

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Tabel 2. 1 Penelitian sebelumnya

No	Nama Peneliti	Kondisi Operasi	Hasil Penelitian
1	(Al-Hanif & Bagastyo, 2021)	Variabel Tetap : - Jenis elektroda = Aluminum (Al) - Rapid mixing = 100 - 200 rpm - Volume air baku pdam = 3,33 L Variabel Bebas - Waktu kontak = 20 - Kuat arus total = 75,1 A	elektroda aluminium (Al) konfigurasi waktu kontak 20 menit, dan kuat arus 75,1 A mampu memberikan kinerja pengolahan terbaik. Pada kondisi tersebut diperoleh efisiensi penurunan TSS sekitar 90%, kekeruhan 95%, dan bahan organik 85,2%.
2	(Mahmood & Al-Musawi, 2020)	Variabel Tetap : - Volume Air baku = 1 L - Jenis Elektroda = Stainless Steel - Pengadukan = Magnetic Stirrer Variabel Bebas - Jarak elektroda = 1 cm dan 2 cm - Tegangan = 5 – 30 volt - Waktu = 0 – 60 menit	Kondisi operasi terbaik diperoleh pada jarak elektroda 1 cm, tegangan 20 V, dan waktu kontak 55 menit yang mampu menghasilkan penyisihan TSS sebesar 100% dan turbiditas sebesar 95%
3	(Bensaadi-Ouznadji et al., 2023)	Variabel Tetap : - Jenis Elektroda = Aluminium (Al) - Volume air Baku = 500 ml - Kecepatan Rapid Mixing = 100 – 200 rpm Variabel Bebas - Jumlah elektroda = 2 dan 4 - Waktu = 1 – 6 hari	Proses elektrokoagulasi pada Kondisi optimum diperoleh jumlah elektroda 4 buah, dan waktu operasi 3 hari, efisiensi penyisihan bahan organik mencapai 97%, penurunan kekeruhan sekitar 84%

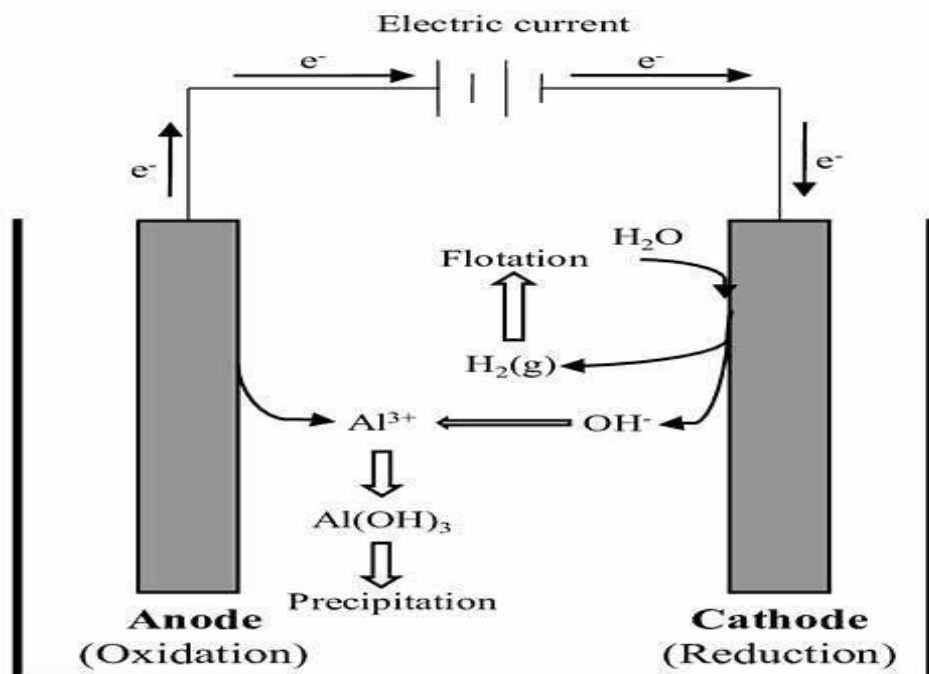
4	(Pradiko et al., 2018)	Variabel Tetap - Jenis elektroda = alu minium (AI) - Jumlah elektroda = 2 pla - Volume sampel = 1 ml Variabel Bebas - Tegangan = 10, 20, dan 30 volt - Waktu kontak = 5, 10, 20 dan 30 menit	Elektrokoagulasi tanpa pengadukan menghasilkan tingkat kekeruhan yang lebih tinggi daripada elektrokoagulasi dengan pengadukan. Nilai kekeruhan akhir menurun seiring waktu detensi, dan hasil pengolahan mulai memenuhi standar setelah sepuluh menit. Air permukaan dari Sungai Cikapundung dan Cisangkuy digunakan untuk penelitian oleh Pengelolaan Air Badak Singa.
5	(Fatimura B5422843, n.d.)	Variabel tetap - Jenis elektroda = Alu minium (AI) - Volume = 500 ml - Sumber air baku = intake PDAM Tirta Musi Palerr bang Variabel Bebas - Tegangan = 6, 9, dan 12 volt - Waktu kontak = 10, 20, 30, dan 40 menit	Kondisi terbaik adalah 12 volt dengan waktu kontak 40 menit. Kekeruhan awal turun dari 70,7 NTU menjadi 17,6 NTU, dan turbiditas turun dari 75,10 NTU menjadi 75,12 NTU pada kondisi ini. Air baku yang digunakan untuk penelitian diambil dari PDAM Tirta Musi Palembang.

