ANOVA*, data terlebih dahulu diuji normalitas untuk memastikan terpenuhinya asumsi analisis parametrik. Hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data pH berdistribusi normal ($p > 0,05$), sehingga memenuhi asumsi untuk dianalisis menggunakan *One-Way ANOVA*. Sebaliknya, data TDS dan konduktivitas tidak memenuhi asumsi normalitas ($p < 0,05$), sehingga kedua parameter tersebut tidak dianalisis menggunakan ANOVA dan pembahasannya dilakukan secara deskriptif berdasarkan kecenderungan perubahan nilai pada setiap kombinasi dosis PAC dan kapur tohor. Sementara itu, parameter salinitas tidak dilakukan analisis statistik karena hampir seluruh perlakuan menghasilkan nilai yang sama (0 ppt), sehingga variasi data tidak mencukupi untuk dilakukan pengujian statistik.

Hasil uji *One-Way ANOVA* menunjukkan bahwa variasi kombinasi dosis PAC dan kapur tohor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH air gambut ($p < 0,001$). Hal ini menunjukkan bahwa perubahan kombinasi dosis koagulan memengaruhi kondisi keasaman air setelah proses koagulasi-flokulasi. Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan adanya perbedaan nyata antar beberapa kombinasi perlakuan pada parameter pH. Meskipun perlakuan P20-K10 menghasilkan nilai pH tertinggi, kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL dipilih sebagai dosis optimum karena menghasilkan nilai pH yang mendekati netral. Selain itu, berdasarkan analisis deskriptif, kombinasi perlakuan tersebut juga menunjukkan kecenderungan menghasilkan nilai TDS, konduktivitas, dan salinitas yang relatif lebih seimbang dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

4. Kesimpulan

Variasi dosis PAC dan kapur tohor memengaruhi karakteristik fisikokimia air gambut setelah proses koagulasi-flokulasi. Peningkatan dosis kapur cenderung meningkatkan pH melalui peningkatan alkalinitas, sedangkan peningkatan dosis PAC memengaruhi pH akibat proses hidrolisis yang menghasilkan

ion hidrogen. Penambahan kedua bahan kimia juga meningkatkan nilai TDS dan konduktivitas karena bertambahnya ion terlarut di dalam air, sedangkan salinitas relatif tidak mengalami perubahan yang berarti. Hasil uji *One-Way ANOVA* menunjukkan bahwa variasi kombinasi dosis PAC dan kapur tohor memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter pH ($p < 0,05$), sedangkan TDS dan konduktivitas dianalisis secara deskriptif karena tidak memenuhi asumsi normalitas. Berdasarkan evaluasi seluruh parameter, kombinasi PAC 120 mg/L dan kapur tohor 15 mL ditetapkan sebagai dosis optimum karena menghasilkan pH yang mendekati netral (6,94), nilai TDS sebesar 170 ppm, konduktivitas sebesar 426 $\mu\text{S/cm}$, dan salinitas sebesar 0 ppt.

5. Referensi

- [1] M. Qadafi, D. R. Wulan, S. Notodarmojo, and Y. Zevi, "Characteristics and treatment methods for peat water as clean water sources: A mini review," *Water Cycle*, vol. 4, pp. 60–69, Jan. 2023, doi: 10.1016/j.watcyc.2023.02.005.
- [2] Harfinda, Elliska Murni. "Ca-Alginat untuk Adsorpsi Fe dan Mn pada Air Gambut." *Jurnal Kimia Mulawarman* 18.1 (2020): 16-21.
- [3] T. A. Malkoske, P. R. Bérubé, and R. C. Andrews, "Coagulation/flocculation prior to low pressure membranes in drinking water treatment: A review," Nov. 11, 2020, *Royal Society of Chemistry*. doi: 10.1039/d0ew00461h.
- [4] H. Cui, X. Huang, Z. Yu, P. Chen, and X. Cao, "Application progress of enhanced coagulation in water treatment," *RSC Adv.*, vol. 10, no. 34, pp. 20231–20244, May 2020, doi: 10.1039/d0ra02979c.
- [5] Syafri Boy and Helvitri, "Inovasi Campuran Kapur, Bentonit Dan Pac Sebagai Penjernih Air Gambut Pada Skala Laboratorium," *Indonesian Journal Of Laboratory*, vol. 7, no. 1, pp. 20–28, 2024.
- [6] Siregar, Rio Agustian, R. Mohammad Alghaf Dienullah, and Aulia Ulfah Farahdiba. "Optimization of Coagulation–Flocculation Treatment for Peat Water Based on Physicochemical Characteristics." *AJARCADE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)* 10.3 (2026): 324-332.
- [7] G. Leontakianakos *et al.*, "Influence of natural water composition on reactivity of quicklime derived from Ca-rich and Mg-rich limestone: Implications for sustainability of lime manufacturing through geochemical modeling," *RSC Adv.*, vol. 6, no. 70, pp. 65799–65807, 2016, doi: 10.1039/c6ra11346j.
- [8] A. Al Jobair *et al.*, "Comparative performance evaluation of chemical coagulants in dairy wastewater treatment: a multi-criteria decision-making approach," *Sci. Rep.*, vol. 16, no. 1, Dec. 2026, doi: 10.1038/s41598-026-42339-9.
- [9] M. Ingida, G. Bedane, F. Adugna, D. Nigusu, M. Hussien, and C. H. Sime, "Wastewater Treatment Using Wood Ash and Cement as Chemical Coagulant," *Int. J. Anal. Chem.*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/8274687.
- [10] A. D. Ngalung and E. U. Lolo, "Analysis of the Optimum Dosage of Poly Aluminum Chloride (PAC) Coagulant to Reduce Turbidity and TDS in the Raw Water of the Bengawan Solo River During Morning and Afternoon at Semanggi Water Treatment Plant, Perumda Surakarta," 2023. [Online]. Available: www.multiresearchjournal.com
- [11] W. C. Lipps, E. B. Braun-Howland, and T. E. Baxter, Eds., *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 24th ed. Washington, DC: American Public Health Association (APHA), 2023.
- [12] J. Bratby, *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*. London SW1H 0QS, UK: IWA Publishing, 2016.
- [13] R. B. McCleskey *et al.*, "Salinity and total dissolved solids measurements for natural waters: An overview and a new salinity method based on specific conductance and water type," *Applied Geochemistry*, vol. 154, Jul. 2023.
- [14] A. F. Rusydi, "Correlation between conductivity and total dissolved solid in various type of water: A review," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Institute of Physics Publishing, Feb. 2018. doi: 10.1088/1755-1315/118/1/012019.
- [15] "Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 Tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan." [Online]. Available: www.peraturan.go.id