2.2 Elektrokoagulasi

Proses elektrokoagulasi pertama kali digunakan di London pada tahun 1889 untuk mengolah air limbah. Pada tahun 1906, proses elektrokoagulasi digunakan untuk memermanis air. Pada tahun 1909, *J.T. Harris* berhasil memurnikan air limbah dengan elektrolisis menggunakan anoda besi dan aluminium. Matteson dkk. Proses elektrokoagulasi digunakan di berbagai bidang seperti industri kayu dan kertas, pengolahan primer air limbah dan penghilangan logam secara menyeluruh menciptakan sebuah alat yang disebut “*koagulator elektronik*” pada tahun 1940. Pada alat ini, anoda terbuat dari *aluminium*, dan *aluminium hidroksida* dihasilkan dari reaksi katoda dengan anoda. Proses serupa digunakan di Inggris Raya pada tahun 1956 untuk pengolahan air sungai. Perbedaan antara kedua proses tersebut terletak pada anoda.

Elektrokoagulasi sangat berpengaruh dalam mengurangi jumlah polutan dalam air. Reaksi katodik yang terjadi pada katoda dengan membentuk gelembung – gelembung gas, maka kotoran – kotoran yang terbentuk di dalam air akan terangkat ke permukaan. Flok—Flok yang terbentuk lama akan membesar menjadi satu selama proses elektrokoagulasi karena perbedaan muatan antara dua partikel (zat warna dan hidroksida besi). Dengan tegangan yang lebih tinggi, lebih banyak arus mengalir melalui larutan. Ini mempercepat proses koagulasi dan dekolorisasi hidroksida. Proses elektrokoagulasi terdiri dari beberapa tahap, seperti ekualisasi, proses elektrokimia (flokulasi-koagulasi), dan proses pengendapan. Pada tahap ini, tidak ada reaksi kimia yang terjadi. Selama proses elektrokimia, Al^{3+} dilepaskan dari anoda atau plat elektroda. Ini menghasilkan flok yang dapat mengikat $\text{Al}(\text{OH})_3$ dengan kontaminan dan partikel logam (Takwanto et al., 2018).

Elektrokoagulasi bekerja secara fisika (koagulasi, flokulasi, sedimentasi), kimia kesetimbangan asam-basa, perubahan pH, presipitasi hidroksida, reaksi redoks pada air), dan elektrokimia (disolusi logam dan reduksi air, elektro-oksidasi polutan atau elektro-reduksi).



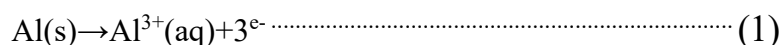
Gambar 2. 1 Prinsip Kerja Elektrokoagulasi

Sumber : Nasr, M., & El Shahawy, A. (2016). *Electrocoagulation Treatment of Olive Mill Wastewater. Journal of Bioremediation & Biodegradation*

2.2.1 Reaksi Kimia Elektrokoagulasi

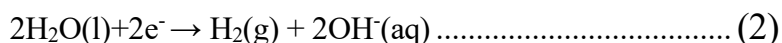
Dalam proses elektrokoagulasi, spesies koagulan dihasilkan secara in situ (langsung terbentuk di dalam air tempat proses berlangsung) melalui proses electrodisolution (pelarutan logam anoda akibat reaksi oksidasi ketika dialiri arus listrik) dari anoda yang dikorbankan, biasanya terbuat dari besi atau aluminium, dengan menggunakan arus listrik yang diterapkan di antara elektroda-elektroda logam. Reaksi kimia yang terjadi secara ringkas adalah sebagai berikut :

Anoda



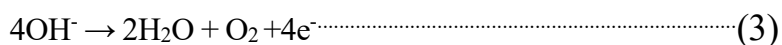
Ion Al^{3+} adalah koagulan aktif. Ini penting untuk air baku PDAM karena biasanya mengandung lumpur halus, partikel tersuspensi, bahan organik, dan koloid yang meningkatkan kekeruhan atau turbiditas air. Dalam penelitian 318784(n.d.) dijelaskan bahwa karena ada benda tercampur atau koloid di dalam air, proses elektrokoagulasi dimaksudkan untuk mengikat partikel-partikel tersebut menjadi flok.

Katoda



Artinya, molekul air menerima elektron dari katoda, lalu menghasilkan gas hidrogen H_2 dan ion hidroksida OH^- . Reaksi ini sering ditulis sebagai reaksi katodik utama dalam elektrokoagulasi, termasuk pada sistem elektroda Al maupun besi.

Namun, Untuk Ion OH^- dari basa akan dioksidasi untuk membentuk gas oksigen (O_2), seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:



Jumlah logam yang terlarut dari proses oksidasi anoda dapat dihitung menggunakan hukum Faraday yaitu :

$$m = \frac{(M \cdot I \cdot t)}{(z \cdot F)} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- m = massa zat yang terlarut/terendapkan (gram)
- M = massa molar ($\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$)
- I = arus listrik (A)
- t = waktu (s)
- z = jumlah elektron yang terlibat (valensi)
- F = Konstanta Faraday = $96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

2.2.2 Faktor yang mempengaruhi elektrokoagulasi

Beberapa faktor mempengaruhi proses elektrokoagulasi, termasuk

1. Tegangan

Beda potensial hal yang erat kaitannya dengan tegangan karena akan mempengaruhi medium yang digunakan berupa logam elektroda atau pelarut dalam proses elektrokoagulasi.

2. Ketebalan Plat

Reaksi oksidasi dan reduksi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tipis atau tebalnya plat.

3. Kadar Keasaman (pH)

Reaksi oksidasi dan reduksi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh tipis atau tebalnya plat

4. jarak Elektroda

Hambatan dipengaruhi oleh jarak elektroda serta menguntungkan untuk penggunaan arus karena akan semakin kecil arus pada kondisi yang semakin jauh.

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

Berikut kelebihan dan kekurangan metode elektrokoagulasi hasil penelitian Fatimura, (n.d.) pada Pengolahan Air Baku PDAM Tirta Musi.

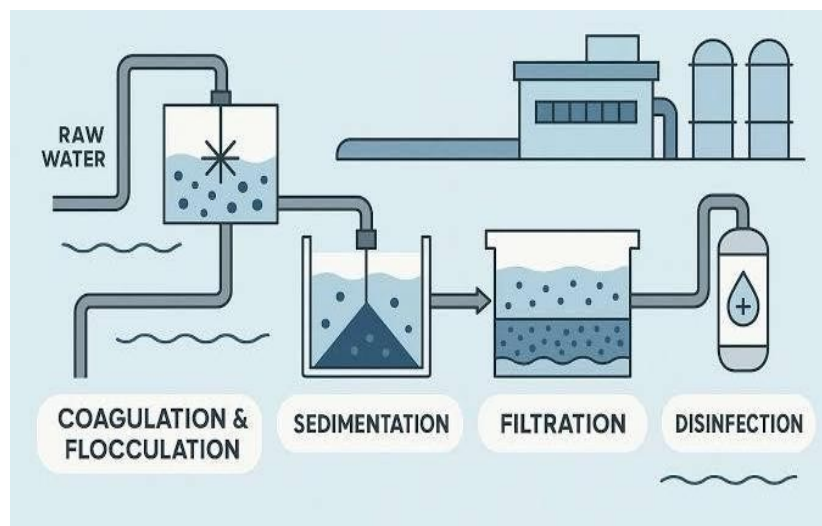
Tabel 2. 2 Kelebihan dan Kekurangan Elektrokoagulasi

No	Kelebihan	Penjelasan
1	Efektif menurunkan kekeruhan air baku	Elektrokoagulasi terbukti mampu menurunkan turbiditas air baku PDAM Tirta Musi dari 70,7 NTU menjadi 17,6 NTU pada tegangan 12 V selama 40 menit, dengan persentase penurunan sekitar 75,12%. Artinya, metode ini cukup efektif untuk mengurangi partikel tersuspensi penyebab air keruh.
2	Tidak memerlukan penambahan bahan kimia koagulan	Salah satu kelebihan utama elektrokoagulasi adalah prosesnya tidak membutuhkan tambahan bahan kimia seperti koagulan konvensional. Koagulan terbentuk secara elektrokimia dari elektroda aluminium yang melepaskan ion Al^{3+} , lalu membentuk flok $Al(OH)_3$.
3	Mampu membentuk flok yang mengikat kontaminan	Pada proses elektrokoagulasi, ion aluminium dari anoda akan bereaksi dan membentuk flok $Al(OH)_3$. Flok ini dapat mengikat kontaminan serta partikel-partikel halus dalam air, sehingga lebih mudah dipisahkan melalui sedimentasi.

No	Kekurangan	Penjelasan
1	Efektivitas sangat dipengaruhi tegangan dan waktu kontak	Hasil penelitian menunjukkan semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu kontak, semakin besar penurunan turbiditas. Ini berarti proses elektrokoagulasi membutuhkan pengaturan kondisi operasi yang tepat agar hasilnya optimal.
2	Elektroda dapat mengalami pelarutan atau keausan	Pada proses ini, elektroda aluminium di bagian anoda melepaskan ion Al^{3+} untuk membentuk flok $Al(OH)_3$. Karena elektroda ikut bereaksi, maka elektroda berpotensi berkurang massanya dan perlu diganti atau dirawat secara berkala.
3	Membutuhkan Energi listrik	Karena proses elektrokoagulasi menggunakan arus listrik searah, maka metode ini bergantung pada ketersediaan energi listrik. Semakin tinggi tegangan dan semakin lama waktu operasi, kebutuhan energi juga berpotensi meningkat

2.3 Metode Pengolahan Konvensional

Koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi adalah proses umum dalam pengolahan air konvensional. Koagulasi menetralkan muatan partikel koloid sehingga dapat bergabung membentuk flok, dan flokulasi dilakukan untuk memperbesar ukuran flok sehingga sedimentasi membuatnya lebih mudah dipisahkan. Setelah mengendap, air dialirkan ke unit filtrasi untuk mengeluarkan partikel halus. Instalasi pengolahan air PDAM sering menggunakan metode ini karena mampu menghasilkan air berkualitas tinggi (Tiara ariani, , n.d.).



Gambar 2. 2 Ilustrasi Pengolahan Air Konvensional
Sumber : Water treatment plant process, Romegamart. (2025).

2.3.1 Koagulasi dan Flokulasi

Koagulasi tahap pertama dan paling penting dalam proses pengolahan air konvensional, adalah tahap yang paling penting. Pada tahap ini, bahan kimia koagulan, yang biasanya terdiri dari tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$) atau feri klorida (FeCl_3) yang dilepaskan dari koagulan, ditambahkan ke dalam air baku dalam jumlah tertentu. Ion Al^{3+} atau Fe^{3+} yang dilepaskan dari koagulan menetralkan muatan negatif permukaan partikel koloid, yang memungkinkan partikel-partikel tersebut saling bergabung. Untuk mempercepat proses flokulasi, pengadukan lambat digunakan untuk menghasilkan agregat partikel yang lebih besar (flok) yang dapat mengendap secara gravitasi.

2.3.2 Sedimentasi

Setelah proses flokulasi selesai, air baku yang mengandung flok-flok koagulan dialirkan ke bak sedimentasi, juga dikenal sebagai *clarifier*. Di sana, flok dibiarkan mengendap secara gravitasi selama suatu waktu. Ukuran, densitas, dan desain bak pengendap memengaruhi efisiensi sedimentasi. Sebagian besar padatan tersuspensi berukuran besar dapat disingkirkan oleh proses sedimentasi dalam kondisi normal

2.3.3 Filtrasi dan Disinfeksi

Tahap filtrasi dilakukan dengan menggunakan media pasir atau antrasit dengan berbagai ukuran butiran untuk menghilangkan partikel halus yang lolos dari proses sedimentasi. Sebelum didistribusikan, air yang dihasilkan dari filtrasi dibersihkan melalui proses disinfeksi, yang biasanya menggunakan klorin (Cl_2), kloramin, ozon (O_3), atau sinar ultraviolet (UV)

2.3.4 Kelebihan dan Kekurangan Pengolahan Konvensional

Berikut kelebihan dan kekurangan metode elektrokoagulasi hasil pada Pengolahan Air Baku PDAM Tirta Musi.

Tabel 2. 3 Kelebihan dan Kekurangan Pengolahan Konvensional

No	Kelebihan	Penjelasan
1	Efektif menurunkan kekeruhan	Proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, dan filtrasi mampu mengikat serta memisahkan partikel tersuspensi dan koloid yang menyebabkan air menjadi keruh
2	Teknologi telah teruji	Metode konvensional telah digunakan dalam waktu yang lama dan terbukti mampu mengolah air baku pada berbagai kondisi serta kapasitas pengolahan.
3	Mampu menghasilkan air sesuai standar	Tahapan pengolahan yang dilakukan secara berurutan dapat memperbaiki kualitas fisik, kimia, dan mikrobiologi air sehingga memenuhi standar air bersih atau air minum.

No	Kekurangan	Penjelasan
1	Menggunakan koagulan dalam jumlah besar	Pengolahan konvensional membutuhkan bahan kimia, seperti tawas atau koagulan lainnya, untuk membantu proses penggumpalan partikel.
2	Membutuhkan pengawasan proses	Setiap tahapan pengolahan harus dipantau agar berjalan optimal. Kesalahan dalam pemberian dosis bahan kimia atau pengaturan waktu proses dapat menurunkan kualitas air hasil pengolahan Metode konvensional telah digunakan dalam waktu yang lama dan terbukti mampu mengolah air baku pada berbagai kondisi serta kapasitas pengolahan.
3	Dosis koagulan mudah berubah	Kebutuhan koagulan bergantung pada tingkat kekeruhan, pH, kandungan bahan organik, dan karakteristik air baku. Perubahan kualitas air baku menyebabkan dosis koagulan harus terus disesuaikan.

2.4 Air Baku

Air baku adalah air yang berasal dari sumber alam seperti sungai, danau, waduk, dan air tanah yang belum mengalami proses pengolahan dan belum layak untuk dikonsumsi secara langsung. Air baku biasanya mengandung zat pencemar seperti padatan tersuspensi, bahan organik, mikroorganisme, dan mineral terlarut yang dapat memengaruhi kualitas air. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan agar air baku memenuhi standar kualitas air bersih daratan.

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Sungai Musi, yang merupakan sumber air bagi PDAM 3 Ilir. Air diambil dari dua lokasi intake, yaitu Intake Karang Anyar dan Intake 1 Ilir dari Sungai Musi. Kualitas air baku di masing-masing lokasi ini berbeda karena perbedaan kondisi geografis dan aktivitas masyarakat dan bisnis yang terjadi di sekitar daerah aliran sungai.

Hasil uji menunjukkan bahwa kualitas air dari kedua sumber masih belum memenuhi standar untuk digunakan secara langsung. Untuk pengambilan Karang anyar, kekeruhan air baku sebesar 40,2 NTU dengan pH 8,5, dan untuk pengambilan 1 Ilir sebesar 46,8 NTU dengan pH 8,0, masing-masing jauh di bawah baku mutu yang diperlukan, yaitu kurang dari 5 NTU. Tingkat kekeruhan yang tinggi menunjukkan jumlah partikel tersuspensi seperti lumpur, pasir, bahan organik, dan koloid yang ada dalam air sungai.



Gambar 2. 3 Pengolahan Air Baku PDAM

Sumber : Sumsel Pers, berita penurunan kualitas air baku PDAM 3 Ilir

Akibatnya, karakteristik air baku Karang Anyar dan Intake 1 Ilir menunjukkan bahwa air harus diproses, terutama selama tahap koagulasi dan flokulasi, untuk mengurangi tingkat kekeruhan dan meningkatkan kualitas air. Oleh karena itu, air harus diproses untuk memenuhi standar air bersih dan aman untuk digunakan oleh masyarakat (Winoto, et al., 2021).

2.4.1 Karakteristik Air baku PDAM

Air baku PDAM adalah air dari sumber alam yang akan diolah menjadi air minum, seperti sungai, danau, waduk, atau air tanah. Kualitas air baku dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, musim, dan aktivitas manusia di sekitar aliran sungai. Parameter fisik, kimia,

1. Karakteristik Fisik

Karakteristik fisik berkaitan dengan kondisi air yang dapat diamati secara langsung.

- Kekeruhan (*Turbidity*)

Kekeruhan (*Turbidity*) air merupakan bagian yang sangat penting dari proses penilaian kualitas air yang dihasilkan oleh PDAM. Kekeruhan adalah jumlah partikel seperti lumpur, pasir halus, bahan organik, dan zat lainnya yang dibawa dari sumber air permukaan. Jurnal ini (Tuty Emilia Agustina et al., 2025) menyatakan bahwa kondisi sungai sangat memengaruhi kualitas air karena PDAM Kota Bandar Lampung mendapatkan airnya dari sungai atau air permukaan. Akibatnya, untuk memastikan bahwa air yang didistribusikan kepada masyarakat tetap bersih dan dapat digunakan, pengukuran turbiditas air sangat penting.

Dalam jurnal tersebut, tingkat *turbidity* diukur dengan sensor yang dioperasikan dengan prinsip nefelometrik. Konsep ini didasarkan pada hambatan cahaya yang ada di dalam air. Cahaya yang melewati air akan semakin terhambur, dan intensitas cahaya yang diterima oleh fotodiode akan berubah seiring dengan kekeruhan air.

- *Total Dissolved Solids (TDS)*

Total Dissolved Solids (TDS) adalah jumlah zat padatan terlarut di dalam air, seperti garam, mineral, logam, dan senyawa lain yang tidak selalu terlihat secara langsung. Nilai TDS sangat penting untuk mengetahui kualitas air karena lebih tinggi TDS, semakin banyak zat terlarut yang terkandung di dalam air. Peraturan Menteri Kesehatan RI No. 2 Tahun 2023 menetapkan bahwa tingkat TDS maksimum untuk air sanitasi dan higiene tidak boleh melebihi 300 mg/L. Jika ada lebih dari itu, air tersebut dianggap tidak memenuhi standar mutu dan harus diproses.

Hasil penelitian pada (Karunia Candra et al., n.d.) menunjukkan bahwa kadar TDS air baku atau inlet sebesar 364 mg/L, sehingga tidak memenuhi baku mutu karena melebihi batas maksimal <300 mg/L. Tingginya TDS diduga disebabkan oleh kondisi sumber air yang berdekatan dengan area pertanian dan pepohonan, sehingga endapan lumpur serta bahan organik terbawa air hujan dan meresap ke dalam tanah.

Setelah proses pengolahan, kadar TDS keluaran turun menjadi 182 mg/L, memenuhi standar mutu. Sistem pengolahan air dianggap cukup efektif dalam mengurangi kadar zat padatan terlarut dengan penurunan TDS sebesar 50%. Namun, untuk mencapai penurunan TDS yang lebih baik, diperlukan penggunaan media filtrasi yang lebih baik, seperti arang aktif.

- *Konduktivitas*

Konduktivitas air adalah kecenderungan air untuk menghantarkan arus listrik yang dipengaruhi oleh konsentrasi ion terlarut. Ketika jumlah ion terlarut, seperti mineral, garam, atau zat anorganik, meningkat, kecenderungan konduktivitas air meningkat. Konduktivitas tidak diuji secara langsung dalam artikel ini; namun, pH dan TDS adalah parameter kimia yang diuji, dan TDS menunjukkan jumlah padatan terlarut dalam air. TDS terkait dengan material anorganik, yaitu ion yang ada dalam perairan.

Hasil penelitian (Karunia Candra et al., n.d.) menunjukkan bahwa sepuluh sampel memiliki nilai TDS air PDAM antara 2 - 92 mg/L, dengan nilai rata-rata sekitar 71 mg/L. Nilai ini jauh di bawah standar maksimum 500 mg/L, yang menunjukkan bahwa air PDAM memiliki kandungan zat terlarut yang relatif rendah dan tetap dalam kategori baik.

- Warna

Warna air baku PDAM yang berasal dari sungai bergambut biasanya disebabkan oleh senyawa organik seperti asam humat dan asam fulvat. Warna air ini berhubungan langsung dengan kejernihan air dan penerimaan masyarakat terhadap air bersih. Air menjadi kuning atau kecokelatan karena kondisi ini, sehingga perlu diolah agar memenuhi standar kualitas air bersih.

Penelitian (Usman et al., 2024) menunjukkan bahwa air baku PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak memiliki tingkat warna yang cukup tinggi, yaitu berkisar antara 315–790 TCU. Setelah diberi perlakuan adsorpsi menggunakan metakaolin, intensitas warna air mengalami penurunan yang besar. Pada pengolahan dengan sistem kontinu selama 24 jam, warna air yang semula berada pada rentang 315–550 TCU dapat ditekan hingga menjadi 0–9 TCU.

Temuan ini menunjukkan bahwa metakaolin berpotensi sebagai adsorben yang efektif dalam mengurangi warna air PDAM, karena struktur pori dan luas permukaannya mampu mengikat senyawa organik penyebab warna.

2. Karakteristik Kimia

Karakteristik kimia berkaitan dengan kondisi air yang dilihat dari kandungan zat kimia terlarut.

- pH

pH, yang menunjukkan tingkat keasaman atau kebasaan air, adalah salah satu parameter kimia penting untuk menilai kualitas air baku PDAM. pH yang terlalu rendah dapat meningkatkan potensi korosi dan pelarutan logam, sedangkan pH yang terlalu tinggi dapat mengganggu proses disinfeksi dan koagulasi.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh (1778-Article Text-8157-1-10-20200503, n.d.) pada air PDAM Wainitu Ambon menunjukkan bahwa pH pada empat titik pengambilan sampel berada di antara 8,0 dan 8,3. Nilai pH berikutnya adalah 8, 8, 8,3, dan 8,2, menunjukkan bahwa air PDAM cenderung sedikit basa, tetapi masih di bawah batas aman kualitas air minum.

Berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010, semua sampel air dari PDAM Wainitu Ambon memenuhi standar mutu air minum. pH air harus berada di antara 6,5 - 8,5.

Nilai pH sangat penting karena berhubungan dengan kestabilan kimia air dan keamanan distribusinya. Air yang terlalu basa dapat mempengaruhi rasa dan reaksi kimia dalam air, sedangkan air yang terlalu asam dapat mempercepat korosi pipa dan meningkatkan kemungkinan pelarutan logam berat. pH air PDAM Wainitu Ambon tetap stabil saat diproses dan dikirim ke pelanggan karena tidak ada nilai pH yang melewati ambang batas dalam penelitian ini. Oleh karena itu, parameter pH air PDAM Wainitu Ambon memungkinkannya digunakan untuk minum dan memenuhi kebutuhan rumah tangga sehari-hari.

2.4.2 Parameter Air Baku PDAM

Air baku digunakan oleh PDAM untuk menghasilkan air bersih yang memenuhi standar kualitas air minum. Kualitas air baku sangat memengaruhi kinerja proses pengolahan dan kualitas air yang dihasilkan. Oleh karena itu, sebelum pengolahan dimulai, beberapa parameter harus dianalisis untuk mengetahui karakteristik air baku. Untuk penelitian air baku PDAM, parameter yang paling sering digunakan dan relevan dengan penelitian elektrokoagulasi adalah:

Tabel 2. 4 Parameter Air Baku

No	Parameter	Satuan	Fungsi
1	pH	-	Menunjukkan tingkat keasaman keasaman/alkalinitas air
2	Kekeruhan	NTU	Mengukur jumlah partikel tersuspensi
3	<i>Total Dissolved Solids (TDS)</i>	Mg/L	Mengukur total zat terlarut
4	Konduktivitas	$\mu\text{S/cm}$	Menunjukkan kemampuan air menghantarkan listrik
5	Warna	TCU	Menunjukkan kandungan bahan organik atau logam

2.5 Manajemen Energi

Manajemen energi adalah pendekatan sistematis yang digunakan untuk merencanakan, mengendalikan, memantau, dan mengoptimalkan penggunaan energi untuk mencapai tingkat efisiensi yang tinggi dan biaya operasional yang lebih rendah. Tujuan manajemen energi adalah untuk memastikan bahwa energi digunakan secara efisien tanpa mengurangi kualitas proses, produktivitas, atau kenyamanan pengguna.

Penerapan manajemen energi meliputi identifikasi sumber-sumber konsumsi energi, pengukuran penggunaan energi, analisis pola konsumsi, serta penerapan langkah-langkah penghematan energi. Proses ini diawali dengan audit energi untuk mengetahui tingkat penggunaan energi pada suatu sistem atau peralatan. Hasil audit kemudian digunakan untuk menentukan peluang peningkatan efisiensi, seperti penggunaan teknologi yang lebih hemat energi, pengaturan operasi peralatan yang optimal, dan pemanfaatan energi terbarukan.

Pada penelitian (Fatimura et al., 2025) ini nilai SEC meningkat seiring dengan densitas arus dan waktu reaksi, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 3.2. Nilai SEC meningkat dari 0,838 kWh/m³ selama 15 menit menjadi 5,700 kWh/m³ selama 60 menit pada densitas arus 76,92 A/m². Pada densitas arus tertinggi 102,56 A/m², nilai SEC meningkat dari 1,855 kWh/m³ menjadi 18,200 kWh/m³ selama 60 menit proses elektrokoagulasi. Seperti yang ditunjukkan oleh peningkatan ini, semakin besar arus listrik dan waktu operasi, semakin banyak energi yang dibutuhkan untuk membentuk gelembung gas dan koagulan.

nilai SEC tertinggi adalah 18,2 kWh/m³. Kondisi ini meningkatkan efisiensi pengolahan, tetapi juga meningkatkan biaya operasi. Oleh karena itu, kondisi operasi elektrokoagulasi harus dipilih dengan mempertimbangkan efisiensi penyisihan pencemar dan penggunaan energi agar proses tetap efisien dan ekonomis.

2.6 Analisis Penggunaan Energi

Dikutip dari (Al-Zghoul et al., 2023) bagian ini menjelaskan estimasi biaya operasi konvensional dan berbasis energi surya untuk proses elektrokoagulasi (EC) serta hubungannya dengan waktu reaksi.

Konsumsi elektroda dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$ELC = \frac{I \times t_{EC} \times MW}{Z \times F \times V} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

ELC = konsumsi elektroda (kg/m³);

I = arus listrik searah (A);

t_(EC) = waktu elektrokoagulasi (detik);

MW = berat molekul logam elektroda (untuk AI, MW_{AI} = 27 g/mol);

Z = valensi kimia elektroda (untuk AI, Z_{AI} = 3);

F = konstanta Faraday (96.500 C/mol)

V = volume air baku yang diolah (m³).

Selain itu, konsumsi energi listrik spesifik dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$SEC = \frac{P \times I \times t_{EC}}{V} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

SEC = adalah konsumsi Komsumsi Energi spesifik (kWh/L);

I = arus listrik searah (A)

P = tegangan yang diterapkan (V)

t_(EC) = waktu proses EC (jam)

V = volume air baku yang diolah (L)